



Comune di Modena

Settore Lavori pubblici e manutenzione della città
Servizio Opere pubbliche ed edilizia Storica



Miglioriamo
la Città

Nuovo Ponte dell'Uccellino



**COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE SUL FIUME
SECCHIA IN LOCALITA' PASSO DELL'UCCELLINO
E OPERE STRADALI DI MIGLIORAMENTO
PUNTUALE SU VIA MORELLO**

ANNO 2022
Progetto Definitivo

CES.04 COMPUTI E STIME
Capitolato Speciale d'Appalto - Norme Tecniche

Rev. 1
marzo 2022

Gruppo di lavoro

Responsabile Unico del Procedimento: Arch. Lucio Fontana

Progettisti: Ing. Luca Piacentini - Ing. Eugenio Santi

Gruppo di lavoro: Geol. Giorgio Barelli - Ing. Giorgio Piacentini

Geom. Rosa Lombardi - Geom. Mauro Pizzirani



Provincia di Modena

Area Tecnica

Servizio Viabilità

Lavori Speciali Strade 1

Telefono 059 209 635 - Fax 059 343 706

Viale Jacopo Barozzi 340, 41124 Modena - C.F. e P.I. 01375710363

Centralino 059 209 111 - www.provincia.modena.it - provinciadimodena@cert.provincia.modena.it

Servizio Certificato UNI EN ISO 9001:2015 - Registrazione N. 3256 -A-

**COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE FIUME SECCHIA IN LOCALITA' PASSO
DELL'UCCELLINO E OPERE STRADALI DI MIGLIORAMENTO PUNTUALE SU VIA
MORELLO, IN TERRITORIO
DEI COMUNI DI MODENA E SOLIERA**

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

N O R M E T E C N I C H E

IL PRESENTE CAPITOLATO E' COMPOSTO DA n° 110 PAGINE E n° 66 ARTICOLI

NOTA BENE:

Nel presente Capitolato Speciale d'Appalto, il D.M. 14.02.1992 (S.O. della G. U. n° 65 del 18.03.1992), il D.M. 09.01.1996 (S.O. della G. U. n° 29 del 05.02.1996), il D.M. 14.01.2008 (S.O. della G.U. n° 29 del 04/02/2008), sono sempre da ritenersi integrati con il D.M. 17.01.2018 (S.O. della G.U. n° 42 del 20/02/2018).

Il presente capitolato fa riferimento alle "Norme Tecniche per le Costruzioni" D.M. 17 Gennaio 2018 e, per quanto riguarda la sicurezza in cantiere, al D.Lgs. n.81/2008 e ss.mm.ii.

E' inoltre tassativamente obbligatorio il rispetto di qualsiasi disposizione normativa che, benché non espressamente riportata nel testo, integri, modifichi o sostituisca quelle indicate.

E' altresì obbligatorio il rispetto di tutte le vigenti disposizioni normative, ancorché non direttamente citate nel testo, che regolino le forniture e le lavorazioni, nessuna esclusa, previste in progetto.

Le norme del presente Capitolato Speciale d'Appalto si intendono comunque integrate dalle note specifiche riportate negli elaborati grafici progettuali; qualora si evidenziassero discordanze fra prescrizioni di Capitolato e prescrizioni riportate negli elaborati grafici di progetto, queste ultime prevalgono.

INDICE

PARTE SECONDA: PRESCRIZIONI TECNICHE.....	6
CAPO 1) OGGETTO DELL'APPALTO.....	6
Art. 1 – Descrizione dei lavori.....	6
CAPO 2) MATERIALI.....	7
Art. 2 – Qualità e provenienza dei materiali.....	7
a) Acqua.....	7
b) Leganti idraulici.....	7
c) Calci aeree - Pozzolane.....	7
d) Ghiaie - Ghiaietti - Pietrischi - Pietrischetti - Sabbie per strutture in muratura ed in conglomerati cementizi.....	7
e) Pietrischi - Pietrischetti - Graniglie - Sabbie - Additivi da impiegare per pavimentazioni.....	7
f) Ghiaie - Ghiaietti per pavimentazioni.....	7
g) Pietra naturale.....	7
h) Manufatti di cemento.....	8
i) Materiali ferrosi.....	8
l) Detrito di cava o tout venant di cava o di frantoio.....	8
m) Bitumi - Emulsioni bituminose.....	8
n) Bitumi liquidi o flussati.....	8
o) Teli di "geotessile".....	8
Art. 3 – Prove sui materiali.....	9
a) Certificato di qualità.....	9
b) Accertamenti preventivi.....	9
c) Prove di controllo in fase esecutiva.....	9
CAPO 3) MOVIMENTI DI MATERIE.....	10
Art. 4 – Movimenti di terre.....	10
A0) Tracciamenti.....	10
A1) Scavi e rialzi in genere.....	10
A2) Scavi di sbancamento.....	12
A3) Scavi di fondazione.....	12
A4) Formazione del piano di posa dei rilevati.....	12
A5) Formazione dei piani di posa delle fondazioni stradali in trincea.....	13
A6) Formazione di rilevati.....	13
A7) Formazione dei rilevati (argilla e calce).....	14
A8) Stabilizzazione dei piani di posa dei rilevati e delle fondazioni stradali in trincea.....	16
Art. 5 – Disboscamento, decespugliamento e taglio di vegetazione selettivo.....	17
CAPO 4) OPERE IN C.A. E PREFABBRICATE.....	18
Art. 6 – Rilevati e rinterri addossati alle murature e riempimenti con pietrame.....	18
Art. 7 – Malte cementizie.....	18
Art. 8 – Conglomerati semplici e armati (normali e precompressi).....	18
a) Generalità.....	18
b) Componenti.....	19
c) Controlli di accettazione dei conglomerati cementizi.....	20
d) Confezione.....	21
e) Trasporto.....	21
f) Posa in opera.....	21
g) Stagionatura e disarmo.....	22
h) Giunti di discontinuità ed opere accessorie nelle strutture in conglomerato cementizio.....	22
i) Predisposizione di fori, tracce e cavità, ecc.....	23
l) Manufatti prefabbricati prodotti in serie (in cls normale o precompresso, misti laterizi e cemento armato, e metallici).....	23
m) Conglomerati cementizi preconfezionati.....	23
n) Prescrizioni particolari relative ai cementi armati ordinari.....	23
o) Prescrizioni particolari relative ai cementi armati precompressi.....	24
p) prescrizioni particolari sulla composizione dei calcestruzzi da impiegarsi in ambienti aggressivi (presenza di sali disgelanti, gelo e disgelo e presenza di acqua).....	24
q) Caratteristiche del calcestruzzo armato con fibre d'acciaio.....	25
r) Classe di esposizione.....	25
Art. 9 – Acciaio per c.a. e per c.a.p.....	27
a) Generalità.....	27
b) Acciaio in barre ad aderenza migliorata qualificato – Fe B450C e B450A.....	28
c) Acciaio da cemento armato precompresso.....	29
d) Sistemi di post-tensione a trefoli.....	30
e) Precompressione esterna.....	31
CAPO 5) OPERE IN ACCIAIO.....	31
Art. 10 – Strutture in acciaio.....	31
A) COLLAUDO TECNOLOGICO DEI MATERIALI.....	32
B) COLLAUDO DIMENSIONALE E DI LAVORAZIONE.....	32
C) MONTAGGIO.....	32
D) PROVE DI CARICO E COLLAUDO STATICO DELLE STRUTTURE IN ACCIAIO.....	33
E) PROCESSO DI SALDATURA.....	33
Tab. A.....	34
Art. 11 – Verniciature.....	35
Ciclo "A".....	35
Ciclo "B".....	36
Ciclo "C".....	36
Preparazione del supporto.....	38
Caratteristiche di resistenza (chimico-fisiche) del ciclo di verniciature anticorrosive.....	38
Prove di accettazione dei prodotti.....	38
CAPO 6) MURATURE E STRUTTURE VERTICALI.....	39

Art. 12 – Murature in genere	39
Art. 13 – Murature di pietrame e riempimento in pietrame a secco.....	40
Art. 14 – Murature di pietrame con malta.....	40
Art. 15 – Consolidamento delle murature	41
Art. 16 – Consolidamento mediante iniezioni a base di miscele leganti.....	41
Art. 17 – Consolidamento mediante iniezioni armate reticolo cementizio.....	41
Art. 18 – Consolidamento mediante paretine di contenimento	42
Art. 19 – Consolidamento mediante tiranti metallici.....	42
Art. 20 – Consolidamento volte in muratura.....	42
Art. 21 – Preparazione delle superfici in bozze di pietrame da ripristinare	43
Art. 22 – Protezione e impermeabilizzazione delle murature mediante verniciatura	43
CAPO 7) PONTEGGI E OPERE PROVVISORIALI	44
Art. 23 – Ponteggi, impalcature, palancole.....	44
a) Opere provvisorie.....	44
b) Ponteggi ed impalcature.....	44
c) Ponteggi in legno.....	45
d) Ponteggi metallici.....	45
e) Puntelli.....	45
f) Palancole tipo Larssen	45
CAPO 8) PALIFICATE DI FONDAZIONE	46
Art. 24 - Palificate di fondazione.....	46
a) Generalità.....	46
b) Pali.....	46
c) Micropali.....	47
d) Prova di carico	50
e) Verifiche geotecniche.....	50
f) Controlli esecutivi.....	50
g) Fanghi bentonitici	51
Art. 25 - Pali in sabbia e drenaggi profondi.....	52
A) pali di sabbia	52
B) pali di ghiaia per ridurre il pericolo di liquefazione.....	52
Art. 26 – Tiranti di ancoraggio	53
CAPO 9) RESTAURI E RIPRISTINI CALCESTRUZZI AMMALORATI	53
Art. 27 – Idrodemolizione	53
Art. 28 – Preparazione delle superfici di calcestruzzo da proteggere con isolanti.....	54
Art. 29 – Protezione con malte a base cementizia dei ferri d'armatura scoperti.....	54
Art. 30 – Ricostruzione di profili verticali od orizzontali di strutture in c.a. ammalorate	55
Art. 31 – Placcaggi.....	57
Art. 32 – Protezione di strutture in calcestruzzo mediante verniciatura	60
Art. 33 – Protezione di strutture in calcestruzzo mediante malte cementizie elastiche	60
Art. 34 – Rinforzo strutturale con fibre di carbonio	60
Art. 35 – Fiocature di ancoraggio	66
CAPO 10) CORPO STRADALE	67
Art. 36 – Preparazione del sottofondo	67
Art. 37 – Costipamento del terreno in sito.....	67
Art. 38 – Modificazione di umidità in sito.....	67
Art. 39 – Manufatti in terra rinforzata con reti metalliche.....	67
Art. 40 – Gabbionate.....	70
Art. 41 – Geotessile.....	70
A) geotessile con funzione drenante	70
B) geotessile con funzione di rinforzo.....	71
CAPO 11) PAVIMENTAZIONI	71
Art. 42 – Sovrastruttura stradale	71
A) Strati di fondazione	71
B) Strato di base.....	75
C) Strati di collegamento (Binder) e di usura	78
Art. 43 – Trattamento superficiale di sabbiatura	80
Art. 44 – Scarificazione di pavimentazioni esistenti	81
Art. 45 – Fresatura di strati in conglomerato bituminoso	81
CAPO 12) IMPALCATI: APPOGGI, GIUNTI, SMALTIMENTO ACQUE.....	81
Art. 46 – Apparecchi di appoggio.....	81
A) Generalità.....	81
B) Materiali.....	82
C) Prove sui materiali	83
D) Fabbricazione.....	83
E) Assemblaggio.....	84
F) Posa in opera	84
Art. 47 – Giunti di dilatazione.....	84
Art. 48 – Sollevamento impalcati da ponte.....	90
CAPO 13) DEMOLIZIONI	90
Art. 49 – Demolizioni di murature e fabbricati.....	90
Art. 50 – Demolizione di ponti in c.a. e muratura	90
Art. 51 – Sabbiatura o idrosabbiatura.....	91
CAPO 14) BARRIERE DI SICUREZZA.....	91
Art. 52 – Barriere di sicurezza in acciaio e parapetti metallici	91

Art. 53 – Barriere pedonali di sicurezza in legno	92
Art. 54 – Barriere antirumore	92
CAPO 15) SEGNALETICA STRADALE	92
Art. 55 – Segnaletica verticale	92
Qualità e provenienza dei materiali	92
Caratteristiche Generali dei Segnali	92
Art. 56 – Segnaletica orizzontale	95
Caratteristiche della vernice per segnaletica orizzontale	95
Prove dei materiali della segnaletica orizzontale	96
Esecuzione dei lavori di segnaletica orizzontale	96
Danni di forza maggiore alla segnaletica orizzontale	96
CAPO 16) SERVIZI E INTERFERENZE	97
Art. 57 – Canalizzazione per servizi	97
Art. 58 – Rinterro degli scavi	97
Art. 59 – Interferenze con altri servizi a rete sotterranei	97
CAPO 17) IMPIANTI ELETTRICI	97
Art. 60 – Condizioni generali.....	97
Art. 61 – Condizioni tecniche, normative e prescrizioni.....	98
Art. 62 – Distribuzione	98
Cavi e condutture.....	98
Distribuzione con posa interrata.....	100
Art. 63 – Quadri elettrici	101
Art. 64 – Protezioni	101
Impianto di terra	101
Protezione dalle sovracorrenti	102
Protezione contro i contatti diretti o indiretti	103
Coordinamento apparecchi di protezione.....	105
Art. 65 – Comandi	108
Sezionamento e comando	108
Comando e arresto di emergenza	108
Art. 66 – Impianti di illuminazione pubblica	109
Plinti prefabbricati	109
Pali di sostegno.....	109
Cassette, giunzioni e derivazioni	110
Apparecchi di illuminazione	110

PARTE SECONDA: PRESCRIZIONI TECNICHE

CAPO 1) OGGETTO DELL'APPALTO

Art. 1 – Descrizione dei lavori

Il presente documento è relativo all' "INTERVENTO DI COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE SUL FIUME SECCHIA IN LOCALITÀ PASSO DELL'UCCELLINO E OPERE STRADALI DI MIGLIORAMENTO PUNTUALE SU VIA MORELLO".

Gli interventi previsti in questo progetto mirano a risolvere sia la problematica di ordine viabilistiche che quella idraulica legata al deflusso delle portate di piena del fiume Secchia.

L'intervento in previsione consiste in:

- 1) Realizzazione del nuovo ponte sul Fiume Secchia con percorso ciclopedonale affiancato alla struttura principale
- 2) Realizzazione delle rampe nuove rampe di accesso al nuovo ponte
- 3) Realizzazione di una rotatoria in corrispondenza del limite intervento in comune di Soliera per il corretto raccordo tra la nuova viabilità e quella esistente.
- 4) Realizzazione delle viabilità minori per garantire gli accessi alle piste arginali e alle proprietà private limitrofe
- 5) Realizzazione dei percorsi ciclopedonali per dare continuità sia ai percorsi in sommità arginale che a quelli di raccordo con i territori dei comuni di Modena e Soliera
- 6) Completamento della nuova viabilità con le necessarie dotazioni di segnaletica orizzontale e verticale, barriere di sicurezza, parapetti, impianti di pubblica illuminazione e opere di regimazione delle acque meteoriche.

Il progetto complessivo potrà comprendere quanto proposto nelle offerte migliorative e delle integrazione dei capitoli tecnici

CAPO 2) MATERIALI

Art. 2 – Qualità e provenienza dei materiali

I materiali da impiegare per i lavori compresi nell'appalto dovranno corrispondere, come da caratteristiche, a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia; in mancanza di particolari prescrizioni dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio in rapporto alla funzione a cui sono destinati.

Per la provvista di materiali in genere, si richiamano espressamente le prescrizioni dell'art. 21 del Capitolato Generale.

In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

I materiali provverranno da località o fabbriche che l'Impresa riterrà di sua convenienza, purché corrispondano ai requisiti di cui sopra.

Quando la Direzione dei Lavori abbia rifiutato una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Impresa dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute; i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese della stessa Impresa.

Malgrado l'accettazione dei materiali da parte della Direzione dei Lavori, l'Impresa resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

I materiali da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti qui di seguito fissati.

Per i materiali non indicati si rimanda agli specifici articoli riportati nel seguito.

a) Acqua

Dovrà essere dolce, limpida, esente da tracce di cloruri o solfati, non inquinata da materie organiche o comunque dannose all'uso cui le acque medesime sono destinate e rispondere ai requisiti stabiliti dalle norme tecniche emanate con D.M. 14 febbraio 1992 (S.O. alla G.U. n.65 del 18.3.1992) in applicazione dell'Art.21 della Legge 1086 del 5 novembre 1971.

b) Leganti idraulici

Dovranno corrispondere, come richiamato dal D.M. 14 febbraio 1992 alla legge 26 maggio 1965 n.595 (G.U. n.143 del 10.6.1965).

I leganti idraulici si distinguono in:

1) *Cementi* (di cui all'art.1 lettera A) - B) - C) della legge 595/1965).

Dovranno rispondere alle caratteristiche tecniche dettate da:

- D.M. 3.6.1968 che approva le "Nuove Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi" (G.U. n.180 del 17.7.1968).
- D.M. 20.11.1984 "Modificazione al D.M. 3.6.1968 recante norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi" (G.U. n.353 del 27.12.1984).
- Avviso di rettifica al D.M. 20.11.1984 (G.U. n.26 del 31.1.1985).
- D.I.9.3.1988 n.126 "Regolamento del servizio di controllo e certificato di qualità dei cementi"

2) *Agglomerati cementizi e calci idrauliche* (di cui all'art.1 lettera D) ed E) della Legge 595/1965). Dovranno rispondere alle caratteristiche tecniche dettate da:

- D.M.31.8.1872 che approva le "Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cementizi e delle calci idrauliche" (G.U. n.287 del 6.11.1972)

c) Calci aeree - Pozzolane

Dovranno corrispondere alle "Norme per l'accettazione delle calci aeree", R.D. 16 novembre 1939, n. 2231 ed alle "Norme per l'accettazione delle pozzolane e dei materiali a comportamento pozzolanico", R.D. 16 novembre 1939, n. 2230.

d) Ghiaie - Ghiaietti - Pietrischi - Pietrischetti - Sabbie per strutture in muratura ed in conglomerati cementizi

Dovranno corrispondere ai requisiti stabiliti dal Decreto Ministero delle Infrastrutture 17 Gennaio 2018: "Norme Tecniche per le Costruzioni 2018" alle quali devono uniformarsi le costruzioni in conglomerato cementizio, normale e precompresso, ed a struttura metallica.

Le dimensioni dovranno essere sempre le maggiori tra quelle previste come compatibili per la struttura a cui il calcestruzzo è destinato; di norma però non si dovrà superare la larghezza di cm 7 (per larghezza si intende la dimensione dell'inerte misurato in una setacciatrice) se si tratta di lavori correnti di fondazione; di cm 5 per lavori di elevazione, muri di sostegno, piedritti, rivestimenti di scarpate o simili; di cm. 3 se si tratta di cementi armati e di cm 2 se si tratta di cappe o di getti di limitato spessore (parapetti, cunette, copertine, ecc.).

Per le caratteristiche di forma valgono le prescrizioni riportate nello specifico articolo riguardante i conglomerati cementizi.

e) Pietrischi - Pietrischetti - Graniglie - Sabbie - Additivi da impiegare per pavimentazioni

Dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti nelle corrispondenti "Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali" del C.N.R. (Fascicolo n.4 Ed. 1953) ed essere rispondenti alle specificazioni riportate nelle rispettive norme di esecuzione dei lavori.

f) Ghiaie - Ghiaietti per pavimentazioni

Dovranno corrispondere, come pezzatura e caratteristiche, ai requisiti stabiliti nella "Tabella U.N.I. 2710 - Ed. giugno 1945" ed eventuali e successive modifiche.

Dovranno essere costruiti da elementi sani e tenaci, privi di elementi alterati, essere puliti e particolarmente esenti da materie eterogenee, non presentare perdite di peso, per decantazione in acqua, superiori al 2%.

g) Pietra naturale

Le pietre da impiegare nelle murature e nei drenaggi, gabbionate, ecc., dovranno essere sostanzialmente compatte ed uniformi, sane e di buona resistenza alla compressione, prive di parti alterate.

Dovranno avere forme regolari e dimensioni adatte al loro particolare impiego.

Le pietre grezze per murature frontali non dovranno presentare screpolature e peli, dovranno essere sgrossate col martello ed anche con la punta, in modo da togliere le scabrosità più sentite nelle facce viste e nei piani di contatto in modo da permettere lo stabile assetamento su letti orizzontali e in perfetto allineamento.

I cubetti di pietra dovranno corrispondere ai requisiti stabiliti nelle corrispondenti "Norme per l'accettazione di cubetti di pietra per pavimentazioni stradali" C.N.R.- Ed. 1954 e nella "Tabella U.N.I. 2719 - Ed. 1945".

h) Manufatti di cemento

I manufatti di cemento di qualsiasi tipo dovranno essere fabbricati a regola d'arte, con dimensioni uniformi, dosature e spessore corrispondenti alle prescrizioni e ai tipi; saranno ben stagionati, di perfetto impasto e lavorazione, sonori alla percussione senza screpolature e muniti delle eventuali opportune sagomature alle due estremità per consentire una sicura connessione.

i) Materiali ferrosi

Saranno esenti da scorie, soffiature, saldature o da qualsiasi altro difetto, in particolare essi si distinguono in:

1) - acciai per c.a., c.a.p. e carpenteria metallica: dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche emanate con Decreto del Ministero delle Infrastrutture 17 Gennaio 2018: "Norme Tecniche per le Costruzioni 2018" in applicazione dell'art. 21 della Legge 5 novembre 1971, n. 1086;

Il ferro per cemento armato, ad aderenza migliorata, dovrà essere del tipo previsto nel progetto esecutivo delle opere d'arte. Di norma si userà acciaio B450C o B450A.

L'acciaio per carpenteria metallica e le relative saldature dovranno rispettare le prescrizioni definite dalla UNI EN 1090-1:2012, UNI EN 1090-2:2018, UNI EN 1090-3:2019, UNI EN 1090-4:2018 e ss. mm.

2) - acciaio per apparecchi di appoggio e cerniere: dovrà soddisfare ai requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche emanate con D.M. 17 Gennaio 2018: "Norme Tecniche per le Costruzioni 2018" in applicazione dell'art.21 della Legge 5 novembre 1971, n.1086.

3) - i profili sagomati a freddo per la costruzione delle parti di parapetto e per la formazione dei paletti di recinzione, saranno di acciaio del tipo previsto dalle vigenti normative secondo il D.M. 17.01.2015 e ss.mm e dovranno ripetere quanto prescritto nella UNI EN 1090-4:2018 e ss. mm.

4) - il lamierino di ferro per la formazione di guaine per armatura da c.a.p. dovrà essere del tipo laminato a freddo, di qualità extra-dolce e di spessore=2/10 mm;

l) Detrito di cava o tout venant di cava o di frantoio

Quando per gli strati di fondazione della sovrastruttura stradale sia disposto di impiegare detriti di cava, il materiale deve essere in ogni caso non suscettibile all'azione dell'acqua (non solubile, non plasticizzabile) ed avere un potere portante C.B.R. (rapporto portante californiano) di almeno 40 allo stato saturo.

Dal punto di vista granulometrico non sono necessarie prescrizioni scientifiche per i materiali teneri (tufi, arenarie) in quanto la loro granulometria si modifica e si adegua durante la cilindratura; per materiali duri la granulometria dovrà essere assortita in modo da realizzare una minima percentuale dei vuoti: di norma la dimensione massima degli aggregati non deve superare i 10 centimetri.

Le ghiaie da impiegarsi per formazione di massicciate stradali dovranno essere costituite da elementi omogenei derivati da rocce durissime di tipo costante e di natura consimile fra loro, escludendosi quelle contenenti elementi di scarsa resistenza meccanica o sfaldabile facilmente o gelive o rivestite di incrostazioni.

m) Bitumi - Emulsioni bituminose.

Dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti nelle corrispondenti "Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali - Caratteristiche per l'accettazione " Ed. maggio 1978; "Norme per l'accettazione delle emulsioni bituminose per usi stradali". Fascicolo n.3 Ed.1958; "Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali (Campionatura dei bitumi)" Ed.1980.

Per trattamenti superficiali e semipenetrazione si adoperano i tipi B 180/200, B 130/150; per i trattamenti a penetrazione, pietrischetti bitumati, tappeti si adoperano tipi B 80/100, B 60/80; per conglomerati chiusi i tipi B 60/80, B 40/50, B 30/40, per asfalto colato il tipo 20/30. I bitumi ed i leganti bituminosi dovranno inoltre soddisfare i requisiti definiti nelle più recenti norme UNI:

- UNI EN 12591:2009 – specifiche per bitumi per applicazioni stradali,
- UNI EN 14023:2010 – specifiche per bitumi modificati da polimeri.

n) Bitumi liquidi o flussati

Dovranno corrispondere ai requisiti di cui alle "Norme per l'accettazione dei bitumi liquidi per usi stradali", Fascicolo n.7 - Ed. 1957 del C.N.R.

o) Teli di "geotessile"

Il telo "non tessuto" avrà le seguenti caratteristiche:

- composizione: sarà costituito da polipropilene o poliestere senza l'impiego di collanti e potrà essere realizzato con le seguenti caratteristiche costruttive:

- 1) con fibre a filo continuo;
- 2) con fibre intrecciate con il sistema della tessitura industriale a "trama ed ordito";
- 3) con fibre di adeguata lunghezza intrecciate mediante agugliatura meccanica.

Il telo "geotessile" dovrà altresì avere le seguenti caratteristiche fisico-meccaniche:

- coefficiente di permeabilità: per filtrazione trasversale, compreso fra 10 -3 e 10 -1 cm/sec (tali valori saranno misurati per condizioni di sollecitazione analoghe a quelle in sito);

- resistenza a trazione: misurata su striscia di 5 cm di larghezza non inferiore a 600 Nw/5 cm (1), con allungamento a rottura compreso fra il 10 e l'85%. Qualora nei tratti in trincea il telo debba assolvere anche funzioni di supporto per i sovrastanti strati della pavimentazione, la D.L. potrà richiedere che la resistenza a trazione del telo impiegato sia non inferiore a 1200 Nw/5 cm o a 1500 Nw/5 cm, fermi restando gli altri requisiti.

Per la determinazione del peso e dello spessore del "geotessile" occorre effettuare le prove di laboratorio secondo le Norme C.N.R. pubblicate sul B.U. n.110 del 23.12.1985 e sul B.U. n.111 del 24.12.1985.

(1) Prova condotta su strisce di larghezza 5 cm e lunghezza nominale di 20 cm con velocità di deformazione costante e pari a 2 mm/sec; dal campione saranno prelevati 3 gruppi di 5 strisce cadauno secondo le tre direzioni: longitudinale, trasversale e diagonale; per ciascuno gruppo si scarteranno i valori minimo e massimo misurati e la media sui restanti 3 valori dovrà risultare maggiore del valore richiesto.

Art. 3 – Prove sui materiali

a) Certificato di qualità

L'Appaltatore per poter essere autorizzato ad impiegare i vari tipi di materiali (misti lapidei, conglomerati bituminosi, conglomerati cementizi, barriere di sicurezza, terre, cementi, calci idrauliche, acciai, ecc.) prescritti dalle presenti Norme Tecniche, dovrà esibire, prima dell'impiego, al Direttore dei Lavori, per ogni categoria di lavoro, i relativi "Certificati di qualità" rilasciati da un Laboratorio ufficiale.

Tali certificati dovranno contenere tutti i dati relativi alla provenienza e alla individuazione dei singoli materiali o loro composizione, agli impianti o luoghi di produzione, nonché i dati risultanti dalle prove di laboratorio ad accertare i valori caratteristici richiesti per le varie categorie di lavoro o di fornitura in un rapporto a dosaggi e composizioni proposte.

I certificati che dovranno essere esibiti tanto se i materiali sono prodotti direttamente, quanto se prelevati da impianti, da cave, da stabilimenti anche se gestiti da terzi, avranno una durata biennale.

I certificati dovranno comunque essere rinnovati ogni qualvolta risultino incompleti o si verifichi una variazione delle caratteristiche dei materiali, delle miscele o degli impianti di produzione.

b) Accertamenti preventivi

Prima dell'inizio dei lavori comportanti l'impiego di materiali in quantità superiori a:

- 1000 mc per i materiali lapidei e conglomerati bituminosi.
- 500 mc per i conglomerati cementizi.
- 50 tn per i cementi e le calci.
- 5000 mt per le barriere.

Il Direttore dei lavori, presa visione dei certificati di qualità presentati dall'Impresa, disporrà, se necessario (e a suo insindacabile giudizio) ulteriori prove di controllo di laboratorio a spese dell'Appaltatore.

Se i risultati di tali accertamenti fossero difformi rispetto a quelli dei certificati, si darà luogo alle necessarie variazioni qualitative e quantitative dei singoli componenti, ed all'emissione di un nuovo certificato di qualità.

Per tutti i ritardi nell'inizio dei lavori derivanti dalle difformità sopra accennate e che comportino una protrazione del tempo utile contrattuale sarà applicata la penale prevista nell'art. 16 "Tempo utile per dare compiuti i lavori - penalità in caso di ritardo" delle Norme Generali.

c) Prove di controllo in fase esecutiva.

L'Impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo e di norma periodicamente per le forniture dei materiali di impiego continuo, alle prove ed esami dei materiali impiegati e da impiegare, sottostando a tutte le spese di prelevamento e di invio dei campioni ai Laboratori ufficiali indicati dalla Stazione Appaltante.

In particolare, tutte le prove ed analisi dei materiali stradali saranno eseguite, a spese dell'Impresa, presso un Laboratorio ufficiale.

I campioni saranno prelevati in contraddittorio.

Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione presso gli Uffici dell'Amministrazione o in luogo in accordo con la Direzione dei Lavori, previa apposizione di sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Impresa e nei modi più adatti a garantirne l'autenticità e la conservazione.

I risultati ottenuti dalle prove eseguite dai Laboratori Ufficiali saranno i soli riconosciuti validi dalle due parti; ad essi si farà esclusivo riferimento a tutti gli effetti delle presenti Norme Tecniche.

Le prove di verifica della natura e delle qualità dei materiali utilizzati saranno in numero e tipologia rispondenti a seguenti criteri:

calcestruzzi, murature, acciaio per carpenteria, armatura lenta e armatura precompressa

si farà riferimento alla Normativa Vigente in materia

piani di posa di rilevati e trincee

Si procederà ad effettuare le seguenti prove durante le fasi di costruzione:

- per altezze di rilevato finito inferiori ad 1.00 metro: una prova di carico su piastra (Φ 30 centimetri) ed una prova di densità in sito ogni 1.500 mq
- per altezze di rilevato finito comprese fra 1.00 e 2.00 metri: una prova di carico su piastra (Φ 30 centimetri) ed una prova di densità in sito ogni 2.000 mq
- per altezze di rilevato finito superiori a 2.00 metri: una prova di carico su piastra (Φ 30 centimetri) ed una prova di densità in sito ogni 3.000 mq

materiali costituenti il corpo del rilevato

Si procederà ad effettuare le seguenti prove durante le fasi di costruzione sul complesso del materiale di formazione del rilevato:

- analisi granulometrica: ogni 20.000 mc
- determinazione del contenuto in acqua: ogni 20.000 mc
- determinazione del Limite Liquido L.L. e dell'Indice di Plasticità I.P.: ogni 40.000 mc

Oltre a tali prove, verranno effettuati i seguenti ulteriori controlli:

corpo del rilevato

– determinazione della densità massima AASHO modificata, secondo i seguenti criteri:

una prova ogni 500 mc per i primi 5.000 mc e quindi una ogni 10.000 mc per i successivi metri cubi

– determinazione della densità in sito secondo i seguenti criteri:

una prova ogni 250 mc per i primi 5.000 mc e quindi una ogni 5.000 mc per i successivi metri cubi

ultimo strato di 30 centimetri (piano di posa della fondazione stradale)

– determinazione della densità massima AASHO modificata, secondo i seguenti criteri:

una prova ogni 500 mc per i primi 5.000 mc e quindi una ogni 2.500 mc per i successivi metri cubi

– determinazione della densità in sito secondo i seguenti criteri:

una prova ogni 250 mc per i primi 5.000 mc e quindi una ogni 1.000 mc per i successivi metri cubi

– prova di carico con piastra: una prova ogni 500 mc per i primi 5.000 mc e quindi una ogni 2.000 mc per i successivi metri cubi

fondazione stradale in materiale arido stabilizzato

Si procederà ad effettuare le seguenti prove durante le fasi di costruzione della fondazione stradale:

- analisi granulometrica: ogni 500 mc con un minimo di un prelievo giornaliero durante la stesa
- determinazione della densità in sito: ogni 1.500 mq di stesa
- prova di carico con piastra: una prova ogni 1.500 mq di stesa

fondazione stradale in misto cementato

Si procederà ad effettuare le seguenti prove durante le fasi di costruzione della fondazione stradale:

- analisi granulometrica: ogni 1000 mc con un minimo di un prelievo giornaliero durante la stesa
- determinazione della densità in sito: ogni 1.500 mq di stesa con un minimo di un prelievo giornaliero durante la stesa
- prova di carico con piastra: una prova ogni 300 metri lineari di carreggiata
- determinazione della resistenza a compressione della miscela a 7 giorni: ogni 1.500 mq di stesa con un minimo di un prelievo giornaliero durante la stesa
- determinazione della resistenza a trazione indiretta (brasileana) della miscela a 7 giorni di maturazione: ogni 1.500 mq di stesa con un minimo di un prelievo giornaliero durante la stesa

conglomerati bituminosi

Si effettueranno le seguenti prove in corso d'opera

- n. 4 provini per rottura Marshall
- n. 2 provini per determinazione del peso di volume
- n. 1 estrazione di bitume e analisi granulometrica
- n. 2 carote da 100 mm per G. A.
- n. 1 definizione del punto di rammollimento
- n. 1 prova di penetrazione
- n. 1 prova di viscosità
- n. 1 prova Los Angeles (solamente per strati di base e di collegamento)
- n. 1 prova di fragilità (solamente per strati di usura)
- n. 1 prova di recupero del legante dopo l'estrazione (solamente per strati di usura)

Tali prove devono essere condotte:

- per lo strato di base: ogni 10.000 metri quadrati finiti
- per lo strato di collegamento (binder): ogni 20.000 metri quadrati finiti
- per lo strato di usura: ogni 50.000 metri quadrati finiti

CAPO 3) MOVIMENTI DI MATERIE

Art. 4 – Movimenti di terre

Ao) Tracciamenti

Prima di porre mano ai lavori di sterro o riporto, l'Impresa è obbligata ad eseguire la picchettazione completa del lavoro, in modo che risultino i limiti degli scavi e dei riporti in base alla larghezza del piano stradale, alla inclinazione delle scarpate, alla formazione delle cunette.

A suo tempo dovrà pure stabilire, nelle tratte che fosse per indicare la Direzione dei Lavori, le modine o gorbe necessarie a determinare con precisione l'andamento delle scarpate tanto degli sterri che dei rilevati, curandone poi la conservazione e rimettendo quelli manomessi durante l'esecuzione dei lavori.

Qualora ai lavori in terra siano connesse opere murarie, l'appaltatore dovrà procedere al tracciamento di esse, pure con l'obbligo della conservazione dei picchetti, ed eventualmente, delle modine, come per i lavori in terra.

A1) Scavi e rialzi in genere

Gli scavi ed i rilevati in genere occorrenti per la formazione di cunette, accessi, passaggi e rampe, cassonetti e simili, nonché per l'impianto di opere d'arte, saranno eseguiti nelle forme e dimensioni risultanti dai relativi disegni salvo le eventuali variazioni che l'Amministrazione appaltante è in facoltà di adottare all'atto esecutivo, restando a completo carico dell'Impresa ogni onere proprio di tali generi di lavori, non escluso quello di eventuali sbadacchiature e puntellature, essendosi di tutto tenuto conto nel fissare i corrispondenti prezzi unitari.

Nel caso che, a giudizio della Direzione Lavori, le condizioni nelle quali i lavori si svolgono lo richiedano, l'Impresa è tenuta a coordinare opportunamente la successione e la esecuzione delle opere di scavo e murature, essendo gli oneri relativi compensati nei prezzi contrattuali.

Nell'esecuzione degli scavi in genere l'Impresa potrà ricorrere all'impiego di mezzi meccanici.

Dovrà essere usata ogni cura nel sagomare esattamente i fossi, nell'appianare e sistemare le banchine, nel configurare le scarpate e nel profilare i cigli della strada.

Le scarpate di tagli e rilevati saranno eseguite con inclinazioni appropriate in relazione alla natura ed alle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno, e, comunque, a seconda delle prescrizioni che saranno comunicate dalla Direzione dei Lavori mediante ordini scritti.

Per gli accertamenti relativi alla determinazione della natura delle terre, del grado di costipamento e del contenuto di umidità di esse, l'Impresa dovrà provvedere a tutte le prove necessarie ai fini della loro possibilità e modalità d'impiego, che verranno fatte eseguire a spese dell'Impresa presso Laboratori ufficiali secondo le indicazioni della D.L.

Nell'esecuzione sia degli scavi, che dei rilevati l'Impresa è tenuta ad effettuare a propria cura e spese l'estirpamento di piante, arbusti e relative radici esistenti sia sui terreni da scavare che su quelli destinati all'impianto dei rilevati, nonché, in quest'ultimo caso, al riempimento delle buche effettuate in dipendenza dell'estirpamento delle radici e delle piante, che dovrà essere effettuato con materiale idoneo messo in opera a strati di conveniente spessore e costipato. Tali oneri si intendono compensati con i prezzi di elenco relativi ai movimenti di materie.

La D.L., in relazione alla natura dei terreni di posa dei rilevati o delle fondazioni stradali in trincea, potrà ordinare l'adozione di provvedimenti atti a prevenire la contaminazione dei materiali d'apporto e fra questi provvedimenti la fornitura e la posa in opera di tele "geotessili" aventi le caratteristiche indicate nell'Art. "Qualità e provenienza dei materiali" punto O

Tutte le terre utilizzate per costruzioni stradali ed infrastrutture dovranno rispettare quanto definito nelle seguenti normative vigenti:

- UNI EN 13242:2008 - Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade,
- UNI EN ISO 14688-1:2018 - Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 1: Identificazione e descrizione ,
- UNI EN 13285:2018 - Miscele non legate - Specifiche

Tali normative sostituiscono la norma CNR UNI 10006/1963, di cui si riporta comunque la tabella di classificazione sottostante, che rimane un utile strumento orientativo per la classificazione delle terre.

CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE C.N.R. - UNI 10006/1963														
PROSPETTO I - CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE														
Classificazione generale	Terre ghiaio-sabbiose							Terre limo-argillose					Torbe e terre organiche palustri	
	Fazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35 %							Fazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 > 35%						
	A1		A3	A2		A4			A5	A6	A7			
Gruppo	Al - a	Al - b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7							A8
Analisi granulometrica. Frazione passante allo staccio														
2 UNI 2332 %	≤ 50	≤ 50												
0,4 UNI 2332 %	≤ 30	≤ 30	> 50											
0,075 UNI 2332 %	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35	
Caratteristiche della frazione														
passante allo staccio 0,4 UNI 2332														
Limite liquido	≤ 6		N.P.	≤ 40 ≤ 10	> 40 ≤ 10 max	≤ 40 > 10	> 40 > 10	≤ 40 ≤ 10	> 40 ≤ 10	≤ 40 ≤ 10	> 40 > 10	> 40 > 10	> 40 > 10	
Indice di plasticità					0		≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20	(IP > LL-30) (IP > LL-30)		
Indice di gruppo														
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo			Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane	Sabbia fine	Ghiaia e sabbia limosa o argillosa			Limi poco compressibili	Limi fortemente compressibili	Argille poco compressibili	Argille fortemente compressibili mediamente plastiche	Argille fortemente compressibili fortemente plastiche	Torbe di recente o remota formazione, detriti di origine palustre	
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	Da eccellente a buono				Da mediocre a scadente					Da scartare come sottofondo				
Azione del gelo sulle qualità portanti del terreno di sottofondo	Nessuna o lieve				Media					Media				
Ritiro o rigonfiamento	Nulla				Nulla o lieve					Elevato				
Permeabilità	Elevata				Media o scarsa					Scarsa o nulla				
Identificazione dei terreni in sito	Facilmente individuabili a vista		Aspri al tatto Incoerenti allo stato asciutto		La maggior parte dei granuli sono individuabili ad occhio nudo - Aspri al tatto - Una tenacità media o elevata allo stato asciutto indica la presenza di argilla			Reagiscono alla prova di scuotimento* - Polverulenti o poco tenaci allo stato asciutto - Non facilmente modellabili allo stato umido			Non reagiscono alla prova di scuotimento* - Tenaci allo stato asciutto. Facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido			Fibrosi di color bruno o nero. Facilmente individuabili a vista
* Prova di canfiere che può servire a distinguere i limi dalla argilla. Si esegue scuotendo nel palmo della mano un piccolo campione di terra satura d'acqua e comprimendolo successivamente fra le dita. La terra reagisce alla prova se, dopo lo scuotimento, apparirà sulla superficie un velo lucido di acqua libera, che scomparirà comprimendo il campione fra le dita														

* Prova di cantiere che può servire a distinguere i limi dalla argilla. Si esegue scuotendo nel palmo della mano un piccolo campione di terra satura d'acqua e comprimendolo successivamente fra le dita. La terra reagisce alla prova se, dopo lo scuotimento, apparirà sulla superficie un velo lucido di acqua libera, che scomparirà comprimendo il campione fra le dita

A2) Scavi di sbancamento

Per scavi di sbancamento si intendono quelli occorrenti per l'apertura della sede stradale, piazzali ed opere accessorie, quali ad esempio: gli scavi per tratti stradali in trincea, per lavori di spianamento del terreno, per taglio delle scarpate delle trincee o dei rilevati, per formazione ed approfondimento di piani di posa dei rilevati, di cunette, cunettoni, fossi e canali, nonché quelli per impianto di opere d'arte praticati al di sopra del piano orizzontale passante per il punto più depresso del piano di campagna lungo il perimetro dello scavo e lateralmente aperti almeno da una parte.

Questo piano sarà determinato con riferimento all'intera area di fondazione dell'opera. Ai fini di questa determinazione la Direzione dei Lavori, per fondazione di notevole estensione, si riserva la facoltà insindacabile di suddividere l'intera area in più parti.

L'esecuzione degli scavi di sbancamento può essere richiesta dalla Direzione dei Lavori, anche a campioni di qualsiasi tratta senza che l'Impresa possa pretendere, per ciò, alcun compenso o maggiorazione del relativo prezzo d'elenco.

A3) Scavi di fondazione

Per scavi di fondazione si intendono quelli relativi all'impianto di opere murarie e che risultino al di sotto del piano di sbancamento, chiusi, tra pareti verticali riprodotte il perimetro della fondazione dell'opera.

Gli scavi occorrenti per la fondazione delle opere d'arte saranno spinti fino al piano che sarà stabilito dalla Direzione dei Lavori.

Il piano di fondazione sarà perfettamente orizzontale o sagomato a gradoni con leggera pendenza verso monte per quelle opere che cadono sopra falde inclinate.

Anche nei casi di fondazioni su strati rocciosi questi ultimi debbono essere convenientemente spianati a gradino, come sopra.

Gli scavi di fondazione comunque eseguiti saranno considerati a pareti verticali e l'Impresa dovrà, all'occorrenza, sostenerli con convenienti sbadacchiature, compensate nel relativo prezzo dello scavo, restando a suo carico ogni danno alle persone, alle cose e all'opera, per smottamenti o franamenti del cavo.

Nel caso di franamento dei cavi, è a carico dell'Impresa procedere al ripristino senza diritto a compensi.

Dovrà essere cura dell'Impresa eseguire le armature dei casseri di fondazione con la maggiore precisione, adoperando materiale di buona qualità e di ottime condizioni, di sezione adeguata agli sforzi cui verrà sottoposta l'armatura stessa ed adottare infine ogni precauzione ed accorgimento, affinché l'armatura dei cavi riesca la più robusta e quindi la più resistente, sia nell'interesse della riuscita del lavoro sia per la sicurezza degli operai adibiti allo scavo.

L'Impresa è quindi l'unica responsabile dei danni che potessero avvenire alle persone ed ai lavori per deficienza od irrazionalità delle armature; è escluso in ogni caso l'uso delle mine.

Gli scavi potranno però, anche essere eseguiti con pareti a scarpa, ove l'Impresa lo ritenga di sua convenienza.

In questo caso non sarà compensato il maggiore scavo oltre quello strettamente occorrente per la fondazione dell'opera e l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese, al riempimento con materiale adatto, dei vuoti rimasti intorno alla fondazione dell'opera.

Sono considerati come scavi di fondazione subacquei soltanto quelli eseguiti a profondità maggiore di m.0.20 (centimetri venti) sotto il livello costante a cui si stabiliscono naturalmente le acque filtranti nei cavi di fondazione.

Ogni qualvolta si troverà acqua nei cavi di fondazione in misura superiore a quella suddetta, l'Appaltatore dovrà provvedere mediante pompe, canali fugatori, ture, o con qualsiasi mezzo che ravvisasse più opportuno o conveniente, ai necessari aggettamenti, che saranno compensati a parte ove non sia previsto il prezzo di elenco relativo a scavi subacquei.

In tale prezzo si intende contrattualmente compreso l'onere per l'Impresa dell'aggettamento dell'acqua durante la costruzione della fondazione in modo che questa avvenga all'asciutto.

L'Impresa sarà tenuta ad evitare la raccolta dell'acqua proveniente dall'esterno nei cavi di fondazione; ove ciò si verificasse resterebbe a suo totale carico la spesa per i necessari aggettamenti.

Nella costruzione dei ponti è necessario che l'Impresa provveda, fin dall'inizio dei lavori, ad un adeguato impianto di pompaggio, che opportunamente graduato nella potenza dei gruppi impiegati, dovrà servire all'esaurimento dell'acqua di infiltrazione dall'alveo dei fiumi o canali.

Naturalmente tale impianto idrovoro, che converrà sia suddiviso in più gruppi per fare fronte alle esigenze corrispondenti alle varie profondità di scavo, dovrà essere montato su apposita incastellatura che permetta lo spostamento dei gruppi, l'abbassamento dei tubi di aspirazione ed ogni altra manovra inerente al servizio di pompaggio.

L'Impresa, per ogni cantiere, dovrà provvedere a sue spese al necessario allacciamento dell'impianto nonché alla fornitura ed al trasporto sul lavoro dell'occorrente energia elettrica, sempre quando l'Impresa non abbia la possibilità e convenienza di servirsi d'altra forza motrice.

L'impianto dovrà essere corredato, a norma delle vigenti disposizioni in materia di prevenzione degli infortuni, dei necessari dispositivi di sicurezza restando l'Amministrazione appaltante ed il proprio personale sollevati ed indenni da ogni responsabilità circa le conseguenze derivate dalle condizioni dell'impianto stesso.

Per gli scavi di fondazione si applicheranno le norme previste dal D.M. 11 marzo 1988 (S.O. all. G.U. n. 127 del 01/06/1988).

A4) Formazione del piano di posa dei rilevati

Tali piani avranno l'estensione dell'intera area d'appoggio e potranno essere continui od opportunamente gradonati secondo i profili e le indicazioni che saranno date dalla Direzione Lavori in relazione alle pendenze dei siti d'impianto.

I piani suddetti saranno stabiliti di norma alla quota di cm.20 al di sotto del piano di campagna e saranno ottenuti praticando i necessari scavi di sbancamento tenuto conto della natura e consistenza delle formazioni costituenti i siti d'impianto preventivamente accertate, anche con l'ausilio di prove di portanza.

Quando alla suddetta quota si rinvenivano terreni appartenenti ai gruppi A1, A2, A3 (classifica C.N.R. - U.N.I. 10006) la preparazione dei piani di posa consisterà nella compattazione di uno strato sottostante il piano di posa stesso per uno spessore non inferiore a cm.30, in modo da raggiungere una densità secca pari almeno al 95% della densità massima AASHO modificata determinata in laboratorio, modificando il grado di umidità delle terre fino a raggiungere il grado di umidità ottima prima di eseguire il compattamento.

Quando invece i terreni rinvenuti alla quota di almeno 20 cm al di sotto del piano di campagna appartengono ai gruppi A4, A5, A6, A7 (classifica C.N.R. - U.N.I. 10006/1963), la Direzione dei Lavori potrà ordinare, a suo insindacabile giudizio, l'approfondimento degli scavi per sostituire i materiali in loco con materiale per la formazione dei rilevati appartenente ai gruppi A1 e A3.

Tale materiale dovrà essere compattato, al grado di umidità ottima, fino a raggiungere una densità secca non inferiore al 90% della densità massima AASHO modificata.

La terra vegetale risultante dagli scavi potrà essere utilizzata per il rivestimento delle scarpate se ordinato dalla Direzione Lavori mediante Ordine di Servizio.

E' categoricamente vietata la messa in opera di tale terra per costituzione dei rilevati.

Circa i mezzi costipanti e l'uso di essi si fa riferimento a quanto specificato nei riguardi del costipamento dei rilevati.

Nei terreni in sito particolarmente sensibili all'azione delle acque, occorrerà tenere conto dell'altezza di falda delle acque sotterranee e predisporre, per livelli di falda molto superficiali, opportuni drenaggi; questa lavorazione verrà compensata con i relativi prezzi d'elenco.

Per i terreni di natura torbosa o comunque ogni qualvolta la Direzione dei Lavori non ritenga le precedenti lavorazioni atte a costituire un idoneo piano di posa per i rilevati, la Direzione stessa ordinerà tutti quegli interventi che a suo giudizio saranno ritenuti adatti allo scopo, i quali saranno eseguiti dall'Impresa a misura in base ai prezzi di elenco.

Si precisa che quanto sopra vale per la preparazione dei piani di posa dei rilevati su terreni naturali.

In caso di appoggio di nuovi a vecchi rilevati per l'ampliamento degli stessi, la preparazione del piano di posa in corrispondenza delle scarpate esistenti sarà fatta procedendo alla gradonatura di esse mediante la formazione di gradoni di altezza non inferiore a cm. 50, previa rimozione della cotica erbosa che potrà essere utilizzata per il rivestimento delle scarpate in quanto ordinato dalla Direzione dei Lavori con ordine di servizio, portando il sovrappiù a scarico a cura e spese dell'Impresa.

Anche il materiale di risulta proveniente dallo scavo dei gradoni al di sotto della cotica sarà accantonato, se idoneo, o portato a rifiuto, se inutilizzabile.

Si procederà quindi al riempimento dei gradoni con il predetto materiale scavato ed accantonato, se idoneo, o con altro idoneo delle stesse caratteristiche richieste per i materiali dei rilevati con le stesse modalità per la posa in opera, compresa la compattazione.

Comunque la Direzione dei Lavori si riserva di controllare il comportamento globale dei piani di posa dei rilevati mediante la misurazione del modulo di compressibilità ME determinato con piastra da 30 cm di diametro (Norme svizzere VSS_SNV 670317). Il valore di ME (1) misurato in condizioni di umidità prossima a quella di costipamento, al primo ciclo di scarico e nell'intervallo di carico compreso fra 0,05 e 0,15 N/mm², non dovrà essere inferiore a 15 N/mm².

A5) Formazione dei piani di posa delle fondazioni stradali in trincea

Anci nei tratti in trincea, dopo aver effettuato lo scavo del cassonetto si dovrà provvedere alla preparazione del piano di posa della sovrastruttura stradale, che verrà eseguita, a seconda della natura del terreno, in base alle seguenti lavorazioni:

1) quando il terreno appartiene ai gruppi A1, A2, A3, (classifica C.N.R. - U.N.I. 10006) si procederà alla compattazione dello strato di sottofondo che dovrà raggiungere in ogni caso una densità secca almeno del 95% della densità di riferimento, per uno spessore di cm.30 al di sotto del piano di cassonetto;

2) quando il terreno appartiene ai gruppi A4, A5, A6, A7, A8 (classifica C.N.R. - U.N.I. 10006) la Direzione di Lavori potrà ordinare, a suo insindacabile giudizio, la sostituzione del terreno stesso con materiale arido per una profondità al di sotto del piano di cassonetto, che verrà stabilita secondo i casi, mediante apposito ordine di servizio dalla Direzione dei Lavori.

Per la preparazione del piano di posa si dovrà raggiungere una densità secca almeno al 95% di quella di riferimento per uno spessore di cm.30 al di sotto del piano di cassonetto.

Il comportamento globale dei cassonetti in trincea sarà controllato dalla Direzione dei Lavori mediante la misurazione del modulo di compressibilità Mg il cui valore, misurato in condizioni di umidità prossima a quella di costipamento, al primo ciclo di carico e nell'intervallo di carico compreso fra 0,15 e 0,25 N/mm², non dovrà essere inferiore a 50 N/mm².

$$(1) ME = f_0 \frac{p}{s} D \quad (\text{in } N/mm^2)$$

dove:

f₀= fattore di forma della ripartizione del costipamento per le piastre circolari = 1;

p= differenza tra i pesi riferiti ai singoli intervalli di carico in N/mm²;

D= diametro della piastra in mm;

s= differenza dello spostamento in mm della piastra di carico, circolare, rigida, corrispondente a p;

p= peso riferito al carico trasmesso al suolo dalla piastra in N/mm².

A6) Formazione di rilevati

1 - I rilevati saranno eseguiti con le esatte forme e dimensioni indicate nei disegni di progetto, ma non dovranno superare la quota del piano di appoggio della fondazione stradale.

2 - Nella formazione dei rilevati saranno innanzitutto impiegate le terre provenienti da scavi di sbancamento, di fondazione od in galleria appartenenti ad uno dei gruppi A-1, A-2, A-3 della classifica C.N.R. U.N.I. 10006, con l'avvertenza che l'ultimo strato del rilevato sottostante la fondazione stradale, per uno spessore non inferiore a m 2 costipato, dovrà essere costituito da terre dei gruppi A1,A2-4,A2-5, A3 se reperibili negli scavi; altrimenti deciderà la Direzione dei Lavori se ordinare l'esecuzione di tale ultimo strato con materiali di altri gruppi provenienti dagli scavi o con materiali dei predetti gruppi A1,A2-4,A2-5,A3, da prelevarsi in cava di prestito. Per quanto riguarda le materie del gruppo A4 proveniente dagli scavi, la Direzione dei Lavori prima dell'impiego potrà ordinarne la eventuale correzione.

Per i materiali di scavo provenienti da tagli in roccia, da portare in rilevato, se di natura ritenuta idonea dalla Direzione dei Lavori, dovrà provvedersi mediante riduzione ad elementi di pezzatura massima non superiore a 20 cm. Tali elementi rocciosi dovranno essere distribuiti uniformemente nella massa del rilevato e non potranno essere impiegati per la formazione dello strato superiore del rilevato per uno spessore di cm.30 al di sotto del piano di posa della fondazione stradale.

3 - Per quanto riguarda il materiale proveniente da scavi di sbancamento e di fondazione appartenenti ai gruppi A4, A5, A6, A7, si esaminerà di volta in volta l'eventualità di portarlo a rifiuto ovvero di utilizzarlo previa idonea correzione.

4 - I rilevati con materiali corretti potranno essere eseguiti dietro ordine della Direzione dei Lavori solo quando vi sia la possibilità di effettuare un tratto completo di rilevato ben definito tra due sezioni trasversali del corpo stradale.

5 - Le materie di scavo, provenienti da tagli stradali o da qualsiasi altro lavoro che risultassero esuberanti o non idonee per la formazione dei rilevati o riempimento dei cavi, dovranno essere trasportate a rifiuto fuori dalla sede stradale, a debita distanza dai cigli, e sistemate convenientemente, restando a carico dell'impresa ogni spesa, ivi compresa ogni indennità per l'occupazione delle aree di deposito ed il rilascio delle autorizzazioni necessarie da parte di Enti preposti alla tutela del territorio.

6 - Fintanto che non siano state esaurite per la formazione dei rilevati tutte le disponibilità dei materiali idonei provenienti dagli scavi di sbancamento, di fondazione od in galleria, le eventuali cave di prestito che l'Impresa volesse aprire, ad esempio per

economia di trasporti, saranno a suo totale carico. L'Impresa non potrà quindi pretendere sovrapprezzi, né prezzi diversi da quelli stabiliti in elenco per la formazione di rilevati con utilizzazione di materie provenienti dagli scavi in trincea, opere d'arte ed annessi stradali, qualora pure essendoci disponibilità ed idoneità di queste materie scavate, essa ritenesse di sua convenienza, per evitare rimaneggiamenti o trasporti a suo carico, di ricorrere, in tutto o in parte, a cave di prestito.

7 - Qualora una volta esauriti i materiali provenienti dagli scavi ritenuti idonei in base a quanto sopra detto, occorressero ulteriori quantitativi di materie per la formazione dei rilevati, l'Impresa potrà ricorrere al prelevamento di materie di cave di prestito, sempre che abbia preventivamente richiesto ed ottenuto l'autorizzazione da parte della Direzione dei Lavori.

8 - E' fatto obbligo all'Impresa di indicare le cave, dalle quali essa intende prelevare i materiali costituenti i rilevati, alla Direzione dei Lavori che si riserva la facoltà di fare analizzare tali materiali presso Laboratori ufficiali ma sempre a spese dell'Impresa.

Solo dopo che vi sarà l'assenso della Direzione dei Lavori per l'utilizzazione della cava, l'Impresa è autorizzata a sfruttare la cava per il prelievo dei materiali da portare in rilevato.

L'accettazione della cava da parte della Direzione dei Lavori non esime l'Impresa dall'assoggettarsi in ogni periodo di tempo all'esame delle materie che dovranno corrispondere sempre a quelle di prescrizione e pertanto, ove la cava in seguito non si dimostrasse capace di produrre materiale idoneo per una determinata lavorazione, essa non potrà più essere coltivata.

9 - Per quanto riguarda le cave di prestito l'Impresa, dopo aver ottenuto la necessaria autorizzazione da parte degli Enti preposti alla tutela del territorio, è tenuta a corrispondere le relative indennità ai proprietari di tali cave e a provvedere a proprie spese al sicuro e facile deflusso delle acque che si raccogliessero nelle cave stesse, evitando nocivi ristagni e danni alle proprietà circostanti e sistemando convenientemente le relative scarpate, in osservanza anche di quanto è prescritto dall'art. 202 del T.U. delle leggi sanitarie 27 luglio 1934, n. 1265 e dalle successive modifiche; dal T.U. delle leggi sulla bonifica dei terreni paludosi 30 dicembre 1923, n.3267, successivamente assorbito dal testo delle norme sulla Bonifica Integrale approvato con R.D. 13 febbraio 1933, n. 215 e successive modifiche.

10 - Il materiale costituente il corpo del rilevato dovrà essere messo in opera a strati di uniforme spessore, non eccedente cm.50. Il rilevato per tutta la sua altezza dovrà presentare i requisiti di densità riferita alla densità massima secca AASHO modificata non inferiore al 90% negli strati inferiori ed al 95% in quello superiore (ultimi 30 cm.)

Inoltre per tale ultimo strato, che costituirà il piano di posa della fondazione stradale, dovrà ottenersi un modulo di compressibilità Mg definito dalle Norme Svizzere (SNV 670317), il cui valore, misurato in condizioni di umidità prossima a quella del costipamento, al primo ciclo di carico e nell'intervallo di carico compreso fra 0,15 e 9,25 N/mm², non dovrà essere inferiore a 50 N/mm².

Ogni strato sarà costipato alla densità sopra specificata procedendo alla preventiva essiccazione del materiale se troppo umido, oppure al suo inaffiamento, se troppo secco, in modo da conseguire una umidità non diversa da quella ottima predeterminata in laboratorio, ma sempre inferiore al limite di ritiro.

L'Impresa non potrà procedere alla stesa degli strati successivi senza la preventiva approvazione della Direzione dei Lavori.

Ogni strato dovrà presentare una superficie superiore conforme alla sagoma dell'opera finita così da evitare ristagni di acqua e danneggiamenti.

Non si potrà sospendere la costruzione del rilevato, qualunque sia la causa, senza che ad esso sia stata data una configurazione e senza che nell'ultimo strato sia stata raggiunta la densità prescritta.

Le attrezzature di costipamento saranno lasciate alla libera scelta dell'Impresa ma dovranno comunque essere atte ad esercitare sul materiale, a seconda del tipo di esso, un genere di energia costipante tale da assicurare il raggiungimento delle densità prescritte e previste per ogni singola categoria di lavoro.

Pur lasciando libera la scelta del mezzo di costipamento da usare, si prescrive per i terreni di rilevati riportabili ai gruppi A1, A2, A3, un costipamento a carico dinamico-sinusoidale e per terreni di rilevati riportabili ai gruppi A4, A5, A6, A7 un costipamento mediante rulli a punte e carrelli pigiatori gommati.

In particolare, in adiacenza dei manufatti, che di norma saranno costruiti prima della formazione dei rilevati, i materiali del rilevato dovranno essere del tipo A1, A2, A3 e costipati con energia dinamica di impatto.

La Direzione dei Lavori si riserva comunque la facoltà di ordinare la stabilizzazione a cemento dei rilevati mediante mescolazione in sito del legante in ragione di 25 - 50 kg per m³ di materiale compattato.

Tale stabilizzazione dovrà, se ordinata, interessare un volume di rilevato la cui sezione, secondo l'asse stradale, può assimilarsi in un trapezio con base minore di m2, base maggiore di m 15 ed altezza pari a quella del manufatto.

11 - Il materiale dei rilevati potrà essere messo in opera durante i periodi in cui le condizioni meteorologiche siano tali, a giudizio della Direzione dei Lavori, da non pregiudicare la buona riuscita del lavoro.

12 - L'inclinazione da dare alle scarpate sarà quella di cui alle sezioni di norma allegate al progetto.

13 - Man mano che si procede alla formazione dei rilevati, le relative scarpate saranno rivestite con materiale ricco di humus dello spessore non superiore a cm.30 proveniente o dalle operazioni di scoticamento del piano di posa dei rilevati stessi, o da cave di prestito, ed il rivestimento dovrà essere eseguito a cordoli orizzontali e da costiparsi con mezzi idonei in modo da assicurare una superficie regolare.

Inoltre le scarpate saranno perfettamente configurate e regolarizzate procedendo altresì alla perfetta profilatura dei cigli.

14 - Se nei rilevati avvenissero dei cedimenti dovuti a trascuratezza delle buone norme esecutive, l'Appaltatore sarà obbligato ad eseguire a sue spese i lavori di ricarico, rinnovando, ove occorre, anche la sovrastruttura stradale.

15 - Qualora si dovessero costruire dei rilevati non stradali (argini di contenimento), i materiali provenienti da cave di prestito potranno essere solo dei tipi A6, A7. Restano ferme le precedenti disposizioni sulla compattazione.

16 - In alcuni casi la D.L. potrà, al fine di migliorare la stabilità del corpo stradale, ordinare la fornitura e la posa di teli "geotessili" in strisce contigue opportunamente sovrapposte nei bordi per almeno cm 40. Le caratteristiche di tale telo saranno conformi a quelle di cui al punto O dell'Art. "Qualità e provenienza dei materiali" tenendo presente che per tale caso particolare la resistenza a trazione del telo non dovrà essere inferiore a 1200 N/5 cm.

A7) Formazione dei rilevati (argilla e calce)

Il corpo del rilevato stradale potrà essere costituito da materiali, provenienti da cave di prestito o presenti in sito, con contenuto di materiale organico non superiore al 3% e classificabili, secondo la normativa CNR-UNI 10006, come appartenenti alle seguenti categorie:

1) A5 con Ip > 8;

2) A6 e A7;

3) A2/6 e A2/7 con una frazione passante al setaccio 0,4 UNI non inferiore al 35%; se stabilizzati a calce del tipo viva o idrata.

Le modalità di impiego e la scelta della miscela dovranno essere del tipo di seguito elencate.

A) COSTITUZIONE DELLA MISCELA

L'individuazione della miscela più idonea all'impiego dovrà essere indicata alla Direzione Lavori come scaturita dalla serie di indagini di laboratorio, eseguite presso laboratori ufficiali o presso il centro sperimentale di Cesano, di seguito descritte:

- 1) consumo iniziale di calce (CIC) determinato secondo la norma ASTM C977-92, non inferiore all'1,50%;
- 2) presenza percentuale di solfati (SO₃), determinati secondo le norme UNI 8520 parte II, non superiore al 4.00 %;
- 3) reattività della terra alla calce per le frazioni inferiori a 2 micron, determinata secondo esame diffrattometrico, eseguito su campioni tal quali dopo trattamento sottovuoto con glicole etilico;
- 4) verifica delle caratteristiche, mediante esami chimici e fisici di controllo, della calce che dovrà risultare del tipo indicato in tabella nr. 1, (valori percentuali in peso)

Tab. 1

Requisito	Calce Viva	Calce Idrata
CO ₂	≤ 5 %	---
(CaO + MgO) totali	≥ 84 %	---
Titolo in Idrati	---	≥ 85 %
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ +SO ₃	≤ 5 %	≤ 5 %
Pezzatura	≤ 2 mm	---
Passante al setaccio con luce netta da:	200 μ m ≥ 90 %	90 μ m ≥ 85 %

5) determinazione del limite liquido e plastico, secondo la norma UNI EN ISO 17892-12:2018, della terra in sito e della miscela: si riterrà idonea ad essere impiegata una terra che, dopo stabilizzazione presenti un abbattimento dell'indice di plasticità Ip del 25%;

6) determinazione del valore C.B.R. su provini confezionati secondo la normativa UNI EN 13286-47:2012 punto 3.2.1, compattati secondo AASHTO mod. T 180 e rispettivamente tenuti a maturare 7 giorni in aria a 20° ± 1°C e U.R. > 95% (presaturazione), oppure come sopra e poi saturati 4 giorni in acqua a 20° ± 1°C (postsaturazione), lo studio dovrà prevedere l'impiego di due provini per ogni valore di umidità della miscela ed inoltre dovranno essere analizzate almeno tre miscele con tenori di calce crescenti a partire dal valore minimo del CIC;

Si riterranno idonee all'impiego le miscele che presentano le seguenti caratteristiche:

a) per la formazione del corpo del rilevato esclusi gli ultimi 50 cm:

nel caso di presaturazione C.B.R. ≥ 50

nel caso di postsaturazione C.B.R. ≥ 30 e rigonfiamento ≤ 2%

b) per la formazione di sottofondazioni:

nel caso di presaturazione C.B.R. ≥ 70

nel caso di postsaturazione C.B.R. ≥ 50 e rigonfiamento ≤ 1,5%

7) determinazione della resistenza a compressione ad espansione laterale libera, eseguita su provini apribili del tipo C.B.R., secondo B.U. CNR N. 29 compattati secondo AASHTO Mod. T 180, metodo D, avvolti in pellicola di polietilene e tenuti 7 giorni in aria a 20° ± 1°C e U.R. > 95%.

Si riterranno idonee all'impiego le miscele che presentano le seguenti caratteristiche:

a) per la formazione del corpo del rilevato:

resistenza a compressione Rc ≥ 0,80 Mpa

b) per la formazione di sottofondazioni:

resistenza a compressione Rc ≥ 1,20 Mpa

Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore è tenuto a presentare alla Direzione Lavori i risultati ottenuti dalla predette prove e quindi, acquista l'approvazione, potrà procedere all'impiego della miscela.

Si precisa che il quantitativo minimo di calce non dovrà mai essere inferiore all'1,50 % in peso, pena la rimozione dell'intero strato di materiale a totale onere e cura dell'Impresa.

B) POSA IN OPERA

L'operazione di miscelazione, eseguita dopo la posa in opera della terra in strati di altezza massima pari a 30 cm, dovrà essere preceduta, se necessario, da quella di frantumazione della terra in sito, ottenuta mediante passate successive di idonea attrezzatura (pulvimixer) fino ad ottenere una frazione passante al crivello 5 UNI superiore al 63 %.

Terminata l'operazione si dovrà stabilire l'umidità della terra in sito, procedendo con metodi speditivi, ed eseguendo le verifiche in più punti ed a più profondità.

In presenza di valori che si discostano dal valore di umidità ottima, determinato a seguito delle prove di laboratorio sopra descritte e concordato con la Direzione Lavori, in valore assoluto maggiori del ± 2%, si procederà ad una nuova epicatura in caso di eccesso di umidità, oppure ad annaffiare il terreno se troppo asciutto, per raggiungere il grado di umidità desiderato.

Acquisita l'umidità ottima o comunque compresa nel range sopra definito, si procederà alla stesa della calce, mediante impiego di apposita attrezzatura a coclea, nella misura a metro quadrato tale da raggiungere la percentuale prevista in sede di progetto della miscela.

L'operazione sopra descritta non dovrà mai essere effettuata in presenza di forte vento per garantire la sicurezza del personale operante, che dovrà comunque essere dotato di maschere protettive, e l'esattezza del dosaggio della miscela.

La miscelazione tra terra e calce potrà avvenire anche presso impianti fissi ubicati nelle vicinanze della cava di prestito.

Ultimata la stesa della calce si procederà alla miscelazione eseguendo un adeguato numero di passate di pulvimixer al fine di ottenere una miscela continua ed uniforme per poi passare alla rullatura eseguita con rulli a piastre e a punta e/o carrelli pigiatori gommati.

La Direzione Lavori accerterà il raggiungimento del grado di compattazione attraverso prove in sito del peso di volume e del modulo di deformazione (Md). Tali prove saranno richieste con la frequenza di:

– Md: ogni 250 metri di strato finito

– Peso volume: ogni 2000 mc di materiale lavorato

Si riserva inoltre di eseguire prove dell'indice C.B.R., prove di rigonfiamento e prove di rottura a compressione su provini prelevati in sito costituiti da materiale già compattato.

La Direzione Lavori riterrà idonei i seguenti valori:

- 1) densità in sito B.U. CNR N.22 pari al 92% della densità Proctor ottenuta in laboratorio con provini costipati secondo AASHTO mod. T 180 e confezionati con la stessa miscela prelevata in sito;
- 2) valori di Md, ottenuti mediante piastra da 300 mm di diametro (B.U. CNR n. 146):
 - per il corpo del rilevato non inferiori a 20 N/mm² nel ciclo di carico compreso tra 0,05 N/mm² e 0,15 N/mm²;
 - per il piano di sottofondazione non inferiori a 50 N/mm² nel ciclo di carico compreso tra 0,15 N/mm² e 0,25 N/mm²;
- 3) per le prove dell'indice C.B.R., prove di rigonfiamento e prove di rottura a compressione su provini prelevati in sito costituiti da materiale già compattato si potranno accettare valori non inferiori al 90% di quelli ottenuti in laboratorio sulla miscela di progetto.

Per il solo caso di sottofondazione si dovrà prevedere la realizzazione di uno strato protettivo da mettere in opera prima della realizzazione della sovrastruttura stradale.

L'Appaltatore, concordandolo con la Direzione Lavori potrà seguire una delle seguenti tecniche.

- 1) strato di sabbia bagnata di 3 ÷ 4 cm di spessore;
- 2) manto di protezione di bitume liquido BL 350-700 (BU CNR n.7) in ragione di 1,00 Kg/m²
- 3) emulsione bituminosa a lenta rottura del tipo EL 55 (BU CNR n.3) in ragione di 1,80 Kg/m²

Il periodo di maturazione della miscela non potrà essere inferiore a 7 giorni.

Nel caso di impiego dello strato protettivo in sabbia si dovrà provvedere alla sua rimozione.

A8) Stabilizzazione dei piani di posa dei rilevati e delle fondazioni stradali in trincea

I piani di posa avranno l'estensione dell'intera area di appoggio del rilevato ovvero della fondazione stradale nel caso di sezione in trincea, e potranno essere continui o gradonati secondo i profili e le indicazioni che saranno dati dalla Direzione Lavori. Le quote dei suddetti piani saranno stabilite di volta in volta dal progettista dell'opera e saranno raggiunte praticando i necessari scavi di sbancamento.

Nel caso, alla predetta quota si rilevi la presenza di terreni con contenuto di materiale organico non superiore al 3,00 % e classificabili, secondo la normativa CNR-UNI 10006, come appartenenti alle seguenti categorie:

- 1) A5 con Ip > 8
- 2) A6 e A7
- 3) A2-6 e A2-7 con una frazione passante al setaccio 0,40 UNI non inferiore al 35%

La Direzione Lavori, se lo riterrà opportuno, potrà commissionare all'appaltatore un'indagine sperimentale atta a stabilire la reattività della terra in sito con la calce, e quindi ordinare la miscelazione/stabilizzazione della stessa con calce viva o idrata.

Le modalità di impiego e la scelta della miscela dovranno essere del tipo di seguito elencate.

A) COSTITUZIONE DELLA MISCELA

L'individuazione della miscela più idonea all'impiego dovrà essere indicata alla Direzione Lavori come scaturita dalla serie di indagini di laboratorio, eseguite presso laboratori ufficiali o presso il centro sperimentale di Cesano, di seguito descritte:

- 1) consumo iniziale di calce (CIC) determinato secondo la norma ASTM C977-92, non inferiore all'1,50%;
- 2) presenza percentuale di solfati (SO₃), determinati secondo le norme UNI 8520 parte II, non superiore al 4,00 %;
- 3) reattività della terra alla calce per le frazioni inferiori a 2 micron, determinata secondo esame diffrattometrico, eseguito su campioni tal quali dopo trattamento sottovuoto con glicole etilico;
- 4) verifica delle caratteristiche, mediante esami chimici e fisici di controllo, della calce che dovrà risultare del tipo indicato in tabella (valori percentuali in peso):

Requisito	Calce Viva	Calce Idrata
CO ₂	≤ 5 %	---
(CaO + MgO) totali	≥ 84 %	---
Titolo in Idrati	---	≥ 85 %
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ +SO ₃	≤ 5 %	≤ 5 %
Pezzzatura	≤ 2 mm	---
Passante al setaccio con luce netta da:	200 μ m ≥ 90 %	90 μ m ≥ 85 %

5) determinazione del limite liquido e plastico, secondo la norma UNI EN ISO 17892-12:2018, della terra in sito e della miscela, si riterrà idonea ad essere impiegata una terra che, dopo stabilizzazione presenti un abbattimento dell'indice di plasticità Ip del 25%;

6) determinazione del valore C.B.R. su provini confezionati secondo la normativa UNI EN 13286-47:2012, compattati secondo AASHTO mod. T 180 e rispettivamente tenuti a maturare 7 giorni in aria a 20° ± 1° C e U.R. > 95 % (presaturazione), oppure come sopra e poi saturati 4 giorni in acqua a 20° ± 1° C (postsaturazione), lo studio dovrà prevedere l'impiego di due provini per ogni valore di umidità della miscela ed inoltre dovranno essere analizzate almeno tre miscele con tenori di calce crescenti a partire dal valore minimo del CIC;

Si riterranno idonee all'impiego le miscele che presentano le seguenti caratteristiche:

- a) per la formazione del corpo dei piani di posa dei rilevati:
 - nel caso di presaturazione C.B.R. ≥ 50
 - nel caso di postsaturazione C.B.R. ≥ 30 e rigonfiamento ≤ 2%
- b) per la formazione di piani di sottofondazione:
 - nel caso di presaturazione C.B.R. ≥ 70
 - nel caso di postsaturazione C.B.R. ≥ 50 e rigonfiamento ≤ 1,5%

7) determinazione della resistenza a compressione ad espansione laterale libera, eseguita su provini apribili del tipo C.B.R., secondo B.U. CNR N. 29 compattati secondo AASHTO Mod. T 180, metodo D, avvolti in pellicola di polietilene e tenuti 7 giorni in aria a 20° ± 1° C e U.R. > 95%.

Si riterranno idonee all'impiego le miscele che presentano le seguenti caratteristiche:

- a) per la formazione di piani di posa dei rilevati:
 - resistenza a compressione Rc ≥ 0,8 Mpa
- b) per la formazione di piani di sottofondazione:
 - resistenza a compressione Rc ≥ 1,2 Mpa

Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore è tenuto a presentare alla Direzione Lavori i risultati ottenuti dalle predette prove e quindi, acquisita l'approvazione, potrà procedere all'impiego della miscela. Si precisa comunque che il quantitativo minimo di calce non dovrà mai essere inferiore all' 1,5% in peso, pena la rimozione dell'intero strato di materiale a totale onere e cura dell'Impresa.

B) STABILIZZAZIONE

L'operazione di miscelazione, dovrà essere preceduta, da quella di frantumazione della terra in sito, ottenuta mediante passate successive di idonea attrezzatura (pulvimixer) fino ad ottenere una frazione passante al crivello 5 UNI superiore al 63%.

Terminata l'operazione si dovrà stabilire l'umidità della terra in sito, procedendo con metodi speditivi, ed eseguendo le verifiche in più punti ed a più profondità.

In presenza di valori che si discostano dal valore di umidità ottima, determinato a seguito delle prove di laboratorio sopra descritte e concordato con la Direzione Lavori, in valore assoluto maggiori del $\pm 2\%$, si procederà ad una nuova erpicata in caso di eccesso di umidità, oppure ad annaffiare il terreno se troppo asciutto, per raggiungere il grado di umidità desiderato.

Acquisita l'umidità ottima o comunque compresa nel range sopra definito, si procederà alla stesa della calce, mediante l'impiego di apposita attrezzatura a coclea, nella misura a metro quadrato, in funzione dell'altezza dello strato da stabilizzare, tale da raggiungere la percentuale prevista in sede di progetto della miscela.

L'operazione sopra descritta non dovrà mai essere effettuata in presenza di forte vento per garantire la sicurezza personale operante, che dovrà comunque essere dotato di maschere protettive, e l'esattezza del dosaggio della miscela.

Ultimata la stesa della calce si procederà alla miscelazione eseguendo un adeguato numero di passate di pulvimixer al fine di ottenere una miscela continua ed uniforme per poi passare alla rullatura eseguita con rulli a piastre e a punta e/o carrelli pignatori gommati.

La Direzione Lavori accerterà il raggiungimento del grado di compattazione attraverso prove in sito del peso di volume e del modulo di deformazione (Md). Tali prove saranno richieste con la frequenza di:

– Md: ogni 250 metri di strato finito

– Peso volume: ogni 2000 mc di materiale lavorato

Si riserva inoltre di eseguire prove dell'indice C.B.R., prove di rigonfiamento e prove di rottura a compressione su provini prelevati in sito costituiti da materiale già compattato.

La Direzione Lavori riterrà idonei i seguenti valori:

1) densità in sito B.U. CNR N.22 pari al 92% della densità Proctor ottenuta in laboratorio con provini costipati secondo AASHTO mod. T 180 e confezionati con la stessa miscela prelevata in sito;

2) valori di Md, ottenuti mediante piastra da 300 mm di diametro (B.U. CNR n. 146):

– per piani di posa dei rilevati non inferiori a 20 N/mm² nel ciclo di carico compreso tra 0,05 N/mm² e 0,15 N/mm²;

– per piani di sottofondazione non inferiori a 50 N/mm² nel ciclo di carico compreso tra 0,15 N/mm² e 0,25 N/mm²

3) per le prove dell'indice C.B.R., prove di rigonfiamento e prove di rottura a compressione su provini prelevati in sito costituiti da materiale già compattato si potranno accettare valori non inferiori al 90% di quelli ottenuti in laboratorio sulla miscela di progetto. Per il solo caso di sottofondazione, in trincea, si dovrà prevedere la realizzazione di uno strato protettivo da mettere in opera prima della realizzazione della sovrastruttura stradale.

L'Appaltatore, concordandolo con la Direzione Lavori potrà seguire una delle seguenti tecniche:

1) strato di sabbia bagnata di 3 ÷ 4 cm di spessore;

2) manto di protezione di bitume liquido BL 350-700 (BU CNR n.7) in ragione di 1,00 kg/mq

3) emulsione bituminosa a lenta rottura del tipo EL 55 (BU CNR n.3) in ragione di 1,80 Kg/mq

Il periodo di maturazione della miscela non potrà essere inferiore a 7 giorni.

Nel caso di impiego dello strato protettivo in sabbia si dovrà provvedere alla sua rimozione.

Art. 5 – Disboscamento, decespugliamento e taglio di vegetazione selettivo

Il disboscamento ed il taglio di vegetazione potranno eseguirsi in due modi:

A) Manualmente con l'impiego di attrezzi da taglio, motoseghe, decespugliatori, manovrati direttamente dall'uomo.

B) Meccanicamente con l'impiego di macchine operatrici attrezzate con barre a coltelli taglienti snodati, azionati da motore o motore idraulico con presa di forza della macchina operatrice o con proprio motore ausiliario. Il taglio dovrà avvenire il più possibile rasente al suolo con successiva cernita, accumulo del materiale di risulta e sua abbruciatura ove possibile, ovvero, a discrezione della D.L. fatto caricare e trasportare a rifiuto a cura dell'impresa. Il materiale che sfuggirà alla raccolta non dovrà avere quantità superiori a quelle che possono essere facilmente e rapidamente biodegradate dal corso d'acqua.

L'operatività in presenza di strade pubbliche e/o comunque di terzi, non adibiti al cantiere, dovrà essere regolata con opportuni segnali e con personale dell'impresa che mantenga i non addetti ai lavori a distanza di sicurezza dalla zona di taglio.

Nel caso in cui per eventi di piena anche improvvisi, si verificassero trasporti di materiale tagliato e non ancora allontanato dall'alveo, l'impresa è responsabile di tutti i danni che tale materiale potrà provocare lungo l'asta del corso d'acqua e dovrà comunque andare a recuperarlo a propria cura e spesa.

CAPO 4) OPERE IN C.A. E PREFABBRICATE

Art. 6 – Rilevati e rinterri addossati alle murature e riempimenti con pietrame

Per i rilevati addossati alle murature o muri in calcestruzzo, occorrerà usare ogni diligenza per favorire una omogenea compattazione degli stessi.

La compattazione dovrà essere effettuata per strati con piastra vibrante di peso adeguato e fino al raggiungimento delle densità richieste (95% AASHO mod. per rinterri sotto strade e 90% negli altri casi).

E' vietato addossare terrapieni o riempimenti a murature od a opere in c.a. prima del raggiungimento della resistenza adeguata.

Per emungere le acque sotterranee ricadenti a tergo dei manufatti è necessaria la costruzione di opere drenanti che consentano un'adeguata regimazione delle acque e convogliamento delle stesse al di fuori della struttura.

Il drenaggio multistrato tradizionale è costituito da strati di materiali lapidei di varia pezzatura e più precisamente pietrisco 20/40-40/70 mm e granulato 3/6-8/12 mm, il tutto addossato alla parete retrostante il manufatto.

Per una migliore regimazione e scarico delle acque è opportuno collocare alla base del drenaggio e per tutta la lunghezza del manufatto una tubazione in acciaio o in pvc di diametro appropriato, che va proseguita all'esterno della struttura.

Oltre al sistema tradizionale il drenaggio a tergo di manufatti può essere realizzato con telo geocomposito disposto verticalmente a contatto con le strutture, costituito da anima drenante accoppiata a due filtri di geotessile.

La funzione drenante sarà svolta da una geostuoia tridimensionale a struttura cuspidata composta da monofili di polipropilene termosaldati tra loro nei punti di contatto.

La geostuoia, larga 200 cm, sarà accoppiata termicamente, lungo tutta la superficie, a due geotessili in polipropilene.

Ogni geotessile avrà larghezza non inferiore a 210 cm e massa areica non inferiore a 140 g/mq.; la sua permeabilità sarà dell'ordine di 10-3 m/sec.

La resistenza a trazione longitudinale del geocomposito sarà non inferiore a 18,4 kN/m, mentre il valore di resistenza a punzonamento CBR sarà non inferiore a 3000 N.

Art. 7 – Malte cementizie

Le caratteristiche dei materiali da impiegare per la confezione delle malte ed i rapporti di miscela, corrisponderanno alle prescrizioni delle voci dell'Elenco Prezzi per i vari tipi d'impasto ed a quanto verrà, di volta in volta, ordinato dalla Direzione dei Lavori.

Tutte le malte per muratura, tra cui quelle cementizie, devono rispettare i requisiti definiti nelle NTC 2018, al paragrafo 11.10.2; a seconda della tipologia di malta (a prestazione garantita, a composizione prescritta o prodotta in cantiere) l'NTC 2018 indica le norme europee a cui fare riferimento e il Sistema di Valutazione e Verifica della Costanza della Prestazione che deve essere adottato da parte del produttore.

L'NTC 2018 e successiva Circolare esplicativa, hanno introdotto l'obbligatorietà delle prove di accettazione in cantiere anche per le malte. Il controllo di accettazione va eseguito su miscele omogenee, su un numero minimo di provini che varia secondo il tipo di malta (a prestazione garantita, a composizione prescritta o prodotta in cantiere), in accordo con i §11.10.2.1, §11.10.2.2 e §11.10.2.3.

Per quanto riguarda le malte ad uso strutturale, il controllo prevede il campionamento di almeno 3 provini prismatici 40x40x160 mm ogni 350 mc di muratura realizzata con la stessa miscela nel caso di malte a composizione prescritta o prodotta in cantiere, oppure ogni 700 mc di muratura realizzata con la stessa miscela nel caso di malte a prestazione garantita, da sottoporre a **flessione**, e quindi a **compressione** sulle 6 metà risultanti, secondo quanto indicato nella norma UNI EN 1015-11:2007. **Il valore medio delle resistenze a compressione deve risultare maggiore o uguale a quello di progetto.**

La norma europea di riferimento per le malte per usi strutturali è la UNI EN 998-2.

Gli impasti verranno preparati solamente nelle quantità necessarie per l'impiego immediato; gli impasti residui che non avessero immediato impiego saranno portati a rifiuto.

Art. 8 – Conglomerati semplici e armati (normali e precompressi)

a) Generalità

L'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese alle verifiche di stabilità di tutte le opere incluse nell'appalto, elaborandone i particolari esecutivi ed i relativi computi metrici nei termini indicati dalla Direzione Lavori.

Per la determinazione della portata dei terreni e per la conseguente verifica delle opere di fondazione, l'Impresa provvederà a sua cura e spese all'esecuzione di sondaggi e di appropriate indagini geognostiche secondo le norme di cui al D.M. 11.3.1988.

Le verifiche e le elaborazioni di cui sopra saranno condotte osservando tutte le vigenti disposizioni di legge e le norme emanate in materia. In particolare l'Impresa sarà tenuta all'osservanza:

- della legge 5 Novembre 1971, n°1086 "Norme per disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" (G.U. n.321 del 21.12.1971);
- del D.M. 14 Febbraio 1992 "Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" (S.O. alla G.U.n.65 del 18.03.1992);
- della legge 2 Febbraio 1974, n.64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche" (G.U. n.76 del 21.03.1974);
- del D.M. 19.06.1984 n.24771 "Norme Tecniche - di rettifica - relative alle costruzioni sismiche" (G.U. n.26 del 31.01.1985);
- del Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 24.01.1986 "Norme Tecniche relative alle costruzioni sismiche" (G.U. n.108 del 12.05.1986) e relative istruzioni emanate con Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 27690 del 10.07.1986;
- del D.M.4 Maggio 1990 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali" (G.U.n.24 del 29.01.1991) e sue istruzioni emanate con circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n.34233 del 25.02.1991;
- del Decreto Ministero delle Infrastrutture 14 Gennaio 2008: "Norme Tecniche per le Costruzioni 2008" e successiva circolare esplicativa
- del Decreto Ministero delle Infrastrutture 17 Gennaio 2018: "Norme Tecniche per le Costruzioni 2018" e successiva circolare esplicativa.

Gli elaborati di progetto, firmati dal progettista e dall'Impresa, dovranno indicare i tipi e le classi di calcestruzzo ed i tipi di acciaio da impiegare e dovranno essere approvati dalla Direzione dei Lavori.

In particolare, prima dell'inizio dei getti di ciascuna opera d'arte, l'Impresa sarà tenuta a presentare in tempo utile all'esame della Direzione dei Lavori:

- a) i calcoli statici delle strutture ed i disegni di progetto (comprensivi delle linee di influenza delle deformazioni elastiche) che, come innanzi specificato, per diventare operativi dovranno essere formalmente approvati dalla Direzione Lavori, per poi allegarli alla contabilità finale;
- b) i risultati dello studio preliminare di qualificazione eseguito per ogni tipo di conglomerato cementizio la cui classe figura nei calcoli statici delle opere comprese nell'appalto al fine di comprovare che il conglomerato proposto avrà resistenza non inferiore a quella richiesta dal progetto. Tale studio, da eseguire presso un Laboratorio ufficiale, dovrà indicare anche natura, provenienza e qualità degli inerti, granulometria degli stessi, tipo e dosaggio di cemento, rapporto acqua- cemento, tipo e dosaggio di eventuali additivi, tipo di impianto di confezionamento, valore previsto della consistenza misurata con il cono di Abrams, valutazione della lavorabilità del calcestruzzo, sistemi di trasporto, getto e maturazione.

La Direzione dei Lavori autorizzerà l'inizio del getto dei conglomerati cementizi solo dopo aver avuto dall'Impresa i certificati dello studio preliminare di cui al punto b) rilasciati dai Laboratori ufficiali suddetti e di avere effettuato gli opportuni riscontri, ivi comprese ulteriori prove di laboratorio, come indicato dall'Art. "Prove dei materiali".

L'impresa dovrà inoltre consegnare al Direttore dei Lavori, preventivamente, il Certificato del Controllo della Produzione in Fabbrica relativo agli impianti di produzione di cls di cui intende servirsi.

L'esame e la verifica da parte della Direzione dei Lavori, dei progetti delle opere e dei certificati degli studi preliminari di qualificazione, non esonerano in alcun modo l'Impresa dalle responsabilità ad essa derivanti per legge e per pattuizione di contratto, restando stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione dei Lavori, essa Impresa rimane l'unica e diretta responsabile delle opere a termine di legge; pertanto essa sarà tenuta a rispondere degli inconvenienti di qualunque natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

L'Impresa sarà tenuta inoltre a presentare all'esame della Direzione dei Lavori i progetti delle opere provvisorie (centine, armature di sostegno e attrezzature di costruzione).

b) Componenti

Cemento - Il cemento impiegato per la confezione dei conglomerati cementizi deve corrispondere ai requisiti prescritti dalle leggi vigenti richiamanti al comma b) del precedente Art. "Qualità e provenienza dei materiali".

Nel caso in cui esso venga approvvigionato allo stato fuso, il relativo trasporto dovrà effettuarsi a mezzo di contenitori che lo proteggano dall'umidità ed il pompaggio del cemento nei silos deve essere effettuato in modo da evitare miscele fra tipi diversi.

L'Impresa deve avere cura di approvvigionare il cemento presso cementerie che diano garanzia di bontà, costanza del tipo, continuità di fornitura. Pertanto all'inizio dei lavori essa dovrà presentare alla Direzione Lavori un impegno, assunto dalle cementerie prescelte, a fornire cemento per il quantitativo previsto, i cui requisiti chimici e fisici corrispondano alle norme di accettazione di cui all'Art. "Qualità e provenienza dei materiali". Tale dichiarazione sarà essenziale affinché la Direzione dei Lavori possa dare il benestare per l'approvvigionamento del cemento presso le cementerie prescelte, ma non esimerà l'Impresa dal far controllare periodicamente, anche senza la richiesta della Direzione dei Lavori, le qualità del cemento presso un Laboratorio ufficiale per prove di materiali.

Le prove dovranno essere ripetute su una stessa partita qualora sorgesse il dubbio di un degradamento delle qualità del cemento, dovuto ad una causa qualsiasi.

Inerti - Dovranno corrispondere alle caratteristiche già specificate all'art. "Qualità e provenienza dei materiali"; inoltre non dovranno essere scistosi o silicomagnesiaci.

Saranno rifiutati pietrischetti, pietrischi e graniglie contenenti una percentuale superiore al 15% in peso di elementi piatti o allungati la cui lunghezza sia maggiore di 5 volte lo spessore medio.

Le miscele di inerti fini e grossi, mescolati in percentuale adeguata, dovranno dar luogo ad una composizione granulometrica costante, che permetta di ottenere i requisiti voluti sia nell'impasto fresco (consistenza, omogeneità, lavorabilità, aria inglobata, ecc.), che nell'impasto indurito (resistenza, permeabilità, modulo elastico, ritiro, viscosità, durabilità, ecc.)

La curva granulometrica dovrà essere tale da ottenere la massima compattezza del calcestruzzo con il minimo dosaggio di cemento, compatibilmente con gli altri requisiti.

Particolare attenzione sarà rivolta alla granulometria della sabbia, al fine di ridurre al minimo il fenomeno del bleeding (essudazione) nel calcestruzzo.

Gli inerti dovranno essere suddivisi in almeno 3 pezzature; la più fine non dovrà contenere più del 5% di materiale trattenuto al setaccio a maglia quadrata da 5 mm di lato.

Le singole pezzature non dovranno contenere frazioni granulometriche, che dovrebbero appartenere alle pezzature inferiori, in misura superiore al 15% e frazioni granulometriche, che dovrebbero appartenere alle pezzature superiori, in misura superiore al 10% della pezzatura stessa.

La dimensione massima dei grani dell'inerte deve essere tale da permettere che il conglomerato possa riempire ogni parte del manufatto, tenendo conto della lavorabilità dell'impasto, dell'armatura e relativo copriferro, delle caratteristiche geometriche della carpenteria, delle modalità di getto e di messa in opera.

Acqua - Provverrà da fonti ben definite che diano acqua rispondente alle caratteristiche specificate all'Art. "Qualità e provenienza dei materiali".

L'acqua dovrà essere aggiunta nella minor quantità possibile in relazione alla prescritta resistenza ed al grado di lavorabilità del calcestruzzo, tenendo conto anche dell'acqua contenuta negli inerti, in modo da rispettare il previsto rapporto acqua/cemento.

Additivi - La Direzione Lavori deciderà a suo insindacabile giudizio se gli additivi proposti dall'Impresa potranno o no essere usati, in base alle conoscenze disponibili da precedenti lavori o sperimentazioni. Su richiesta della Direzione Lavori, l'Impresa dovrà inoltre esibire certificati di prove di laboratorio ufficiale che dimostrino la conformità del prodotto alle disposizioni vigenti; dovrà comunque essere garantita la qualità e la costanza delle caratteristiche dei prodotti da impiegare.

c) Controlli di accettazione dei conglomerati cementizi

Durante l'esecuzione delle opere cementizie per la determinazione della resistenza a compressione dei conglomerati, per la preparazione e stagionatura dei provini, per la forma e dimensione degli stessi e relative casseforme, vale quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-1:2012 e UNI EN 12390-2:2009.

Circa il procedimento da seguire per la determinazione della resistenza a compressione dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-3:2009 e UNI EN 12390-4:2002.

I controlli di accettazione devono in ogni caso rispettare quanto prescritto al paragrafo 11.2.5 delle NTC 2018 e, a seconda della situazione e delle necessità, la Direzione Lavori valuta se effettuare un controllo di tipo A o di tipo B.

Il prelievo dei provini va eseguito alla presenza del Direttore dei Lavori o di un tecnico di sua fiducia, che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo e dispone l'identificazione univoca dei provini, secondo quanto prescritto al paragrafo 11.2.5.3 delle NTC 2018.

Le prove a compressione vanno eseguite conformemente alle norme UNI EN 12390-3:2009, tra il 28° e il 30° giorno di maturazione e comunque entro 45 giorni dalla data del prelievo. In caso di mancato rispetto di tali termini le prove di compressione andranno integrate da quelle riferite al controllo della resistenza del calcestruzzo in opera.

Ad integrazione di tali norme, la Direzione dei Lavori ordinerà n°3 (tre) prelievi costituiti ciascuno da n.2 provini in modo da poter assoggettare uno dei prelievi a prove preliminari di accettazione presso il laboratorio di cantiere, o altro posto nelle vicinanze del cantiere stesso; resta inteso che il secondo prelievo sarà sottoposto a prove presso un Laboratorio ufficiale ed il terzo prelievo sarà utilizzato, all'occorrenza, nel caso si rendesse necessario eseguire altre opere.

Tutti gli oneri relativi alle prove di cui sopra, in essi compresi quelli per il rilascio dei certificati, saranno a carico dell'Impresa.

Nel caso che il valore della resistenza caratteristica cubica (R_{ck}) ottenuta sui provini assoggettati a prove nei laboratori di cantiere risulti essere inferiore a quello indicato nei calcoli statici e nei disegni di progetto approvati dal Direttore dei Lavori, questi potrà, a suo insindacabile giudizio, ordinare la sospensione dei getti dell'opera interessata in attesa dei risultati delle prove eseguite presso laboratori ufficiali.

Qualora anche dalle prove eseguite presso Laboratori Ufficiali risultasse un valore di R_{ck} inferiore a quello indicato nei calcoli statici e nei disegni di progetto approvati dalla Direzione Lavori, ovvero una prescrizione del controllo di accettazione non fosse rispettata, occorre procedere, a cura e spese dell'Impresa, ad un controllo teorico e/o sperimentale della struttura interessata dal quantitativo di conglomerato non conforme sulla base della resistenza ridotta del conglomerato, ovvero ad una verifica delle caratteristiche del conglomerato messo in opera mediante prove complementari, o col prelievo di provini di calcestruzzo indurito messo in opera o con l'impiego di altri mezzi di indagine. Tali controlli e verifiche formeranno oggetto di una relazione supplementare nella quale si dimostri che, ferme restando le ipotesi di vincoli e di carico delle strutture, la R_{ck} è ancora compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, secondo le prescrizioni delle vigenti norme di legge.

Se tale relazione sarà approvata dalla Direzione Lavori il calcestruzzo verrà contabilizzato in base al valore della resistenza caratteristica trovata.

Nel caso che la R_{ck} non risulti compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, l'Impresa sarà tenuta a sua cura e spese alla demolizione e rifacimento dell'opera oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi dovranno essere formalmente approvati dalla Direzione Lavori. Nessun indennizzo o compenso, sarà dovuto all'Impresa se la R_{ck} risulterà maggiore a quella indicata nei calcoli statici e nei disegni approvati dalla Direzione Lavori.

Oltre ai controlli relativi alla R_{ck} la Direzione Lavori preleverà, con le modalità indicate nelle norme UNI 6126-72 e con le frequenze di cui all'allegato 2 del D.M. 14 febbraio 1992 campioni di materiale e di conglomerati per effettuare ulteriori controlli, quali:

- a) quelli relativi alla consistenza con la prova del cono eseguita secondo le modalità riportate nella UNI EN 12350-2;
- b) quelli relativi al dosaggio del cemento da eseguire su calcestruzzo fresco in base a quanto stabilito nelle norme UNI 6393-88 e 6394-69 (poiché di regola tale determinazione deve essere eseguita entro 30 minuti dall'impasto, occorre attenzione particolare nella scelta del luogo di esecuzione).

In particolare, in corso di lavorazione, sarà altresì controllato l'omogeneità, il contenuto d'aria ed il rapporto acqua/cemento.

Circa le modalità di esecuzione delle suddette prove, si specifica quanto segue.

La prova di consistenza si eseguirà misurando l'abbassamento al cono di Abrams (slump test), come disposto dalla Norma UNI EN 12350-2. Tale prova sarà considerata significativa per abbassamenti compresi fra 2 e 20 cm. Per abbassamenti inferiori a 2 cm si dovrà eseguire la prova con la tavola a scosse secondo il metodo DIN 1048, o con l'apparecchio VEBE'.

La prova di omogeneità è prescritta in modo particolare quando il trasporto del conglomerato avviene mediante autobetoniera. Essa verrà eseguita vagliando due campioni di conglomerato, prelevati a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera, attraverso il vaglio a maglia quadra da 4.76 mm.

La percentuale in peso del materiale grosso nei due campioni non dovrà differire più del 10%. Inoltre l'abbassamento al cono dei due campioni prima della vagliatura non dovrà differire più di 3 cm.

La prova del contenuto d'aria è richiesta ogni qualvolta si impieghi un additivo aerante. Essa verrà eseguita con il metodo EN 12350-7:2019.

Il rapporto acqua/cemento dovrà essere controllato determinando l'acqua contenuta negli inerti e sommando tale quantità all'acqua di impasto.

In fase di indurimento potrà essere prescritto il controllo della resistenza a diverse epoche di maturazione, su campioni appositamente confezionati.

La Direzione Lavori si riserva di prelevare campioni di conglomerato cementizio anche da strutture già realizzate e stagionate, oppure di effettuare, sulle opere finite, armate o non, misure di resistenza a compressione, non distruttive, a mezzo sclerometro od altre apparecchiature.

La prova o misura di resistenza a mezzo sclerometro verrà eseguita nel modo seguente:

- 1) nell'intorno del punto prescelto dalla Direzione dei Lavori verrà fissata una area non superiore a 0,1 mq; su di esso si eseguiranno 10 percussioni con sclerometro, annotando i valori dell'indice volta per volta;
- 2) si determinerà la media aritmetica di tali valori;
- 3) verranno scartati i valori che differiscano dalla media più di 15 centesimi dall'escursione totale della scala dello sclerometro;
- 4) tra i valori non scartati, se non inferiori a 6, verrà dedotta la media aritmetica che, attraverso la tabella di taratura dello sclerometro, darà la resistenza a compressione del calcestruzzo;
- 5) se il numero dei valori non scartati è inferiore a 6 la prova non sarà ritenuta valida e dovrà essere rieseguita in una zona vicina;

Di norma per ciascun tipo di sclerometro verrà adottata la tabella di taratura fornita dalla relativa casa costruttrice; la Direzione Lavori si riserva di effettuare in contraddittorio la taratura dello sclerometro, direttamente sui provini che successivamente verranno sottoposti a prova distruttiva di rottura a compressione. Per l'interpretazione dei risultati è buona norma procedere anche a prove di confronto su strutture le cui prove di controllo abbiano dato risultati certi.

Nella eventualità di risultati dubbi, si dovrà procedere al controllo diretto della resistenza a rottura a compressione mediante prove distruttive su provini prelevati direttamente in punti opportuni delle strutture già realizzate, mediante carotature, tagli con sega a disco, estrazione di grossi blocchi, ecc. (Norma UNI EN 12390-3:2019).

d) Confezione

La confezione dei calcestruzzi dovrà essere eseguita con gli impianti preventivamente sottoposti all'esame della Direzione Lavori. Gli impianti di betonaggio saranno del tipo automatico con dosatura a peso degli inerti, dell'acqua, degli eventuali additivi e del cemento; la dosatura del cemento dovrà sempre essere realizzata con bilancia indipendente e di adeguato maggior grado di precisione.

La dosatura effettiva degli inerti dovrà essere realizzata con precisione del 3%; quella del cemento con precisione del 2%

Le bilance dovranno essere revisionate almeno una volta ogni due mesi e tarate all'inizio del lavoro e successivamente almeno una volta all'anno.

Per l'acqua e gli additivi è ammessa anche la dosatura a volume.

La dosatura effettiva dell'acqua dovrà essere realizzata con precisione del 2% ed i relativi dispositivi dovranno essere tarati almeno una volta al mese.

I dispositivi di misura del cemento, dell'acqua e degli additivi dovranno essere del tipo individuale. Le bilance per la pesatura degli inerti possono essere di tipo cumulativo (peso delle varie pezzature con successione addizionale).

I silos del cemento debbono garantire la perfetta tenuta nei riguardi dell'umidità atmosferica.

Gli impasti dovranno essere confezionati in betoniere aventi capacità tale da contenere tutti gli ingredienti della pesatura senza debordare.

Il tempo e la velocità di mescolamento dovranno essere tali da produrre un conglomerato rispondente ai requisiti di omogeneità di cui al precedente paragrafo C).

Per quanto non specificato, vale la norma UNI 206:2016.

L'impasto dovrà risultare di consistenza uniforme ed omogenea, uniformemente coesivo (vale cioè da essere trasportato e manipolato senza che si verifichi la separazione dei singoli elementi); lavorabile (in maniera che non rimangano vuoti nella massa o sulla superficie dei manufatti dopo eseguito la vibrazione in opera).

La lavorabilità non dovrà essere ottenuta con maggiore impiego di acqua di quanto previsto nella composizione del calcestruzzo.

Il Direttore dei Lavori potrà consentire l'impiego di aeranti, plastificanti o fluidificanti, anche non previsti negli studi preliminari.

In questi casi l'uso di aeranti e plastificanti sarà effettuato a cura spese dell'Impresa, senza che questa abbia diritto a pretendere indennizzi o sovrapprezzi per tale titolo.

La produzione ed il getto del calcestruzzo dovranno essere sospesi nel caso che la temperatura scenda al di sotto di 0° C. salvo diverse disposizioni che la Direzione Lavori potrà dare volta per volta, prescrivendo, in tal caso, le norme e gli accorgimenti cautelativi da adottare; per questo titolo l'Impresa non potrà avanzare richiesta alcuna di maggiori compensi.

e) Trasporto

Il trasporto dei calcestruzzi dall'impianto di betonaggio al luogo di impiego dovrà essere effettuato con mezzi idonei al fine di evitare la possibilità di segregazione dei singoli componenti e comunque tali da evitare ogni possibilità di deterioramento del calcestruzzo medesimo.

Non saranno ammessi gli autocarri a cassone o gli scivoli. Saranno accettate, in funzione della durata e della distanza di trasporto, le autobetoniere e le benne a scarico di fondo ed, eccezionalmente i nastri trasportatori. L'uso delle pompe sarà consentito a condizione che l'Impresa adotti, a sua cura e spese, provvedimenti idonei a mantenere il valore prestabilito del rapporto acqua/cemento del calcestruzzo alla bocca d'uscita della pompa.

Qualora il trasporto del conglomerato avvenga mediante autobetoniera l'omogeneità dell'impasto sarà controllata, all'atto dello scarico, con la prova indicata al precedente paragrafo C).

In ogni caso la lavorabilità dell'impasto verrà controllata con le prove di consistenza al cono di Abrams (slump test) sia all'uscita dell'impianto di betonaggio o alla bocca dell'autobetoniera, sia al termine dello scarico in opera; la differenza fra i risultati delle due prove non dovrà essere maggiore di 5 cm. e comunque non dovrà superare quanto specificato dalla Norma UNI 206:2016, salvo l'uso di particolari additivi.

E' facoltà della Direzione Lavori di rifiutare carichi di calcestruzzo non rispondenti ai requisiti prescritti.

f) Posa in opera

Sarà eseguita con ogni cura e regola d'arte, dopo aver preparato accuratamente e rettificati i piani di posa, le casseforme, i cavi da riempire e dopo aver posizionato le armature metalliche. Nel caso di getti contro terra, roccia, ecc., si deve controllare che la pulizia del sottofondo, il posizionamento di eventuali drenaggi, la stesura del materiale isolante o di collegamento, siano eseguiti in conformità alle disposizioni di progetto e di capitolato.

I getti dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto ed alle prescrizioni della Direzione Lavori. Si avrà cura che in nessun caso si verifichino cedimenti dei piani di appoggio e delle pareti di contenimento.

I getti potranno essere iniziati solo dopo la verifica degli scavi, delle casseforme e delle armature metalliche da parte della Direzione Lavori.

Dal giornale dei lavori del cantiere dovrà risultare la data di inizio e di fine dei getti e del disarmo. Se il getto dovesse essere effettuato durante la stagione invernale, l'Impresa dovrà tenere registrati giornalmente i minimi di temperatura desunti da un apposito termometro esposto nello stesso cantiere di lavoro. Il calcestruzzo sarà posto in opera e assestato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee e perfettamente regolari ed esenti anche da macchie o chiazze.

Le eventuali irregolarità o sbavature dovranno essere asportate e i punti incidentalmente difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta fine di cemento immediatamente dopo il disarmo; ciò qualora tali difetti o irregolarità siano contenuti nei limiti che la Direzione Lavori, a suo esclusivo giudizio, riterrà tollerabili, fermo restando in ogni caso che le suddette operazioni ricadranno esclusivamente e totalmente a carico dell'Impresa.

Eventuali ferri (filo, chiodi, reggette) che, con funzione di legatura di collegamento casseri od altro, dovessero sporgere dai getti finiti, dovranno essere tagliati almeno 0,5 cm sotto la superficie finita, e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento; queste prestazioni non saranno in nessun caso oggetto di compensi a parte.

Lo scarico del conglomerato dal mezzo di trasporto dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare le segregazioni. A questo scopo il conglomerato dovrà cadere verticalmente al centro della cassaforma e sarà steso in strati orizzontali di spessore limitato e comunque non superiore a 50 cm ottenuti dopo la vibrazione.

Gli apparecchi, i tempi e le modalità per la vibrazione saranno quelli preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

E' vietato scaricare il conglomerato in unico cumulo e distenderlo con l'impiego del vibratore.

Tra le successive riprese di getto non dovranno aversi distacchi o discontinuità o differenze d'aspetto, e la ripresa potrà effettuarsi solo dopo che la superficie del getto precedente sia stata accuratamente pulita, lavata e spazzolata.

La Direzione Lavori avrà la facoltà di prescrivere, ove e quando lo ritenga necessario, che i getti vengano eseguiti senza soluzione di continuità così da evitare ogni ripresa; per questo titolo l'Impresa non potrà avanzare richiesta alcuna di maggiori compensi e ciò neppure nel caso che, in dipendenza di questa prescrizione, il lavoro debba essere condotto a turni ed anche in giornate festive. Quando il calcestruzzo fosse gettato in presenza di acqua, si dovranno adottare gli accorgimenti necessari per impedire che l'acqua lo dilavi e ne pregiudichi il normale consolidamento.

L'onere di tali accorgimenti è a carico dell'Impresa.

g) Stagionatura e disarmo

A posa ultimata sarà curata la stagionatura dei getti in modo da evitare un rapido prosciugamento delle superfici dei medesimi, usando tutte le cautele ed impiegando i mezzi più idonei allo scopo. Il sistema proposto dall'Impresa dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori.

Durante il periodo della stagionatura i getti dovranno essere riparati da possibilità di urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere.

Prima del disarmo, tutte le superfici non protette del getto dovranno essere mantenute umide con continua bagnatura e con altri idonei accorgimenti per almeno 7 giorni.

La rimozione delle armature di sostegno dei getti potrà essere effettuata quando siano state sicuramente raggiunte le prescritte resistenze. In assenza di specifici accertamenti, l'Impresa dovrà attenersi a quanto stabilito dalle Norme Tecniche previste dal D.M.14 febbraio 1992. Tutte le prove complementari che si dovessero rendere necessarie per valutare la stagionatura del calcestruzzo dovranno rispettare quanto stabilito nelle NTC 2018 (§11.2.7) e saranno a carico dell'impresa esecutrice.

Subito dopo il disarmo si dovranno mantenere umide le superfici in modo da impedire l'evaporazione dell'acqua contenuta nel conglomerato, fino a che non siano trascorsi 7 giorni dal getto.

Dovrà essere controllato che il disarmante impiegato non manchi o danneggi la superficie del conglomerato. A tale scopo saranno usati prodotti efficaci per la loro azione chimica, escludendo i lubrificanti di varia natura.

La Direzione Lavori potrà prescrivere che le murature in calcestruzzo vengano rivestite sulla superficie esterna con paramenti speciali in pietra, laterizi od altri materiali da costruzione; in tal caso i getti dovranno procedere contemporaneamente al rivestimento ed essere eseguiti in modo da consentire l'adattamento e l'ammorsamento.

h) Giunti di discontinuità ed opere accessorie nelle strutture in conglomerato cementizio

E' tassativamente prescritto che nelle strutture da eseguire con getto di conglomerato cementizio vengano realizzati giunti di discontinuità sia in elevazione che in fondazione onde evitare irregolari ed imprevedibili fessurazioni delle strutture stesse per effetto di escursioni termiche, di fenomeni di ritiro ed eventuali assestamenti.

Tali giunti vanno praticati ad intervalli ed in posizioni opportunamente scelte tenendo conto delle particolarità delle strutture (gradonatura della fondazione, ripresa fra vecchie e nuove strutture, attacco dei muri andatori con le spalle dei ponti e viadotto, ecc.).

I giunti saranno ottenuti ponendo in opera, con un certo anticipo rispetto al getto, appositi setti di materiale idoneo, da lasciare in posto, in modo da realizzare superfici di discontinuità (piane, a battente, a maschio e femmina, ecc.) affioranti in faccia vista secondo le linee rette continue o spezzate.

La larghezza e la conformazione dei giunti saranno stabilite dalla Direzione dei Lavori.

I giunti, come sopra illustrati, dovranno essere realizzati a cura e spese dell'Impresa, essendosi tenuto debito conto di tale onere nella formulazione dei prezzi di elenco relativi alle singole classi di conglomerato.

Solo nel caso in cui è previsto in progetto che il giunto sia munito di apposito manufatto di tenuta o di copertura, l'elenco prezzi, allegato al presente Capitolato, prevederà espressamente le voci relative alla speciale conformazione del giunto, unitamente alla fornitura e posa in opera dei manufatti predetti con le specificazioni di tutti i particolari oneri che saranno prescritti per il perfetto definitivo assetto del giunto.

I manufatti di tenuta o di copertura dei giunti, possono essere costituiti da elastomeri a struttura etilenica (stirolo butadiene), a struttura paraffinica (bitile), a struttura complessa (silicone, poliuretano, polioossipropilene, polioossicloropropilene), da elastomeri etilenici cosiddetti protetti (neoprene) o da cloruro di polivinile.

In luogo dei manufatti predetti, può essere previsto l'impiego di sigillanti.

I sigillanti possono essere costituiti da sostanze oleo resinose, bituminose siliconiche a base di elastomeri polimerizzabili o polisolfuri che dovranno assicurare la tenuta all'acqua, l'elasticità sotto le deformazioni previste, una aderenza perfetta alle pareti, ottenuta anche a mezzo di idonei primers, non colabili sotto le più alte temperature previste e non rigidi sotto le più basse, mantenendo il più a lungo possibile nel tempo le caratteristiche di cui sopra dopo la messa in opera.

E' tassativamente proibita l'esecuzione di giunti obliqui formanti angolo diedro acuto (muro andatore, spalla ponte obliquo). In tali casi occorre sempre modificare l'angolo diedro acuto in modo tale da formare con le superfici esterne delle opere da giuntare angoli diedri non inferiori ad un angolo retto con facce piane di conveniente larghezza in relazione al diametro massimo degli inerti impiegati nel confezionamento del conglomerato cementizio di ogni singola opera.

Nell'esecuzione di manufatti contro terra si dovrà prevedere in numero sufficiente ed in posizione opportuna l'esecuzione di appositi fori per l'evacuazione delle acque e d'infiltrazione.

I fori dovranno essere ottenuti mediante preventiva posa in opera nella massa del conglomerato di tubi a sezione circolare o di profilati di altre sezioni di PVC o simili.

Per la formazione dei fori l'Impresa avrà diritto al compenso previsto nella apposita voce di Elenco Prezzi, comprensiva di tutti gli oneri e forniture per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

i) Predisposizione di fori, tracce e cavità, ecc.

L'impresa avrà a suo carico il preciso obbligo di predisporre in corso di esecuzione quanto è previsto nei disegni costruttivi o sarà successivamente prescritto di volta in volta in tempo utile dalla Direzione Lavori, circa fori, tracce, cavità incassature, ecc., nelle solette, nervature, pilastri, murature, ecc., per sedi di cavi, per attacchi di parapetti, mensole, segnalazioni, parti di impianti, eventuali fornelli da mina, ecc.

L'onere relativo è compreso e compensato nei prezzi unitari e pertanto è ad esclusivo carico dell'Impresa. Tutte le conseguenze per la mancata esecuzione delle predisposizioni così prescritte dalla Direzione Lavori, saranno a totale carico dell'Impresa, sia per quanto riguarda le rotture, i rifacimenti, le demolizioni e le ricostruzioni di opere di spettanza dell'Impresa stessa, sia per quanto riguarda le eventuali opere di adattamento di infissi o impianti, i ritardi, le forniture aggiuntive di materiali e la maggiore mano d'opera occorrente da parte dei fornitori.

l) Manufatti prefabbricati prodotti in serie (in cls normale o precompresso, misti laterizi e cemento armato, e metallici)

D.M. 14 febbraio 1992 - parte terza

Decreto Ministero delle Infrastrutture 17 Gennaio 2018: "Norme Tecniche per le Costruzioni 20018"

La documentazione da depositarsi ai sensi dei punti a), b), c), d) dell'art.9 della legge 5 novembre 1971, n.1086 dovrà dimostrare la completa rispondenza dei manufatti prefabbricati alle prescrizioni di cui alle presenti norme.

La relazione dovrà essere firmata da un tecnico a ciò abilitato, il quale assume con ciò le responsabilità stabilite dalle legge per il progettista.

I manufatti prefabbricati dovranno essere costruiti sotto la direzione di un tecnico a ciò abilitato, che per essi assume le responsabilità stabilite dalla legge per il direttore dei lavori. A cura di detto tecnico dovranno essere eseguiti i prelievi di materiali, le prove ed i controlli di produzione sui manufatti finiti con le modalità e la periodicità previste dalle presenti Norme. I certificati delle prove saranno conservati dal produttore.

Ogni fornitura di manufatti prefabbricati dovrà essere accompagnata, oltre a quanto previsto dal penultimo comma dell'art.9 anche da un certificato di origine firmato dal produttore, il quale con ciò assume per i manufatti stessi le responsabilità che la legge attribuisce al costruttore, e dal tecnico responsabile della produzione previsto nel precedente comma. Il certificato dovrà garantire la rispondenza del manufatto alle caratteristiche di cui alla documentazione depositata al Ministero dei LL.PP., e portare la indicazione del tecnico che ne risulta, come sopra detto, progettista.

Ai sensi dell'art.9 della Legge 5 novembre 1971, n. 1086, ogni fornitura di manufatti prefabbricati dovrà essere accompagnata da apposite istruzioni nelle quali vengono esposte le modalità di trasporto e montaggio, nonché le caratteristiche ed i limiti d'impiego dei manufatti stessi.

In presenza delle condizioni sopra elencate, i manufatti prefabbricati potranno essere accettati senza ulteriori esami o controlli.

Copia del certificato d'origine dovrà essere allegato alla relazione del direttore dei lavori di cui all'art.6 della legge 5 novembre 1971, n.1086.

m) Conglomerati cementizi preconfezionati

E' ammesso l'impiego di conglomerati cementizi preconfezionati, purché rispondenti in tutto e per tutto a quanto avanti riportato. Valgono in proposito le specifiche prescrizioni di cui alla Norma UNI EN 206:2016 per quanto non in contrasto con le prescrizioni di cui al Decreto Ministero delle Infrastrutture 17 Gennaio 2018: "Norme Tecniche per le Costruzioni 2018".

Anche per i calcestruzzi preconfezionati si ravvisa la necessità di predisporre ed effettuare i prelievi per le prove di accettazione nei cantieri di utilizzazione all'atto del getto per accertare che la resistenza del conglomerato risulti non inferiore a quella minima di progetto.

La garanzia di qualità dei calcestruzzi preconfezionati potrà essere comprovata a seguito di apposite prove sistematiche effettuate dagli Ufficiali di cui all'Art. 20 della Legge 5 novembre 1971, n.1086 e di altri autorizzati con decreto del Ministro dei Lavori Pubblici come previsto dall'articolo citato.

Tuttavia queste prove preliminari o di qualificazione hanno il solo carattere complementare e non possono in nessun caso ritenersi sostitutive delle indispensabili prove di controllo in corso d'opera, i cui certificati dovranno essere allegati alla contabilità finale.

L'Impresa resta l'unica responsabile nei confronti della Stazione Appaltante per l'impiego di conglomerato cementizio preconfezionato nelle opere in oggetto dell'appalto, si obbliga a rispettare ed a far rispettare scrupolosamente tutte le norme regolamentari e di legge stabilite sia per i materiali (inerti, leganti ecc.) sia per il confezionamento e trasporto in opera del conglomerato dal luogo di produzione.

Ciò vale, in particolare, per i calcestruzzi preconfezionati i quali, in relazione alle modalità ed ai tempi di trasporto in cantiere, possono subire modifiche qualitative anche sensibili.

L'Impresa, inoltre, assume l'obbligo di consentire che il personale della Amministrazione, addetto alla vigilanza ed alla Direzione dei Lavori, abbia libero accesso al luogo di produzione del conglomerato per potere effettuare in contraddittorio con il rappresentante dell'Impresa i prelievi ed il controllo dei materiali, previsti nei paragrafi precedenti.

n) Prescrizioni particolari relative ai cementi armati ordinari

Si richiama quanto è stato prescritto nelle "Generalità" all'articolo relativo ai conglomerati cementizi semplici ed armati circa l'obbligo dell'Impresa di presentare, per il preventivo benessere della Direzione dei Lavori, nel numero di copie che saranno richieste, i disegni esecutivi ed i calcoli di stabilità delle opere in c.a. e delle cinte ed armature di sostegno redatti da un progettista qualificato, nonché i computi metrici relativi.

L'esame o verifica, da parte della Direzione dei Lavori, dei progetti e dei calcoli presentati, non esonera in alcun modo l'Impresa dalle responsabilità ad essa derivanti per legge e per le pattuizioni del contratto, restando stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione dei Lavori, essa Impresa rimane unica e completa responsabile delle opere; pertanto essa sarà tenuta a rispondere degli inconvenienti di qualunque natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

Nella posa delle armature metalliche entro i casseri, dovranno essere impiegati opportuni distanziatori prefabbricati in conglomerato cementizio.

Qualora le opere in cemento vengano costruite in prossimità dei litorali marini, osserveranno le prescrizioni previste dal Decreto Ministero delle Infrastrutture 17 Gennaio 2018: "Norme Tecniche per le Costruzioni 2018", inoltre:

a) gli inerti del conglomerato dovranno essere di adatta granulometria continua, tanto che lo strato esterno del conglomerato, rivestente i ferri, risulti impermeabile. Essi dovranno, altresì, essere lavati abbondantemente con acqua dolce in modo che

siano asportati completamente i cloruri e i solfati. Per lo stesso motivo l'acqua di impasto dovrà essere limpida e dolce ed esente dalle predette sostanze nocive;

- b) il conglomerato dovrà essere confezionato preferibilmente con cemento pozzolanico, impiegando casseforme a superfici interne lisce e dovrà essere, in ogni caso, vibrato;
- c) subito dopo la sfornatura, l'intera superficie esterna della struttura dovrà essere trattata con una boiacca fluidissima di cemento da somministrare e diffondere uniformemente con un pennello, previo accurato risarcimento con malta ricca di cemento delle superfici alveolari.

L'osservanza delle stesse norme potrà essere ordinata dalla Direzione dei Lavori anche in zone in cui siano presenti acque con componenti di natura aggressiva (acque selenitose, solforose, carboniche, ecc.)

Dal giornale lavori del cantiere dovrà risultare la data di inizio e di fine dei getti e del disarmo. Se il getto dovesse essere effettuato durante la stagione invernale, l'Impresa dovrà tenere registrati giornalmente i minimi di temperatura desunti da un apposito termometro esposto nello stesso cantiere di lavoro.

Nei prezzi di appalto, si intendono comprese e compensate tutte le spese per la compilazione degli elaborati esecutivi, quelle delle prove di carico delle strutture e del collaudo statico delle stesse, nonché le spese per le prove dei materiali che verranno impiegati nella costruzione, quelle dei saggi e dei rilievi.

Durante l'esecuzione delle opere la Direzione dei Lavori avrà il diritto di ordinare tutte quelle cautele, limitazioni, prescrizioni di ogni genere, che essa riterrà necessarie nell'interesse della regolarità e sicurezza del transito ed alle quali l'Impresa dovrà rigorosamente attenersi senza poter accampare pretese di indennità o compensi di qualsiasi natura e specie diversi da quelli stabiliti dalle presenti Norme Tecniche e relativo Elenco Prezzi.

o) Prescrizioni particolari relative ai cementi armati precompressi

Oltre a richiamare quanto è stato prescritto agli articoli relativi ai conglomerati cementizi ed ai cementi armati ordinari, si dovranno rispettare le norme contenute nel Decreto Ministero delle Infrastrutture 17 Gennaio 2018: "Norme Tecniche per le Costruzioni 2018".

In particolare nelle strutture in cemento armato precompresso con cavi scorrevoli, l'Impresa dovrà curare l'esatto posizionamento delle guaine, in conformità ai disegni di progetto, mediante l'impiego di opportuni distanziatori e, allo scopo di assicurare l'aderenza e soprattutto di proteggere i cavi dalla corrosione, curerà che le guaine vengano iniettate con malta di cemento reoplastica, fluida e priva di ritiro.

Tale malta, preferibilmente pronta all'uso, non dovrà contenere cloruri, polvere di alluminio, né coke, né altri agenti che provocano espansione mediante formazione di gas.

Oltre a quanto prescritto dalle vigenti norme di legge, si precisa quanto segue:

- 1) la fluidità della malta di iniezione dovrà essere misurata con il cono di Marsh all'entrata e all'uscita di ogni guaina; l'iniezione continuerà finché la fluidità della malta in uscita non sarà uguale a quella della malta in entrata;
- 2) prima di essere immessa nella pompa la malta dovrà essere vagliata con setaccio a maglia di mm.2 di lato;
- 3) l'essudazione non dovrà essere superiore al 2% del volume;
- 4) l'impastatrice dovrà essere del tipo ad alta velocità (4000-5000 giri/min con velocità tangenziale minima di 14 m/sec). E' proibito l'impasto a mano;
- 5) il tempo di inizio presa non dovrà essere inferiore a 3 ore;
- 6) è tassativamente prescritta la disposizione di tubi di sfiato in corrispondenza a tutti i punti più elevati di ciascun cavo, comprese le trombette ed i cavi terminali.

Eguale dovranno essere disposti tubi di sfiato nei punti più bassi dei cavi lunghi o con forte dislivello

p) prescrizioni particolari sulla composizione dei calcestruzzi da impiegarsi in ambienti aggressivi (presenza di sali disgelanti, gelo e disgelo e presenza di acqua)

I calcestruzzi da impiegare per la costruzione di solette, marciapiedi, cordoli, di ponti e viadotti, soggetti alla aggressione dei sali disgelanti ed alla azione dell'acqua (carbonatazione, dilavamento, gelo-disgelo) dovranno avere le seguenti caratteristiche (norma UNI EN 206:2016):

- un rapporto a/c non superiore a 0,50;
- un dosaggio di cemento non inferiore a 300 e 200 kg/m³, rispettivamente per strutture armate e non;
- la non gelività degli aggregati;
- la presenza di un certo volume d'aria (4-6%)
- la impermeabilità del calcestruzzo.

Resistenza caratteristica (R_{ckd}) richiesta per la durabilità delle opere esposte all'ambiente aggressivo precedentemente indicato

Struttura in calcestruzzo	Rckd (Mpa) con cemento							copri ferro minimo (mm)
	325 Pt	325 Pz	325 Af	425 Pt	425 Pz	425 Af	525 Pt	
normale	30	28	28	37	37	37	45	----
armato	30	28	28	37	37	37	45	40
precompresso	30	28	28	37	37	37	45	50

Al fine di evitare i danni derivati dalla presenza di cloruro di sodio e di calcio, entrambi impiegati come sali disgelanti stradali, verranno impiegati cementi d'alto forno ad alto contenuto di loppa (almeno 50%) o in alternativa la presenza di fumo di silice (almeno il 15%) accanto al cemento Portland

q) Caratteristiche del calcestruzzo armato con fibre d'acciaio

La quantità dello spritz - fibroarmato viene verificata mediante prove di:

- 1) resistenza a compressione;
- 2) capacità di assorbimento di energia.

Pannelli di prova devono essere collocati in casseforme apposite, posizionate verticalmente e impossibilitate a vibrare. La dimensione dei pannelli di prova sarà 60x60x10 cm.

Verranno prelevate carote dai pannelli con spessore 15 cm per la determinazione della resistenza a compressione

Con pannelli di spessore 10 cm saranno realizzate le prove di assorbimento dell'energia mediante il test di punzonamento.

Le prove di compressione sono effettuate con carote aventi diametro e altezza di 10 cm. Le prove saranno eseguite in accordo con la normativa vigente. La resistenza minima sarà di 25 N/mm²

La determinazione dell'energia assorbita viene realizzata con la prova di punzonamento: l'energia assorbita deve essere almeno pari a 500 J.

r) Classe di esposizione

La classe di esposizione serve per confezionare il calcestruzzo fresco con quelle proprietà indispensabili per rendere l'elemento costruttivo durabile nel tempo. Le azioni dell'ambiente possono portare l'elemento costruito ad un precoce degrado, il calcestruzzo indurito deve quindi essere progettato per le condizioni tipiche dell'ambiente nel quale sarà esposto.

La norma EN 206-1 definisce la classe di esposizione del calcestruzzo in funzione delle condizioni ambientali cui l'elemento di calcestruzzo è esposto durante la vita in servizio come riportato nella tabella seguente:

La durabilità del calcestruzzo è la capacità di durare nel tempo, resistendo alle azioni aggressive dell'ambiente, agli attacchi chimici, all'abrasione o ad ogni altro processo di degrado che coinvolga oltre alla pasta cementizia anche le eventuali armature metalliche.

Classi di esposizione per calcestruzzo strutturale, in funzione delle condizioni ambientali secondo norma UNI 11104:2004 e UNI EN 206:2016

Classe esposizione norma UNI 9858	Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206 -1	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Rapporto a/c	Contenuto minimo di aria in %	Classe di resistenza minima
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco						
1	X 0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici: in ambiente molto asciutto.	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico			C15
2 Corrosione indotta da carbonatazione Nota - Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copri ferro o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi su può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente						
2a	XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immerse in acqua	0,60		C30
2a	XC2	Bagnato, raramente asciutto	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.	0,60		C30
5a	XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta.	0,55		C35
4a 5b	XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non comprese nella classe XC2.	0,50		C40
3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare						
5a	XD1	Umidità moderata.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri.	0,55		C35
4a 5b	XD2	Bagnato, raramente asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua anche industriale contenete cloruri (Piscine).	0,50		C40
5c	XD3	Ciclicamente bagnato e asciutto	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.-	0,45		C45
4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare						
4a 5b	XS1	Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità.	0,50		C40
	XS2	Permanentemente sommerso	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immersi in acqua	0,45		C45

	XS3	Zone esposte agli spruzzi o alle marea.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare.	0,45		C45
5 Attacco dei cicli di gelo/disgelo con o senza disgelanti *						
2b	XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante.	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate e colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua	0,50		C40
3	XF2	Moderata saturazione d'acqua, in presenza di agente disgelante.	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti.	0,50	3,0	C30
2b	XF3	Elevata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo.	0,50	3,0	C30
3	XF4	Elevata saturazione d'acqua, con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare.	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto o indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare	0,45	3,0	C35
6 Attacco chimico**						
5a	XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contenitori di fanghi e vasche di decantazione Contenitori e vasche per acque reflue	0,55		C35
4a 5b	XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi.	0,50		C40
5c	XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di acque industriali fortemente aggressive. Contenitori di foraggi, mangimi e liquame provenienti dall'allevamento animale Torri di raffreddamento di fumi di gas di scarico industriali	0,45		C45
<p>*) Il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione</p> <p>- moderato: occasionalmente gelato in condizione di saturazione;</p> <p>- elevato: alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione.</p> <p>**) Da parte di acque del terreno e acque fluenti.</p>						

La tabella riportata fa riferimento alle Linee Guida del Consiglio Superiore dei LL.PP., approvate con voto n.316 del 19.11.96, cui bisogna attenersi per ottenere garantite caratteristiche prestazionali per tutte le tipologie di calcestruzzo per usi strutturali, armato e non armato.

Chi ordina il calcestruzzo fresco o colui che progetta l'elemento dovrà indicare la classe di esposizione più severa, classe cui corrispondono valori caratteristici raccomandati per la composizione e le proprietà del calcestruzzo cui il produttore deve attenersi.

Art. 9 – Acciaio per c.a. e per c.a.p.

a) Generalità

Gli acciai per armature di c.a. e c.a.p. dovranno corrispondere: - ai tipi ed alle caratteristiche stabilite: dal Decreto Ministero delle Infrastrutture 17 Gennaio 2018: "Norme Tecniche per le Costruzioni 2018" che approva il testo aggiornato delle norme tecniche per le costruzioni, di cui alla legge 5 novembre 1971, n. 1086, alla legge 2 febbraio 1974, n. 64, al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, ed al decreto-legge 28 maggio 2004, n. 136, convertito, con modificazioni, dalla legge 27 luglio 2004, n. 186, allegato al presente decreto.

Le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova sono quelle previste dallo stesso D.M. 17 Gennaio 2018.

I controlli di accettazione in cantiere dell'acciaio per calcestruzzo armato devono essere effettuati entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale, a cura di un laboratorio autorizzato. Devono essere prelevati 3 campioni ogni 30t di acciaio impiegato della stessa classe, proveniente dallo stesso stabilimento o Centro di Trasformazione, anche se di forniture successive. I controlli di accettazione e le modalità di prelievo delle varie tipologie di ferri devono rispettare tutte le prescrizioni del capitolo 11.3.2 delle NTC 2018.

I controlli di accettazione in cantiere relativi all'acciaio per calcestruzzo armato precompresso devono essere eseguiti ogni 30 t della stessa categoria di acciaio proveniente dallo stesso stabilimento, anche se con forniture successive, seguendo le indicazioni del §11.3.3.5.3 e del §11.3.3.5.4 delle NTC 2018.

I prodotti provenienti dall'estero saranno considerati controllati in stabilimento, qualora rispettino la stessa procedura prevista per i prodotti nazionali di cui al D.M. 17 Gennaio 2018: "Norme Tecniche per le Costruzioni 2018".

Gli acciai provenienti da stabilimenti di produzione dei Paesi della CEE dovranno osservare quanto disposto per essi dal Decreto Ministero delle Infrastrutture 17 Gennaio 2018: "Norme Tecniche per le Costruzioni 2018".

Ogni carico di acciaio giunto in cantiere dovrà essere corredato della copia dell'attestato di qualificazione del S.T.C. (Servizio Tecnico Centrale Min. Infrastrutture) sul prodotto di origine, del certificato di collaudo relativo al lotto consegnato, del documento di trasporto dell'acciaieria, della marcatura di origine; nel caso in cui la fornitura provenga da un commerciante o da un centro di trasformazione intermedio dovrà essere inoltre presente il documento di trasporto del fornitore e nel secondo caso la specifica marcatura che identifica in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso. Qualora così non fosse, tutto il carico sarà rifiutato ed immediatamente allontanato, a cura e spese dell'Appaltatore, dal cantiere stesso.

b) Acciaio in barre ad aderenza migliorata qualificato – Fe B450C e B450A

E' ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili ad aderenza migliorata qualificati e controllati con le modalità previste dal D.M. in vigore (D.M. 17/01/2018) e dalle norme armonizzate per i materiali da costruzione EN 10080. L'acciaio per c.a. laminato a caldo, denominato B450C, dovrà rispettare i requisiti minimi sulle caratteristiche meccaniche previste nella tabella seguente:

	Classe C	Requisito o frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk} (MPa)	≥450	5.0
Tensione caratteristica di rottura F_{tk} (MPa)	≥540	5.0
Valore minimo di $k = (f_t/f_{yk})$	≥ 1.15 < 1.35	10.0
Allungamento (Agt) k (%)	≥ 7,5	10.0
Attitudine al piegamento	Prova di piegamento/raddrizzamento	
Tolleranza massima dalla massa nominale (%)	Diametro nominale della barra (mm) ≤ 8 > 8	± 6.0 ± 4.5 5.0

L'acciaio per c.a. trafilato a freddo, denominato B450A, dovrà rispettare i requisiti sulle caratteristiche meccaniche previste nella tabella seguente:

	Classe A	Requisito o frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk} o f_{0.2k} (MPa)	≥450	5.0
Tensione caratteristica di rottura F_{tk} (MPa)	≥540	5.0
Valore minimo di $k = (f_t/f_{yk})$ (*)	≥ 1.05	10.0
Allungamento (Agt) k (%)	≥ 2,5	10.0
Attitudine al piegamento	Prova di piegamento/raddrizzamento	
Tolleranza massima dalla massa nominale (%)	Diametro nominale della barra (mm) ≤ 8 > 8	± 6.0 ± 4.5 5.0

Per quanto concerne l'accertamento delle caratteristiche meccaniche i valori di resistenza ed allungamento di ogni campione, devono essere compresi fra i valori massimi e minimi riportati nella tabella seguente relativa ai valori di accettazione in cantiere (§11.3.2.12, D.M. 17/01/2018):

Tab. 11.3.VII a) – Valori di accettazione in cantiere – barre

Caratteristica	Valore limite	Note
f_y minimo	425 N/mm ²	per acciai B450A e B450C
f_y massimo	572 N/mm ²	per acciai B450A e B450C
A_{gt} minimo	≥ 6,0%	per acciai B450C
A_{gt} minimo	≥ 2,0%	per acciai B450A
f_t / f_y	$1,13 \leq f_t / f_y \leq 1,37$	per acciai B450C
f_t / f_y	$f_t / f_y \geq 1,03$	per acciai B450A
Piegamento/raddrizzamento	assenza di cricche	per acciai B450A e B450C

Tab. 11.3.VII b) – Valori di accettazione in cantiere – reti e tralicci

Caratteristica	Valore limite	Note
f_y minimo	425 N/mm ²	per acciai B450A e B450C
f_y massimo	572 N/mm ²	per acciai B450A e B450C
A_{gt} minimo	$\geq 6,0\%$	per acciai B450C
A_{gt} minimo	$\geq 2,0\%$	per acciai B450A
f_t / f_y	$1,13 \leq f_t / f_y \leq 1,37$	per acciai B450C
f_t / f_y	$f_t / f_y \geq 1,03$	per acciai B450A
Distacco del nodo	\geq Sez. nom. \varnothing maggiore $\times 450 \times 25\%$	per acciai B450A e B450C

c) Acciaio da cemento armato precompresso

Per il cemento armato precompresso vengono utilizzati acciai armonici. Essi presentano comportamento generalmente fragile caratterizzato da una elevata resistenza e da una estensione della zona di snervamento piuttosto limitata. Per tale motivo si preferisce adottare la convenzione che prevede come tensione di snervamento il valore della tensione allo 0.2% di deformazione residua o all'1% di deformazione sotto carico. Tale tipologia di acciai può arrivare a resistenze dell'ordine di 1000-1900 MPa. L'uso di acciai ad alta resistenza permette di ottenere contemporaneamente una riduzione importante delle sezioni d'acciaio e una riduzione del peso proprio. La riduzione delle sezioni d'acciaio è ovvia data l'aumento considerevole della resistenza. La riduzione del peso proprio è invece legata alla prassi di utilizzare un grado di precompressione per la quale il calcestruzzo sia totalmente reagente. In questa condizione, essendo la quantità di calcestruzzo reagente maggiore, si ottiene una riduzione delle sezioni e dunque del peso proprio. In genere le armature di precompressione si presentano sotto forma di fili o trefoli che non hanno alcuna limitazione nella lunghezza, o in barre di lunghezza massima pari a 15-20 m. Esistono infine cavi di grandi capacità 2.5-4.0 MN. L'acciaio per armature da precompressione è generalmente fornito sotto forma di:

- Filo: prodotto trafilato di sezione piena che possa fornirsi in rotoli;
- Barra: prodotto laminato di sezione piena che possa fornirsi soltanto in forma di elementi rettilinei. Essa ha il vantaggio di poter essere giuntata. Ciò permette una più agevole posa in opera delle armature di precompressione.
- Treccia: 2 o 3 fili avvolti ad elica intorno al loro comune asse longitudinale; passo e senso di avvolgimento dell'elica sono eguali per tutti i fili della treccia;
- Trefolo: fili avvolti ad elica intorno ad un filo rettilineo completamente ricoperto dai fili elicoidali

I fili possono essere tondi o di altre forme; vengono individuati mediante il diametro nominale o il diametro nominale equivalente riferito alla sezione circolare equi pesante. Le barre possono essere lisce, a filettatura continua o parziale, con risalti; esse vengono identificate mediante il diametro nominale. La tabella seguente riporta le caratteristiche meccaniche degli acciai da precompresso, le quali devono essere garantite dal produttore (NTC-18 – p. 11.3.3.2)

Le NTC-08 riportano al punto 11.3.3.2 che per il modulo di elasticità si deve fare riferimento al catalogo del fornitore. In assenza di più precise indicazioni si utilizza il valore $E_p=205000$ MPa.

Gli acciai per armature da precompressione devono possedere proprietà meccaniche garantite dal produttore non inferiori a quelle di seguito riportate ed in conformità al D.M. in vigore (D.M. 17/01/2018):

Tipo di acciaio	Barre	Fili	trefoli e trecce	Trefoli compattati
Tensione caratteristica di rottura f_{ptk} (MPa)	≥ 1000	≥ 1570	≥ 1860	≥ 1820
Tensione caratteristica allo 0.1% di deformazione residua $f_{p(0.1)k}$ (MPa)	---	≥ 1420	---	---
Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale $f_{p(1)k}$ (MPa)	---	---	≥ 1670	≥ 1620
Tensione caratteristica di snervamento f_{pyk} (MPa)	≥ 800	---	---	---
Allungamento sotto carico massimo A_{gt} (MPa)	$\geq 3,5$	$\geq 3,5$	$\geq 3,5$	$\geq 3,5$

Il produttore dovrà controllare la composizione chimica e la struttura metallografica al fine di garantire le proprietà meccaniche prescritte.

d) Acciaio B500

L'acciaio per cemento armato B500 è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

$f_{y\text{ nom}}$	500 N/mm ²
$f_{t\text{ nom}}$	550 N/mm ²

In sede europea EC2 [7] ed EN 10080 è previsto un solo tipo di acciaio con valore caratteristico di snervamento 500 N/mm², nervato, piegabile e saldabile, prodotto in due classi di duttilità: B500A (in mancanza di uno standard unico definito, si faccia riferimento al §11.1 delle NTC 2018, al punto C) e B500B (Standard DIN 488). Risulta evidente che l'acciaio viene prodotto in funzione del suo utilizzo, sino al B500 si hanno acciai da cemento armato normale, caratterizzati dallo snervamento ben definito oppure da un ampio campo plastico, mentre nel settore del cemento armato precompresso si usano gli acciai ad elevata resistenza e bassa duttilità.

Tutti gli acciai per cemento armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature o di dentature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentarne l'aderenza al conglomerato cementizio. Le barre sono caratterizzate dal diametro D, della barra tonda liscia equipese, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7,85 kg/dm³. Gli acciai B500, possono essere impiegati in barre di diametro compreso tra 6 e 50 mm, su specifica valutazione anche con diametri superiori.

Ogni carico di acciaio giunto in cantiere dovrà essere corredato della copia dell'attestato di qualificazione del S.T.C. (Servizio Tecnico Centrale Min. Infrastrutture) sul prodotto di origine, del certificato di collaudo relativo al lotto consegnato, del documento di trasporto dell'acciaieria, della marcatura di origine; nel caso in cui la fornitura provenga da un commerciante o da un centro di trasformazione intermedio dovrà essere inoltre presente il documento di trasporto del fornitore e nel secondo caso la specifica marcatura che identifica in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso.

Qualora così non fosse, tutto il carico sarà rifiutato ed immediatamente allontanato, a cura e spese dell'Appaltatore, dal cantiere stesso.

e) Sistemi di post-tensione a trefoli

I trefoli sono costituiti da 7 fili trafilati a freddo di cui 6 si avvolgono intorno al centrale (king wire). Le proprietà meccaniche come pure la resistenza alla corrosione sono per DSI della massima importanza.

I trefoli possono essere forniti grezzi, zincati o con rivestimento epossidico restando invariata la resistenza anche dei cunei. Per massimizzare la protezione dalla corrosione si possono realizzare sistemi elettricamente isolati con guaine in polietilene (PE) o polipropilene (PP).

Il post tensionamento è un rinforzo strutturale altamente efficiente sistema che offre numerosi vantaggi in una vasta gamma di applicazioni di costruzione, riparazione e riabilitazione.

Può essere applicato in tutti i tipi di costruzione, tra cui:

senza limitazione, edifici generali, lastre speciali, ponti, serbatoi di stoccaggio, marciapiedi e altre applicazioni geotecniche.

Le sollecitazioni di compressione al calcestruzzo possono essere applicate con uso di tiranti post tensionati realizzati con fili di acciaio o barre d'acciaio.

Quando tali tiranti sono completamente installati nei condotti all'interno i sistemi di post tensione concreti sono definiti come interni. Se i principali elementi di trazione sono in piena aderenza con la struttura, i sistemi sono definiti come legati, mentre lo sono incondizionato nell'altro caso.

Nel caso in cui i tiranti vengano posizionati in condotti esterni alla struttura in cemento, tali sistemi di post-tensionamento sono indicati come esterni.

I tiranti sono generalmente composti da più fili (sistemi multistrato), ma sono ampiamente utilizzati anche i sistemi mono-trefolo.

Un sistema di post-tensionamento che impiega fili è generalmente composto da:

Filo di acciaio a sette fili: trasmissione dell'elemento di trazione principale il carico attraverso l'intero trefolo.

Condotte: creano condotti vuoti in cui il fascio di fili è filettato.

Malta: un mix di acqua e materiali simili al cemento richiesti per riempire i vuoti all'interno del condotto, fornendo protezione e pieno incollaggio.

Composti per iniezione di protezione anticorrosiva: materiali utilizzati per proteggere i principali elementi di trazione e gli ancoraggi come un'alternativa più performante alla semplice stuccatura.

I condotti sono realizzati con guaine in acciaio lucido o zincato o materiale plastico (polietilene o polipropilene).

Hanno una superficie esterna ondulata che garantisce un adeguato trasferimento del legame al calcestruzzo circostante.

Nel caso della guaina metallica, lo spessore varia da 0,3 a 0,6 mm (su richiesta), mentre con la plastica la canalizzazione varia da 2,5 a 4 mm.

Queste dimensioni sono solo indicative e in ogni caso i condotti devono essere conformi alle norme nazionali ed essere conformi alle condizioni operative.

I sistemi a più trefoli sono dotati di una vasta gamma di ancoraggi e soluzioni per diverse esigenze di costruzione.

Possono essere utilizzati in strutture in cemento e composito, sia per nuove costruzioni che la riabilitazione di strutture esistenti dove è richiesto un aumento della resistenza.

ULTERIORI COMPONENTI

Zeppa: dispositivo in grado di afferrare il singolo filo e trasferire il carico sulla piastra di ancoraggio attraverso il cono forato.

Piastra di ancoraggio: disco d'acciaio che ospita fili e zeppe, appoggiato sul blocco di ghisa (o acciaio) incorporato nel calcestruzzo.

Blocco in ghisa: pezzo progettato per trasferire il carico sul cemento circostante. In alcuni sistemi può anche essere progettato per alloggiare direttamente i fori per zeppe.

Tromba posteriore di deviazione: quando presente, è unita alla blocco di ghisa e permette la deviazione dell'intero fascio di fili che entrano nel condotto.

Rinforzo di confinamento e scoppio: armature a spirale e armature opportunamente posizionate attorno all'ancoraggio per garantire la resistenza a forti sollecitazioni locali e il contenimento di esplosioni indotte dalla tensione locale.

Cappuccio di protezione permanente: in acciaio o fibra rinforzata plastica, se necessario, viene utilizzata per coprire l'intera piastra di ancoraggio e proteggerlo dagli agenti atmosferici

f) Precompressione esterna

La precompressione applicata mediante un sistema di cavi esterni alla sezione di calcestruzzo, e connessi ad essa solo in alcune sezioni, è detta precompressione esterna. Essa viene adottata principalmente per realizzare strutture nuove in cemento armato precompresso, in acciaio oppure per rinforzare ed irrigidire strutture esistenti (ad esempio gli impalcati da ponte). Gli elementi principali utilizzati nella realizzazione della precompressione esterna sono:

deviatori: presenti principalmente nel caso in cui il tracciato dei cavi sia rappresentato da una linea spezzata. I deviatori sono dei ringrossi della sezione trasversale in corrispondenza dei quali il cavo viene deviato. In tali sezioni si realizza l'aderenza tra cavo e calcestruzzo.

cavo da precompressione: adottato come elemento teso e generalmente eccentrico rispetto al baricentro della sezione. I trefoli più usati sono costituiti da fili da 0.5" (13 mm) oppure da 0.6" (15 mm) a basso rilassamento. Essi scorrono all'interno di tubi che possono essere in plastica (in generale polietilene ad alta densità o polipropilene) o, in alternativa, in acciaio. Viene adottato il carbone nero come stabilizzatore ultravioletto perché è un materiale chimicamente inerte contro ogni prevedibile agente corrosivo e presenta ottime caratteristiche di durabilità.

dispositivi meccanici di ancoraggio dei cavi: per esempio in corrispondenza delle testate dei ponti realizzati con travi precomprese, oppure per i ponti realizzati a conci in corrispondenza delle sezioni terminali di questi ultimi;

sistema di protezione dei cavi: i tubi che avvolgono i cavi rappresentano già un primo sistema di protezione; in più per un cavo "non aderente esterno" viene iniettata nei tubi la "boiaccia" di cemento Portland con proprietà alcaline; per un cavo "non aderente interno", lo spazio vuoto tra guaina e acciaio da precompressione viene riempito con materiale lubrificante in modo che il cavo possa muoversi longitudinalmente.

I vantaggi che si hanno nell'adottare questo tipo di tecnologia rispetto alla precompressione tradizionale sono molteplici:

- una migliore qualità del calcestruzzo gettato, legata al fatto che i cavi sono esterni e quindi il getto avviene più facilmente e si evita, in questo modo, la formazione di sacche d'aria o imperfezioni; la migliore qualità del calcestruzzo gettato permette, pertanto, di far affidamento sulla resistenza richiesta dal progettista;
- eventuale assottigliamento degli elementi strutturali laddove il maggiore spessore non sia indispensabile per l'assorbimento dei carichi esterni, a causa del fatto che non bisogna considerare l'ingombro dei cavi all'interno del calcestruzzo;
- tracciato dei cavi più semplice e pressoché rettilineo;
- ispezionabilità dei cavi per la maggior parte del loro tracciato e, di conseguenza, un maggior controllo del grado di corrosione dei cavi stessi ed una più facile manutenzione dell'opera;
- facilità nella sostituzione dei cavi deteriorati riuscendo a mantenere in esercizio la struttura;
- perdite per attrito ridotte perché l'aderenza cavo – calcestruzzo è di tipo "puntuale" cioè si verifica in un numero ristretto di sezioni (deviatori ed ancoraggi).

Purtroppo gli svantaggi che la precompressione esterna presenta sono altrettanto numerosi:

- la facilità di accesso ai cavi può favorire azioni di sabotaggio, danneggiamento o manomissione dei cavi stessi;
- Nel caso che l'iniezione della "boiaccia" che solidarizza i cavi sia eseguita male si potrebbero creare dei difetti locali in grado di indurre pericolosi fenomeni di corrosione e, di conseguenza, di rottura dei trefoli. Quando questo avviene le tensioni del trefolo rotto vengono trasferite localmente agli altri trefoli e può accadere che la tensione superi lo snervamento producendo una rottura a catena dei cavi di precompressione.
- i deviatori e le zone di ancoraggio devono essere opportunamente progettati per sopportare notevoli forze concentrate;
- la rottura delle zone di ancoraggio, nel caso di cavi esterni, comporta la totale perdita di precompressione legata alla mancanza di aderenza tra cavo e calcestruzzo;
- In condizioni di collasso, la capacità flessionale ultima degli elementi strutturali con precompressione esterna può risultare inferiore a quella di elementi precompressi con cavi aderenti; Ciò è dovuto al fatto che i cavi non raggiungono mai lo snervamento per evidenti ragioni di equilibrio.
- E' possibile che si verifichi una riduzione di eccentricità legata all'esistenza di uno spostamento relativo tra cavo e trave in calcestruzzo (il cavo rimane rettilineo tra le due sezioni di ancoraggio mentre la deformata della trave non è lineare); può essere necessario dover incrementare la precompressione per compensare tale riduzione di eccentricità.

CAPO 5) OPERE IN ACCIAIO

Art. 10 – Strutture in acciaio

Esse dovranno essere progettate e costruite tenendo conto di quanto disposto:

- dalla Legge 5 novembre 1971, n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" (G.U. n. 321 del 21.12.1971);
- dal D.M. 9 gennaio 1996 "Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" (S.O. alla G.U. n. 65 del 18.03.1992);
- dalla Legge 2 febbraio 1974, n. 64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche" (G.U. n. 76 del 31.01.1985);
- dal D.M. 19.06.1984, n. 24771 "Norme Tecniche relative alle costruzioni sismiche" (G.U. n. 208 del 30.07.1984);
- dal D.M. 29.01.1985 "Norme Tecniche - di rettifica - relative alle costruzioni sismiche" (G.U. n. 26 del 31.01.1985);
- dal Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 24. 01.1986 "Norme Tecniche relative alle costruzioni sismiche" (G.U. n. 108 del 12.05.1986) e relative istruzioni emanate con Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 27690 del 19.07.1986 (Circolare ANAS n. 55/1986);
- dal D.M. 4 maggio 1990 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per la progettazione, la esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali" (G.U. n. 24 del 29.01.1991) e sue istruzioni emanate con circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 34233 del 25.02.1991 (Circolare ANAS n. 28/1991 del 18.06.1991);
- Decreto Ministero delle Infrastrutture 17 Gennaio 2018: "Norme Tecniche per le Costruzioni 2018"
- dalla normativa armonizzata europea **UNI EN 1090-2:2018**.

L'Impresa sarà tenuta a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali, all'esame e all'approvazione della D.L.:

- a) il progetto costruttivo di dettaglio delle opere e la relazione completa dei calcoli giustificativi di tutti gli elementi della costruzione nonché le luci di influenza delle deformazioni elastiche nei punti della struttura preventivamente concordati con la D.L.

Nel progetto esecutivo dovranno essere completamente definiti tutti i particolari costruttivi elencati nelle norme sopracitate.

Nella relazione di calcolo dovranno essere inoltre indicate le modalità di montaggio dell'opera, specificando il funzionamento statico della struttura nelle diverse fasi del montaggio;

- b) tutte le indicazioni necessarie all'esecuzione delle opere di fondazione e alla corretta impostazione delle strutture metalliche sulle medesime.

Tali progetti dovranno essere redatti a cura e spese dell'Impresa e dovranno corrispondere a tipi e norme stabiliti dalla D.L. oltre che a tutte le disposizioni di legge e norme ministeriali vigenti in materia. Sugli elaborati di progetto, firmati dal progettista e dall'Impresa, dovranno essere riportati tipi e qualità degli acciai da impiegare.

Per quanto concerne il progetto della saldatura, è fatto obbligo all'Impresa di avvalersi, a sua cura e spese, della consulenza dell'Istituto Italiano della Saldatura o del R.I.N.A. (Registro Italiano Navale) con sede a Genova che dovrà redigere apposita relazione da allegare al progetto. In sede di approvazione dei progetti, la D.L. stabilirà in particolare i tipi e la estensione dei controlli sulle saldature in conformità a quanto stabilito dal Decreto Ministero delle Infrastrutture 17 Gennaio 2018: "Norme Tecniche per le Costruzioni 2018" e tenuto conto di quanto prescritto al riguardo nella relazione. Dopo l'approvazione del progetto esecutivo da parte della D.L., l'Impresa dovrà presentare a quest'ultima, in un lucido e copie, i disegni esecutivi di officina sui quali dovranno essere riportate anche le distinte da cui risultino: numero, qualità, dimensioni, grado di finitura e pesi teorici di ciascun elemento costituente la struttura. L'Impresa, inoltre, deve far conoscere per iscritto, prima dell'approvvigionamento dei materiali che intende impiegare, la loro provenienza, avuto riferimento alle distinte di cui sopra.

L'acciaio per strutture metalliche impiegato dovrà rispettare tutto quanto stabilito al paragrafo 11.3.4 delle NTC 2018, in particolare si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate UNI EN 10025-1, UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1, recanti la marcatura CE, cui si applica il sistema di valutazione e verifica della costanza della prestazione 2+, e per i quali si rimanda al punto A del §11.1. Per l'identificazione e qualificazione di elementi strutturali in acciaio realizzati in serie nelle officine di carpenteria metallica e nelle officine di produzione di elementi strutturali, si applica quanto specificato al punto 11.1 caso A, in conformità alla norma europea armonizzata **UNI EN 1090-1**.

A) COLLAUDO TECNOLOGICO DEI MATERIALI

Ogni volta che le partite di materiale metallico destinato alla costruzione delle travi e degli apparecchi d'appoggio perverranno agli stabilimenti per la successiva lavorazione, l'Impresa darà comunicazione alla Direzione dei Lavori specificando, per ciascuna colata, la distinta dei pezzi ed il relativo peso, la ferriera di provenienza, la destinazione costruttiva, i risultati dei collaudi interni. La Direzione dei Lavori si riserva la facoltà di prelevare campioni da sottoporre a prova presso laboratori di sua scelta ogni volta che lo ritenga opportuno. Le prove e le modalità di esecuzione saranno quelle prescritte dal Decreto Ministero delle Infrastrutture 17 Gennaio 2018: "Norme Tecniche per le Costruzioni 2018".

B) COLLAUDO DIMENSIONALE E DI LAVORAZIONE

La Direzione dei Lavori si riserva il diritto di chiedere il premontaggio in officina, totale o parziale delle strutture, secondo modalità da concordare di volta in volta con l'Impresa. Per i manufatti per i quali è prevista una fornitura di oltre 10 esemplari da realizzare in serie, deve prevedersi, all'atto del collaudo in officina, il premontaggio totale o parziale, da convenirsi secondo i criteri di cui sopra, di un solo prototipo per ogni tipo.

In tale occasione la Direzione dei Lavori procederà alla accettazione provvisoria dei materiali metallici lavorati.

Analogamente a quanto detto al comma precedente, ogni volta che si rendono pronte per il collaudo le travate, l'Impresa informerà la Direzione dei Lavori indicando tipo e destinazione di ciascuna di esse. Entro 8 giorni la Direzione dei Lavori darà risposta fissando la data del collaudo in contraddittorio, oppure autorizzando la spedizione della travata stessa in cantiere.

Nel caso del collaudo in contraddittorio, gli incaricati della Direzione dei Lavori verificheranno sia per ognuna delle parti componenti le opere appaltate sia per l'insieme di esse, la esatta e perfetta lavorazione a regola d'arte ed in osservanza ai patti contrattuali. I pezzi presentati all'accettazione provvisoria devono essere scevri di qualsiasi verniciatura, fatta eccezione per le superfici di contatto dei pezzi uniti definitivamente fra loro, che debbono essere verniciati in conformità alle prescrizioni della Direzione dei Lavori.

C) MONTAGGIO

Il montaggio in opera di tutte le strutture costituenti ciascun manufatto sarà effettuato in conformità a quanto, a tale riguardo, è previsto nella relazione di calcolo. Durante il carico, il trasporto, lo scarico, il deposito e il montaggio, si dovrà porre la massima cura per evitare che le strutture vengano deformate o sovrasolicitate.

Le parti a contatto con funi, catene od altri organi di sollevamento saranno opportunamente protette.

Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto.

In particolare, per quanto riguarda le strutture a travata, si dovrà controllare che la controfrecchia ed il posizionamento sugli apparecchi di appoggio siano conformi alle indicazioni di progetto, rispettando le tolleranze previste.

La stabilità delle strutture dovrà essere assicurata durante tutte le fasi costruttive e la rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere fatta solo quando essi risulteranno staticamente superflui. Nei collegamenti con bulloni si dovrà procedere alla alesatura di quei fori che non risultino centrali e nei quali i bulloni previsti in progetto non entrino liberamente. Se il diametro del foro alesato risulta superiore al diametro nominale del bullone oltre la tolleranza prevista dal Decreto Ministero delle Infrastrutture 17 Gennaio 2018: "Norme Tecniche per le Costruzioni 2018" si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con uno di diametro superiore. Nei collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza è prescritta l'esecuzione della sabbiatura a metallo bianco non più di due ore prima dell'unione. E' ammesso il serraggio dei bulloni con chiave pneumatica purchè questo venga controllato con chiave dinamometrica, la cui taratura dovrà risultare da certificato rilasciato da Laboratorio ufficiale in data non anteriore ad un mese.

Per ogni unione con bulloni, l'Impresa effettuerà, alla presenza della Direzione Lavori, un controllo di serraggio su un numero di bulloni pari al 10% del totale ed in ogni caso su non meno di quattro. Dopo il completamento della struttura e prima dell'esecuzione della prova di carico, l'Impresa dovrà effettuare la ripresa della coppia di serraggio di tutti i bulloni costituenti le unioni, dandone preventiva comunicazione alla Direzione dei Lavori.

L'assemblaggio ed il montaggio in opera delle strutture dovrà essere effettuato senza che venga interrotto il traffico di cantiere sulla sede stradale salvo brevi interruzioni durante le operazioni di sollevamento, da concordare con la Direzione Lavori.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Impresa è tenuta a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tramvie, ecc.;

– per le interferenze con servizi di soprasuolo e di sottosuolo.

D) PROVE DI CARICO E COLLAUDO STATICO DELLE STRUTTURE IN ACCIAIO

Prima di sottoporre le strutture in acciaio alle prove di carico, dopo la loro ultimazione in opera e, di regola, prima che siano applicate le ultime mani di vernice, verrà eseguita da parte della Direzione dei Lavori un'accurata visita preliminare di tutte le membrature per constatare che le strutture siano state eseguite in conformità ai relativi disegni di progetto, alle buone regole d'arte ed a tutte le prescrizioni di contratto.

Ove nulla osti, si procederà quindi alle prove di carico ed al collaudo statico delle strutture, operazioni che verranno condotte secondo le prescrizioni contenute nel Decreto Ministeriale: 4 maggio 1990 e nel Decreto Ministero delle Infrastrutture 17 Gennaio 2018: "Norme Tecniche per le Costruzioni 2018" da parte dell'Amministrazione a propria cura e spese.

E) PROCESSO DI SALDATURA

Gli acciai per strutture saldate, oltre a soddisfare le condizioni indicate nelle norme tecniche, devono avere composizione chimica conforme a quanto riportato nelle norme europee armonizzate applicabili.

La saldatura degli acciai dovrà avvenire, con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN 4063:2011. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale.

I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 9606-1:2017 da parte di un Ente terzo. I saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa.

Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo la norma UNI EN ISO 14732:2013. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 15614-1:2019.

Le durezze eseguite sulle macrografie non dovranno essere superiori a 350 HV30.

Per la saldatura ad arco di prigionieri di materiali metallici (saldatura ad innescio mediante sollevamento e saldatura a scarica di condensatori ad innescio sulla punta) si applica la norma UNI EN ISO 14555:2017; valgono perciò i requisiti di qualità di cui al prospetto A della appendice A della stessa norma.

Le prove di qualifica dei saldatori, degli operatori e dei procedimenti dovranno essere eseguite da un Ente terzo; in assenza di prescrizioni in proposito l'Ente sarà scelto dal costruttore secondo criteri di competenza e di indipendenza.

Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termica alterata non inferiori a quelle del materiale base.

Nell'esecuzione delle saldature dovranno inoltre essere rispettate le norme UNI EN 1011-1:2009, UNI EN 1011-2:2005 per gli acciai ferritici e UNI EN 1011-3:2005 per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la norma UNI EN ISO 9692-1:2013.

Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione.

In assenza di tali dati per strutture non soggette a fatica si adotterà il livello C della norma UNI EN ISO 5817:2014 e il livello B per strutture soggette a fatica.

L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore dei Lavori; per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), mentre per i giunti a piena penetrazione, oltre a quanto sopra previsto, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione. La percentuale di saldature da sottoporre a controlli non distruttivi in cantiere verrà definita dal Direttore dei Lavori o dal Collaudatore in base ai criteri definiti nell'Appendice L della UNI EN 1090-2:2018.

Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare utile riferimento alle prescrizioni della norma UNI EN ISO 17635:2017.

Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 9712:2012 almeno di secondo livello.

Oltre alle prescrizioni applicabili il costruttore deve corrispondere ai seguenti requisiti.

In relazione alla tipologia dei manufatti realizzati mediante giunzioni saldate, il costruttore deve essere certificato secondo la norma UNI EN ISO 3834:2006 parti 2 e 4; il livello di conoscenza tecnica del personale di coordinamento delle operazioni di saldatura deve corrispondere ai requisiti della normativa di comprovata validità. I requisiti sono riassunti nel Tab. A di seguito riportata.

La certificazione dell'azienda e del personale dovrà essere operata da un Ente terzo, scelto, in assenza di prescrizioni, dal costruttore secondo criteri di indipendenza e di competenza.

Si riportano di seguito i prospetti L.1 e L.2 della UNI EN 1090-2:2018:

prospetto L.1 Guida a un metodo per la selezione della classe di ispezione della saldatura

Livello di durata a fatica ^{a)}	Conseguenze di un cedimento dell'articolazione o del componente ^{c)}	Sollecitazioni nella saldatura ^{b)}	Classe di ispezione della saldatura (WIC)
Elevato utilizzo a fatica	Sostanziali ^{b)}	Saldature con direzione della sollecitazione principale dinamica trasversale alla saldatura (tra 45° e 135°)	WIC5
		Saldature con direzione della sollecitazione principale dinamica allineata alla saldatura (tra -45° e +45°)	WIC4
	Non sostanziali ^{d)}	Saldature con direzione della sollecitazione principale dinamica trasversale alla saldatura (tra 45° e 135°)	WIC3
		Saldature con direzione della sollecitazione principale dinamica allineata alla saldatura (tra -45° e +45°)	WIC2
Nessun utilizzo a fatica (cioè quasi statico) o Basso utilizzo a fatica	Sostanziali ^{b)}	Saldature con elevate ^{d)} sollecitazioni di trazione trasversali alla saldatura	WIC5
		Saldature con basse sollecitazioni di trazione trasversali alla saldatura e/o elevate ^{d)} sollecitazioni di taglio	WIC4
	Non sostanziali ^{d)}	Per saldature in EXC3 o EXC4 con elevate ^{d)} sollecitazioni di trazione trasversali alla saldatura	WIC3
		Tutte le altre saldature portanti ad eccezione delle saldature in EXC1	WIC2
		Saldature in EXC1 e saldature non portanti	WIC1

a) Una bassa durata a fatica significa un collegamento con una durata a fatica calcolata superiore a 4 volte la durata a fatica richiesta.

b) Conseguenze sostanziali significa che il cedimento dell'elemento o dell'articolazione comporterà:

- possibile perdita di più vite umane; e/o;
- un inquinamento significativo; e/o;
- gravi conseguenze economiche.

c) Le conseguenze possono essere valutate come non sostanziali se la struttura è stata dotata di una resistenza residua sufficiente per far fronte ad azioni accidentali specificate.

d) Le sollecitazioni elevate sono quelle che provocano una sollecitazione (quasi)-statica maggiore del 50% della capacità di trazione o di taglio delle saldature, come appropriato. Le basse sollecitazioni sono quelle che si comportano in modo opposto. Particolare attenzione dovrebbe essere indicata anche alla scelta del WIC, laddove la sollecitazione principale si registra nella direzione dello spessore del materiale di partenza.

prospetto L.2 Entità percentuale delle prove supplementari secondo il WIC

Classe di ispezione della saldatura (WIC)	Tipo di giunto	RT	UT	MT/PT
WIC5	Saldatura di testa in linea a piena penetrazione	10	100	100
	Saldatura di testa a T a piena penetrazione	0	100	100
	Saldature a penetrazione parziale con profondità di penetrazione superiore a 12 mm	0	20	100
	Altre saldature a penetrazione parziale e tutte le saldature d'angolo	0	0	100
WIC4	Saldatura di testa in linea a piena penetrazione	5	50	100
	Saldatura di testa a T a piena penetrazione	0	50	100
	Saldature a penetrazione parziale con profondità di penetrazione superiore a 12 mm	0	10	100
	Altre saldature a penetrazione parziale e tutte le saldature d'angolo	0	0	100
WIC3	Saldatura di testa in linea a piena penetrazione	0	20	20
	Saldatura di testa a T a piena penetrazione	0	20	20
	Saldature a penetrazione parziale con profondità di penetrazione superiore a 12 mm	0	5	20
	Altre saldature a penetrazione parziale e tutte le saldature d'angolo	0	0	20
WIC2	Saldatura di testa in linea a piena penetrazione	0	10	10
	Saldatura di testa a T a piena penetrazione	0	10	10
	Saldature a penetrazione parziale con profondità di penetrazione superiore a 12 mm	0	5	5
	Altre saldature a penetrazione parziale e tutte le saldature d'angolo	0	0	5
WIC1	Tutti i tipi di giunto	0	0	0

Dove:

RT = controllo radiografico secondo la serie EN ISO 17636

UT = controllo mediante ultrasuoni secondo le EN ISO 17640 e EN ISO 23279 o EN ISO 13588

MT = controllo con particelle magnetiche secondo la EN ISO 17638

PT = esame con liquidi penetranti secondo la EN ISO 3452-1

Tab. A

Tipo di azione sulle strutture	Strutture soggette a fatica in modo non significativo	Strutture soggette a fatica in
--------------------------------	-------------------------------------------------------	--------------------------------

				modo significativo
Riferimento	A	B	C	D
Materiale Base: Spessore minimo delle membrature	S235, s ≤ 30 mm S275, s ≤ 30 mm	S355, s ≤ 30 mm S235 S275	S235 S275 S355 S460, s ≤ 30 mm	S235 S275 S355 S460 (Nota 1) Acciai inossidabili e altri acciai non esplicitamente menzionati (Nota 1)
Livello dei requisiti di qualità secondo la norma UNI EN ISO 3834:2006	Elementare EN ISO 3834-4	Medio EN ISO 3834-3	Medio EN ISO 3834-3	Completo EN ISO 3834-2
Livello di conoscenza tecnica del personale di coordinamento della saldatura secondo la norma UNI EN 719:1996	Di base	Specifico	Completo	Completo

Nota 1) Vale anche per strutture non soggette a fatica in modo significativo

Art. 11 – Verniciature

GENERALITÀ.

Tutte le strutture in acciaio dovranno essere protette contro la corrosione mediante uno dei cicli di pitturazione definiti nel presente articolo.

I cicli di verniciatura saranno preceduti da spazzolature meccaniche o sabbiature secondo le disposizioni impartite di volta in volta dalla Direzione Lavori.

I cicli di verniciatura saranno formati da un minimo di tre mani di prodotti verniciati mono o bicomponenti indurenti per filmazione chimica o filmazione fisica; le caratteristiche di composizione dei cicli da applicare sono le seguenti:

Ciclo “A”.

Il rivestimento dovrà essere formato come minimo da tre mani di prodotti vernicianti.

Le caratteristiche di composizione degli strati dovranno essere le seguenti:

1° strato

Mano di fondo al clorocaucciù pigmentata con minio e cromato di zinco (ZnCrO₄), avente un ottimo potere bagnante sul supporto.

Caratteristiche formulative della mano di fondo:

- tipo di legante clorocaucciù
- PVC%(1) ≥ 36%
- % pigmenti sul totale polveri ≥ 82%
- tipi di pigmento minio - ZnCrO₄
- legante secco % 25%
- spessore del film 80 ÷ 100 μ
- metodo di applicazione pennello

2° strato

Mano intermedia al clorocaucciù pigmentata con: rosso ossido, ferro micaceo, alluminio avente un ottimo potere di attacco alla mano sottostante.

Caratteristiche formulative della mano intermedia:

- tipo di legante clorocaucciù
- PVC% ≥ 41%
- % pigmento sul prodotto finito ≥ 14%
- tipi di pigmento rosso ossido, ferro-micaceo, alluminio
- legante secco % 28%
- spessore del film 80 ÷ 100 μ
- metodo di applicazione pennello

3° strato

Mano di finitura: clorocaucciù acrilica pigmentata con biossido di titanio, avente una ottima resistenza agli agenti atmosferici e chimici.

Caratteristiche formulative della mano di finitura:

- tipo di legante clorocaucciù acrilica
- PVC% ≥ 26%
- % pigmento sul prodotto finito ≥ 26%
- tipo di pigmento biossido di titanio (TiO₂)
- legante secco % 33%
- spessore del film 40 μ
- metodo di applicazione pennello o rullo

(1) Concentrazione volumetrica del pigmento.

Il tutto come riportato nella tabella che segue :

Ciclo di verniciatura <A>

	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
--	-----------	-----------	-----------

Tipo di legante	clorocaucciù	clorocaucciù	clorocaucciù acrilica
PVC %	≥36%	≥41%	≥26%
% pigmenti sul totale polveri	≥82%	-	-
% pigmento sul prodotto finito	-	≥14%	≥26%
Tipi di pigmento	minio, cromato di zinco (ZnCrO)	rosso ossido, ferro micaceo, alluminio	biossido di titanio (TiO ₂)
Legante secco %	25%	28%	33%
Spessore del film	80 ÷ 100μ	80 ÷ 100μ	40 μ
Metodo di applicazione	pennello	pennello	pennello - rullo

Ciclo “B”.

Il rivestimento dovrà essere formato come minimo da tre mani di prodotti vernicianti.

Le caratteristiche di composizione degli strati dovranno essere le seguenti:

1° strato

Mano di fondo epossidica pigmentata con ZnCrO₄ (cromato di zinco) avente un ottimo potere bagnante sul supporto.

Caratteristiche formulative della mano di fondo:

- tipo di legante epossidico
- PVC% ≥36%
- % pigmento sul totale polveri ≥25%
- tipo di pigmento cromato di zinco ZnCrO₄
- legante secco % 26%
- spessore del film 30÷40 μ
- metodo di applicazione pennello

2° strato

Mano intermedia epossidica pigmentata con biossido di titanio (TiO₂), avente un ottimo potere di attacco alla mano sottostante:

- tipo di legante epossidico
- PVC% ≥40%
- % pigmento sul prodotto finito ≥11%
- tipo di pigmento biossido di titanio (TiO₂)
- legante secco % 26%
- spessore del film 80÷100 μ
- metodo di applicazione pennello

3° strato

Mano di finitura poliuretanica di tipo non ingiallente e non sfarinante. Il tipo di polisocianato dovrà essere alifatico (nè aromatico, nè cicloalifatico), con un contenuto di monomeri volatili non superiore allo 0,7% (ASTM D 2615/67 T):

- tipo di legante poliuretanico
- PVC% ≥16%
- % pigmento sul prodotto finito ≥26%
- tipo di pigmento biossido di titanio (TiO₂)
- legante secco % 39%
- spessore del film 30÷40 μ
- metodo di applicazione pennello o rullo

Il tutto come riportato nella tabella che segue:

**Ciclo di verniciatura **

	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
Tipo di legante	epossidico	epossidico	poliuretanica
PVC %	≥36%	≥40%	≥16%
% pigmenti sul totale polveri	≥25%	-	-
% pigmento sul prodotto finito	-	≥11%	≥26%
Tipi di pigmento	cromato di zinco (ZnCrO ₄)	biossido di titanio (TiO ₂)	biossido di titanio (TiO ₂)
Legante secco %	23%	26%	39%
Spessore del film	80 ÷ 100μ	80 ÷ 100μ	40 μ
Metodo di applicazione	pennello	pennello	pennello - rullo

Ciclo “C”.

Il rivestimento dovrà essere formato come minimo da quattro mani di prodotti verniciati.

Le caratteristiche di composizione degli strati dovranno essere le seguenti:

1° strato

Mano di fondo oleofenolica i cui pigmenti inibitori dovranno essere di base: ossido di piombo (minio), cromati di zinco, fosfati di zinco, cromati di piombo, silico-cromati di piombo, in composizione singola o miscelati tra loro in modo da conferire la migliore resistenza alla corrosione.

E' ammessa la presenza di riempitivi a base di solfato di bario (BaSO₄) e silicati in quantità non superiore al 45% sul totale dei pigmenti e riempitivi.

Caratteristiche formulative della mano di fondo:

- tipo di legante oleofenolico
- % pigmenti sul totale polveri ≥55%

- tipi di pigmento ossido di piombo, cromati di zinco, fosfati di zinco, cromati di piombo, silico-cromati di piombo
- legante secco (resina) % $\geq 18\%$
- tipo di olio nel legante olio di lino e/o legno
- % olio nella resina secca $\geq 60\%$
- spessore del film secco $35 \div 40 \mu$
- metodo di applicazione pennello o rullo

2° strato

Mano intermedia oleo fenolica di colore differenziato dalla 1° mano, di composizione identica al 1° strato; il pigmento inibitore potrà essere sostituito con aggiunta di ossido di ferro per la differenziazione del colore, in quantità non superiore al 6% sul totale dei pigmenti e riempitivi.

Caratteristiche formulative della 2a mano:

- tipo di legante oleofenolico
- % pigmenti sul totale polveri $\geq 55\%$
- tipi di pigmento ossido di piombo, cromato di zinco, fosfato di zinco, cromati di piombo, silico-cromati di piombo, ossido di ferro
- legante secco (resina) % $\geq 18\%$
- tipo di olio nel legante olio di lino e/o legno
- % olio nella resina secca $\geq 60\%$
- spessore del film secco $35 \div 40 \mu$
- metodo di applicazione pennello, rullo, airless

3° strato

Mano intermedia alchidica modificata con olii vegetali e clorocaucciù, il cui rapporto in peso, a secco, dovrà essere di 2:1. Non sarà tollerata la presenza di colofonia.

Caratteristiche formulative della 3a mano:

- tipo di legante alchidico-clorocaucciù
- % pigmenti sul totale polveri $\geq 55\%$
- tipi di pigmento biossido di titanio (TiO₂), ftalocianina bleu
- % di TiO₂ sul totale pigmenti $\geq 30\%$
- legante secco (resina) % $\geq 40\%$
- tipo di olio nel legante olio vegetale
- % olio nella resina secca $\geq 60\%$
- spessore del film secco $35 \div 40 \mu$
- metodo di applicazione pennello, rullo, airless

4° strato

Mano di finitura alchidica modificata con olii vegetali e clorocaucciù di composizione identica al 3° strato, di colore differente dalla precedente mano.

Caratteristiche formulative della 4a mano:

- tipo di legante alchidico-clorocaucciù
- % pigmenti sul totale polveri $\geq 55\%$
- tipi di pigmento biossido di titanio (TiO₂), ftalocianina bleu
- % TiO₂ sul totale pigmenti $\geq 30\%$
- legante secco (resina) % $\geq 40\%$
- tipo di olio nel legante olio vegetale
- % olio nella resina secca $\geq 60\%$
- spessore del film secco $35 \div 40 \mu$
- metodo di applicazione pennello, rullo, airless

Il tutto come riportato nella tabella che segue:

Ciclo di verniciatura <C>

	1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	4° STRATO
Tipo di legante	oleofenolico	oleofenolico	alchidico clorocaucciù	alchidico clorocaucciù
% pigmenti sul totale polveri	$\geq 55\%$	$\geq 55\%$	$\geq 55\%$	$\geq 55\%$
Tipi di pigmento	ossido di piombo (minio), cromati di zinco, fosfati di zinco, cromati di piombo, silico cromati di piombo	ossido di piombo, cromato di zinco, fosfato di zinco, cromati di piombo, silicocromati di piombo, ossido di ferro	biossido di titanio ftalocianina bleu	biossido di titanio ftalocianina bleu
% di TiO ₂ sul totale pigmenti	-	-	$\geq 30\%$	$\geq 30\%$
Legante secco %	$\geq 18\%$	$\geq 18\%$	$\geq 40\%$	$\geq 40\%$
Tipo di olio nel legante	olio di lino e/o legno	olio di lino e/o legno	olio vegetale	olio vegetale
% olio nella resina secca				
Spessore del film	$80 \div 100 \mu$	$80 \div 100 \mu$		40μ
Metodo di applicazione	pennello	pennello		pennello - rullo

Dato che nelle caratteristiche formulative dei singoli stadi relativi ai cicli A, B e C sono presenti sostanze tossiche e potenzialmente cancerogene, come specificato dal D.M. 25 luglio 1987 n. 555 (S.O. alla G.U. n. 15 del 20.1.1988), rettificato con avviso pubblicato sulla G.U. n. 90 del 18.4.1988, si dovrà adottare una serie di misure procedurali ed organizzative, al fine di ottenere un controllo ambientale e sanitario, tenendo peraltro presente quanto disposto dal D.P.R. 20.2.1988 n. 141 (G.U. n. 104 del 5.5.1988).

Preparazione del supporto

La preparazione del supporto metallico dovrà essere eseguita dall'Impresa mediante spazzolatura meccanica o sabbiatura, fino ad eliminazione di tutte le parti ossidate che presentino scarsa coesione e/o aderenza con il supporto.

Il tipo di pulizia: spazzolatura meccanica e sabbiatura, dovrà essere tale da permettere un ottimo attacco della mano di fondo del ciclo di verniciatura e dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori.

Tale approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Impresa relativa al raggiungimento dei requisiti finali del ciclo di verniciature anticorrosive in opera.

Caratteristiche di resistenza (chimico-fisiche) del ciclo di verniciature anticorrosive

1) Le caratteristiche di resistenza (chimico-fisiche) si intendono per cicli di verniciatura anticorrosiva applicata su supporti in acciaio tipo UNI EN 10139:2016, sottoposti ad invecchiamento artificiale.

Per l'invecchiamento artificiale è previsto un ciclo così composto:

Agente aggressivo	Durata	Temperatura
Radiazione ultravioletta	6 h	60 °C
Corrosione per immersione continua in soluzioni areate (U.N.I. 4261-66)	12 h	35° C
Corrosione in nebbia salina (U.N.I. 5687- 73)	12 h	35° C
Radiazione ultravioletta	6 h	60° C
Immersione in soluzione satura di CaCl ₂	12 h	35 °C

Dopo questo ciclo di invecchiamento artificiale, verranno eseguiti i controlli riportati di seguito.

2) Ingiallimento: secondo norma DIN 53230. Il prodotto di finitura deve essere non ingiallente (prova su prodotto non pigmentato).

3) Ruggine e Blistering (ASTM D 714-56) (DIN 53210):

Ciclo "A"	Blistering:	1° strato = 9F 2° strato = 9M 3° strato = 9F RO (ruggine assente)
Ciclo "B"	Ruggine: Blistering:	1° strato = 9M 2° strato = 9M 3° strato = 9F Ruggine: RO (ruggine assente)
Ciclo "C"	Blistering:	1° strato = 9F 2° strato = 9F 3° strato = 9M 4° strato = 9F Ruggine: RO (ruggine assente)

4) Adesione (DIN 53151):

Ciclo "A"	Gto-Gt1	(stacco nullo al massimo del 5%)
Ciclo "B"	Gto	(stacco nullo)
Ciclo "C"	Gto-Gt1	(stacco nullo al massimo del 5%)

5) Spessore films secchi:

Ciclo "A"	1° strato = 90μ 2° strato = 80μ 3° strato = 40μ
Ciclo "B"	1° strato = 30μ 2° strato = 90μ 3° strato = 35μ
Ciclo "C"	1° strato = 35μ 2° strato = 35μ 3° strato = 35μ 4° strato = 35μ

6) Resistenza all'abrasione: si determina solo su prodotto di finitura mediante Taber Abraser, con mola tipo CS 10, dopo 1000 giri con carico di 1 Kg. Il valore espresso come perdita in peso deve essere inferiore a 10 milligrammi.

7) Brillantezza: controllata mediante Glossmetro Gardner con angolo di 60°, deve avere un valore iniziale superiore al 90% e finale non inferiore all'80%.

8) Prova di piegatura a 180° (su lamierino d'acciaio UNI 3351) con mandrino Ø 4 mm.

Al termine non dovranno presentarsi screpolature o distacchi.

Prove di accettazione dei prodotti.

L'Impresa dovrà preventivamente inviare ad un laboratorio ufficialmente riconosciuto quanto segue:

a) campioni dei prodotti componenti il ciclo con relativi diluenti in contenitori sigillati del peso di 0,500 Kg e nel numero di tre per ogni prodotto (uno di questi campioni non deve essere pigmentato);

b) schede tecniche dei prodotti verniciati compilate in tutte le loro voci e fogli per le:

* caratteristiche di composizione: foglio A;

* caratteristiche di applicazione: foglio B.

Il colore di finitura sarà indicato dalla Direzione Lavori; i pigmenti necessari per il raggiungimento del tono di colore richiesto dovranno essere, nella scheda riportante le caratteristiche di composizione, sottratti alla quantità percentuale di solvente. Controllata la rispondenza del rivestimento con le caratteristiche di resistenza richieste, i prodotti componenti il ciclo saranno identificati mediante analisi spettrofotometrica all'infrarosso.

La Direzione Lavori potrà fare accertare in ogni momento sui prodotti presenti in cantiere la corrispondenza delle caratteristiche di resistenza, di composizione e di applicazione accertate in fase di gara e/o riprodurre gli spettri IR su detti materiali. Tali spettri dovranno essere uguali a quelli ricavati dai campioni.

Prove caratteristiche di resistenza (chimico fisiche)

Nr.	Prova (Ciclo "A")	Fondo	Intermedia	Finitura
1	Blistering	9F	9M	9F
2	Ruggine	RO	RO	RO
3	Adesione	Gto + Gt1	Gto + Gt1	Gto + Gt1
4	Spessore (film secchi)	90 µ	80 µ	40 µ
5	Abrasione			< 10 mg
6	Brillantezza iniziale			≥ 90 %
7	Brillantezza finale			≥ 80 %

Prove caratteristiche di resistenza (chimico fisiche)

Nr.	Prova (Ciclo "B")	Fondo	Intermedia	Finitura
1	Blistering	9M	9M	9F
2	Ruggine	RO	RO	RO
3	Adesione	Gto	Gto	Gto
4	Spessore (film secchi)	30 µ	90 µ	35 µ
5	Abrasione			< 10 mg
6	Brillantezza iniziale			≥ 90 %
7	Brillantezza finale			≥ 80 %

Prove caratteristiche di resistenza (chimico fisiche)

Nr.	Prova (Ciclo "C")	Fondo	Intermedia	Finitura
1	Blistering	9M	9M	9F
2	Ruggine	RO	RO	RO
3	Adesione	Gto	Gto	Gto
4	Spessore (film secchi)	30 µ	90 µ	35 µ
5	Abrasione			< 10 mg
6	Brillantezza iniziale			≥ 90 %
7	Brillantezza finale			≥ 80 %

CAPO 6) MURATURE E STRUTTURE VERTICALI

Art. 12 – Murature in genere

La costruzione delle murature, siano esse formate da elementi resistenti naturali o artificiali, dovrà essere eseguita conformemente a quanto stabilito dal Decreto Ministero delle Infrastrutture 17 Gennaio 2018: "Norme Tecniche per le Costruzioni 2018"

Nelle costruzioni delle murature in genere verrà curata la perfetta esecuzione degli spigoli, delle voltine, sordine, piattabande, archi e verranno lasciati tutti i necessari incavi, sfondi canne e fori:

- per ricevere le chiavi e i capichiavi delle volte, gli ancoraggi delle catene e travi a doppio T, le testate delle travi in legno ed in ferro, le pietre da taglio e quanto altro non venga messo in opera durante la formazione delle murature;
- per il passaggio dei tubi pluviali, dell'acqua potabile, canne di stufa e camini, cessi, orinatoi, lavandini, immondizie, ecc.;
- per condutture elettriche di campanelli, di telefoni e di illuminazione;
- per le imposte delle volte e degli archi;
- per gli zoccoli, arpioni di porte e finestre, zanche, soglie, ferriate, ringhiere, davanzali, ecc.

Quanto detto, in modo che non vi sia mai bisogno di scalpellare le murature già eseguite.

Le costruzioni delle murature deve iniziarsi e proseguire uniformemente, assicurando il perfetto collegamento sia con le murature esistenti, sia fra le varie parti di esse, evitando nel corso dei lavori la formazione di strutture eccessivamente emergenti dal resto della costruzione.

La muratura procederà a filari rettilinei, con i piani di posa normali alle superfici viste o come altrimenti venisse prescritto.

All'innesto con i muri da costruirsi in tempo successivo dovranno essere lasciate opportune ammorsature in relazione al materiale impiegato.

Lavori in muratura, qualunque sia il sistema costruttivo adottato, debbono essere sospesi nei periodi di gelo, durante il quali la temperatura si mantenga per molte ore, al di sotto di zero gradi centigradi.

Quando il gelo si verifichi solo per alcune ore della notte, le opere in muratura ordinaria possono essere eseguite nelle ore meno fredde del giorno, purché, al distacco del lavoro vengono adottati opportuni provvedimenti per difendere le murature dal gelo notturno.

Le facce delle murature in malta dovranno essere mantenute bagnate almeno per giorni 15 dalla loro ultimazione od anche più se sarà richiesto dalla Direzione dei lavori.

Le canne, le gole da camino e simili, saranno intonacate a grana fina; quelle di discesa delle immondizie saranno intonacate a cemento liscio.

Si potrà ordinare che tutte le canne, le gole, ecc., nello spessore dei muri, siano lasciate aperte sopra una faccia temporaneamente, anche per tutta la loro altezza; in questi casi, il tramezzo di chiusura si eseguirà posteriormente.

Le impostature per le volte, gli archi, ecc. devono essere lasciate nelle murature sia con addentellati d'uso, sia col costruire l'origine delle volte e degli archi a sbalzo mediante le debite sagome, secondo quanto verrà prescritto.

La direzione stessa potrà ordinare che sulle aperture di vani di porte e finestre siano collocati dagli architravi in cemento armato delle dimensioni che saranno fissate in relazione alla luce dei vani, allo spessore del muro e al sopraccarico.

Quando venga ordinato, sui muri delle costruzioni, nel punto di passaggio fra le fondazioni entro terra e la parte fuori terra, sarà disteso uno strato di asfalto formato come quello per pavimenti, esclusa la ghiaietta, dell'altezza in ogni punto di almeno cm. 2.

La muratura su di esso non potrà essere ripresa che dopo il suo consolidamento.

In tutti i fabbricati a più piani dovranno eseguirsi ad ogni piano e su tutti i muri portanti cordoli di conglomerato cementizio di altezza da definirsi con armatura conforme a quanto definito dalle NTC 2018, per assicurare un perfetto collegamento e l'uniforme distribuzione dei carichi. Tale cordolo in corrispondenza delle aperture sarà opportunamente rinforzato con armature di ferro supplementare in modo da formare architravi portanti, ed in corrispondenza delle canne, fori, ecc., sarà pure opportunamente rinforzato perché presenti la stessa resistenza che nelle altre parti. In corrispondenza dei solai con putrelle, queste, con opportuni accorgimenti, saranno collegate al cordolo.

Art. 13 – Murature di pietrame e riempimento in pietrame a secco

Le murature dovranno essere eseguite con pietre ridotte col martello alla forma più che sia possibile regolare, restando assolutamente escluse quelle di forma rotonda.

Le pietre saranno collocate in opera in modo che si colleghino perfettamente fra loro; scegliendo per i paramenti quelle di maggiori dimensioni, non inferiori a cm. 20 di lato, e le più adatte per il miglior combaciamento, onde supplire così colla accuratezza della costruzione alla mancanza di malta.

Si eviterà sempre la ricorrenza delle connessioni verticali.

Nell'interno della muratura si farà uso delle scaglie soltanto per appianare i corsi e riempire gli interstizi tra pietra e pietra.

La muratura in pietrame a secco per muri di sostegno in controriva o comunque isolati sarà sempre coronata da uno strato di muratura in malta di altezza non minore di cm. 30; a richiesta della Direzione dei lavori vi si dovranno eseguire anche opportune feritorie regolari e regolarmente disposte, anche a più ordini, per lo scolo delle acque.

I riempimenti per pietrame a secco (per drenaggi, fognature, banchettoni di consolidamento e simili) dovranno essere formati con pietrame da collocarsi in opera a mano e su terreno ben costipato, al fine di evitare cedimenti per effetto dei carichi superiori.

Per drenaggi o fognature si dovranno scegliere le pietre più grosse e regolari e possibilmente a forma di lastroni quelle da impiegare nella copertura dei sottostanti pozzetti o cunicoli; oppure infine negli strati inferiori il pietrame di maggiore dimensione, impiegando nell'ultimo strato superiore pietrame minuto, ghiaia o anche pietrisco per impedire alle terre sovrastanti di penetrare e scendere otturando così gli interstizi tra le pietre. Sull'ultimo strato di pietrisco si dovranno pigiare convenientemente le terre, con le quali dovrà completarsi il riempimento dei cavi aperti per la costruzione di fognature e drenaggi.

Art. 14 – Murature di pietrame con malta

La muratura a getto ("a sacco") per fondazioni risulterà composta di scheggioni di pietra e malta grossa, questa ultima in proporzione non minore di mc. 0,45 per metro cubo di muratura.

La muratura sarà eseguita facendo gettate alternative entro i cavi di fondazione di malta fluida e scheggioni di pietra, preventivamente puliti e bagnati, assestando e spianando regolarmente gli strati ogni 40 cm di altezza, riempiendo accuratamente i vuoti con materiale minuto e distribuendo la malta in modo da ottenere strati regolari di muratura in cui le pietre dovranno risultare completamente rivestite di malta.

La gettata dovrà essere abbondantemente rifornita d'acqua in modo che la malta penetri in tutti gli interstizi; tale operazione sarà aiutata con beveroni di malta molto grassa. La muratura dovrà risultare ben costipata ed aderente alle pareti dei cavi, qualunque sia la forma degli stessi.

Qualora in corrispondenza delle pareti degli scavi di fondazione si incontrassero vani di gallerie o cunicoli, l'Appaltatore dovrà provvedere alla perfetta chiusura di detti vani con murature o chiusure in legame in guisa da evitare il disperdimento della malta attraverso tali vie, ed in ogni caso sarà sua cura di adottare tutti i mezzi necessari perché le murature di fondazione riescano perfettamente compatte e riempite di malta.

La muratura in pietrame così detta lavorata a mano sarà eseguita con scapoli di pietrame, delle maggiori dimensioni consentite dalla grossezza della massa muraria, spianati grossolanamente nei piani di posa ed allettati di malta.

La muratura di pietrame con malta cementizia dovrà essere eseguita con elementi di pietrame delle maggiori dimensioni possibili e, ad ogni modo, non inferiore a cm 25 in senso orizzontale, cm 20 in senso verticale e cm 30 di profondità.

Per i muri di spessore di cm 40 si potranno avere alternanze di pietre minori.

Le pietre, prima di essere collocate in opera, saranno diligentemente ripulite dalle sostanze terrose ed ove occorra, a giudizio della Direzione dei lavori, accuratamente lavate. Saranno poi bagnate, essendo proibito di eseguire la bagnatura dopo di averle disposte sul letto di malta.

Tanto le pietre quanto la malta saranno disposte a mano, seguendo le migliori regole d'arte, in modo da costituire una massa perfettamente compatta nel cui interno le pietre stesse ben battute col martello risultino concatenate fra loro e rivestite da ogni parte di malta, senza alcun interstizio.

La malta dovrà essere certificata CE o possedere un certificato di idoneità tecnica valido, dovrà altresì rispettare le prescrizioni definite nelle NTC 2018.

La costruzione della muratura dovrà progredire a strati orizzontali di conveniente altezza, concatenati nel senso della grossezza del muro, disponendo successivamente ed alternativamente una pietra trasversale (di punta) dopo ogni due pietre in senso longitudinale, allo scopo di ben legare la muratura anche nel senso della grossezza.

Dovrà sempre evitarsi la corrispondenza nelle connessioni fra due corsi consecutivi.

Gli spazi vuoti che verranno a formarsi per la irregolarità delle pietre saranno riempiti con piccole pietre che non si tocchino mai a secco e non lascino mai spazi vuoti, colmando con malta tutti gli interstizi.

Nelle murature senza speciale paramento si impiegheranno per le facce viste le pietre di maggiori dimensioni, con le facce esterne rese piane e regolari in modo da costruire un paramento rustico a faccia vista e si disporranno negli angoli le pietre più grosse e più regolari. Detto paramento rustico dovrà essere più accurato e maggiormente regolare nelle murature di elevazione di tutti i muri dei fabbricati.

Qualora la muratura avesse un rivestimento esterno il nucleo della muratura dovrà risultare, con opportuni accorgimenti, perfettamente concatenato col detto rivestimento nonostante la diversità del materiale, di struttura e di forma dell'uno e dell'altro.

Il nucleo della muratura dovrà essere costruito sempre contemporaneamente ai rivestimenti esterni.

Le facce viste delle murature in pietrame, che non debbono essere intonacate o comunque rivestite, saranno sempre rabboccate diligentemente con malta idraulica mezzana.

Art. 15 – Consolidamento delle murature

I lavori di consolidamento delle murature potranno essere effettuati ricorrendo alle più svariate tecniche anche specialistiche e ad alto livello tecnologico purché queste metodologie, a discrezione della D.L., vengano giudicate compatibili con la natura delle strutture antiche e siano chiaramente riconoscibili e distinguibili alla muratura originaria.

Per quanto possibile tali lavori dovranno essere eseguiti in modo da garantire la reversibilità dell'intervento.

I lavori di consolidamento delle murature dovranno essere condotti, ove applicabili, nei modi stabiliti dal D.M. 2 luglio 1981 n. 198, dalle successive Circolari Ministeriali del 10 luglio 1981 n. 21 745 e del 19 luglio 1981 n. 27690 e dal D.M. 9 gennaio 1987.

Dovranno in ogni caso essere rispettate le prescrizioni del capitolo 8 nelle NTC 2018, e relativa Circolare Applicativa.

Tutti i materiali utilizzati per il consolidamento dovranno essere provvisti di marchio CE o, in alternativa, Certificato ETA oppure da Certificato di Approvazione Tecnica rilasciato dal Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, come prescritto al paragrafo 11.1 delle NTC 2018.

Art. 16 – Consolidamento mediante iniezioni a base di miscele leganti

Prima di dare inizio ai lavori, l'Appaltatore dovrà eseguire un'attenta analisi della struttura al fine di determinare l'esatta localizzazione delle sue cavità.

L'esame potrà essere effettuato mediante tecniche molto usuali come la percussione della muratura oppure ricorrendo a carotaggi o, in relazione all'importanza delle strutture e dietro apposita prescrizione, ad indagini di tipo non distruttivo (termografie, ultrasuoni, etc.).

In seguito, l'Appaltatore farà asportare lo strato di rivestimento per mettere a nudo la lesione e per meglio esaminare la consistenza del paramento murario.

In presenza di murature in pietrame incerto sarà preferibile non togliere lo strato d'intonaco al fine di evitare l'eccessivo trasudamento della miscela legante. I punti su cui praticare i fori (in genere 2 o 3 ogni mq.) verranno scelti dalla D.L. in base alla distribuzione delle fessure ed al tipo di struttura.

Nelle murature in pietrame, le perforazioni dovranno essere eseguite in corrispondenza dei punti di giunzione delle malte e ad una distanza che, in relazione alla compattezza del muro, potrà variare dai 60 agli 80 cm.

Nelle murature in mattoni pieni la distanza fra i fori non dovrà superare i 50 cm.

Le perforazioni andranno eseguite distribuendole in modo che le aree delle singole iniezioni vadano a sovrapporsi; ciò si otterrà lasciando fuoriuscire, durante l'iniezione, la miscela dai tubicini «testimoni».

Durante questa lavorazione sarà necessario evitare che le sbavature vadano a rovinare in modo irreversibile l'integrità degli adiacenti strati di rivestimento.

Per agevolare la diffusione della miscela, l'Appaltatore dovrà praticare dei fori profondi quanto la metà dello spessore del muro.

Se lo spessore risulterà inferiore a 60 - 70 cm, le iniezioni verranno effettuate su una sola faccia della struttura; se, invece, supererà i 70 cm si dovrà lavorare su ambedue le facce; se lo spessore dovesse essere ancora maggiore (1,5 - 2,0 ml.), o se risultasse impossibile iniettare su entrambi i lati, si dovrà perforare la muratura da un solo lato fino a raggiungere i 2/3 della profondità del muro.

Se la muratura sarà in mattoni pieni, per distribuire meglio la miscela e per interessare i diversi strati orizzontali di malta, andranno praticate perforazioni inclinate di almeno 45° verso il basso fino a raggiungere una profondità di 30 - 40 cm.

Gli ugelli di iniezioni ed i tubicini «testimone» andranno cementati con la stessa miscela d'iniezione resa più densa.

Tutte le lesioni e le eventuali sconnessure fra conci saranno stuccate in modo da non permettere la fuoriuscita della miscela legante.

Prima di iniettare la miscela, dovrà essere effettuato un prelavaggio delle sezioni filtranti sia al fine di saturare la massa muraria sia di mantenere la densità della miscela sia di visualizzare, mediante, l'umidità risorgente dagli intonaci, l'estensione delle zone da trattare e l'esistenza di eventuali lesioni non visibili.

Il lavaggio dovrà essere eseguito con acqua pura e priva di materie terrose, durante la fase del lavaggio andranno effettuate le operazioni supplementari di rinzafo, stilatura dei giunti e sigillatura delle lesioni.

La trasfusione delle miscele legate all'interno dei fori sarà eseguita a pressione controllata; solo dietro prescrizione della D.L. si dovrà fare ricorso ad un'idonea pompa a mano o automatica provvista di un manometro di facile lettura. La miscela, d'idonea consistenza e composizione, dovrà essere omogenea, ben amalgamata ed esente da grumi ed impurità.

Se il dissesto sarà limitato ad una zona ristretta, dovranno essere risanate, con una pressione non troppo elevata, prima le parti più danneggiate ed in seguito, utilizzando una pressione maggiore, le rimanenti zone.

Dopo un preconsolidamento, che sarà eseguito colando mediante un imbuto una boiaccia molto fluida, andranno effettuate le iniezioni procedendo con simmetria dal basso verso l'alto al fine di evitare pericolosi squilibri di peso e conseguenti alterazioni nella statica della struttura.

La miscela andrà iniettata, in relazione alla consistenza della muratura, mediante una pressione di circa 0,5 - 1,0 kg/cmq. che servirà ad agevolare il drenaggio e ad otturare con il ritorno elastico i fori.

Occorrerà, inoltre, in relazione alla quota del piano di posa delle attrezzature aumentare la pressione di immissione di 1/2 atmosfera ogni 3 ml di dislivello in modo da bilanciare la pressione idrostatica. La pressione dovrà essere mantenuta costante fino a quando la miscela non sarà fuori uscita dai fori adiacenti o dai tubicini «testimoni».

Dopo l'indurimento della miscela, gli ugelli saranno dismessi ed i fori sigillati con la malta più appropriata.

Negli edifici a diversi piani, le iniezioni dovranno essere praticate a partire dal piano più basso.

Art. 17 – Consolidamento mediante iniezioni armate reticolo cementizio

Le modalità operative, simili a quelle previste per le iniezioni di malte leganti, avranno la finalità di assicurare alla muratura un consistente aumento della resistenza agli sforzi di trazione. Durante i lavori di consolidamento, l'Appaltatore dovrà inserire nei fori delle barre metalliche opportunamente distanziate il cui schema distributivo, l'inclinazione ed il calibro saranno scelti dalla D. L. in funzione dei dissesti riscontrati dall'esame del quadro fessurativo dell'edificio o delle variazioni, apportate nel corso dei lavori di risanamento agli equilibri dei carichi.

I lavori dovranno essere condotti in modo da realizzare, all'interno della muratura, una struttura solidamente interconnessa.

Le armature saranno costituite da tondini in acciaio inossidabile, normali o ad aderenza migliorata, dalle dimensioni prescritte dagli elaborati di progetto o ordinate dalla D. L.

L'ancoraggio tra perni, materiale di riempimento e muratura deve essere garantito dall'utilizzo di resina epossidica bicomponente.

La tipologia di resina, il passo delle chiodature, il diametro dei fori e la lunghezza delle barre devono essere approvati dalla DL, in conformità a quanto prescritto nel Progetto Esecutivo.

I fori dovranno essere puliti e soffiati accuratamente prima dell'inserimento delle barre e della resina, in conformità a quanto prescritto nella scheda tecnica della resina utilizzata.
La lavorazione non dovrà essere eseguita a temperature troppo alte o troppo basse, in base ai limiti di applicazione della resina adottata.

Art. 18 – Consolidamento mediante paretine di contenimento

Questo tipo di consolidamento, particolarmente efficace per strutture molto degradate, verrà eseguito facendo aderire su ambedue i lati della superficie muraria delle lastre cementizie gettate in opera su dei reticoli elettrosaldati da collegare tramite tondini d'acciaio.

L'Appaltatore, quindi, dovrà demolire, dietro autorizzazione della

D. L., i vecchi intonaci, i rivestimenti parietali, le parti incoerenti ed in fase di distacco fino a raggiungere la parte sana della struttura.

Le lesioni andranno ripulite, allargate e spolverate con l'aiuto di un forte getto d'aria compressa.

Saranno eseguite delle perforazioni in senso obliquo (almeno 6 per m.) e passanti al cui interno verranno collocati i tondini di acciaio, del tipo e del diametro richiesto dagli elaborati di progetto o ordinato dalla D.L. (minimo 4-6 mm.), lasciandoli sporgere dalla struttura per almeno 10 cm da ogni lato. Si dovranno stuccare, quindi, le lesioni, fessure o parti di struttura situate sotto i fori con la malta prescritta e posizionare, su ambedue i lati del muro, reti elettrosaldate con diametro e maglia richiesti dagli elaborati di progetto o comandati dalla D.L., avendo cura di rivoltarle per almeno 50 cm in corrispondenza degli spigoli laterali.

Le reti, inoltre, andranno saldamente collegate alle barre.

Sulla struttura preventivamente bagnata sarà applicato uno strato di malta la cui natura, preparazione e formulazione dovranno essere quelle prescritte dal progetto o dalla D.L.

L'Appaltatore dovrà tenere presente che:

- per ottenere spessori intorno ai 5-10 cm dovrà ricorrere al getto in casseformi;
- per ottenere spessori intorno ai 3-5 cm dovrà applicare la malta manualmente;
- per ottenere spessori inferiori ai 3 cm dovrà metterla in opera a spruzzo.

La scelta dello spessore e del conseguente sistema di posa in opera dovrà essere rapportata al degrado della struttura ed al tipo di sollecitazioni cui è sottoposta.

Per la sarcitura di lesioni isolate, anche di consistente spessore, in corrispondenza degli angoli fra strutture ortogonali di cantonali, d'incroci e martelli di muratura oppure in corrispondenza di aperture, la rete elettrosaldata potrà essere usata in strisce di 60-80 cm e, una volta posizionata su ambedue i lati del muro, collegata con tondini passanti attraverso le lesioni precedentemente scarnite e pulite da parti incoerenti.

La malta da utilizzare per sarcire le lesioni, salvo diverse prescrizioni della D.L., dovrà essere di tipo espansivo.

Art. 19 – Consolidamento mediante tiranti metallici

I tiranti metallici dovranno essere applicati all'interno della muratura e fissati all'estremità con piastre atte alla distribuzione dei carichi.

Una volta segnati i livelli e gli assi dei tiranti, l'Appaltatore dovrà preparare la sede di posa dei tiranti mediante l'utilizzo di sonde esclusivamente rotative del diametro prescritto al fine di evitare ogni possibile disturbo all'equilibrio della struttura dissestata.

Nel caso si dovesse preparare la sede di posa dei tiranti in aderenza ai paramenti esterni, l'Appaltatore dovrà praticare nella muratura delle scanalature le cui sezioni, prescritte dagli elaborati di progetto, siano atte a contenere i piani di posa dei tiranti e delle piastre di ripartizione e le cui aree d'appoggio dovranno essere spianate con un getto di malta antiritiro.

I tiranti, una volta tagliati e filettati per circa 10 cm da ogni lato, andranno posti in opera e fissati alle piastre (dalle dimensioni e spessori prescritti) mediante dadi filettati avendo cura di predisporre, se richiesto, delle guaine protettive.

Dopo l'indurimento delle malte usate per i piani di posa delle piastre, l'Appaltatore metterà in tensione i tiranti mediante chiavi dinamometriche in modo che la tensione applicata non superi il 50% di quella ammissibile dal cavo d'acciaio; la tensione da applicare dovrà comunque essere preventivamente concordata con la Direzione Lavori. Infine, si salderanno i dadi filettati.

La sede di posa dei tiranti, se posta all'interno della struttura, potrà essere riempita, dietro prescrizione della D. L., ricorrendo ad iniezioni di malte reoplastiche o di prodotti sintetici mentre le scanalature andranno sigillate con malta e rifinite in modo da non compromettere l'aspetto del paramento murario.

Per garantire alla struttura le migliori prestazioni statiche, i tiranti orizzontali dovranno essere posizionati in corrispondenza dei solai o di altre strutture orizzontali mentre lo spazio tra due tiranti contigui dovrà essere ridotto al minimo.

Il posizionamento delle piastre d'ancoraggio dovrà essere effettuato secondo le prescrizioni del progetto o della D.L.

Art. 20 – Consolidamento volte in muratura

Prima di procedere all'operazione di consolidamento, l'Appaltatore dovrà svolgere le seguenti lavorazioni:

a) Puntellatura

Sigillate accuratamente tutte le lesioni intradossali con le modalità e con i materiali prescritti, l'Appaltatore dovrà sostenere la struttura realizzando un sistema di centine simile a quello utilizzato per la costruzione delle volte secondo le disposizioni contenute nel presente capitolato.

Provvederà, quindi, alla realizzazione di adeguate sbadacchiature.

Le parti di volta, affrescate o decorate, a contatto con i puntelli dovranno essere protette con i sistemi ritenuti più idonei dalla D.L.

b) Rimozioni

Tutte le rimozioni dovranno essere effettuate manualmente e dovranno procedere per successivi strati paralleli a partire dalla zona di chiave fino a raggiungere l'esterno della volta avendo cura di preservare l'integrità dei materiali.

L'Appaltatore inizierà la rimozione degli elementi delle volte a botte precedendo per tratti di uguale dimensione a partire da ambedue i lati della generatrice superiore fino a raggiungere i rinfianchi.

Per le volte a padiglione, invece, dovrà partire dal centro seguendo le generatrici lungo i quattro fronti. Infine, per le volte a crociera procederà secondo la direzione degli anelli fino ad arrivare al livello d'imposta.

c) Pulizia della faccia estradossale

L'Appaltatore dovrà pulire l'estradosso delle volte rimuovendo con spazzole metalliche, raschietti, getti di aria compressa o altri sistemi ritenuti idonei dalla D. L. le malte leganti degradate, i detriti di lavorazione e tutto ciò che potrebbe in qualche modo danneggiare i successivi interventi di consolidamento.

CONSOLIDAMENTO MEDIANTE CON RETE DIFFUSA IN FIBRA NATURALE DI BASALTO E ACCIAIO INOX E GEOMALTA CERTIFICATA EN 998 A BASE DI PURA CALCE IDRAULICA NATURALE NHL 3.5

Rinforzo di volta a botte con realizzazione di rinforzo intradosale diffuso con rete in fibra naturale di basalto e acciaio Inox, mediante l'utilizzo di sistema composito a matrice inorganica FRMC (Fabric Reinforced Cementitious Matrix), provvisto di Valutazione Tecnica Europea (ETA) ai sensi dell'art. 26 del Regolamento UE n. 305/2011 o di certificazione internazionale di comprovata validità, realizzato con rete bilanciata in fibra di basalto e acciaio Inox AISI 304, con speciale trattamento protettivo alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi e con caratteristiche tecniche certificate:

- acciaio Inox AISI 304, con speciale trattamento protettivo alcali resistente con resina all'acqua priva di solventi; resistenza a trazione del filo > 750 MPa, modulo elastico $E > 200$ GPa;
- fibra di basalto: resistenza a trazione ≥ 3000 MPa, modulo elastico $E \geq 87$ GPa; dimensione della maglia 15x15 mm, spessore equivalente $t_f (0^\circ-90^\circ) = 0,064$ mm, massa totale comprensiva di termosaldatura e rivestimento protettivo ≈ 400 g/m²;
- geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e legante minerale, inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0-1,4 mm, caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO₂ ≤ 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati $\geq 30\%$. Geomalta naturale e provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm² (EN 1015-11), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg $> 1,0$ N/mm² – FB: B (EN 1015-12).

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi:

- a) eventuale preparazione delle superfici da rinforzare, mediante demolizione e rimozione dell'intonaco esistente, ripristino di eventuali lesioni mediante cucitura;
- b) pulizia della superficie e umidificazione della stessa o in alternativa posa di fissativo consolidante corticale;
- c) stesura di un primo strato di geomalta, di spessore di circa 3 – 5 mm;
- d) con malta ancora fresca, procedere alla posa della rete, avendo cura di garantire una completa impregnazione del tessuto ed evitare la formazione di eventuali vuoti o bolle d'aria che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice o al supporto;
- e) esecuzione del secondo strato di geomalta, di spessore di circa 2 – 5 mm al fine di inglobare totalmente il tessuto di rinforzo e chiudere gli eventuali vuoti sottostanti;
- f) eventuale ripetizione delle fasi (d), e (e) per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto;
- g) collaborazione con inserimento di connettori realizzati con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, formato da microtrefoli di acciaio prodotti secondo norma ISO 16120-1/4 2017 avente le seguenti caratteristiche tecniche certificate:

- resistenza a trazione valore caratteristico > 3000 MPa;
- modulo elastico > 190 GPa;
- deformazione ultima a rottura > 2%;
- area effettiva di un trefolo 3x2 (5 fili) = 0,538 mm²; con avvolgimento dei fili ad elevato angolo di torsione conforme alla norma ISO/DIS 17832,

previa: realizzazione del foro d'ingresso, avente dimensioni idonee alla natura del successivo connettore, confezionamento del connettore metallico mediante taglio, "sfiochettatura", e arrotolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio, con bloccaggio dello stesso mediante fascetta plastica, inserimento del connettore preformato all'interno del foro con iniezione a bassa pressione finale di geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità, iperfluida, ad elevata ritenzione d'acqua a base di pura calce naturale NHL 3.5 e legante minerale, intervallo granulometrico 0-100 μ m, caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB. La geomalta deve essere naturale e provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm² (EN 1015-11), modulo elastico 9,5 GPa (EN 13412), tensione di aderenza della barra inghisata $\geq 3,5$ MPa (RILEM-CEB-FIPRC6-78).

Tutti i materiali dovranno essere preventivamente approvati dalla Direzione Lavori e posati da operai specializzati, in modo da rendere la lavorazione finita a regola d'arte.

Art. 21 – Preparazione delle superfici in bozze di pietrame da ripristinare

Le superfici in bozze di pietrame da ripristinare verranno preparate mediante trattamento di idrosabbatura o sabbatura a secco e spazzolatura per asportare piccole parti residue in fase di distacco, allontanare polveri, piccole impurità, tracce di grassi, oli e sali aggressivi ed ottenere quindi una superficie di bozze di pietrame sana, pulita e compatta.

Ove necessario la pulizia dovrà essere eseguita con scalpellatura e successiva sabbatura.

La sabbatura, la scalpellatura e successiva sabbatura è prevista su tutte le superfici in vista del ponte interessate dai lavori.

Art. 22 – Protezione e impermeabilizzazione delle murature mediante verniciatura

La prima mano di verniciatura si effettua con un CONSOLIDANTE PROTETTIVO NON IDROREPELENTE PER MATERIALI LAPIDEI A BASE DI SILICATO ETILE

Caratteristiche:

Penetra nei materiali da costruzione degradati dall'attacco atmosferico e chimico, restituendo in profondità il legante e mantenendo praticamente inalterata la capacità di traspirazione.

Particolarmente indicato anche per materiali lapidei porosi sui quali agisce senza alterare significativamente l'aspetto estetico.

La bassissima viscosità ed il peso molecolare degli oligomeri contenuti consente un'ottima capacità di penetrazione anche per applicazioni a pennello od a spruzzo.

Il prodotto è ottimamente resistente agli agenti atmosferici ed agli inquinanti e non subisce alterazioni per esposizione ai raggi ultravioletti.

Si applica da 0°C a +40°C sul supporto.

Prodotto monocomponente da utilizzare tal quale od opportunamente diluito per applicazione a pennello, spruzzo, tamponamento o percolazione. A pennello od a spruzzo il prodotto deve essere applicato in più passate successive, il consumo e la diluizione sono in funzione della natura e dello stato di degrado dei materiali da consolidare.

Viene assorbito molto rapidamente ma occorre in ogni caso porre attenzione al momento in cui il supporto tende a rifiutare un ulteriore apporto di prodotto. Per favorire la penetrazione in profondità è opportuno intervallare l'applicazione del consolidante con applicazione di Diluente apposito.

Le superfici da trattare devono essere preventivamente pulite, liberandole dai depositi inquinanti e dalle incrostazioni superficiali mediante idrogetto, acqua nebulizzata od impacchi emollienti.

Il trattamento consolidante dovrà essere seguito, secondo i casi, dall'applicazione dei protettivi idrorepellenti

Gli attrezzi che sono venuti a contatto con vernice ai silossani devono essere accuratamente lavati con Diluente.

Dati tecnici:

Colore	liquido limpido da incolore a leggermente paglierino
Peso specifico	0,95 ± 0,02 Kg/l
Viscosità 20°C	13 ± 3 mPa.s (Vel.100 – Gir.1)
Sostanza attiva	70%
Silice legante	28%
Consumo	secondo la natura del supporto e la profondità di impregnazione richiesta minimo 250 gr/mq.
Indurimento a 22°C, 50% U.R.	completamente indurito entro 30 giorni
Magazzinaggio	il prodotto nelle confezioni originali, sigillate mantenuto in luogo asciutto e protetto, a temperature fra +5°C e +35°C si conserva per 6 mesi.

La seconda mano e terza mano di verniciatura con PROTETTIVO IDROREPELLENTE INVISIBILE E NON PELLICOLARE A BASE DI SILOSSANI PER MATERIALI CEMENTIZI E LAPIDEI.

Caratteristiche:

Elevata resistenza agli agenti atmosferici ed all'alcalinità del supporto.

Non altera in alcun modo l'aspetto delle superfici sulle quali viene applicato.

Conferisce un'ottima idrorepellenza unita ad una eccezionale protezione dall'acqua meteorica.

Non forma pellicola consentendo una perfetta traspirazione.

Applicabile da 0°C a +45°C.

Temperatura di esercizio da -35°C a +100°C.

Prodotto monocomponente pronto all'uso, Si applica a pennello, rullo, spruzzo sino a rifiuto in almeno due mani. Le superfici da trattare devono essere pulite, solide e prive di strati incoerenti, polverulenti o comunque disaggregati. Nelle opere monumentali trovandosi di fronte a superfici non idonee occorre consolidare preventivamente con consolidante

Gli attrezzi devono essere lavati dopo l'uso con Diluente.

Dati tecnici:

Colore	liquido incolore
Peso specifico	0,79 ± 0,01 Kg/l
Viscosità 20°C	10 ± 1 mPa.s (Vel.100 – Gir.1)
Consumo teorico	250 g/m ² per ogni mano (su mattoni faccia a vista)
Sovrapplicazione	30 minuti minimo
Magazzinaggio	il prodotto nelle confezioni originali sigillate mantenuto in luogo asciutto e protetto, fra +5°C e +35°C si conserva per 12 mesi.

CAPO 7) PONTEGGI E OPERE PROVVISORIALI

Art. 23 – Ponteggi, impalcature, palancole

a) Opere provvisoriali

Generalità:

Tutti i ponteggi, le sbadacchiature, le tamponature, le murature di rinforzo, i puntelli a sostegno ed a ritegno e le altre opere necessarie alla conservazione, anche provvisori, del manufatto ed alla sicurezza ed incolumità degli addetti ai lavori, saranno eseguiti nel rispetto delle norme di sicurezza e della buona tecnica costruttiva ed ubicati secondo quanto richiesto dalla D.L..

b) Ponteggi ed impalcature

Per i lavori da eseguire ad un'altezza superiore ai 2 metri dovranno essere adottate adeguate impalcature, ponteggi ed altre opere provvisoriali atte ad eliminare i pericoli di caduta di persone o di cose secondo quanto disposto dal D.l. 9 aprile 2008, n. 81, Rev. Gennaio 2020 e s.s. m.m.

L'Appaltatore avrà l'obbligo di affidare ad un responsabile di cantiere la sorveglianza dei lavori di montaggio e smontaggio ed il periodico controllo delle strutture dei ponteggi; egli, inoltre, dovrà fare rispettare le seguenti prescrizioni:

c) Ponteggi in legno

Sopra i ponti di servizio e sulle impalcature sarà vietato il deposito di qualsiasi attrezzo o materiale con la sola eccezione per quelli di pronto utilizzo;

- i montanti, costituiti da elementi, accoppiati, dovranno essere fasciati con reggette metalliche (acciaio dolce) fissate con chiodi o con ganasce (traversini in legno).

Gli elementi dei montanti dovranno essere sfalsati di almeno un metro.

L'altezza dei montanti dovrà superare di almeno ml. 1,20 l'ultimo piano di ponte o il piano di gronda e la distanza fra i montanti non sarà superiore a metri 3,60;

- l'intera struttura dovrà risultare perfettamente verticale o leggermente inclinata verso la costruzione, assicurata solidamente alla base dei montanti ed ancorata alla costruzione in corrispondenza di ogni due piani di ponte e di ogni due file di montanti;

- i correnti (elementi orizzontali di tenuta), collocati a distanze non superiori a due metri, dovranno poggiare su gattelli di legno ed essere fissati ai montanti mediante piattine di acciaio dolce e chiodi forgiati o apposite squadre in ferro (agganciaponti);

- la distanza fra due traversi consecutivi (poggiati sui correnti e disposti perpendicolarmente alla muratura) non sarà superiore a ml. 1,20;

- gli intavolati da utilizzare per piani di ponte, impalcati, passerelle ed andatoie dovranno essere costituiti da legname sano, privo di nodi passanti o fessurazioni, avente fibre con andamento parallelo al loro asse longitudinale e dimensioni adeguate al carico (non inferiore a 4 cm di spessore e 20 cm di larghezza).

Gli intavolati dovranno poggiare su almeno quattro traversi senza parti a sbalzo, essere posti a contatto con i montanti ed essere distaccati dalla costruzione non più di 20 cm.

- i parapetti saranno costituiti da una o più tavole il cui margine superiore sarà collocato nella parte interna dei montanti a non meno di metri 1 dall'intavolato;

- le tavole fermapiedi, da collocare in aderenza al piano di calpestio, avranno un'altezza di almeno 20 cm.

d) Ponteggi metallici

L'Appaltatore impiegherà strutture metalliche munite dell'apposita autorizzazione ministeriale che avrà l'obbligo di tenere in cantiere.

Le strutture saranno realizzate secondo i disegni, i calcoli e le disposizioni previste dal D.L. 9 aprile 2008, n. 81, Rev. Gennaio 2020 e s.s. m.m.;

- le aste del ponteggio dovranno essere costituite da profilati o da tubi privi di saldature e con superficie terminale ad angolo retto con l'asse dell'asta;

- l'estremità inferiore del montante dovrà essere sostenuta da una piastra di base metallica, a superficie piana, di area non minore a 18 volte l'area del poligono circoscritto alla sezione del montante stesso e di spessore tale da resistere senza deformazioni al carico.

La piastra dovrà avere un dispositivo di collegamento col montante atto a centrare il carico su di essa e tale da non produrre movimenti flettenti sul montante;

- i ponteggi dovranno essere controventati sia in senso longitudinale che trasversale; ogni controvento dovrà essere atto a resistere sia a sforzi di trazione che di compressione;

- i giunti metallici dovranno avere caratteristiche di resistenza adeguate a quelle delle aste collegate e dovranno assicurare una notevole resistenza allo scorrimento.

- i montanti di una stessa fila dovranno essere posti ad una distanza non superiore a ml. 1,80 da asse ad asse;

- per ogni piano di ponte dovranno essere utilizzati due correnti di cui uno può far parte del parapetto;

- gli intavolati andranno realizzati come prescritto per i ponteggi in legno.

e) Puntelli

Sono organi strutturali destinati al sostegno provvisorio totale o parziale delle masse murarie fatiscenti.

Potranno essere costruiti in legname, ferro e in calcestruzzo di cemento armato, con travi unici o multipli allo scopo di assolvere funzioni di sostegno e di ritegno.

Per produrre un'azione di sostegno, l'Appaltatore, secondo le prescrizioni di progetto, adotterà la disposizione ad asse verticale semplice o doppia, mentre per quella di ritegno affiderà l'appoggio dei due ritii ad un traverso analogo a quello superiore allo scopo di fruire, nel consolidamento provvisorio, del contributo del muro.

Nell'azione di ritegno dovrà adottare, in base alla necessità del caso, la disposizione ad asse inclinato o a testa aderente oppure orizzontale o lievemente inclinata.

La scelta del tipo di puntellamento da adottare sarà fatta secondo quanto stabilito dagli elaborati di progetto o ordinato dalla D.L.

Se la massa presidiata per il degrado causato dal dissesto e per anomalie locali non sarà stimata capace di offrire efficace contrasto all'azione localizzata delle teste, dovranno essere adottate tutte le precauzioni ritenute opportune dalla D.L.

Al piede del puntello sarà necessario creare una sede ampia capace di abbassare quanto più possibile i carichi unitari sul terreno al fine di rendere trascurabili le deformazioni.

Nei puntelli di legname verrà, quindi, disposta una platea costituita sia da travi di base che da correnti longitudinali e trasversali. In quelli di cemento armato verrà adottato un plinto disposto sulla muratura.

f) Palancole tipo Larssen

f1) noleggio

Il noleggio mensile delle palancole verrà compensato con il relativo prezzo di Elenco; In esso sono compresi: il trasporto delle palancole a piè d'opera, la preparazione mediante rivestimento di bitume, il magazzinaggio e la ripresa.

La contabilizzazione sarà fatta sulla base dei metri quadri ottenuti moltiplicando lo sviluppo della palanca, misurato secondo la sezione normale alla altezza, per l'altezza effettiva della palanca.

F2) infissione

L'infissione e l'estrazione delle palancole verranno compensate con il relativo prezzo di Elenco; in esso sono compresi: la mano d'opera, i macchinari e le attrezzature necessari per la esecuzione del lavoro, lo sfrido dei materiali dovuto a rottura, guasti, o all'impossibilità di recupero; in genere ogni lavoro e fornitura occorrente a dare l'opera compiuta e idonea all'uso.

CAPO 8) PALIFICATE DI FONDAZIONE

Art. 24 - Palificate di fondazione

a) Generalità.

Principale normativa di riferimento:

- Decreto Ministero delle Infrastrutture 17 Gennaio 2018: "Norme Tecniche per le Costruzioni 2018.

I pali da adottare per le opere comprese nel lotto di lavori saranno del tipo trivellato a grande diametro e micropali. Resta inteso che la D.L., a seguito delle risultanze di specifiche indagini geotecniche da effettuare a cura e spese dell'Impresa a norma delle vigenti Norme Tecniche, ha facoltà di determinare numero, lunghezza, diametro e tipo dei pali stessi e l'Impresa non potrà accampare alcun pretesto o pretendere compensi di sorta per sole variazioni.

a1) Tolleranze geometriche.

La posizione planimetrica dei pali non dovrà discostarsi da quelli di progetto più del 5% del diametro nominale del palo e comunque non oltre 5 cm salvo diversa indicazione della D.L.

La verticalità d'inclinazione di progetto dovrà essere assicurata con tolleranza del 2%.

Le tolleranze sul diametro nominale D, verificate in base ai volumi di calcestruzzo assorbito rilevate con la frequenza indicata dalla D.L. sono le seguenti:

- per ciascun palo, in base all'assorbimento complessivo, si ammette uno scostamento dal diametro nominale compreso tra -0.01 ϕ e 0.1 ϕ ;

- per ciascuna sezione di pali sottoposti a misure dell'assorbimento dose per dose, si ammette uno scostamento dal diametro nominale compreso tra -0.01 ϕ e 0.1 ϕ .

L'Impresa è tenuta ad eseguire a suo esclusivo onere e spese tutti i controlli e tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della D.L. si rendessero necessarie per avviare all'esecuzione di pali in posizione e/o con dimensioni non conformi alle tolleranze stabilite, compresi pali aggiuntivi ed opere di collegamento.

a2) Preparazione del piano di lavoro, tracciamento.

L'Impresa avrà cura di accertare che l'area di lavoro non sia attraversata da tubazioni, cavi elettrici o manufatti sotterranei che, se incontrati dalla perforazione, possano recar danno alle maestranze di cantiere o a terzi. Analoga attenzione dovrà essere prestata a possibili inquinamenti di superficie o della falda da parte di una incontrollata scarica dei detriti e/o dei fanghi bentonitici.

Se considerato necessario dalla D.L. in corrispondenza di ciascun palo sarà posto in opera un avampozzo provvisorio di lamiera d'acciaio con funzioni di guida dell'utensile, di riferimento per la posizione planaltimetrica della sommità del palo e di difesa dell'erosione del terreno ad opera del liquido eventualmente presente nel foro.

Esternamente all'avampozzo saranno installati riferimenti atti a permettere il controllo della sua posizione planimetrica durante la perforazione.

Prima di iniziare la perforazione, a cura e spese dell'Impresa, si dovrà indicare sul terreno la posizione dei pali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo.

Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del palo quale risulta dalla pianta della palificata. Tale pianta, redatta e presentata alla D.L. dall'Impresa, dovrà indicare la posizione di tutti i pali, inclusi quelli di prova, contrassegnati con numero progressivo.

a3) Armatura dei pali.

Si useranno di norma barre longitudinali ad aderenza migliorata e spirale di tondino liscio, pre-assemblate in gabbie da calare nel foro al termine della perforazione; la giunzione tra i vari elementi della gabbia sarà ottenuta mediante legature; tra una gabbia e la successiva (in caso di pali di profondità eccedente le lunghezze commerciali delle barre) la giunzione avverrà per saldatura delle barre longitudinali corrispondenti. Quando previsto dal progetto si potranno adottare micropali armati con un'unica barra senza spirale.

In ogni caso le armature saranno corredate da distanzieri non metallici (blocchetti di malta o elementi di materia plastica) idonei ad assicurare un copriferro minimo di 1,5 cm, disposti a intervalli longitudinali non superiori a 2,5 m.

I pali in calcestruzzo devono essere armati, per tutta la lunghezza, con una armatura longitudinale in percentuale non inferiore allo 0,3% dell'area della sezione trasversale del palo e un'armatura trasversale costituita da spirali di diametro non inferiore a 8 mm e passo non superiore a 8 volte il diametro delle barre longitudinali. Qualsiasi modifica alle armature dei pali che si dovesse rendere necessaria per qualsiasi motivo, dovrà essere preventivamente sottoposta all'approvazione del Direttore dei Lavori.

b) Pali

b1) Pali prefabbricati in c.a.

La D.L. darà il benestare al tipo e lunghezza dei pali da adottare, solo dopo l'infissione di uno o più pali di saggio, allo scopo di determinare la capacità portante; l'onere di queste infissioni di saggio è stato tenuto in conto dalla determinazione dei prezzi di elenco; sarà opportuno, in generale, che la posizione dei pali di saggio coincida con quella dei pali definitivi.

I pali verranno numerati, così come sulla pianta di dettaglio delle fondazioni; ogni palo che si spezzasse o deviasse durante la infissione, sarà demolito oppure asportato, e sostituito da altro a cura e spese dell'Impresa; questa non verrà compensata per il palo inutilizzato, salvo quanto precisato in elenco prezzi e relativo alla valutazione di tale categoria di lavoro.

Il rifiuto si intenderà raggiunto quando l'affondamento, prodotto da un determinato numero di colpi di maglio (volata) cadenti successivamente dalla stessa quota, non superi il limite stabilito a seguito della infissione dei pali di saggio, in relazione alla resistenza che il palo deve offrire; a tale fine le ultime volate saranno battute in presenza di un incaricato della D.L., nè l'Impresa è autorizzata, in alcun caso, a recidere il palo senza averne avuta l'autorizzazione.

Le constatazioni, in contraddittorio, la profondità raggiunta da ciascun palo, ed il rifiuto relativo, saranno annotati, con numero relativo, in un registro che verrà firmato giornalmente dall'Impresa e dalla D.L. e conservato a cura di quest'ultima per essere allegato agli atti da inviare al Collaudatore.

b2) Pali speciali (battuti o pressati) in conglomerato cementizio costruiti in opera.

La realizzazione del cavo destinato a ricevere il calcestruzzo avverrà sotto l'effetto di un maglio battente su di una tuboforma munito di puntazza, che costringa il terreno in sito a dislocarsi lateralmente, contemporaneamente all'affondarsi del tuboforma senza alcuna asportazione di terreno.

I rifiuti offerti dal suolo dovranno essere riportati su apposito registro e serviranno da riferimento per la presumibile portanza del costruendo palo.

Per i pali di saggio e le constatazioni in contraddittorio verranno osservati i criteri e la procedura previsti nel precedente paragrafo.

Ultimata l'infissione del tuboforma, verrà realizzato, a mezzo di un maglio cadente entro il tuboforma, oppure mediante aria compressa, un bulbo di base in calcestruzzo. Il bulbo di base, la canna ed i bulbi intermedi, verranno realizzati con calcestruzzo avente rapporto acqua/cemento assai limitato, versato tratto a tratto in volumi modesti e battuto, oppure pressato, in maniera che si espanda nelle masse terrose circostanti e dovrà risultare di classe non inferiore a 250.

Il tuboforma verrà ritirato, tratto a tratto, con estrema cautela, ad evitare interruzioni nella continuità del calcestruzzo costituente il fusto del palo. L'armatura metallica interesserà in tutto o in parte la lunghezza del palo a seconda del progetto e andrà collocata in opera prima dell'inizio del getto nel tratto di fusto interessato dall'armatura stessa.

L'introduzione del calcestruzzo nel tuboforma avverrà mediante benna munita di valvola automatica all'estremità inferiore, che dovrà essere aperta solo in prossimità della superficie raggiunta dal getto precedente.

Durante i getti verrà evitato con ogni mezzo il dilavamento del calcestruzzo per falde freatiche oppure correnti subalvee.

b3) Pali a piccolo e grande diametro, trivellati.

Per le palificate eseguite con pali trivellati si procederà all'infissione del tuboforma mediante asportazione del terreno; raggiunta la profondità necessaria dovrà essere asportata l'acqua e la melma esistente nel cavo.

Messa in opera l'eventuale gabbia metallica, si procederà al getto ed al costipamento del conglomerato cementizio con sistemi in uso e brevettati, riconosciuti idonei dalla D.L. e adeguati alla richiesta portanza del palo.

Il conglomerato cementizio dovrà essere confezionato con idonei inerti di appropriata granulometria previamente approvata dalla D.L. e dovrà risultare di classe non inferiore a 250.

In particolare per i pali a grande diametro, i getti andranno eseguiti con accorgimenti che garantiscano la massima sicurezza contro i pericoli di decantazione del conglomerato o di taglio del palo. L'introduzione del calcestruzzo avverrà pertanto mediante benna munita di valvola automatica all'estremità inferiore e con le modalità di cui al precedente punto "Pali speciali"; oppure adottando sistemi di tipo "prepakt", o simili: in tal caso l'estremità inferiore della tubazione di mandata sarà mantenuta costantemente immersa entro la massa di calcestruzzo fresco per almeno 2 metri, onde evitare fenomeni di disinnescio.

Viene inoltre precisata la necessità assoluta che la rasatura delle teste dei pali sia eseguita fino alla completa eliminazione di tutti i tratti in cui le caratteristiche del conglomerato non rispondano a quelle previste.

In tal caso è onere dell'Impresa procedere al prolungamento del palo sino alla quota di sottopinto.

b4) Pali a grande diametro con impiego di fanghi bentonitici

Per i pali a grande diametro realizzati con l'impiego di fanghi bentonitici e senza l'uso del tuboforma, lo scavo dovrà essere eseguito esclusivamente con apposita attrezzatura a rotazione o a roto-percussione a seconda della natura del terreno.

Per quanto riguarda le modalità di getto del conglomerato, la rasatura delle teste dei pali ecc, vale quanto prescritto al precedente paragrafo (b3) Pali a piccolo e grande diametro, trivellati) mentre per quanto riguarda le caratteristiche che devono presentare i fanghi bentonitici vale quanto riportato più avanti nel presente Capitolo.

Se necessario, in corrispondenza di ciascun palo sarà posto in opera un avampozzo provvisorio di lamiera d'acciaio con funzioni di guida dell'utensile, di riferimento per la posizione piano-altimetrica della sommità del palo o di difesa dell'erosione del terreno nelle fasi di immissione e risalita dell'utensile di perforazione.

La distanza minima tra gli assi di due perforazioni attigue, in corso, appena ultimate o in corso di getto, dovrà essere tale da impedire eventuali fenomeni di interazione e comunque non inferiore ai 5 diametri. Qualora in fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del calcestruzzo, etc.) sarà necessario interrompere la perforazione alcuni metri prima ed ultimare solo nell'imminenza del getto.

La perforazione a secco senza rivestimento non è di norma ammessa, salvo ed esclusivamente, previa comunicazione alla Direzione lavori, nei terreni coesivi caratterizzati da valori della coesione non drenata $c_u \geq Y H/3$, esenti da intercalazioni incoerenti e non interessanti da ingresso di acqua nel foro (Y = peso di volume totale). Una volta raggiunte le profondità previste dal progetto, si provvederà alla sostituzione del fango di perforazione fino al raggiungimento dei prescritti valori del contenuto di sabbia, ed alla eventuale pulizia del fondo foro con gli utensili più adatti (es. cleaning bucket). Per la rimonta del fango di perforazione da sostituire prima del getto, si potrà utilizzare uno dei seguenti sistemi:

- eiettore (air lifting);
- pompa sommersa per fanghi;
- pompa-vuoto applicata in testa al tubo-getto.

Nel caso di presenza nel terreno di trovanti lapidei o di strati rocciosi e per conseguire un adeguato immorsamento in sub-strati di roccia dura si potrà ricorrere all'impiego di scalpelli frangiroccia azionati a percussione, di peso e forma adeguati alla natura dell'ostacolo e comunque dotati alla sommità di un anello di forma adeguata per la guida dell'utensile. In alternativa all'uso dello scalpello possono essere utilizzate eliche da roccia aventi spirali rinforzate e denti idonei allo stato di fessurazione della roccia da perforare.

L'impiego dello scalpello comporterà l'adozione di un rivestimento provvisorio, spinto fino al tetto della formazione lapidea, allo scopo di evitare urti e rimbalzi laterali dello scalpello contro le pareti del foro.

c) Micropali

Si definiscono micropali i pali trivellati di fondazione aventi diametro non maggiore di 250 mm con fusto costituito da malta o pasta di cemento gettata in opera e da idonea armatura di acciaio.

Modalità ammesse per la formazione del fusto:

- tipo a) Riempimento a gravità;
- tipo b) Riempimento a bassa pressione;
- tipo c) Iniezione ripetuta ad alta pressione.

Tali modalità sono da applicare rispettivamente:

tipo a) per micropali eseguiti in roccia o terreni coesivi molto compatti il cui modulo di deformazione a breve termine superi orientativamente i 2000 Kg/cm²;

tipi b) e c) per micropali eseguiti in terreni di qualunque natura, caratterizzati da un modulo di deformazione a breve termine sensibilmente inferiore a 2000 Kg/cm².

In particolare la modalità tipo c) è da eseguire in terreni fortemente eterogenei e per conseguire capacità portanti elevate (> 30t) anche in terreni poco addensati.

Le tecniche di perforazione e le modalità di getto dovranno essere definite in relazione alla natura dei materiali da attraversare e delle caratteristiche idrogeologiche locali.

La scelta delle attrezzature di perforazione ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere messi a punto mediante l'esecuzione di micropali di prova, approvati dalla D.L. prima dell'inizio della costruzione dei micropali da pagarsi con i prezzi di elenco.

La sezione dell'armatura metallica non dovrà risultare inferiore a quella del progetto.

Il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di perforazione di progetto.

Ogni micropalo che risultasse non conforme alle tolleranze qui stabilite dovrà essere idoneamente sostituito, a cura e spese dell'Impresa.

La perforazione deve essere in generale condotta con modalità ed utensili tali da consentire la regolarità delle successive operazioni di getto: in particolare dovrà essere minimizzato il disturbo del terreno nell'intorno del foro.

Il tipo b) necessita che la perforazione sia eseguita con posa di rivestimento provvisorio per tutta la profondità del palo.

Per i tipi a) e c) la perforazione potrà essere eseguita con o senza rivestimento provvisorio, a secco o con circolazione di acqua o di fango di cemento e bentonite, in funzione dell'attitudine delle formazioni attraversate a mantenere stabili le pareti del foro e previa approvazione della D.L.

Il fango di cemento e bentonite sarà confezionato adottando i seguenti rapporti in peso:

- bentonite/acqua: 0,05 - 0,08;

- cemento/acqua: 0,18 - 0,23.

In ogni caso la perforazione sottofalda in terreni con strati o frazioni incoerenti medio-fini (sabbie, sabbie e limi) non dovrà essere eseguita con circolazione di aria, per evitare il violento emungimento della falda a seguito dell'effetto eiettore ed il conseguente dilavamento del terreno.

Al termine della perforazione il foro dovrà essere accuratamente sgombrato dai detriti azionando il fluido di circolazione o l'utensile asportatore, senza operare con l'utensile disagregatore.

L'ordine di esecuzione dei pali nell'ambito di ciascun gruppo dovrà assicurare la non interferenza delle perforazioni con fori in corso di iniezione o in attesa di riempimento, ove occorra anche spostando la perforatrice su gruppi contigui prima di ultimare la perforazione dei micropali del gruppo in lavorazione.

Le armature metalliche dovranno soddisfare le prescrizioni di cui all'art. 10 e saranno in ogni caso estese a tutta la lunghezza del micropalo.

In caso di utilizzo di armature tubolari si useranno tubi di acciaio senza saldatura longitudinale.

Le giunzioni tra i diversi spezzoni di tubo potranno essere ottenute mediante manicotti filettati o saldati.

Nel caso i tubi di armatura siano anche dotati di valvole per l'iniezione, essi dovranno essere sconvolti internamente dopo l'esecuzione dei fori di uscita della malta, allo scopo di asportare le sbavature lasciate dal trapano.

Le valvole saranno costituite da manicotti di gomma di spessore minimo 3,5 mm aderenti al tubo e mantenuti in posto mediante anelli in fili d'acciaio (diametro 4 mm.) saldati al tubo in corrispondenza dei bordi del manicotto. La valvola più bassa sarà posta subito dopo il fondello che occlude la base del tubo. Anche le armature tubolari dovranno essere dotate di distanziatori non metallici per assicurare un copriferro minimo di 1,5 cm, posizionati di preferenza sui manicotti di giunzione.

c1) Formazione del fusto del micropalo.

La formazione del fusto dovrà iniziare in una fase immediatamente successiva alla perforazione di ciascun palo. In caso contrario la perforatrice resterà in posizione fino alla successiva ripresa del lavoro e provvederà quindi alla pulizia del perforo, subito prima che inizino le operazioni di posa delle armature e di getto della malta.

In ogni caso non dovrà trascorrere più di un'ora tra il termine della perforazione e l'inizio del getto della malta. Fanno eccezione solo i micropali perforati internamente in roccia, senza la presenza di franamenti e di acqua nel perforo.

Viene inoltre precisata la necessità assoluta che la scapitozzatura delle teste dei pali sia eseguita sino alla completa eliminazione di tutti i tratti in cui le caratteristiche del micropalo non rispondano a quelle previste. In tal caso è onere dell'Impresa procedere al ripristino del palo sino alla quota di sottopinto.

c2) Riempimento a gravità.

Il riempimento del perforo, dopo la posa delle armature, dovrà avvenire tramite un tubo di alimentazione disceso fino a 10 -15 cm dal fondo e dotato superiormente di un imbuto o tramoggia di carico. Il riempimento sarà proseguito fino a che la malta immessa risalga in superficie scevra di inclusioni e miscelazioni con il fluido di perforazione. Si attenderà per accertare la necessità o meno di rabbocchi e si potrà quindi estrarre il tubo di convogliamento allorquando il foro sarà intasato e stagnato.

Eventuali rabbocchi da eseguire prima di raggiungere tale situazione vanno praticati esclusivamente tramite il tubo di convogliamento.

Nel caso l'armatura sia tubolare, essa si potrà usare come tubo di convogliamento solo se il suo diametro interno non supera 50 mm; in caso contrario si dovrà ricorrere ad un tubo di convogliamento separato, dotato di otturatore posizionato sulla base del tubo di armatura del palo.

c3) Riempimento a bassa pressione.

Il foro dovrà essere interamente rivestito: la posa della malta avverrà in un primo momento entro il rivestimento provvisorio tramite un tubo di convogliamento come descritto al punto precedente. Successivamente si applicherà al rivestimento una idonea testa a tenuta alla quale si invierà aria in pressione (5-6 Kg/cm²) mentre si solleverà gradualmente il rivestimento fino alla sua prima giunzione. Si smonterà allora la sezione superiore del rivestimento e si applicherà la testa di pressione alla parte rimasta nel terreno, previo rabboccamento dall'alto per riportare a livello la malta. Si procederà analogamente per le sezioni successive fino a completare l'estrazione del rivestimento.

In relazione alla natura del terreno potrà essere sconsigliabile applicare la pressione d'aria agli ultimi 5-6 m. di rivestimento da estrarre, per evitare la fratturazione idraulica degli strati superficiali.

c4) Iniezione ripetuta ad alta pressione.

Le fasi della posa in opera saranno le seguenti:

c4.1) riempimento della cavità anulare compresa tra il tubo a valvola e le parti del perforo, ottenuta alimentando con apposito condotto di iniezione e otturatore semplice la valvola più bassa finché la malta risale fino alla bocca del foro;

c4.2) lavaggio con acqua all'interno del tubo;

c4.3) avvenuta la presa della malta precedentemente posta in opera, si inietteranno valvola per valvola volumi di malta non eccedenti il sestuplo del volume del perforo, senza superare, durante l'iniezione la pressione corrispondente alla fratturazione idraulica del terreno ("claquage");

c4.4) lavaggio con acqua all'interno del tubo;

c4.5) avvenuta la presa della malta precedentemente iniettata, si ripeterà l'iniezione in pressione limitatamente alle valvole per le quali:

- il volume iniettato non abbia raggiunto il limite predetto, a causa della incipiente fratturazione idraulica del terreno;

- le pressioni residue di iniezione misurate a bocca foro al raggiungimento del limite volumetrico non superino 7 Kg/cm².

Al termine delle iniezioni si riempirà a gravità l'interno del tubo.

c5) Caratteristiche della malta e paste cementizie da impiegare per la formazione dei micropali.

Rapporto acqua/cemento: 0,5.

Resistenza cubica: $R_{bk} \geq 300 \text{ Kg/cm}^2$.

L'inerte dovrà essere costituito:

- da sabbia fine lavata, per le malte dei micropali riempiti a gravità;
- da ceneri volanti o polverino di calcare, totalmente passanti vaglio da 0,075 mm per le paste dei micropali formati mediante iniezione in pressione.

Per garantire la resistenza richiesta e la necessaria lavorabilità e stabilità dell'impasto dovranno essere adottati i seguenti dosaggi minimi:

- per le malte Kg. 600 di cemento per mc di impasto;
- per le paste Kg. 900 di cemento per mq di impasto.

Per una corretta posa in opera si potranno anche aggiungere fluidificanti non aeranti ed eventualmente bentonite, quest'ultima in misura non superiore al 4% in peso del cemento.

c6) Controlli e misure.

La profondità dei perfori, da valutare rispetto alla quota di sottopinto, verrà misurata in doppio modo:

1) in base alla lunghezza delle aste di perforazione immerse nel foro al termine della perforazione, con l'utensile appoggiato sul fondo;

2) in base alla lunghezza dell'armatura.

La differenza tra le due misure dovrà risultare $\leq 0,10 \text{ m.}$; in caso contrario occorrerà procedere alla pulizia del fondo del foro, asportandone i detriti accumulatisi, dopo aver estratto l'armatura.

Il peso delle armature verrà determinato:

- nel caso di armature in barre longitudinali ad aderenza migliorata in base al peso teorico corrispondente ai vari diametri nominali, alla lunghezza di progetto ed al peso unitario dato dalle tabelle UNI EN 10080:2005;

prospetto 6 Valori nominali raccomandati per i diametri, le aree delle sezioni trasversali e masse per metro lineare

Diametro nominale mm	Barre	Rotoli e prodotti raddrizzati da rotoli	Rete elettrosaldata	Tralicci	Area nominale della sezione trasversale mm^2	Massa nominale per metro lineare kg/m
4,0		X		X	12,6	0,099
4,5		X		X	15,9	0,125
5,0		X	X	X	19,6	0,154
5,5		X	X	X	23,8	0,187
6,0	X	X	X	X	28,3	0,222
6,5		X	X	X	33,2	0,260
7,0		X	X	X	38,5	0,302
7,5		X	X	X	44,2	0,347
8,0	X	X	X	X	50,3	0,395
8,5		X	X	X	56,7	0,445
9,0		X	X	X	63,6	0,499
9,5		X	X	X	70,9	0,556
10,0	X	X	X	X	78,5	0,617
11,0		X	X	X	95,0	0,746
12,0	X	X	X	X	113	0,888
14,0	X	X	X	X	154	1,21
16,0	X	X	X	X	201	1,58
20,0	X				314	2,47
25,0	X				491	3,85
28,0	X				616	4,83
32,0	X				804	6,31
40,0	X				1 257	9,86
50,0	X				1 963	15,4

- nel caso di armature a tubo di acciaio, in base al peso effettivo dei tubi posti in opera.

In corso d'iniezione si preleverà un campione di miscela per ogni micropalo, sul quale si determinerà il peso specifico (mediante la bilancia descritta al punto 11.4.1 e la decantazione (bleeding) mediante buretta graduata di diametro $\geq 30 \text{ mm}$).

Il peso specifico dovrà risultare pari ad almeno il 90% di quello teorico, calcolato assumendo 3 g/cm^3 il peso specifico del cemento e $2,65 \text{ g/cm}^3$ quello degli inerti, nell'ipotesi che non venga inclusa aria. Nelle prove di decantazione, l'acqua separata in 24 ore non dovrà superare il 3% in volume. Con il campione di miscela saranno altresì confezionati cubetti di 7 o 10 cm. di lato, da sottoporre a prove di resistenza cubica a compressione nella misura di almeno una prova per ogni micropalo.

Le modalità di prova dovranno essere conformi alle normative vigenti ed alle preventive richieste della D.L.

c7) Documentazione dei lavori.

L'esecuzione di ogni singolo micropalo sarà documentata mediante la compilazione da parte dell'Impresa in contraddittorio con la D.L. di un'apposita scheda sulla quale si registreranno i dati seguenti:

- identificazione del micropalo;
- data di inizio perforazione e termine del getto (o iniezione);
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione;
- profondità del foro all'atto della posa dell'armatura;
- assorbimento totale effettivo di miscela di iniezione;
- per i micropali formati mediante iniezione ripetuta ad alta pressione, pressioni residue minime e quantità complessive iniettate per ogni fase di iniezione ad alta pressione;
- risultati delle misure di peso di volume, di decantazione (acqua separata) e di resistenza cubica a compressione.

d) Prova di carico

Sui pali di fondazione, ad esclusione di quelli sollecitati prevalentemente da azioni orizzontali, devono essere eseguite prove di carico statiche per controllarne il comportamento sotto le azioni di progetto. Tali prove devono essere spinte ad un carico assiale pari a 1,5 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE.

Le prove di carico saranno effettuate nel numero che la D.L. crederà opportuno disporre in rapporto alle formazioni geologiche interessate.

In ogni caso, per ciascun sistema di fondazione il numero complessivo di prove non deve essere inferiore a:

- 1 se il numero di pali è inferiore o uguale a 20,
- 2 se il numero di pali è compreso tra 21 e 50,
- 3 se il numero di pali è compreso tra 51 e 100,
- 4 se il numero di pali è compreso tra 101 e 200,
- 5 se il numero di pali è compreso tra 201 e 500
- il numero intero più prossimo al valore $5 + n/500$, se il numero n di pali è superiore a 500.

Fermo restando il numero complessivo delle prove di carico minimo sopra indicato, il numero di prove di carico statiche può essere ridotto se sono eseguite prove di carico dinamiche sostitutive, da tarare con quelle statiche di progetto su pali pilota, e siano effettuati controlli non distruttivi su almeno il 50% dei pali, per verificarne lunghezza e integrità strutturale. In ogni caso, deve essere eseguita almeno una prova di carico statica. (§6.4.3.7.2 NTC 2018)

Le prove minime previste da normativa dovranno essere eseguite dall'Impresa a sua cura e spese. Eventuali prove ordinate oltre tale limite dalla D.L., verranno compensate a parte.

Il carico di prova sarà di norma pari a 1,5 volte il carico di esercizio. La D.L. si riserva la facoltà di aumentare fino a 2 tale coefficiente per tener conto del comportamento di gruppo della palificata in rapporto alle caratteristiche del terreno di fondazione.

Per manufatti interessanti impianti ferroviari, il carico di prova sarà pari a 2,5 volte il carico di esercizio, con coefficiente di sicurezza superiore a 2,5.

Per nessun motivo il palo potrà essere caricato prima dell'inizio della prova; questa potrà essere effettuata solo quando sia trascorso il tempo sufficiente perché il palo ed il plinto abbiano raggiunto la stagionatura prescritta.

Sul palo verrà costruito un plinto rovescio di calcestruzzo armato avente la superficie superiore ben spianata e coassiale con il palo sulla quale verrà posata una piastra di ferro di spessore adeguato; un martinetto di portata adeguata verrà posto tra detta piastra ed il carico di contrasto; quest'ultimo sarà realizzato con un cassone zavorrato, oppure con putrelle, rotaie, cubi di conglomerato cementizio od altro materiale di peso facilmente determinabile.

Il carico di contrasto supererà del 20% il carico di prova, affinché questo possa essere raggiunto, comunque, anche se l'incastellatura risultasse non centrata perfettamente rispetto al palo.

Gli appoggi dell'incastellatura realizzata per l'esecuzione delle prove di carico saranno ampi e sufficientemente lontani dal palo di prova, ad evitare interferenze tra le tensioni provocate nel sottosuolo dal carico di contrasto e quelle provocate dal palo in prova.

Il martinetto idraulico da impiegare dovrà consentire di mantenere invariata la pressione del fluido per il tempo necessario alla prova; il manometro avrà una scala sufficientemente ampia in relazione ai carichi da raggiungere.

Il manometro ed i flessimetri verranno preventivamente tarati e sigillati presso un Laboratorio ufficiale, con relative curve di taratura.

I flessimetri saranno sistemati a 120°, a conveniente distanza dall'asse del palo; essi avranno una corsa sufficientemente ampia in relazione agli eventuali cedimenti. I cedimenti del palo in prova saranno assunti pari alla media delle letture dei flessimetri.

La D.L. si riserva, a prove di carico ultimate, di ricontrollare la taratura del manometro e dei flessimetri. Il carico finale verrà realizzato con incrementi successivi ed uguali.

L'equilibrio del cassone di zavorra dovrà essere mantenuto stabile anche in prossimità del raggiungimento del carico massimo applicato.

Le modalità di applicazione e durata del carico e così pure la successione dei cicli di carico e scarico saranno prescritte dalla D.L. Di ciascuna prova dovrà essere redatto apposito verbale, controfirmato dalle parti, nel quale saranno riportati tra l'altro: data e ora di ogni variazione del carico, le corrispondenti letture dei flessimetri ed il diagramma carichi-cedimenti.

e) Verifiche geotecniche.

Individuati d'intesa con la D.L. i pali da sottoporre a prova di carico, saranno effettuati nel corso della loro escavazione, prelievi sistematici di campioni indisturbati delle varie formazioni geologiche interessate dal palo in modo da poter determinare presso un Laboratorio ufficiale i parametri caratteristici dei terreni stessi e verificare così la rispondenza dei valori assunti in progetto con quelli effettivamente riscontrati all'atto esecutivo. Dei prelievi effettuati sarà redatto apposito verbale ed i certificati delle prove effettuate saranno allegati agli atti di contabilità.

Di tali oneri si è tenuto conto nella determinazione dei corrispondenti prezzi di elenco.

f) Controlli esecutivi.

La Direzione Lavori controllerà in fase di esecuzione del perforo la rispondenza delle stratigrafie di progetto con quelle effettive.

In presenza di eventuali discordanze o nel caso che alla base del palo si rinvenga un terreno molto più compressibile e/o molto meno resistente del previsto, o comunque altre anomalie, la Direzione Lavori procederà al riesame delle condizioni progettuali ed adotterà gli opportuni provvedimenti.

Alla fine della perforazione si misurerà, in contraddittorio con la Direzione Lavori, rispetto alla quota di sottoplinta, la profondità del perforo con uno scandaglio; l'operazione verrà effettuata anche all'inizio ed al termine di eventuali interruzioni prolungate della lavorazione in corrispondenza dei turni di riposo o per altri motivi.

Al fine di verificare le caratteristiche geometriche e meccaniche dei pali senza compromettere l'integrità strutturale, la D.L. può ordinare l'esecuzione di:

Prove geofisiche;

Carotaggio continuo meccanico;

Scavi attorno al fusto del palo.

Per tutti i controlli non distruttivi l'Impresa provvederà a sottoporre alla approvazione della Direzione Lavori le specifiche tecniche di dettaglio.

f1) Prove geofisiche

Possono essere eseguite mediante emissione di impulsi direttamente alla testa del palo o lungo il fusto entro fori precedentemente predisposti. Il primo tipo di controllo potrà essere eseguito per qualsiasi tipo di palo; il secondo sarà applicato ai soli pali trivellati di grande diametro ≥ 700 mm.

Il numero dei controlli sarà di volta in volta stabilito dalla Direzione Lavori anche in relazione alla importanza dell'opera, al tipo del palo, alle caratteristiche geotecniche e idrogeologiche dei terreni di fondazione e alle anomalie riscontrate durante l'esecuzione dei pali.

I pali da sottoporre a controllo mediante prove geofisiche saranno prescelti dalla Direzione Lavori.

Con riferimento ai soli pali trivellati, l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, all'esecuzione di controlli eseguiti entro fori precedentemente predisposti, sul 2% del numero totale dei pali con un minimo di due.

Prove geofisiche da testa palo verranno eseguite, a cura e spese dell'Impresa, sul 15% del numero totale dei pali e comunque su tutti quei pali ove fossero state riscontrate inosservanze rispetto a quanto prescritto dalle norme tecniche d'appalto.

Sui pali prescelti per le prove lungo il fusto dovrà essere predisposta, prima delle operazioni di getto, l'installazione di tubi estesi a tutta la lunghezza del palo, entro cui possano scorrere le sondine di emissione e ricezione degli impulsi.

I tubi saranno solidarizzati alla gabbia di armatura, resi paralleli tra loro e protetti dall'ingresso di materiali. Gli stessi saranno pari ad almeno tre per pali aventi diametro ≤ 1200 mm e pari ad almeno quattro per diametri superiori. Le prove dovranno essere eseguite alternando entro i fori le posizioni delle sonde trasmettente e ricevente.

f2) Carotaggio continuo meccanico

Il carotaggio dovrà essere eseguito con utensili e attrezzature tali da garantire la verticalità del foro e consentire il prelievo continuo, allo stato indisturbato del conglomerato e se richiesto del sedime d'imposta. Allo scopo saranno impiegati doppi carotieri provvisti di corona diamantata aventi diametro interno minimo pari a 60 mm.

Nel corso della perforazione dovranno essere rilevate le caratteristiche macroscopiche del conglomerato e le discontinuità eventualmente presenti, indicando in dettaglio la posizione e il tipo delle fratture, le percentuali di carotaggio, le quote raggiunte con ogni singola manovra di avanzamento. Su alcuni spezzoni di carota saranno eseguite prove di laboratorio atte a definire le caratteristiche fisico-meccaniche e chimiche.

Al termine del carotaggio si provvederà a riempire il foro mediante boiaccia di cemento immessa dal fondo foro. Il carotaggio si eseguirà a cura e spese dell'Impresa, in corrispondenza di quei pali ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle norme tecniche d'appalto e alle disposizioni della Direzione Lavori.

f3) Scavi attorno al fusto del palo.

Verranno richiesti ogni qualvolta si nutrano dubbi sulla verticalità e regolarità della sezione nell'ambito dei primi 4.0 - 5.0 m. di palo. Il fusto del palo dovrà essere messo a nudo e pulito con un violento getto d'acqua e reso accessibile all'ispezione visiva. Successivamente si provvederà a riempire lo scavo con materiali e modalità di costipamento tali da garantire il ripristino della situazione primitiva. Tali operazioni saranno eseguite, a cura e spese dell'Impresa, in corrispondenza di quelli pali ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle presenti norme tecniche d'appalto e alle disposizioni della Direzione Lavori.

g) Fanghi bentonitici.

I fanghi bentonitici da impiegare nello scavo di palificate, di trincee, o per l'esecuzione di paratie e di muri, o comunque per il sostegno delle pareti di un cavo, dovranno essere costituiti da una miscela di bentonite attivata, di ottima qualità, ed acqua, di norma nella proporzione di $8 \div 17$ kg di bentonite asciutta per 100 litri d'acqua, salva la facoltà della Direzione dei Lavori di ordinare dosature diverse. Il contenuto in sabbia finissima dovrà essere inferiore al 3% del peso della bentonite asciutta.

La miscela sarà eseguita in impianti automatici con mescolatore ad alta turbolenza e dosatore a peso dei componenti.

Circa le caratteristiche della miscela si precisa che questa dovrà avere una gelimetria, a temperatura zero, non superiore a 15 cm e non inferiore a 5 cm di affondamento ed un peso specifico, misurato alla vasca di accumulo, compreso fra 1,05 e 1,10 t/m³.

L'Impresa dovrà comunque disporre in cantiere di una adeguata attrezzatura di laboratorio per il controllo del peso specifico della miscela; mentre per la constatazione delle predette caratteristiche di gelimetria, nonché dei valori del rigonfiamento della bentonite, del pH, della decantazione e della viscosità della miscela, l'Amministrazione ricorrerà ad un Laboratorio ufficiale.

Preparazione del fango bentonitico

Il fango bentonitico dovrà essere preparato ed utilizzato in accordo alle modalità seguenti:

○ Bentonite in polvere

La bentonite avrà le caratteristiche minime indicate:

○ Residuo al vaglio da 10.000 maglie/cm $\leq 1\%$

○ Tenore di umidità $\geq 15\%$

○ Limite di liquidità $\geq 400\%$

○ Viscosità Marsh della sospensione al 6% in acqua distillata $\geq 40^\circ$

○ Decantazione della sospensione al 6% in 24 ore $\leq 2\%$

○ Acqua separata per pressofiltrazione di 450 cc della sospensione al 6% in 30 a 7 bar ≤ 18 cc

○ pH dell'acqua filtrata $7 \leq \text{pH} \leq 9$

○ Spessore del cake sul filtro della filtro-pressa $\leq 2,5$ mm

La scelta del tipo di bentonite, certificata dal fornitore, è assoggettata alla sua affinità con le caratteristiche chimico-fisiche del terreno di scavo e dell'acqua di falda.

Preparazione dei fanghi bentonitici

I fanghi saranno ottenuti per idratazione della bentonite sopra descritta in acqua chiara di cantiere conforme ai requisiti indicati nella seguente tabella con eventuale impiego di additivi non flocculanti.

Caratteristiche:

DESCRIZIONE	LIMITI DI ACCETTABILITÀ
Contenuto dei solfati (come SO ₃)	≤ 20 mg/l
Contenuto di cloruri (Ione CL)	≤ 20 mg/l
Sostanze sospese	≤ 20 g/l

Il dosaggio di bentonite, in peso, deve risultare di norma compreso fra il 4 ed il 7%.

Variazioni in più o in meno saranno stabilite, in sede esecutiva, in relazione ad eventuali problematiche di confezionamento o di appesantimento durante la perforazione.

L'impianto di preparazione del fango sarà costituito da:

- dosatori;
- mescolatori automatici (è ammesso l'impiego di mudhopper);
- silos di stoccaggio della bentonite in polvere;
- vasche di agitazione, maturazione e stoccaggio del fango fresco prodotto;
- relative pompe e circuito di alimentazione e di recupero fino agli scavi;
- vasche di recupero
- dissabbiatori
- vasca di raccolta della sabbia e di sedimentazione del fango non recuperabile.

Il fango verrà attento miscelando, fino ad ottenere una sospensione finemente dispersa, i seguenti componenti:

- acqua dolce di cantiere
- bentonite in polvere
- additivi eventuali (disperdenti, sali tampone...)

Dopo la miscelazione la sospensione verrà immessa nelle apposite vasche di "maturazione" del fango, nelle quali essa dovrà rimanere per un tempo adeguato, prima di essere impiegata per la perforazione. Di norma la maturazione richiede da 6 a 12 ore.

Le caratteristiche del fango pronto per l'impiego dovranno essere comprese entro i limiti seguenti:

- peso specifico: non superiore a 1.10 t/m³
- viscosità Marsh: compresa fra 30" e 60"
- temperatura: > 5° C
- pH : 9-11

Controlli sul fango

Sul fango bentonitico saranno eseguite, con la frequenza e le modalità indicate sulla Specifica di Controllo Qualità definita dal Progettista, le prove di controllo atte a determinare i parametri di seguito specificati:

- caratteristiche della bentonite
- caratteristiche dell'acqua
- densità del fango bentonitico fresco
- densità, viscosità, temperatura e pH del fango bentonitico pronto per l'impiego
- caratteristiche del fango bentonitico nell'interno dello scavo, prima del getto; in caso di esito non soddisfacente l'Impresa

Esecutrice sostituirà, parzialmente od integralmente, il fango per ricondurlo alle seguenti caratteristiche:

- contenuto in sabbia del fango: ≤ 5%
- densità: ≤ 1,15 t/m³

Art. 25 - Pali in sabbia e drenaggi profondi

A) pali di sabbia

Hanno per scopo il drenaggio ed il consolidamento accelerato di terreni argillosi saturi in corrispondenza di rilevati. Si eseguono praticando dapprima nel terreno un foro senza estrazione di materiale fino allo strato compatto di argilla; si riempie successivamente la cavità con sabbia pulita, vagliata, e, per quanto possibile, monogranulare, avente la granulometria prescritta dalla Direzione Lavori.

Dalla zona di lavoro verrà tolta la prima copertura vegetale, stendendo quindi uno strato di circa cm 50 di sabbia dello stesso tipo di quella usata per i dreni e sporgente almeno un metro al di fuori della base del rilevato.

I dreni avranno il diametro, l'interasse e la lunghezza richiesti dal caso specifico e comunque concordati con la Direzione Lavori.

Per tale tipo di opere si applicheranno le norme contenute nel D.M. 11.3.1988 (S.O. alla G.U. nr. 127 in data 1 Giugno 1988).

In alternativa ai pali in sabbia si potranno utilizzare altre tipologie di elementi drenanti verticali profondi, purché preventivamente approvate dalla Direzione dei Lavori sulla scorta una adeguata documentazione tecnica ed economica.

B) pali di ghiaia per ridurre il pericolo di liquefazione

Si tratta della realizzazione di dreni verticali in ghiaia che attraversano gli orizzonti liquefacibili, ottenuti con la formazione di colonne di ghiaia vibrocompattata, utilizzando idonee attrezzature per consentire l'infissione a secco.

Detti pali hanno funzione di drenaggio: l'inserimento di dreni all'interno degli strati liquefacibili serve ad aiutare la dissipazione delle sovrappressioni interstiziali che si generano a seguito di un sisma.

L'utensile vibro dovrà essere affondato nel terreno fino alla profondità richiesta e, dal basso verso l'alto, sarà eseguito l'inserimento del materiale ghiaioso di apporto che fuoriesce, sotto pressione d'aria, dalla punta dell'utensile.

Tale metodo risulta annoverato fra quelli indicati nelle linee guida della Regione Emilia Romagna emanate con determina n.12418 del 02/10/2012 - Allegato 4 - Par. 6.2.b "Drenaggi" - "La tecnica consiste nell'installazione di dreni verticali nel sottosuolo in adiacenza agli edifici o strutture esistenti per favorire il rapido smaltimento delle sovrappressioni interstiziali indotte dal sisma...." e con determina. n.1105 del 03/02/2014 - Allegato 1 - Par. 5.4.4 "Progettazione interventi di mitigazione del rischio di liquefazione dei terreni di fondazione di edifici esistenti - Dreni verticali e sub verticali".

Le dimensioni della ghiaia lavata e di granulometria monodimensionale dipendono dalla tipologia del terreno da drenare e dalle disposizioni della Direzione Lavori.

Il dreno sarà protetto nelle fasi provvisoriale con strati di tessuto non tessuto o/e sabbia oltre ad uno strato di ghiaia dello spessore minimo di cm 50.

Al termine della realizzazione tutti i dreni saranno collegati in sommità da uno strato drenante costituito da gabbioni riempiti con ciottoli di fiume rivestito da un telo di geotessile non tessuto a filamenti continui spunbonded agugliati meccanicamente in 100% polipropilene stabilizzato ai raggi U.V. di resistenza a trazione non inferiore a 21,5 kN/m, a protezione della funzionalità drenante.

Art. 26 – Tiranti di ancoraggio

Sono costituiti da elementi orizzontali o suborizzontali di collegamento fra strutture di calcestruzzo semplice ed armato, verticali o variamente inclinate - muri di contenimento, di controripa, diaframmi, pareti perimetrali di fondazione - ed il terreno retrostante, aventi lo scopo di assorbire le spinte da monte, per consolidamento di opere preesistenti, oppure in opere da costruire, là dove le conseguenti sollecitazioni non possono essere trasmesse alla base del muro. I tiranti sono costituiti da nuclei di acciaio ad elevato limite elastico tipo c.a.p. - formati con fili, trecce, trefoli, barre - alloggiati in appositi fori, dove sono avvolti da malta cementizia ed ancorati saldamente al terreno mediante la parte terminale (bulbo) di m. 6 - 8 di sviluppo; sono sottoposti ad adeguata tensione preventiva attraverso l'apposita testata di ancoraggio.

I fori, del diametro di 100 - 125 mm e di lunghezza fino a ml. 40, saranno eseguiti con sonde a rotazione o a roto-percussione, con rivestimento se necessario, e con eventuale impiego di fanghi bentonici; le iniezioni di adatta miscela dovranno assicurare dapprima la formazione del bulbo terminale, e quindi il rivestimento della parte libera, sino alla testata.

La pretensione da applicare ai tiranti sarà effettuata solo dopo sufficiente maturazione del bulbo di ancoraggio (28 giorni dall'ultima iniezione, o meno, secondo il tipo di miscela), e potrà raggiungere un valore finale pari a 1,15 T, dove T è la capacità utile della pretensione definitiva nello 0,55 della trazione corrispondente all'allungamento permanente dello 0,2%; l'aumento del 15% è previsto per assorbire la caduta di tensione per rilassamento.

Prima di iniziare la tesatura di ogni tirante, saranno tirati singolarmente e con forza opportuna gli elementi componenti, per eliminare le eventuali differenze di lunghezza nella parte libera; la tensione finale al valore di carico verrà raggiunta per successivi incrementi di 0,25 T, e con una ultima quinta fase di tiro, pari allo 0,15 T, di cui sopra si è detto.

Per alcuni tiranti (uno ogni 10 o frazione) scelti dalla D.L., si dovranno lasciare accessibili le teste di ancoraggio, per eventuali controlli o ritature.

Nei tiranti di prova, l'armatura a trefoli dell'acciaio armonico del tratto libero deve essere dimensionata in modo che la resistenza caratteristica al limite di snervamento del tratto libero si a sempre maggiore del massimo tiro di prova.

In caso di cedimenti all'atto del tiro, saranno sospese le operazioni per riprendere le iniezioni del bulbo di ancoraggio. Le altre norme da applicare per il controllo degli acciai, per l'esecuzione delle iniezioni e della tesatura, ecc. sono le stesse dei D.M. 1 aprile 1983 e successivi aggiornamenti, emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5 novembre 1971 n. 1086 e il Decreto del Ministero delle Infrastrutture 17 Gennaio 2018: "Norme Tecniche per le Costruzioni 2018".

Le opere murarie interessate dai descritti tiranti di ancoraggio saranno costruite in precedenza, o potranno venir eseguite mano a mano che i tiranti si realizzano; le relative modalità esecutive così come quelle per la loro misurazione e valutazione sono riportate nei rispettivi articoli.

Devono in ogni caso essere rispettate tutte le prescrizioni previste dalle NTC 2018, in particolare al paragrafo §6.6 e §11.5.2.

Il diametro dei fori non deve essere inferiore ai diametri nominali previsti in progetto.

La tesatura dei tiranti deve essere effettuata in conformità al programma di progetto. In ogni caso, la tesatura può avere inizio non prima che siano praticamente esauriti i fenomeni di presa ed indurimento del materiale costituente la fondazione dell'ancoraggio.

Tutti i dispositivi devono essere stati sottoposti a prove di sistema per verificarne la compatibilità con le funzioni di ancoraggio. I risultati delle prove devono essere documentati in dettaglio da parte del produttore e allegati alla fornitura. Ancoraggi che comportano l'uso di materiali o metodi esecutivi di recente sviluppo, possono essere utilizzati solo se l'efficienza di ogni singolo componente del sistema e la durabilità dei materiali utilizzati, nonché i sistemi di protezione contro la corrosione, siano stati controllati con prove di sistema in modo da garantire la piena funzionalità del dispositivo per la vita utile della struttura ancorata.

Il Direttore dei Lavori è tenuto a verificare la documentazione necessaria, nell'ambito delle proprie competenze, ed a rifiutare le eventuali forniture prive della documentazione di qualificazione. E' inoltre tenuto a verificare che le procedure di posa in opera siano conformi alle specifiche tecniche del fabbricante del sistema stesso; dovrà infine effettuare idonee prove di accettazione che comprendano la verifica geometrica e delle tolleranze dimensionali, nonché la valutazione delle principali caratteristiche meccaniche dei materiali componenti e/o delle principali prestazioni del sistema, al fine di verificare la conformità dei tiranti a quanto richiesto per lo specifico progetto.

Le prove di carico in corso d'opera devono essere effettuate su tutti gli ancoraggi per controllarne il comportamento sotto le azioni di progetto. La prova consiste nell'applicazione di un ciclo semplice di carico e scarico; in questo ciclo il tirante viene sottoposto ad una forza pari a 1.2 volte l'azione di progetto Pd utilizzata per le verifiche SLE, verificando che gli allungamenti misurati siano nei limiti previsti e/o compatibili con le misure sugli ancoraggi preliminari di prova.

CAPO 9) RESTAURI E RIPRISTINI CALCESTRUZZI AMMALORATI

Per quanto riguarda i restauri e i ripristini di strutture esistenti, deve in ogni caso essere rispettato quanto prescritto nelle varie parti della norma EN 1504, oltre che fare riferimento alle altre norme nazionali ed europee vigenti.

Art. 27 – Idrodemolizione

L'asportazione di parti di calcestruzzo ammalorato nelle solette e nelle pareti laterali di manufatti in c.a. verrà effettuata con l'impiego di idonei idrodemolitori capaci di getti d'acqua fino alla pressione in uscita di 1200/1500 bar e con portata compresa tra 100 e 300 lt/minuto.

Gli idrodemolitori dovranno essere corredati di idonee attrezzature per la demolizione di solette e cordoli, da valutare con prove preventive, anche con comando a distanza, sistemi di prerogolazione e metodi per la compensazione dei rinculi; dovranno essere corredati da sistemi di sicurezza e protezione dagli elementi di calcestruzzo demolito per consentire il corretto funzionamento delle stesse attrezzature anche in presenza di traffico. Il sistema di idrodemolizione dovrà potere essere tarato sulla resistenza massima del calcestruzzo Rck, in modo da eliminare automaticamente il solo materiale degradato fino ad arrivare alla resistenza desiderata.

E' compreso ogni onere per la predisposizione dei ponteggi necessari per l'esecuzione dei lavori.

Art. 28 – Preparazione delle superfici di calcestruzzo da proteggere con isolanti

Le superfici di calcestruzzo da ripristinare verranno preparate mediante trattamento di idrosabbatura o sabbatura a secco e spazzolatura per asportare piccole parti residue in fase di distacco, l'ossido eventualmente presente sui ferri d'armatura privi di copriferro, allontanare polveri, piccole impurità, tracce di grassi, oli e sali aggressivi ed ottenere quindi un calcestruzzo sano, pulito e compatto.

Ove necessario la pulizia dovrà essere eseguita con scalpellatura e successiva sabbatura.

La sabbatura, la scalpellatura e successiva sabbatura è prevista su tutte le superfici in vista del ponte.

Art. 29 – Protezione con malte a base cementizia dei ferri d'armatura scoperti.

La protezione dei ferri d'armatura scoperti a seguito di idrodemolizione o comunque a vista perché privi di copriferro, avverrà con l'applicazione a pennello in due strati uniformi di malta cementizia anticorrosiva a base di polimeri in dispersione acquosa, leganti cementizi ed inibitori di corrosione, fino a raggiungere uno spessore di 2/3 mm.

Il trattamento dovrà avvenire in seguito a pulizia (idroscarifica e/o sabbatura) completa del calcestruzzo ammalorato, anche dietro i ferri interessati, al fine di evitare nuove formazioni di agenti corrosivi.

Il prodotto applicato dovrà esplicare l'azione anticorrosiva attraverso:

- impermeabilità all'acqua ed ai gas aggressivi presenti nell'atmosfera (anidride carbonica, anidride solforosa, ossido di azoto);
- la presenza di inibitori di corrosione per proteggere le superfici metalliche dall'ossidazione
- avere elevata alcalinità
- presentare ottima adesione al metallo.

La malta dovrà essere applicata immediatamente dopo l'avvenuta sabbatura dei ferri che dovranno presentarsi puliti e privi di qualsiasi traccia di ossidazione (metallo bianco).

La malta utilizzata dovrà soddisfare i requisiti previsti nelle norme armonizzate UNI EN 1504-9 e UNI EN 1504-7; quest'ultima definisce le caratteristiche che deve avere la malta per gli impieghi previsti (Prospetto 1 e Prospetto 3 della UNI EN 1504-7).

prospetto 1

Caratteristiche prestazionali per tutti e per determinati impieghi previsti

Metodi di prova definiti nella	Caratteristiche prestazionali	Impieghi previsti	
		Rivestimento attivo 11.1 ^{a)}	Rivestimento barriera 11.2 ^{a)}
EN 15183	Protezione contro la corrosione	■	■
EN 12614	Temperatura di transizione vetrosa	□	□
EN 15184	Aderenza per taglio (del calcestruzzo di rivestimento dell'armatura)	□	□
a) Metodo in conformità alla ENV 1504-9.			

prospetto 3

Requisiti prestazionali

Metodi di prova definiti nella	Caratteristiche prestazionali	Requisiti
EN 15183	Protezione contro la corrosione	La prova è considerata superata se le aree rivestite degli acciai sono esenti da corrosione e se la propagazione di ruggine al bordo della piastra base è <1 mm
EN 12614	Temperatura di transizione vetrosa	Almeno 10 K al di sopra della temperatura massima di esercizio
EN 15184	Aderenza per taglio (del calcestruzzo di rivestimento dell'armatura)	Il criterio di valutazione è la tensione di adesione ad uno spostamento di $\Delta = 0,1$ mm. La prova è considerata superata se la tensione di adesione determinata con le barre rivestite è in ciascun caso almeno l'80% della tensione di adesione di riferimento determinata per le barre non rivestite

Si richiedono come caratteristiche prestazionali obbligatorie sia la protezione alla corrosione che l'aderenza per taglio (del calcestruzzo di rivestimento dell'armatura).

Il fabbricante deve effettuare prove iniziali sulle prestazioni dei prodotti di protezione contro la corrosione in conformità al Prospetto 3 sopra riportato e il prodotto deve risultare conforme ai requisiti.

L'Impresa dovrà fornire preventivamente al Direttore dei Lavori, per approvazione, la Scheda Tecnica e la DoP del materiale che intende utilizzare, il quale dovrà essere tassativamente marcato CE ed essere sottoposto ad un Sistema di Attestazione della Conformità di tipo 2+.

Le fasi di applicazione non potranno avvenire con temperature al di sotto dei 5° C.

Le caratteristiche del prodotto dovranno avere i seguenti valori di adesività:

- adesione al calcestruzzo > 2 N/mm²
- adesione all'acciaio > 18 N/mm²

E' compreso ogni onere per la predisposizione dei ponteggi necessari per l'esecuzione dei lavori.

Art. 30 – Ricostruzione di profili verticali od orizzontali di strutture in c.a. ammalorate

Per il ripristino ed il consolidamento di strutture in calcestruzzo che presentino strati di degrado ed ammaloramenti estesi, ove lo spessore da ricostruire non sia superiore a 6 cm, verrà impiegata una malta cementizia bicomponente a basso modulo, premiscelata, tissotropica e fibrorinforzata.

Tutte le malte impiegate in cantiere dovranno rispondere ai requisiti della norma europea EN 1504-3, anche in base alla tipologia di riparazione da eseguire:

3 – RIPRISTINO DEL CALCESTRUZZO

- 3.1 – Applicazione a mano di malta
- 3.2 – Nuovo getto di calcestruzzo
- 3.3 – Malta o calcestruzzo proiettati

4 – RINFORZO STRUTTURALE

- 4.4 – Aggiunta di malta o calcestruzzo

7 – MANTENIMENTO O RIPRISTINO DELLA PASSIVAZIONE DEI FERRI

- 7.1 – Aumento del copriferro con aggiunta di malta o calcestruzzo
- 7.2 – Sostituzione del calcestruzzo contaminato

Si riporta di seguito il Prospetto 1 tratto dalla EN 1504-3, che evidenzia le caratteristiche prestazionali richieste per le malte, per tutte le tipologie di riparazione.

prospetto 1 **Caratteristiche prestazionali dei prodotti di riparazione strutturali e non strutturali per tutti gli impieghi previsti e per determinati impieghi previsti**

Caratteristiche prestazionali	Principio di riparazione			
	3		4	7
	Metodo di riparazione			
	3.1, 3.2	3.3 ^{a)}	4.4	7.1, 7.2
Resistenza a compressione	■	■	■	■
Contenuto di cloruri ^{b)}	■	■	■	■
Legame di aderenza	■	■	■	■
Ritiro/espansione impediti ^{c)}	■	■	■	■
Durabilità	■	■	■	■
a) Resistenza alla carbonatazione ^{b) d)}	■	■	■	■
Durabilità	□	□	□	□
b) Compatibilità termica Parte 1 o Parte 2 o Parte 4 della EN 13687 ^{e)}	□	□	□	□
Modulo di elasticità	□	□	■	□
Resistenza allo slittamento ^{f)}	□		□	□
Coefficiente di espansione termica ^{c) g)}	□	□	□	□
Assorbimento capillare (permeabilità all'acqua) ^{e) h)}	□	□	□	□
I metodi di riparazione sono definiti nella ENV 1504-9:1997.				
3.1 Restaurazione del calcestruzzo mediante applicazione a mano di malta.				
3.2 Restaurazione del calcestruzzo mediante nuovo getto di calcestruzzo.				
3.3 Restaurazione del calcestruzzo mediante proiezione di malta o calcestruzzo.				
4.4 Consolidamento strutturale mediante aggiunta di malta o calcestruzzo.				
7.1 Aumento del copriferro con aggiunta di malta cementizia o calcestruzzo.				
7.2 Sostituzione di calcestruzzo contaminato o carbonatato.				
■ Per tutti gli impieghi previsti.				
□ Per determinati impieghi previsti.				
a)	La natura del metodo di applicazione può determinare il cambiamento di alcuni metodi di prova. Fare riferimento alla EN 14487-1.			
b)	Questo requisito non è pertinente alla riparazione di calcestruzzo non armato.			
c)	Se sottoposto a cicli termici, questa prova aggiuntiva non è richiesta.			
d)	Qualora il sistema di riparazione includa un sistema di protezione superficiale con comprovate caratteristiche di protezione contro la carbonatazione (vedere la EN 1504-2) o sia una malta PC, questa prova non è pertinente.			
e)	Secondo le condizioni di esposizione ambientale.			
f)	Pertinente solo per le aree trafficate.			
g)	Pertinente solo per PC.			
h)	La resistenza alla corrosione rientra nei requisiti del contenuto di cloruro e della permeabilità all'acqua del prodotto.			

In base alla UNI EN 1504, il produttore deve eseguire prove prestazionali iniziali sui prodotti di riparazione, in accordo con il prospetto 3 sotto riportato, ed i prodotti devono soddisfare i requisiti.

Punto n°	Caratteristica prestazionale	Substrato di riferimento (EN 1766)	Metodo di prova	Requisito			
				Strutturale		Non strutturale	
				Classe R4	Classe R3	Classe R2	Classe R1
1	Resistenza a compressione	Nessuno	EN 12190	≥45 MPa	≥25 MPa	≥15 MPa	≥10 MPa
2	Contenuto ioni cloruro	Nessuno	EN 1015-17	≤0,05%		≤0,05%	
3	Legame di aderenza	MC(0,40)	EN 1542	≥2,0 MPa	≥1,5 MPa	≥0,8 MPa ^{a)}	
4	Ritiro/espansione impediti ^{b) c)}	MC(0,40)	EN 12617-4	Forza di legame dopo la prova ^{d) e)}			Nessun requisito
				≥2,0 MPa	≥1,5 MPa	≥0,8 MPa ^{a)}	
5	Resistenza alla carbonatazione ^{f)}	Nessuno	EN 13295	$\alpha_k \leq$ calcestruzzo di controllo [MC(0,45)]		Nessun requisito ^{a)}	
6	Modulo elastico	Nessuno	EN 13412	≥20 GPa	≥15 GPa	Nessun requisito	
7	Compatibilità termica ^{f) h)} Parte 1, gelo-disgelo	MC(0,40)	EN 13687-1	Forza di legame dopo 50 cicli ^{d) e)}			Ispezione visiva dopo 50 cicli ^{e)}
				≥2,0 MPa	≥1,5 MPa	≥0,8 MPa	
8	Compatibilità termica ^{f) h)} Parte 2, Temporal	MC(0,40)	EN 13687-2	Forza di legame dopo 30 cicli ^{d) e)}			Ispezione visiva dopo 30 cicli ^{e)}
				≥2,0 MPa	≥1,5 MPa	≥0,8 MPa ^{a)}	
9	Compatibilità termica ^{f) h)} Parte 4, Cicli a secco	MC(0,40)	EN 13687-4	Forza di legame dopo 30 cicli ^{d) e)}			Ispezione visiva dopo 30 cicli ^{e)}
				≥2,0 MPa	≥1,5 MPa	≥0,8 MPa ^{a)}	
10	Resistenza allo slittamento	Nessuno	EN 13036-4	Classe I: >40 unità con prova a umido Classe II: >40 unità con prova a secco Classe III: >55 unità con prova a umido		Classe I: >40 unità con prova a umido Classe II: >40 unità con prova a secco Classe III: >55 unità con prova a umido	
11	Coefficiente di espansione termica ^{g)}	Nessuno	EN 1770	Non richiesto se sono eseguite le prove 7, 8 o 9, altrimenti valore dichiarato		Non richiesto se sono eseguite le prove 7, 8 o 9, altrimenti valore dichiarato	
12	Assorbimento capillare	Nessuno	EN 13057	≤0,5 kg·m ⁻² ·h ^{-0,5}		≤0,5 kg·m ⁻² ·h ^{-0,5}	Nessun requisito
Requisiti per i principi di riparazione 3, 4 e 7: Metodo 3.1 - Restaurazione del calcestruzzo mediante applicazione a mano di malta. Metodo 3.2 - Restaurazione del calcestruzzo mediante nuovo getto di calcestruzzo. Metodo 3.3 - Restaurazione del calcestruzzo mediante proiezione di malta o calcestruzzo. Metodo 4.4 - Consolidamento strutturale mediante aggiunta di malta o calcestruzzo. Metodo 7.1 - Aumento del copriferro con aggiunta di malta cementizia o calcestruzzo. Metodo 7.2 - Sostituzione di calcestruzzo contaminato o carbonatato.							
a) Il valore di 0,8 MPa non è richiesto ove si manifesti un difetto di coesione nel materiale di riparazione. Se si manifesta un difetto di coesione, è richiesto un carico di rottura minimo di 0,5 MPa. b) Non richiesto per il metodo di riparazione 3.3. c) Non richiesto se sottoposto a cicli termici. d) Valore medio senza nessun valore singolo minore del 75% del requisito minimo. e) Larghezza media massima consentita di una incrinatura ≤0,05 mm senza alcuna incrinatura ≥0,1 mm e senza delaminazione. f) Per la durabilità. g) Non idoneo per la protezione contro la carbonatazione, a meno che il sistema di riparazione non includa un sistema di protezione superficiale con comprovate caratteristiche di protezione contro la carbonatazione (vedere la EN 1504-2). h) La scelta del metodo dipende dalle condizioni di esposizione. Se un prodotto soddisfa la Parte 1, si suppone che soddisfi anche le Parti 2 e 4.							

Le strutture verticali e orizzontali dovranno essere precedentemente scarificate e perfettamente pulite da ogni traccia di polvere, ruggine, grassi od oli, opportunamente irruvidite, quindi bagnate fino a saturazione con acqua e, infine, asciugate in superficie con l'ausilio di aria compressa. Il sottofondo dovrà risultare perciò saturo di acqua, ma a superficie asciutta. L'applicazione della malta si esegue a spatola, a cazzuola o a spruzzo, ed avverrà mediante applicazione a rinzaffo per uno spessore massimo di 35 mm ogni strato.

La malta adottata dovrà avere le seguenti caratteristiche a 28 giorni:

- CLASSE R4
- resistenza a compressione > 45 MPa
- resistenza a flessione > 10 MPa
- modulo elastico < 26000 MPa
- adesione al calcestruzzo (EN 1542) > 2 MPa (pull out)
- buona resistenza agli aggressivi chimici quali il sale disgelante (cloruro di sodio)

I prodotti utilizzati in cantiere dovranno essere marcati CE ed essere sottoposti ad un Sistema di Attestazione della Conformità di tipo 2+.

Le resistenze meccaniche a compressione saranno determinate su provini cubici aventi cm 10 di lato, e la resistenza a flessione su prismi di dimensioni di 4x4x16 cm. I provini andranno sformati non prima di 3 giorni dal confezionamento, ovviamente tranne quelli destinati alla prove ad 1 giorno.

Le prove di aderenza al calcestruzzo saranno eseguite su travetti di 7x7x28 cm costituiti da un cuneo cementizio stagionato almeno 28 giorni e di resistenza cubica di almeno 35 Mpa, con superficie inclinata di 20 gradi rispetto alla verticale, sulla quale verrà messa in opera la malta in modo da completare la forma parallelepipedica.

La superficie inclinata in calcestruzzo dovrà essere irruvidita con spazzole d'acciaio al momento della sformatura. I provini, dopo il getto della malta di completamento della forma parallelepipedica, andranno sformati non prima di tre giorni dal confezionamento, ovviamente esclusi quelli destinati alle prove ad 1 giorno. La resistenza richiesta è quella di taglio sulle facce inclinate.

La ricostruzione è compresa su tutte le parti ammalorate in vista dell'impalcato del ponte.

Art. 31 – Placcaggi

L'esecuzione dei placcaggi sulla struttura in calcestruzzo da rinforzare consiste nella realizzazione dell'incollaggio diretto delle placche di acciaio, previo trattamento con adesivo epossidico su entrambe le facce (placche e superficie da rinforzare); nel fissaggio delle placche a mezzo di tasselli, angolari e viti autofilettanti; nella verniciatura protettiva del rinforzo metallico con una mano di antiruggine e una successiva mano di vernice epossidica. E' compresa la fornitura delle placche in acciaio fino ad uno spessore di mm. 8 e della ferramenta di fissaggio.

Le placche di acciaio dovranno essere sabbiare fino a categoria 2S 1/2 , prima della posa in opera.

Il rinforzo strutturale o riparazione mediante incollaggio, eseguito a spatola sulle due facce degli elementi da incollare (acciaio e calcestruzzo), di resina epossidica bicomponente tixotropica in pasta, dovrà essere realizzato con prodotti rispondenti ai requisiti minimi richiesti dalla EN 1504-4. Le superfici dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da parti in fase di distacco, impregnazioni di olio, grassi, vernici, polvere, sporco, lattime di cemento e ruggine.

Il prospetto 1 della UNI EN 1504-4, sotto riportato, evidenzia le caratteristiche prestazionali di prodotti e sistemi per l'incollaggio strutturale che sono richiesti per tutti gli impieghi previsti.

Le proprietà di aderenza possono essere influenzate sfavorevolmente dal fuoco e pertanto devono essere adottate misure protettive adeguate qualora si preveda il rischio di esposizione a fiamme.

Caratteristica prestazionale	Principio di riparazione 4 Rinforzo strutturale (Nota 7)	
	Metodo di riparazione 4.3 Rinforzo con piastra aderente (Nota 1)	Metodo di riparazione 4.4 Malta o calcestruzzo adesivo (Nota 2)
1. Idoneità per l'applicazione: a) su superfici verticali e intradossi..... b) su estradosso di superfici orizzontali..... c) mediante iniezione	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2. Idoneità per l'applicazione e la maturazione alle seguenti condizioni ambientali particolari: a) bassa o alta temperatura (nota 3) b) substrato umido.....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
3. Aderenza: a) piastra su piastra b) piastra su calcestruzzo c) acciaio con protezione anticorrosione su acciaio con protezione anticorrosione (nota 4) d) acciaio con protezione anticorrosione su calcestruzzo (nota 4) e) calcestruzzo indurito su calcestruzzo indurito f) calcestruzzo fresco su calcestruzzo indurito (nota 5).....	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
4. Durabilità del sistema composito: a) cicli termici..... b) cicli di umidità.....	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
5. Caratteristiche del materiale per il progettista: a) tempo aperto (nota 5) (nota 6) b) tempo di lavorabilità (nota 6) c) modulo di elasticità in compressione..... d) modulo di elasticità in flessione..... e) resistenza alla compressione f) resistenza al taglio..... g) temperatura di transizione vetrosa h) coefficiente di espansione termica i) ritiro	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
<p>Note</p> <p>1. Il metodo di riparazione 4.3 è conforme alla ENV 1504-9. Incollaggio di piastre esterne alla superficie di una struttura di calcestruzzo per scopi di rinforzo e applicazione di piastre in tali applicazioni. È improbabile ottenere un legame accettabile con l'acciaio inossidabile.</p> <p>2. Il metodo di riparazione 4.4 è conforme alla ENV 1504-9. Incollaggio di calcestruzzo indurito su calcestruzzo indurito, generalmente associato con l'impiego di unità prefabbricate o l'incollaggio di calcestruzzo fresco su calcestruzzo indurito facente parte integrante di una nuova struttura composta dai tre elementi.</p> <p>3. Possono essere specificate le temperature da parte del produttore per l'impiego previsto.</p> <p>4. In questo contesto la protezione dalla corrosione implica l'applicazione di uno strato di mano di fondo che inibisce la corrosione dell'acciaio dolce.</p> <p>5. Non applicabile alle tecniche di iniezione.</p> <p>6. Alle temperature di applicazione minime, normali e massime.</p>		

Il produttore deve effettuare prove prestazionali sul prodotto secondo il Prospetto 3,1 (agenti adesivi per rinforzo con piastra aderente) o il prospetto 3,2 (agenti adesivi per malta o calcestruzzo aderente) della UNI EN 1504-4. Si riporta di seguito il prospetto 3,1 estratto dalla UNI EN 1504-4, che tratta la tipologia di lavorazione prevista dal presente Capitolato.

prospetto 3.1 **Requisiti prestazionali dell'agente adesivo per rinforzo con piastra aderente**

Punto N°	Caratteristica prestazionale	Calcestruzzo o malta di riferimento	Metodo di prova	Requisiti (vedere nota)
1	Modulo di elasticità in flessione	-	EN ISO 178	$\geq 2000 \text{ N/mm}^2$
2	Resistenza al taglio	-	EN 12188	$\geq 12 \text{ N/mm}^2$
3	Tempo aperto	EN 1766 MC (0,40)	EN 12189	Valore dichiarato $\pm 20\%$
4	Tempo di lavorabilità	-	EN ISO 9514	Valore dichiarato. Nota informativa: La durata di lavorabilità dipende dalla quantità di prodotto miscelato e dalle condizioni ambientali. Gli utilizzatori dovrebbero notare che la durata di lavorabilità è generalmente minore della durata in vaso.
5	Modulo di elasticità in compressione	-	EN 13412	$\geq 2000 \text{ N/mm}^2$
6	Temperatura di transizione vetrosa	-	EN 12614	$\geq 40 \text{ }^\circ\text{C}$
7	Coefficiente di espansione termica	-	EN 1770	$\leq 100 \times 10^{-6}$ per K
8a	Ritiro totale per agenti adesivi strutturali	-	EN 12617-1	$\leq 0,1\%$
8b	Ritiro totale per agenti adesivi strutturali (metodo di prova alternativo)	-	EN 12617-3	$\leq 0,1\%$
9	Idoneità per l'applicazione su superfici verticali e intradossi	-	EN 1799	Il materiale non deve abbassarsi di oltre 1 mm quando si applica in spessori minori di 3 mm.
10	Idoneità per l'applicazione su estradossi di superfici orizzontali	-	EN 1799	L'area della superficie dell'agente adesivo alla fine della prova di schiacciamento non deve essere minore di 3000 mm^2 (60 mm di diametro).

prospetto 3.1 **Requisiti prestazionali dell'agente adesivo per rinforzo con piastra aderente (Continua)**

Punto N°	Caratteristica prestazionale	Calcestruzzo o malta di riferimento	Metodo di prova	Requisiti (vedere nota)								
11	Idoneità per l'iniezione	EN 1766 MC (0,40)	EN 12618-2	Per la prova eseguita a secco, la rottura deve verificarsi nel calcestruzzo.								
12	Idoneità per l'applicazione e la maturazione in condizioni ambientali particolari	-	EN 12188 Nota: Il metodo di prova può richiedere l'esecuzione in condizioni ambientali diverse da quelle specificate nella EN 12188.	La resistenza al taglio in compressione di prismi incollati obliquamente a varie angolature θ non deve essere minore dei valori σ_o N/mm ² di seguito riportati. <table><tr><td>θ</td><td>σ_o (N/mm²)</td></tr><tr><td>50°</td><td>50</td></tr><tr><td>60°</td><td>60</td></tr><tr><td>70°</td><td>70</td></tr></table>	θ	σ_o (N/mm ²)	50°	50	60°	60	70°	70
θ	σ_o (N/mm ²)											
50°	50											
60°	60											
70°	70											
13	Aderenza	-	EN 12188	La sollecitazione alla trazione creata dal giunto incollato in una prova di trazione diretta non deve essere minore di 14 N/mm ² . La resistenza al taglio in compressione di prismi incollati obliquamente a varie angolature θ non deve essere minore dei valori σ_o N/mm ² di seguito riportati. <table><tr><td>θ</td><td>σ_o (N/mm²)</td></tr><tr><td>50°</td><td>50</td></tr><tr><td>60°</td><td>60</td></tr><tr><td>70°</td><td>70</td></tr></table>	θ	σ_o (N/mm ²)	50°	50	60°	60	70°	70
θ	σ_o (N/mm ²)											
50°	50											
60°	60											
70°	70											
14	Durabilità (temperatura e umidità)	-	EN 13733 Nota: Il metodo di prova non è applicabile a piastre diverse dall'acciaio.	Il carico di taglio - compressione alla rottura dei provini di calcestruzzo indurito dopo l'esposizione a cicli termici o all'ambiente caldo-umido non deve essere minore della resistenza a trazione del calcestruzzo. I provini di acciaio su acciaio non devono rompersi in seguito ad esposizione a cicli termici o all'ambiente caldo-umido.								

L'adesivo epossidico adottato in cantiere dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- Modulo elastico a compressione: 4,1 Gpa
- Modulo di elasticità a flessione: 3,8 Gpa
- Adesione al calcestruzzo (UNI EN 1766 MC (0,40) – 7gg: > 3 Mpa (per rottura del supporto)
- Aderenza (EN 12188) Taglio Inclinato:
 - per $\theta = 50^\circ$, 50MPa
 - per $\theta = 60^\circ$, 60MPa
 - per $\theta = 70^\circ$, 70MPa
- Aderenza (EN 12188) Pull Out: > 14 MPa
- Resistenza a compressione (UNI EN 12190): 55 Mpa
- Resistenza a taglio (EN 12615): 12 MPa

I prodotti utilizzati in cantiere dovranno essere marcati CE ed essere sottoposti al Sistema di Attestazione di Conformità 2+.

Art. 32 – Protezione di strutture in calcestruzzo mediante verniciatura

Per la protezione delle superfici in calcestruzzo cementizio di intradossi, spalle e pile di ponti e viadotti, verranno impiegate vernici mono o bicomponenti a solvente a base di metacrilati.

Il rivestimento protettivo dovrà essere applicato su superfici preventivamente preparate preferibilmente mediante idrosabbatura per uno spessore di film secco da 80/100 micron applicato in due mani a spruzzo Airless e/o pennello-ruolo, per una quantità minima di 400 gr/mq complessive. La vernice dovrà essere applicata su superficie perfettamente asciutta.

Tale rivestimento avrà le seguenti caratteristiche:

- aderenza al calcestruzzo maggiore a 3,5 N/mm² misurata secondo l'Adhesion tester ASTM.
- assenza di penetrazione d'acqua, dopo l'applicazione di una pressione di 500 Kpa, secondo UNI 8502 parte 22;
- permeabilità al vapor acqueo non inferiore a 25 g/mm² in 24 ore (Din 53122);
- resistenza alla CO₂ maggiore a quella di uno strato d'aria di 120 m.;
- permeabilità ai cloruri minore di 2,5 g/m²/giorno;
- perdita per abrasione minore di 45 mg, misurata secondo ASTM g 53.

E' compreso ogni onere per la predisposizione dei ponteggi necessari per l'esecuzione dei lavori.

La verniciatura è compresa su tutte le superfici in vista dell'impalcato del ponte.

Art. 33 – Protezione di strutture in calcestruzzo mediante malte cementizie elastiche

Per la protezione delle superfici delle strutture in calcestruzzo cementizio di intradossi, spalle e pile di ponti e viadotti, particolarmente soggette a deformazioni sotto carico o particolarmente soggette ad aggressioni chimiche quali, ad esempio, sali disgelanti, solfati, ecc., verranno impiegate malte cementizie elastiche, particolarmente flessibili ed impermeabili.

Tali malte dovranno avere caratteristiche di adesione al calcestruzzo = 0.8 N/mm², elevata impermeabilità all'acqua (test di impermeabilità secondo la norma Din 1048, resistenza a pressione in positivo fino a 7 atm), elevata permeabilità al vapore acqueo e buona impermeabilità all'anidride carbonica, elevata elasticità, e resistere agli agenti aggressivi.

Le superfici da trattare devono essere perfettamente solide e pulite, non deve esservi traccia di polvere, efflorescenze, olio disarmante, sbavature, parti incoerenti e ruggine.

Il sottofondo sarà quindi saturato con acqua, poi con aria compressa verrà rimossa l'acqua in eccesso, in modo da ottenere un fondo saturo d'acqua ma a superficie asciutta.

Il trattamento protettivo dovrà essere applicato a spruzzo o stendendo la malta con spatola, sulla superficie preparata, per uno spessore massimo, per strato, di 2÷3 mm.

Un secondo eventuale strato sarà applicato successivamente all'indurimento del primo. Qualora le condizioni ambientali lo richiedano, dovrà provvedersi a proteggere la superficie dall'evaporazione rapida, con teli umidi.

Il prodotto impiegato dovrà comunque essere immagazzinato, conservato, confezionato e messo in opera nel rispetto delle indicazioni fornite dal produttore.

Art. 34 – Rinforzo strutturale con fibre di carbonio

La posa in opera di fibre di carbonio per il rinforzo strutturale di strutture in c.a. deve essere realizzata solo dopo aver soddisfatto le seguenti prescrizioni:

- 1- Pulire accuratamente il sottofondo di calcestruzzo, mediante strumenti meccanici appropriati -sabbatura e/o idrosabbatura in modo tale da eliminare dal calcestruzzo eventuali parti friabili, oleose od incoerenti.
- 2- Applicare un idoneo inibitore di corrosione - solo sui ferri puliti e messi a nudo come al punto precedente.
- 3- Ricostruire le zone di calcestruzzo asportate mediante malte cementizie monocomponenti tixotropiche applicabili anche a spruzzo, aventi modulo elastico simile a quello del calcestruzzo composte da cementi selezionati, resine acriliche, fibre polipropileniche ed additivi vari.

Le caratteristiche tecniche dovranno essere le seguenti:

Applicabilità: buona -tissotropica

Dimensione dell'inerte: diametro massimo 2,5 mm tipo siliceo Peso specifico 2,340 kg/1

Resistenza a compressione:

(dati ottenuti da provini con rapporto acqua/prodotto = 15,5%, stagionatura a 20 °C e 90% UR)

24 h > 28 MPa

7 gg. > 40 MPa

28 gg. > 60 MPa

Resistenza a flessione:

(dati ottenuti da provini con rapporto acqua/prodotto = 15,5%, stagionatura a 20 °C e 90% UR)

24 h > 5 MPa

7 gg > 6 MPa

28 gg > 8 MPa

I prodotti utilizzati in cantiere dovranno essere marcati CE ed essere sottoposti ad un Sistema di Attestazione della Conformità di tipo 2+ (si faccia riferimento anche all'Art.30 del presente Capitolato).

4- A stagionatura avvenuta della malta da ricostruzione, per il rinforzo a flessione di ogni singola trave costituente l'arco o la trave, occorrerà applicare le lamine in CFRP continue per tutta la lunghezza della geometria prescritta da apposito calcolo strutturale.

La posa avverrà secondo le seguenti fasi:

tagliare la lamina in fibra di carbonio pultruso mediante un flessibile od un taglierino, e successivamente pulirla nella parte ruvida e non serigrafata, con lo specifico pulitore Diluente K miscelare con un trapano da cantiere a media velocità per circa tre minuti lo specifico adesivo bicomponente epossidico e spalmarlo sia sulla lamina nella zona precedentemente pulita e sia sulla zona di calcestruzzo da placcare effettuare il placcaggio diretto tra la lamina ed il calcestruzzo, passando alla fine un rullino sulla lamina in modo tale da fare refluire la resina in eccesso che può essere riutilizzata.

5- Alle estremità della lamina, nei punti di cuspid e dove più elevate sono le tensioni di aderenza si consiglia di effettuare una "fasciatura" per una larghezza di fascia di circa 60 cm con un tessuto unidirezionale in CFRP ad alto modulo elastico in modo tale da aumentare le prestazioni della lamina in CFRP, dare un rinforzo al taglio e migliorare la duttilità del rinforzo.

6- Effettuare la "fasciatura" impregnando lo specifico tessuto in fibra di carbonio monodirezionale con la resina epossidica. Il tessuto da impregnare dovrà avere le seguenti prestazioni:

Tipo della fibra: fibra di carbonio ad alta resistenza Fiber type High stiffness carbon fibers

Fiber orientation 0° (unidirectional).

Costituzione: 99% trama, 1% ordito

Peso del tessuto: 300 g/m²

Grammatura 300 g/m²: t 5 %

Il sistema di rinforzo del tipo indicato, utilizzato in cantiere, dovrà essere provvisto di Certificato di Valutazione Tecnica (CTV) in corso di validità. In assenza di tale certificato i prodotti che compongono il sistema dovranno essere allontanati dal cantiere dal Direttore dei Lavori.

La posa in opera di fibre di carbonio per il rinforzo strutturale di strutture in c.a. deve essere realizzata solo dopo aver soddisfatto le seguenti prescrizioni:

Preparazione del supporto

-Le superfici da ripristinare dovranno essere preparate asportando completamente il calcestruzzo ammalorato mediante scalpellatura a mano o meccanica o con altri mezzi idonei quali l'idroscarifica al fine di ottenere un supporto solido, esente da parti in distacco e sufficientemente ruvido. Qualora la rimozione del calcestruzzo ammalorato sia stata eseguita mediante scalpellatura a mano o meccanica, sarà necessario eseguire la spazzolatura dei ferri di armatura affioranti oppure procedere all'idrosabbatura, al fine di rimuovere la ruggine presente e portare la superficie a metallo bianco. L'idrosabbatura non è necessaria qualora la preparazione della superficie sia stata effettuata mediante idroscarifica, ma si rende necessaria quando trascorre un elevato intervallo di tempo da tale operazione a causa di particolari esigenze organizzative di cantiere, prima del trattamento dei ferri di armatura.

-Dopo la rimozione della ruggine, i ferri d'armatura dovranno essere trattati mediante l'applicazione a pennello di doppia mano di malta cementizia anticorrosiva bicomponente. Tale malta a base di legante cementizio, polimeri in polvere e inibitori della corrosione, ha la specifica funzione di impedire la formazione di ossido. Le superfici oggetto di ripristino dovranno essere pulite e sature a rifiuto con acqua ma a superficie asciutta mediante idrolavaggio.

-Ricostruire le zone di calcestruzzo asportate mediante malta cementizia fibrorinforzata o betoncino fibrorinforzato addittivato, secondo il profilo originario, di spessore medio da 5 mm a 10 mm, del tipo monocomponenti tixotropiche applicabili anche a spruzzo, aventi modulo elastico simile a quello del calcestruzzo composte da cementi selezionati, resine acriliche, fibre polipropileniche ed additivi vari.

Per il trattamento successivo è necessario che tutti gli spigoli vivi negli elementi in calcestruzzo siano smussati mediante l'impiego di martello demolitore oppure altra idonea attrezzatura.

A stagionatura avvenuta della malta da ricostruzione, tempi di attesa almeno tre settimane, per il rinforzo a flessione di ogni singola trave occorrerà applicare le fibre di carbonio in:

Lamine pultruse in fibra di carbonio

Le lamine in CFRP continue per tutta la lunghezza della geometria prescritta, dovranno essere messe in opera rispettando la seguente procedura:

- Primerizzazione ovvero applicazione sulla superficie trattata di primer a base di resina sintetica bicomponente in dispersione acquosa con un consumo minimo di 0,2 Kg/mq;
- Stesura di adesivo epossidico tixotropico esente da solventi, al fine di livellare la superficie da rinforzare e di creare uno strato adesivo per la successiva applicazione del rinforzo. Consumo minimo 2,5 kg/mq.
- Applicazione della lamina avendo cura di eseguire con una spatola piana, uno strato uniforme di adesivo epossidico con un consumo di circa 1kg/mq.
- Realizzazione di connessioni strutturali con fiocature di ancoraggio in fibra di carbonio.

Il sistema di rinforzo con lamine deve avere le seguenti caratteristiche meccaniche:

- Modulo di E > 170 GPa;
- Resistenza a Trazione > 3.100 MPa;
- Resistenza a taglio >= 77 MPa;
- Allungamento a rottura < 2%;
- Tenore volumetrico in fibra >68%;
- Densità: 1,61 g/cmc;
- Peso > 338 g/m;
- Sezione resistente >= 210 mmq;
- Spessore >= 1.4 mm;

La larghezza dovrà essere non inferiore a 150 mm.

Il sistema di rinforzo del tipo indicato, utilizzato in cantiere, dovrà essere provvisto di Certificato di Valutazione Tecnica (CTV) in corso di validità. Il CTV dovrà essere allegato alla bolla di consegna del materiale (anche come riferimento informatico), insieme al manuale di applicazione del sistema fibre-legante. In assenza di tale documentazione i prodotti che compongono il sistema dovranno essere allontanati dal cantiere dal Direttore dei Lavori.

Gli adesivi e gli stucchi epossidici dovranno rispondere ai principi definiti nella EN 1504-9 ed alla EN 1504-4.

Tessuto in fibra di carbonio tipo MAPEWRAP C

Il sistema è composto dall'abbinamento di un tessuto in fibra di carbonio e da un insieme di leganti epossidici comprendente:

- una resina epossidica per l'impregnazione e l'incollaggio
- uno stucco epossidico per la regolarizzazione e l'incollaggio
- un primer epossidico per il consolidamento del supporto, tipo Mapewrap Primer 1.

Il sistema di rinforzo del tipo indicato, utilizzato in cantiere, dovrà essere provvisto di Certificato di Valutazione Tecnica (CTV) in corso di validità. In assenza di tale certificato i prodotti che compongono il sistema dovranno essere allontanati dal cantiere dal Direttore dei Lavori.

Gli adesivi e gli stucchi epossidici dovranno rispondere ai principi definiti nella EN 1504-9 ed alla EN 1504-4.

Il tessuto in fibra di carbonio da utilizzare a rinforzo strutturale di elementi in calcestruzzo armato danneggiati, dovrà essere del tipo unidirezionale ad elevato modulo elastico e a alte resistenze meccaniche a trazione e posto in opera rispettando la seguente procedura:

- impregnazione del tessuto in opera con primer epossidico consolidante del supporto.
- regolarizzazione del supporto mediante uno stucco epossidico per la regolarizzazione e l'incollaggio;
- applicazione di primer costituito da una resina epossidica per l'impregnazione e l'incollaggio sulla superficie della struttura.
- Temperatura di applicazione (min/max): da +10°C a +35°C;

Il tessuto deve avere le seguenti caratteristiche meccaniche:

proprietà tessuto a secco

- Grammatura 300 g/mq;
- Spessore equivalente di tessuto secco >0,164 mm;
- Area resistente per unità di larghezza >164,30 mmq/m;
- Resistenza meccanica a trazione tessuto secco >49 GPa;
- Carico massimo per unità di larghezza >800 kN/m;
- Modulo elastico a trazione > 252 GPa;
- Allungamento a rottura < 2%;

proprietà del sistema

- Modulo elastico del laminato riferita all'area netta fibre valore medio 1 strato Er >230 GPa;
- Resistenza del laminato riferita all'area netta fibre valore caratteristico 1 strato fk 3.800 MPa;
- Deformazione a rottura 1.60%;
- Adesione al calcestruzzo >3 N/mmq (rottura del supporto);
- Spessore minimo 0,50 mm.

- Aderenza al CLS, dopo 7 gg di maturazione, UNI EN 1542: ≥3 MPa, rottura nel CLS;
- Resistenza caratteristica a trazione diretta dopo 7 gg ≥ 20 MPa (ASTM D638);
- Modulo elastico a trazione dopo 7 gg ≥ 1200 GPa (ASTM D638) con incollaggio dei sistemi attraverso l'uso di adesivo impregnante di resina epossidica.

Nell'esecuzione è compreso inoltre:

- stucco epossidico bicomponente;

- adesivo epossidico bicomponente quale impregnante del tessuto con le seguenti caratteristiche prestazionali:
 - Adesione al cls a 7 gg $\geq 3,5$ Mpa per rottura del cls (UNI EN 1542);
 - Resistenza a trazione per flessione - secondo ASTM D790-a 7 gg ≥ 50 MPa oppure secondo UNI ENISO 178 - a 7 gg ≥ 40 Mpa.

La larghezza del tessuto non deve essere inferiore a 20 cm.

Dopo aver effettuato la posa del tessuto in fibra di carbonio ed aver applicato gli strati di primer per l'incollaggio è necessario, con resina ancora fresca, allo spaglio di sabbia di quarzo a rifiuto asciutta con granulometria tra 1,2 e 1,9 mm.

Il sistema di rinforzo del tipo indicato, utilizzato in cantiere, dovrà essere provvisto di Certificato di Valutazione Tecnica (CTV) in corso di validità. Il CVT dovrà essere allegato alla bolla di consegna del materiale (anche come riferimento informatico), insieme al manuale di applicazione del sistema fibre-legante. In assenza di tale documentazione i prodotti che compongono il sistema dovranno essere allontanati dal cantiere dal Direttore dei Lavori.

Gli adesivi e gli stucchi epossidici dovranno rispondere ai principi definiti nella EN 1504-9 ed alla EN 1504-4.

Adesivi e stucchi epossidici

Il prospetto 1 sotto riportato (dalla EN 1504-4) elenca le caratteristiche prestazionali di prodotti e sistemi per l'incollaggio richiesti per "tutti gli impieghi previsti" e quelle che possono essere richieste per "determinati impieghi previsti" (le prime sono contrassegnate da un quadratino nero, le seconde da un quadratino bianco).

Si sottolinea che le proprietà di aderenza possono essere influenzate sfavorevolmente dal fuoco e pertanto devono essere adottate misure protettive adeguate qualora si preveda il rischio di incendio.

Caratteristica prestazionale	Principio di riparazione 4 Rinforzo strutturale (Nota 7)	
	Metodo di riparazione 4.3 Rinforzo con piastra aderente (Nota 1)	Metodo di riparazione 4.4 Malta o calcestruzzo adesivo (Nota 2)
1. Idoneità per l'applicazione: a) su superfici verticali e intradossi..... b) su estradosso di superfici orizzontali..... c) mediante iniezione	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2. Idoneità per l'applicazione e la maturazione alle seguenti condizioni ambientali particolari: a) bassa o alta temperatura (nota 3) b) substrato umido	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
3. Aderenza: a) piastra su piastra b) piastra su calcestruzzo c) acciaio con protezione anticorrosione su acciaio con protezione anticorrosione (nota 4) d) acciaio con protezione anticorrosione su calcestruzzo (nota 4) e) calcestruzzo indurito su calcestruzzo indurito f) calcestruzzo fresco su calcestruzzo indurito (nota 5).....	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
4. Durabilità del sistema composito: a) cicli termici..... b) cicli di umidità	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
5. Caratteristiche del materiale per il progettista: a) tempo aperto (nota 5) (nota 6) b) tempo di lavorabilità (nota 6) c) modulo di elasticità in compressione..... d) modulo di elasticità in flessione..... e) resistenza alla compressione f) resistenza al taglio..... g) temperatura di transizione vetrosa h) coefficiente di espansione termica i) ritiro	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
Note 1. Il metodo di riparazione 4.3 è conforme alla ENV 1504-9. Incollaggio di piastre esterne alla superficie di una struttura di calcestruzzo per scopi di rinforzo e applicazione di piastre in tali applicazioni. È improbabile ottenere un legame accettabile con l'acciaio inossidabile. 2. Il metodo di riparazione 4.4 è conforme alla ENV 1504-9. Incollaggio di calcestruzzo indurito su calcestruzzo indurito, generalmente associato con l'impiego di unità prefabbricate o l'incollaggio di calcestruzzo fresco su calcestruzzo indurito facente parte integrante di una nuova struttura composta dai tre elementi. 3. Possono essere specificate le temperature da parte del produttore per l'impiego previsto. 4. In questo contesto la protezione dalla corrosione implica l'applicazione di uno strato di mano di fondo che inibisce la corrosione dell'acciaio dolce. 5. Non applicabile alle tecniche di iniezione. 6. Alle temperature di applicazione minime, normali e massime.		

Il produttore deve effettuare prove prestazionali sul prodotto secondo il Prospetto 3,1 (agenti adesivi per rinforzo con piastra aderente) o il prospetto 3,2 (agenti adesivi per malta o calcestruzzo aderente) della UNI EN 1504-4. Si riporta di seguito il prospetto 3,1 estratto da UNI EN 1504-4, che tratta la tipologia di lavorazione prevista dal presente Capitolato.

prospetto 3.1 **Requisiti prestazionali dell'agente adesivo per rinforzo con piastra aderente**

Punto N°	Caratteristica prestazionale	Calcestruzzo o malta di riferimento	Metodo di prova	Requisiti (vedere nota)
1	Modulo di elasticità in flessione	-	EN ISO 178	$\geq 2000 \text{ N/mm}^2$
2	Resistenza al taglio	-	EN 12188	$\geq 12 \text{ N/mm}^2$
3	Tempo aperto	EN 1766 MC (0,40)	EN 12189	Valore dichiarato $\pm 20\%$
4	Tempo di lavorabilità	-	EN ISO 9514	Valore dichiarato. Nota informativa: La durata di lavorabilità dipende dalla quantità di prodotto miscelato e dalle condizioni ambientali. Gli utilizzatori dovrebbero notare che la durata di lavorabilità è generalmente minore della durata in vaso.
5	Modulo di elasticità in compressione	-	EN 13412	$\geq 2000 \text{ N/mm}^2$
6	Temperatura di transizione vetrosa	-	EN 12614	$\geq 40 \text{ }^\circ\text{C}$
7	Coefficiente di espansione termica	-	EN 1770	$\leq 100 \times 10^{-6}$ per K
8a	Ritiro totale per agenti adesivi strutturali	-	EN 12617-1	$\leq 0,1\%$
8b	Ritiro totale per agenti adesivi strutturali (metodo di prova alternativo)	-	EN 12617-3	$\leq 0,1\%$
9	Idoneità per l'applicazione su superfici verticali e intradossi	-	EN 1799	Il materiale non deve abbassarsi di oltre 1 mm quando si applica in spessori minori di 3 mm.
10	Idoneità per l'applicazione su estradossi di superfici orizzontali	-	EN 1799	L'area della superficie dell'agente adesivo alla fine della prova di schiacciamento non deve essere minore di 3000 mm^2 (60 mm di diametro).

prospetto 3.1 **Requisiti prestazionali dell'agente adesivo per rinforzo con piastra aderente (Continua)**

Punto N°	Caratteristica prestazionale	Calcestruzzo o malta di riferimento	Metodo di prova	Requisiti (vedere nota)								
11	Idoneità per l'iniezione	EN 1766 MC (0,40)	EN 12618-2	Per la prova eseguita a secco, la rottura deve verificarsi nel calcestruzzo.								
12	Idoneità per l'applicazione e la maturazione in condizioni ambientali particolari	-	EN 12188 Nota: Il metodo di prova può richiedere l'esecuzione in condizioni ambientali diverse da quelle specificate nella EN 12188.	La resistenza al taglio in compressione di prismi incollati obliquamente a varie angolature θ non deve essere minore dei valori σ_o N/mm ² di seguito riportati. <table><tr><td>θ</td><td>σ_o (N/mm²)</td></tr><tr><td>50°</td><td>50</td></tr><tr><td>60°</td><td>60</td></tr><tr><td>70°</td><td>70</td></tr></table>	θ	σ_o (N/mm ²)	50°	50	60°	60	70°	70
θ	σ_o (N/mm ²)											
50°	50											
60°	60											
70°	70											
13	Aderenza	-	EN 12188	La sollecitazione alla trazione creata dal giunto incollato in una prova di trazione diretta non deve essere minore di 14 N/mm ² . La resistenza al taglio in compressione di prismi incollati obliquamente a varie angolature θ non deve essere minore dei valori σ_o N/mm ² di seguito riportati. <table><tr><td>θ</td><td>σ_o (N/mm²)</td></tr><tr><td>50°</td><td>50</td></tr><tr><td>60°</td><td>60</td></tr><tr><td>70°</td><td>70</td></tr></table>	θ	σ_o (N/mm ²)	50°	50	60°	60	70°	70
θ	σ_o (N/mm ²)											
50°	50											
60°	60											
70°	70											
14	Durabilità (temperatura e umidità)	-	EN 13733 Nota: Il metodo di prova non è applicabile a piastre diverse dall'acciaio.	Il carico di taglio - compressione alla rottura dei provini di calcestruzzo indurito dopo l'esposizione a cicli termici o all'ambiente caldo-umido non deve essere minore della resistenza a trazione del calcestruzzo. I provini di acciaio su acciaio non devono rompersi in seguito ad esposizione a cicli termici o all'ambiente caldo-umido.								

Punto N°	Caratteristica prestazionale	Calcestruzzo o malta di riferimento	Metodo di prova	Requisiti (vedere nota)
1	Modulo di elasticità in flessione	-	EN ISO 178	$\geq 2000 \text{ N/mm}^2$
2	Resistenza alla compressione	-	EN 12190	$\geq 30 \text{ N/mm}^2$
3	Resistenza al taglio	-	EN 12615	$\geq 6 \text{ N/mm}^2$
4	Tempo aperto	EN 1766 MC (0,40)	EN 12189	Valore dichiarato $\pm 20\%$
5	Tempo di lavorabilità	-	EN ISO 9514	Valore dichiarato. Nota informativa: La durata di lavorabilità dipende dalla quantità di prodotto miscelato e dalle condizioni ambientali. Come tale è di responsabilità del produttore. Tuttavia, gli utilizzatori dovrebbero tenere presente che la durata di lavorabilità è generalmente minore della durata in vaso.
6	Modulo di elasticità in compressione	-	EN 13412	$\geq 2000 \text{ N/mm}^2$

I prodotti utilizzati in cantiere dovranno essere marcati CE.

Controlli di accettazione

Controllo di accettazione di sistemi preformati

- Obbligatorio e sotto la responsabilità della D.L.;
- il campionamento deve avvenire per lotto di spedizione e per tipo di sistema fornito;
- le prove di Laboratorio (solo meccaniche) devono avvenire entro 30 gg dalla fornitura;
- modulo elastico e resistenza a trazione dei campioni di lamina provati devono essere non inferiori a quelli dichiarati dal produttore nella scheda tecnica;
- le caratteristiche dell'adesivo utilizzato per incollare le lamine al supporto devono essere conformi a quelle dichiarate dal produttore nella scheda del prodotto;
- vengono previste prove aggiuntive se i valori meccanici delle lamine non rientrano nei valori dichiarati dal produttore.

Controllo di accettazione dei sistemi impregnati in situ

- Obbligatorio e sotto la responsabilità della D.L.;
- deve essere eseguito su campioni prodotti in cantiere con le fibre e la resina oggetto della fornitura secondo le indicazioni del manuale di installazione del fornitore;
- le prove di Laboratorio (solo meccaniche) devono avvenire entro 30 gg dalla fornitura;
- modulo elastico e resistenza a trazione dei campioni di lamina provati devono essere non inferiori a quelli richiesti da progetto e dal presente Capitolato d'Appalto
- vengono previste prove aggiuntive se i valori meccanici dei provini non rientrano nei valori richiesti da progetto e dal presente Capitolato d'Appalto

Art. 35 – Fiocature di ancoraggio

A presidio di rinforzi strutturali realizzati sulle strutture in c.a. è possibile realizzare connessioni strutturali costituiti da corde in fibre di carbonio, unidirezionali, contenute all'interno di una garza che ne dà una forma di corda, impregnata con specifici prodotti. L'ancoraggio dovrà essere realizzato sia per i tessuti di carbonio, sia per le lamine pultruse di carbonio.

Le caratteristiche tecniche dovranno essere le seguenti:

Tipo di fibra carbonio ad alta resistenza

- Massa volumica dell'impasto 1,8 g/cmc;
- Allungamento a rottura 2 %;
- Diametro 10 mm;
- Modulo Elastico a trazione 240 Gpa;
- Area Resistente di tessuto secco 26,79 mmq;
- Carico Massimo 128 KN.

La posa avverrà secondo le seguenti fasi:

- realizzazione nello spessore della struttura, di fori di diametro di 14 mm e della profondità minima di 20 cm; il foro deve risultare asciutto, pulito e privo di polvere, pertanto è necessario eliminare completamente la polvere ed il materiale incoerente aspirandolo;

preparazione dei connettori:

- tagliando spezzoni di lunghezza minima di 40 cm e comunque una lunghezza totale pari al doppio della lunghezza del foro;
- impregnando con resina epossidica bicomponente la parte di corda di lunghezza non maggiore a quella del foro, dopo aver fatto arretrare la parte della garza di contenimento, la garza di contenimento dovrà subito ricoprire la corda impregnata, quando la resina è ancora fresca;
- spolverando con sabbia di quarzo 0,3-0,9 mm asciutta, la superficie della corda di carbonio quando la resina è ancora fresca. Tale operazione consente la miglior adesione del connettore all'interno del foro. Ad indurimento avvenuto sarà poi possibile applicare il "fiocco" appena creato.
- Applicare il primer epossidico bicomponente, utilizzando uno scovolino di pulizia fori, all'interno del foro nella struttura.

- Fresco su fresco, riempire il foro con resina epossidica bicomponente fluida (fori a pavimento o inclinati verso il basso) o con stucco epossidico bicomponente (fori a soffitto o inclinati verso l'alto).
- Fresco su fresco, posizionare il connettore (parte impregnata di resina epossidica) con movimento lento, favorendo il completo inserimento nel foro e favorendo la fuoriuscita della resina in eccesso.
- Eliminare con spatola la resina in eccesso dalla superficie
- Aprire a ventaglio la parte di corda di carbonio, non impregnata e non inserita nel foro, dopo aver eliminato la garza di contenimento.
- Utilizzare il primer epossidico bicomponente sulla zona in corrispondenza della corda di carbonio aperta a ventaglio, sia come primer sulla superficie di supporto che come impregnante delle fibre di carbonio.

CAPO 10) CORPO STRADALE

Art. 36 – Preparazione del sottofondo

Il terreno interessato alla costruzione del corpo stradale che dovrà sopportare direttamente o la sovrastruttura od i rilevati verrà preparato asportando il terreno vegetale per tutta la superficie e per la profondità fissata dal progetto o stabilito dalla D.L.

Per l'accertamento del raggiungimento delle caratteristiche particolari dei sottofondi qui appresso stabilite, agli effetti soprattutto del grado di costipamento e dell'umidità in posto, l'Appaltatore, indipendentemente dai controlli che verranno eseguiti dalla Direzione dei lavori, dovrà provvedere esso a tutte le prove e determinazioni necessarie.

A tal uopo dovrà quindi a sue cure e spese, installare in cantiere un laboratorio con le occorrenti attrezzature.

Le determinazioni necessarie per la caratterizzazione dei terreni ai fini della loro possibilità e modalità d'impiego, verranno preventivamente fatte eseguire dalla Direzione dei Lavori presso un Laboratorio pubblico, cioè uno dei seguenti laboratori: quelli delle Università, delle Ferrovie dello Stato, o presso il laboratorio dell'A.N.A.S. oppure presso un laboratorio autorizzato.

Rimosso il terreno costituente lo strato vegetale, estirpate le radici fino ad un metro di profondità sotto il piano di posa e riempite le buche così costituite si procederà, in ogni caso, ai seguenti controlli:

- a) determinazione del peso specifico apparente del secco del terreno in sito e di quello massimo determinato in laboratorio;
- b) determinazione dell'umidità in sito in caso di presenza di terre sabbiose, ghiaiose o limose;
- c) determinazione dell'altezza massima delle acque sotterranee nel caso di terre limose.

Rilevati e rinterri devono in ogni caso rispettare le prescrizioni delle NTC 2018 e relativa Circolare Esplicativa (§6.8 e C6.8.1.1 NTC 2018).

Durante la costruzione devono essere eseguite prove di controllo secondo un programma di prove commisurato alla tipologia ed importanza del manufatto, in modo da assicurare un congruo numero di misure significative (§6.8.5 NTC 2018).

Art. 37 – Costipamento del terreno in sito

A) Se sul terreno deve essere appoggiata la sovrastruttura direttamente o con l'interposizione di un rilevato di altezza minore di cm. 50, si seguiranno le seguenti norme:

A1) per le terre sabbiose o ghiaiose, si dovrà provvedere al costipamento del terreno per uno spessore di almeno cm.25 con adatto macchinario fino ad ottenere un peso specifico apparente del secco in sito, pari almeno al 95% di quello massimo ottenuto in laboratorio;

A2) per le terre limose, in assenza d'acqua si procederà come al precedente capo A1);

A2) per le terre argillose si provvederà alla stabilizzazione del terreno in sito, mescolando ad esso altro idoneo, in modo da ottenere un conglomerato, a legante naturale, compatto ed impermeabile, dello spessore che verrà indicato volta per volta e costipato fino ad ottenere un peso specifico apparente del secco pari al 95% del massimo ottenuto in laboratorio. Nel caso in cui le condizioni idrauliche siano particolarmente cattive, il provvedimento di cui sopra sarà integrato con opportune opere di drenaggio.

B) Se il terreno deve sopportare un rilevato di altezza maggiore di m.0,50:

B1) per le terre sabbiose o ghiaiose si procederà al costipamento del terreno con adatto macchinario per uno spessore di almeno 25 centimetri, fino ad ottenere un peso specifico apparente del secco pari all'85% del massimo ottenuto in laboratorio per rilevati aventi in altezza da m. 0,50 a m.3, e pari all'80% per rilevati aventi un'altezza superiore a m.3;

B2) per le terre limose in assenza di acqua si procederà come indicato al comma B1);

B3) per le terre argillose si procederà analogamente a quanto indicato al punto c) del cap. A).

In presenza di terre torbose si procederà in ogni caso alla sostituzione del terreno con altro tipo sabbioso-ghiaioso per uno spessore tale da garantire una sufficiente ripartizione del carico.

Art. 38 – Modificazione di umidità in sito

L'umidità di costipamento non dovrà mai essere maggiore del limite di ritiro diminuito del 5%; nel caso che l'umidità del terreno in sito sia maggiore di questo valore, occorrerà diminuire questo valore dell'umidità in loco, mescolando la terra, per lo spessore che verrà indicato dalla Direzione dei Lavori, altro materiale idoneo asciutto, o lasciando asciugare all'aria previa disaggregazione.

Qualora operando nel modo suddetto l'umidità all'atto del costipamento, pari a quella del limite di ritiro diminuita del 5%, risultasse inferiore a quella ottima ottenuta in laboratorio, dovrà provvedersi a raggiungere il prescritto peso specifico apparente aumentando il lavoro meccanico di costipamento.

Art. 39 – Manufatti in terra rinforzata con reti metalliche

La presente Specifica Tecnica fornisce le prescrizioni per l'esecuzione e l'accettazione di manufatti realizzati in terra rinforzata, costituenti rilevati rinforzati ed opere di sostegno. La Specifica Generale verrà all'occorrenza integrata da specifiche tecniche particolari, nelle quali saranno precisate le caratteristiche e le prescrizioni per l'esecuzione dei lavori dei singoli appalti.

MATERIALE

In generale, un'opera in terra rinforzata, è costituita da un materiale composito formato da un ammasso di terreno di riempimento in cui sono stati inseriti degli elementi di rinforzo resistenti a trazione alternati a strati di materiale di riempimento.

In particolare, la presente specifica tecnica, si riferisce ad opere realizzate con elementi di rinforzo in rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale tipo 8x10 con filo in lega eutettica ZN-AL (5%) Cerio Lantanio e plasticato del diametro Ø 2,70/3,70 mm costituenti, senza soluzione di continuità, il rinforzo ed il paramento esterno dell'elemento.

La configurazione e le dimensioni delle opere dovranno rispettare i disegni di progetto forniti dall'Ente.

Provenienza e tipologia dei materiali

I materiali che costituiscono l'opera oggetto della presente specifica sono:

- terreno di riempimento;
- armature di rinforzo in rete metallica a doppia torsione plasticata, strutturalmente continua col paramento di facciata che potrà essere anche scatolare in funzione della necessità di progetto.

L'Appaltatore, prima dell'inizio dei lavori, dovrà sottoporre all'approvazione della D.L. i materiali che intende utilizzare per l'esecuzione dell'opera; dovrà inoltre dimostrare la disponibilità dei quantitativi necessari anche in relazione al programma di esecuzione dell'opera stessa.

In ogni caso i materiali utilizzati dovranno rispondere ai requisiti di cui ai punti seguenti.

Caratteristiche del terreno di riempimento

Il terreno di riempimento che costituisce il rilevato strutturale dell'opera potrà provenire, in accordo con il Committente, sia da scavi precedentemente eseguiti, sia da cave di prestito e, facendo riferimento alle classificazioni riportate alle Norme UNI 10006, dovrà appartenere ai gruppi A-2-4, A-2-5 con esclusione di pezzature superiori a 15 cm.

Il materiale con dimensioni superiori a 10 cm è ammesso con percentuale inferiore al 15% del totale. In ogni caso saranno esclusi i materiali che, da prove opportune, presentino angoli d'attrito minori di quelli previsti in progetto. Il peso di volume del terreno di riempimento, compattato in opera, dovrà essere superiore a 18 kN/m³.

Altri materiali, anche non rispondenti alle classificazioni espresse, potranno essere utilizzati, previo studio di un'appropriata miscelazione con materiali diversi, in modo da ottenere comunque le caratteristiche ed i paramenti utilizzati nei calcoli di progetto.

Caratteristiche dei materiali di rinforzo

Le caratteristiche generali che devono possedere i materiali di rinforzo da utilizzare per la realizzazione delle opere in oggetto della presente specifica sono:

- alta resistenza a trazione;
- alta resistenza ai fenomeni di corrosione fisico - chimica;
- ottima resistenza rispetto a danni avvenuti nella fase d'installazione;
- buone caratteristiche d'interazione terreno/rinforzo.

In particolare gli elementi di rinforzo considerati nella presente specifica sono caratterizzati da un'armatura di rinforzo in rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale tipo 8x10 in accordo con la UNI 10223-3:2014, tessuta con trafilato di ferro (conforme alle UNI-EN10223-3 per le caratteristiche meccaniche e UNI 10218 per le tolleranze sui diametri) avente carico di rottura compreso fra 350 e 550 N/mm² e allungamento minimo pari al 10%, avente diametro 2,7 mm in lega eutettica ZN-AL (5%) Cerio-Lantanio, conforme a quanto previsto dalla EN-10244-classeA e dalla ASTM 856 vigente in materia con un quantitativo non inferiore a 255 gr/mq. Oltre a tale trattamento il filo sarà ricoperto da un rivestimento di materiale plastico di colore grigio a base di PVC (cloruro di polivinile) che dovrà avere uno spessore nominale di 0,5 mm portando il diametro esterno a circa 3,7 mm.

Gli elementi saranno provvisti di barrette di rinforzo e plasticate (filo di diametro 3,4 mm interno e 4,4 mm esterno) inserite all'interno della doppia torsione delle maglie in corrispondenza degli spigoli esterni della struttura e di un diaframma centrale realizzato in modo da conferire continuità, senza legature, tra paramento esterno in gabbione ed armature di rinforzo. Si dovrà prevedere un adeguato geosintetico ritenitore di fine da utilizzare come interfaccia fra il paramento e il rilevato strutturale; tale elemento sarà costituito da un geotessile a filo continuo in filamento bopolimero coestruso di polipropilene-polietilene assemblato mediante esclusivo processo di termosaldatura ed avente una massa areica di 135 g/ m² ed una permeabilità con battente idraulico di 10 cm non inferiore a 90 l/m²/sec.

Prima della messa in opera e per ogni partita ricevuta in cantiere, l'Appaltatore dovrà consegnare alla D.L. il relativo certificato di collaudo e garanzia rilasciato in originale dalla Ditta produttrice, in cui dovrà essere specificato il nome del prodotto, la ditta esecutrice dei lavori e le quantità fornite.

Sia la Ditta produttrice che fornitrice (se diversa) dovranno essere in certificazione di sistema qualità in conformità alle normative in vigore, ISO-EN 9002; in assenza di ciò la D.L. darà disposizioni circa il prelievo di campioni per verificare il rispetto delle normative sopra riportate.

Qualità e provenienza dei materiali

Gli elementi sono piegati in pacconi (dimensioni medie 3.10x2.10x0.50 m) opportunamente pressati in stabilimento e legati con tre fili metallici; sono inoltre previsti due fili supplementari (di diametro maggiore) per facilitarne la movimentazione. La tipologia di materiale, le dimensioni ed il numero di pezzi per paccone, il tipo di maglia, il diametro del filo, il peso del paccone ed il numero d'ordine di fabbricazione sono riportati su apposite etichette legate ai pacconi.

Pietrame

Il pietrame da usarsi per il riempimento del paramento esterno degli elementi, potrà essere indifferentemente pietrame di cava o ciottoli purché abbia una struttura compatta, non friabile, resistente all'acqua, non gelivo e di alto peso specifico. Il materiale di

riempimento dovrà avere forma omogenea di opportuna pezzatura che in virtù della dimensione della maglia di fornitura (tipo 8x10) è di 80/250 mm.

Controllo dei materiali

L'Appaltatore prima dell'inizio dei lavori deve fornire tutti i certificati di qualità e conformità in originale alla presente specifica tecnica degli elementi che compongono la struttura.

Inoltre, su specifica richiesta della D.L., l'Appaltatore dovrà provvedere, a sua cura e spesa, all'esecuzione di prove di laboratorio geotecnico sul terreno costituente il rilevato strutturale per la classificazione del materiale (UNI 10006) e per la determinazione delle caratteristiche fisiche, meccaniche e di costipamento quali: analisi granulometriche, limiti di Atterberg, prove di taglio diretto con scatola di Casagrande e prove di costipamento tipo Proctor modificate.

Le procedure di prova saranno quelle previste dalle Norme ASTM-AASHTO e dalle raccomandazioni A.G.I. sulle prove di laboratorio geotecnico.

ESECUZIONE

Preparazione del piano di posa

Il piano di fondazione della struttura sarà livellato per una larghezza uguale o maggiore alla lunghezza degli elementi di rinforzo o comunque come indicato sui disegni esecutivi.

Prima della posa in opera della struttura, il piano di posa sarà opportunamente compattato con un rullo vibrante o piastre e costipatori vibranti anche a mano nel caso di spazi ridotti.

Terreni di fondazione non rispondenti ai requisiti di progetto, saranno rimossi e sostituiti.

Posa in opera degli elementi metallici

Preparato il piano di fondazione si apriranno i pacconi tagliando con delle cesoie i fili che legano i pacconi stessi e si stenderanno per la lunghezza indicata nei disegni di progetto gli elementi metallici.

Assemblaggio dell'elemento

- aprire e piegare ogni elemento avendo cura di stendere il telo di rinforzo eliminando le linee di piegatura preformate in fase di produzione;

- rendere verticali i diaframmi intermedi;

- piegare i pannelli laterali e legarli lungo gli spigoli della scatola così formata.

Dopo le operazioni soprascritte gli elementi dovranno essere legati tra loro prima di procedere con le operazioni di riempimento del paramento esterno, in modo tale da formare una struttura continua. Inoltre, per l'assemblaggio e la legatura degli elementi, è necessario essere provvisti di pinze e tenaglie e di una graffatrice (tipo pneumatico con alimentazione ad aria compressa (6-8 bar), di potenza 100l/mm; tubo idraulico Ø max 10 mm e di lunghezza max 30 m, di peso 6.3 kg e con una capacità del caricatore 80 punti). In generale, per le operazioni di legatura è possibile procedere secondo la procedura seguente:

- la legatura meccanizzata è effettuata con l'uso di una graffatrice pneumatica (punti di acciaio zincato di diametro Ø 3.00 mm). In particolare, per una continuità strutturale, si consiglia un intervallo tra punto e punto di c.ca 20 cm che, per un elemento di dimensioni 4.00x2.00x1.00, comporta un numero di punti variabile da 40 a 44. Nel caso di manufatti realizzati per il rinterro di scavi, in corrispondenza dei bordi dello scavo, gli elementi d'armatura dovranno essere adeguatamente disposti e fissati tagliando a misura i tratti eccedenti all'interno od eventualmente risvoltandoli lungo il bordo interno dello scavo stesso.

Riempimento e chiusura del paramento di facciata

Per il riempimento del paramento dell'elemento si dovrà adoperare materiale compatto, non friabile, resistente all'acqua, non gelivo e di alto peso specifico. Il materiale di riempimento dovrà avere forma omogenea di opportuna pezzatura che in virtù della dimensione della maglia di fornitura (tipo 8x10) è di 80/250 mm.

Inoltre, al fine di facilitare il riempimento, per il quale si consiglia l'uso di una pala meccanica, si può predisporre una cassaforma esterna (telaio guida) per il paramento. E' inoltre necessario sistemare manualmente il pietrame in modo da ottenere un riempimento ottimale prestando attenzione a non coprire completamente i diaframmi intermedi. Legare quindi il coperchio ai pannelli laterali ed ai diaframmi come descritto precedentemente avendo cura di predisporre dei tiranti trasversali e/o inclinati di 45° posizionati mediamente a 1/3 ed a 2/3 dell'altezza nel caso di elementi di 1 m di altezza ed a metà dell'altezza nel caso di elementi da 0,50 m.

Prima di procedere al riempimento a tergo con il rilevato strutturale è necessario posizionare un adeguato geosintetico ritentore di fine da utilizzare come interfaccia fra il paramento e il rilevato strutturale; tale elemento sarà costituito da un geotessile a filo continuo (incidenza di 2 mq al metro quadrato di superficie in vista di terra rinforzata con sistema Terramesh System).

Stesa del terreno di riempimento

Completato l'elemento di facciata, si procederà con la stesa e la compattazione del primo strato di terreno. La stesa del materiale dovrà essere eseguita sistematicamente per strati di spessore costante e con modalità ed attrezzature atte ad evitare segregazione, brusche variazioni granulometriche. Laddove siano presenti fenomeni di filtrazione provenienti da monte si dovrà provvedere con opportuni accorgimenti alla captazione e smaltimento di tali acque.

Lo spessore allo stato sciolto di ogni singolo strato sarà stabilito in ragione delle caratteristiche dei materiali e delle modalità di compattazione. In genere tale spessore non dovrebbe comunque risultare superiore a 30 cm. La stesa dello strato dovrà avvenire preferibilmente parallelamente al paramento esterno. Ciascuno strato potrà essere messo in opera soltanto dopo avere verificato, anche mediante prove di controllo l'idoneità dello strato precedente.

Compattazione

Per tale operazione devono essere sottoposte alla preventiva approvazione del Committente, il tipo, le caratteristiche dei mezzi di compattazione, nonché le modalità esecutive di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza).

Nel caso in cui lo sviluppo planimetrico dei manufatti è modesto e gli spazi di lavoro disponibili sono esigui, si useranno mezzi di compattazione leggeri, quali piastre vibranti e costipatori vibranti azionati a mano. Ogni strato sarà messo in opera con un grado di compattazione pari al 90% del valore fornito dalle prove Proctor (ASTM D 1557). La compattazione dovrà essere condotta con metodologia atta ad ottenere un addensamento uniforme. A tale scopo, i mezzi dovranno operare con sistematicità lungo direzioni parallele, garantendo una sovrapposizione fra ciascuna passata e quella adiacente pari al 10% del mezzo costipante.

La compattazione a tergo delle opere eseguite dovrà essere tale da escludere una riduzione dell'addensamento e nello stesso tempo il danneggiamento delle opere stesse.

In particolare, si dovrà fare in modo che i compattatori operino ad una distanza non inferiore a m 0.50 dal paramento esterno. Durante la costruzione si dovrà provvedere ad una manutenzione per rimediare eventuali danni causati dalle attività di cantiere oltre a quelli dovuti ad eventi meteorologici.

Completamento del manufatto in terra rinforzata

Sul nuovo piano ottenuto si stenderanno nuovamente altri elementi in rete metallica, come descritto al punto precedente, collegati ove possibile con il sottostante elemento di facciata; si realizzerà un ulteriore strato di materiale di riempimento e si completeranno in opera gli elementi di facciata.

La procedura si ripeterà fino al completamento degli strati di terra rinforzata previsti nei disegni di progetto.

ACCETTAZIONE

In relazione a quanto prescritto circa la qualità e le caratteristiche dei materiali per la loro accettazione, l'Appaltatore sarà obbligato, dietro richiesta della Direzione Lavori, a prestarsi in ogni tempo alle prove sui materiali impiegati o da impiegarsi, nonché a quelle sui campioni, da prelevarsi in opera, sottostando a tutte le spese di prelevamento ed invio ad un laboratorio geotecnico debitamente riconosciuto. L'Appaltatore sarà inoltre tenuto a pagare le spese di dette prove, secondo le tariffe ufficiali. Dei campioni potrà essere ordinata la conservazione del competente Ufficio Dirigente, munendoli di sigilli e firma del Committente e dell'Appaltatore, nei modi più adatti a garantirne l'autenticità.

In particolare, per quanto riguarda gli elementi in rete metallica l'impresa è tenuta a produrre adeguata certificazione in originale comprovante le caratteristiche fisiche e meccaniche delle forniture.

Per l'accettazione del terreno di riempimento in considerazione dei requisiti previsti in progetto, il Committente potrà richiedere in qualsiasi momento l'esecuzione di analisi, già definite al Capitolo 2 della presente specifica.

Dopo la messa in opera di ogni strato il Committente potrà chiedere la verifica del grado di costipamento mediante prove di controllo della densità in situ e della densità di riferimento in laboratorio.

Le prove geotecniche in situ ed in laboratorio potranno essere eseguite dall'Appaltatore in proprio o tramite un laboratorio esterno in ogni caso approvato dal Committente. Le procedure saranno quelle previste dalle Norme ASTM/AASHTO e dalle raccomandazioni A.G.I. sulle prove di laboratorio geotecnico.

Tutti gli oneri relativi all'effettuazione e certificazione delle prove di cui al presente punto, nonché alle verifiche richieste dal Committente per costatare ogni eventuale deficienza e/o degradazione dell'opera e alle conseguenti riparazioni, devono intendersi a totale carico dell'Appaltatore.

Art. 40 – Gabbionate

I gabbioni risponderanno alle prescrizioni della Circolare n.2078 del 27.8.1962 del Consiglio Superiore dei LL.PP.; saranno di forma prismatica o cilindrica, e costituiti da maglie esagonali a doppia torsione.

Le dimensioni del filo delle maglie e dei tiranti, il peso e le capacità dei gabbioni verranno precisati, volta a volta dalla D.L. I fili metallici delle maglie, quelli per le cuciture ed i tiranti avranno zincatura forte, in ragione di 260-300 gr per ogni mq di superficie zincata e dovranno corrispondere alle Norme di cui alla Circolare summenzionata.

Le prove sui materiali dei gabbioni e sulla zincatura saranno eseguite a cura della D.L. ed a spese dell'Impresa, secondo le norme stabilite dalla Circolare sopra citata.

Il riempimento delle gabbionate verrà effettuato con pietrame e ciottoli (di dimensioni tali che non possano passare in alcun senso attraverso le maglie della rete), collocati a mano; le facce in vista saranno lavorate come prescritto per la muratura a secco e intendendosi tale onere compreso nel prezzo dell'opera finita.

Durante il collegamento verranno posti in opera i tiranti di attraversamento riuniti le opposte pareti e quelli riuniti le testate con le pareti.

I gabbioni utilizzati in cantiere, per fini strutturali, dovranno tassativamente essere provvisti di certificato di Idoneità Tecnica rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale a seguito dell'effettuazione delle procedure e delle prove previste nelle "Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione".

In alternativa all'Idoneità Tecnica presso il STC è possibile utilizzare gabbioni e reti metalliche ai fini strutturali se si è in possesso della necessaria marcatura CE con riferimento ad un ETA così come previsto dal Reg. (UE) 305/2011 e dalle NTC 2018 cap. 11.1 lett. C).

Art. 41 – Geotessile

A) geotessile con funzione drenante

Fornitura e posa a tergo del paramento in gabbioni di geotessile nontessuto costituito da filamenti continui spunbonded di fibre al 100% di polipropilene di colore bianco. L'unione delle fibre deve essere ottenuta mediante agugliatura meccanica. Il geotessile dovrà essere isotropo, atossico, completamente imputrescibile, resistente agli agenti chimici presenti nei terreni nelle normali concentrazioni, inattaccabile da insetti, muffe e microrganismi, compatibile con la calce ed il cemento, e rispondere alle seguenti caratteristiche minime:

Allungamento a rottura MD (EN ISO 10319) % ≤ 100

Allungamento a rottura CD (EN ISO 10319) % ≤ 40

Resistenza a trazione MD (EN ISO 10319) kN/m 21.5

Resistenza a trazione CD (EN ISO 10319) kN/m 21.5

Resistenza al punzonamento CBR (EN ISO 12236) N 3300

Permeabilità (battente idraulico di 10 cm – EN ISO 11058:1999) l/mq/sec 70

Dimensione dei pori (AOS O90 – EN ISO 12956:1999) μm 95

Test a caduta (\varnothing del foro) (EN ISO 13433) mm 17

Il fornitore, se in certificazione di qualità ISO-EN 9001:2000 come distributore di geosintetici, dovrà produrre per la DL una certificazione delle caratteristiche suddette dichiarando, inoltre, il nome del produttore, il luogo di destinazione delle merci, la ditta esecutrice dei lavori e le quantità fornite. In caso di azienda fornitrice non certificata ISO-EN 9001:2000 a tale scopo, le caratteristiche suddette saranno testate in laboratorio qualificato con minimo una prova per ogni caratteristica da certificare,

per ogni lotto di materiale consegnato, oppure certificate dal produttore stesso allegando copia della sua certificazione di qualità ISO-EN 9001:2000.

Il materiale sarà steso manualmente avendo cura di evitare la formazione di ondulazioni o grinze e sovrapponendo i teli contigui per una larghezza pari ad almeno a 20 cm fissato con graffe o picchetti metallici.

B) geotessile con funzione di rinforzo

Il telo "geotessile" avrà le seguenti caratteristiche:

– composizione: sarà costituito da polipropilene o poliestere senza l'impiego di collanti e potrà essere realizzato con le seguenti caratteristiche costruttive:

- 1) con fibre a filo continuo;
- 2) con fibre intrecciate con il sistema della tessitura industriale a "trama ed ordito";
- 3) con fibre di adeguata lunghezza intrecciate mediante agugliatura meccanica.

Il telo "geotessile" dovrà altresì avere le seguenti caratteristiche fisico-meccaniche:

- coefficiente di permeabilità: per filtrazioni trasversali, compreso fra 10-3 e 10-1 cm/sec (tali valori saranno misurati per condizioni di sollecitazione analoghe a quelle in sito);
- resistenza a trazione: misurata su striscia di 5 cm di larghezza non inferiore a 300 N / 5cm¹, con allungamento a rottura compreso fra il 10 % e il 25 %.

Qualora nei tratti in trincea o in rilevato il telo debba assolvere anche funzione di supporto per i sovrastanti strati (anche di pavimentazione), la Direzione dei Lavori potrà richiedere che la resistenza a trazione del telo impiegato sia non inferiore a 600 N / 5 cm, 1200 N / 5 cm ovvero a 1500 N/5cm, fermi restando gli altri requisiti.

Per la determinazione del peso e dello spessore del "geotessile" occorre effettuare le prove di laboratorio secondo le Norme C.N.R. pubblicate sul B.U. n. 110 del 23.12.1985 e sul B.U. n. 111 del 24.12.1985.

CAPO 11) PAVIMENTAZIONI

Art. 42 – Sovrastruttura stradale

(strati di fondazione, di base, di collegamento, di usura, massicciate di pietrisco e trattamenti superficiali)

In linea generale, salvo diverse disposizioni della Direzione dei Lavori, la sagoma stradale per tratti in rettilineo sarà costituita da due falde inclinate in senso opposto aventi pendenza trasversale del 2%, raccordate in asse da arco di cerchio avente tangente di m. 0,50. Alle banchine sarà invece assegnata la pendenza trasversale del 2,50%.

Per le sedi unidirezionali delle strade a 4 corsie, nei tratti in rettilineo, si adotterà di norma la pendenza trasversale del 2%.

Le curve saranno convenientemente rialzate sul lato esterno con pendenza che la Direzione dei Lavori stabilirà in relazione al raggio di curva e con gli opportuni tronchi di transizione per il raccordo della sagoma in curva con quella dei rettilinei o altre curve precedenti e seguenti.

Il tipo e lo spessore dei vari strati, costituenti la sovrastruttura, saranno quelli stabiliti, tratto a tratto, dalla Direzione dei Lavori, in base ai risultati delle indagini geotecniche e di laboratorio.

L'Impresa indicherà alla Direzione dei Lavori i materiali, le terre e la loro provenienza, e le granulometrie che intende impiegare strato per strato, in conformità degli articoli che seguono.

La Direzione dei Lavori ordinerà prove su detti materiali, o su altri di sua scelta, presso il Laboratorio del Centro Sperimentale Stradale dell'A.N.A.S. o presso altri Laboratori ufficiali.

Per il controllo delle caratteristiche tali prove verranno, di norma, ripetute sistematicamente durante l'esecuzione dei lavori nei laboratori di cantiere.

L'approvazione della Direzione dei Lavori circa i materiali, le attrezzature, i metodi di lavorazione, non solleva l'Impresa dalla responsabilità circa la buona riuscita del lavoro.

L'Impresa avrà cura di garantire la costanza, nella massa e nel tempo, delle caratteristiche delle miscele, degli impasti e della sovrastruttura resa in opera.

Salvo non sia diversamente disposto dagli articoli che seguono, la superficie finita della pavimentazione non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm controllata a mezzo di un regolo lungo m. 4,50, disposto secondo due direzioni ortogonali; è ammessa una tolleranza in più o in meno del 3%, rispetto agli spessori di progetto, purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

A) Strati di fondazione

A 1) Risanamento in sottofondazione

In caso di presenze di terreni argillosi di caratteristiche scadenti o imbibiti d'acqua potrà essere eseguita una sottofondazione o risanamento.

Il materiale da impiegarsi potrà essere costituito da sabbia di fiume o di cava, da materiali di opportuna qualità proveniente dagli scavi, da ghiaia di fiume o di cava o da altri materiali ritenuti idonei dalla Direzione Lavori.

Per la posa in opera di questi materiali si seguirà nelle norme prescritte per la posa in opera della fondazione in misto granulare soprattutto in relazione alle modalità di compattazione.

In generale il risanamento, qualora sia possibile, sarà scaricato con un opportuno drenaggio per evitare ristagni di acqua.

A tale scopo il piano d'appoggio sarà opportunamente sagomato in modo da favorire il deflusso delle acque.

A 2) Fondazione in misto granulare.

Tale fondazione è costituita da una miscela di materiali granulari (misto granulare) stabilizzati per granulometria con l'aggiunta o meno di legante naturale, il quale è costituito da terra passante al setaccio 0,4 UNI.

L'aggregato potrà essere costituito da ghiaia, detriti di cava frantumato, scorte o anche da altro materiale. Potrà essere: materiale reperito in sito, entro o fuori cantiere, oppure miscela di materiale aventi provenienza diversa, in proporzioni stabilite attraverso una indagine preliminare di laboratorio e di cantiere.

Lo spessore da assegnare alla fondazione sarà fissato dalla Direzione dei Lavori in relazione alla portanza del sottofondo; la stesa avverrà in strati successivi, ciascuno dei quali non dovrà mai avere uno spessore finito superiore a cm. 20 e non inferiore a cm. 10.

A 2.1) Caratteristiche del materiale da impiegare.

Il materiale in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione, risponderà alle caratteristiche seguenti:

- 1) l'aggregato non deve avere dimensioni superiori a 75 mm, né forma appiattita, allungata o lenticolare in quantità superiore al 30%;
- 2) granulometria compresa nel seguente fuso e avente andamento continuo e uniforme praticamente concorde a quello delle curve limiti:

Serie crivelli e setacci U.N.I.

Miscela passante % totale in peso

Crivello 75	100
Crivello 60	75 - 100
Crivello 45	60 - 87
Crivello 30	35 - 67
Crivello 15	25 - 55
Setaccio 7,5	15 - 40
Setaccio 4,75	7 - 22
Setaccio 2,0	2 - 10

- 3) rapporto tra il passante al setaccio 0,075 ed il passante al setaccio 0,4 inferiore a 2/3;
- 4) perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature inferiore al 30%;
- 5) equivalente in sabbia (N.4 ASTM. La prova va eseguita con dispositivo meccanico di scuotimento) misurato sulla frazione passante al setaccio 4 ASTM, compreso tra 25 e 65. Tale controllo dovrà anche essere eseguito per materiale prelevato dopo costipamento. Il limite superiore dell'equivalente in sabbia (65) potrà essere variato dalla D.L. in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale. Per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso fra 25 e 35, la Direzione Lavori richiederà in ogni caso (anche se la miscela contiene più del 60% in peso di elementi frantumati) la verifica dell'indice di portanza CBR di cui al successivo comma 6;
- 6) indice di portanza CBR (ASTM D 1883/61-T oppure UNI EN 13286-47:2012 - Prove sui materiali stradali; indice di portanza C.B.R. di una terra) dopo 4 giorni di imbibizione di acqua (eseguito sul materiale passante al crivello 25) non minore di 50. E' inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di $\pm 2\%$ rispetto all'umidità ottima di costipamento. Se le miscele contengono oltre il 60% in peso di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti commi 1), 2), 4), 5), salvo nel caso citato al comma 5) in cui la miscela abbia equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35.

A 2.3) Studi preliminari.

Le caratteristiche suddette dovranno essere accertate dalla D.L. mediante prove di laboratorio sui campioni che l'Impresa avrà cura di presentare a tempo opportuno.

Contemporaneamente l'Impresa dovrà indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata. I requisiti di accettazione verranno inoltre accertati con controlli dalla D.L. in corso d'opera, prelevando il materiale in sito già miscelato, prima e dopo effettuato il costipamento.

A 2.4) Modalità esecutive.

Il piano di posa dello strato dovrà avere le quote, la sagoma ed i requisiti di compattezza prescritti ed essere ripuliti da materiale estraneo.

Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 20 cm. e non inferiore a 10 cm. e dovrà presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazioni dei suoi componenti.

L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato. Verificandosi comunque un eccesso di umidità, o danno dovuti al gelo, lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria.

Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi. L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento verranno, per ogni cantiere, determinate dalla D.L., con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto in quel cantiere (prove di costipamento).

Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 95% della densità massima fornita dalla prova AASHO modificata (AASHO T 180-57 metodo D) con esclusione della sostituzione degli elementi trattenuti al setaccio 3/4". Se la misura in sito riguarda materiale contenente fino al 25% in peso di elementi di dimensioni maggiori di 25 mm. la densità ottenuta verrà corretta in base alla formula:

$$dr = di \cdot \frac{Pc(100 - x)}{100 \cdot Pc - x \cdot di}$$

dove:

dr = densità miscela ridotta degli elementi di dimensione superiore a 25 mm.

da paragonare a quella AASHO modificata determinata in laboratorio;

di = densità della miscela intera;

Pc = peso specifico degli elementi di dimensione > 25 mm;

Xc = percentuale in peso degli elementi di dimensione > 25 mm.

La suddetta formula di trasformazione potrà essere applicata anche nel caso di miscele contenenti una percentuale in peso di elementi di dimensione superiore a 35 mm compresa tra il 25 ed il 40%.

In tal caso nella stessa formula, al termine x, dovrà essere sempre dato il valore 25 (indipendentemente dalla effettiva percentuale in peso di trattenuto al crivello da 25 mm.)

Il valore del modulo di deformazione Md, misurato con il metodo di cui all'art. 4, ma nell'intervallo compreso fra 0,15 e 0,25 N/mm² non dovrà essere inferiore ad 80 N/mm².

La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, controllato a mezzo di un regolo di m. 4,50 di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

Lo spessore dovrà essere quello prescritto con una tolleranza in più o in meno del 5%, purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

Sullo strato di fondazione compattato in conformità delle prescrizioni indicate, è buona norma procedere subito alla esecuzione delle pavimentazioni, senza far trascorrere, cioè, tra le due fasi di lavoro un intervallo di tempo troppo lungo che potrebbe recare pregiudizio ai valori di portanza conseguiti dallo strato di fondazione a costipamento ultimato. Ciò allo scopo di eliminare i fenomeni di allentamento e di asportazione del materiale fine legante e di disgregazione, interessanti almeno la parte superficiale degli strati di fondazione che non siano adeguatamente protetti dal traffico di cantiere, ovvero dagli agenti atmosferici; nel caso in cui non sia possibile procedere immediatamente dopo la stesa dello strato di fondazione alla realizzazione delle pavimentazioni, sarà opportuno procedere alla stesa di una mano di emulsione saturata con graniglia a protezione della superficie superiore dello strato di fondazione oppure eseguire analoghi trattamenti protettivi.

A 3) Fondazione (sottobase) in misto cementato

A 3.1) Descrizione

Il misto cementato per fondazione (sottobase) sarà costituito da una miscela di inerti lapidei, impastata con cemento e acqua in impianto centralizzato con dosatori a peso o a volume, da stendersi in un unico strato, dello spessore previsto in progetto.

A 3.2) Caratteristiche dei materiali da impiegare.

A 3.2.1) Inerti:

Saranno impiegate ghiaie e sabbie di cava e/o di fiume con percentuale di frantumato complessiva compresa tra il 30 ed il 60% in peso sul totale degli inerti. (La D.L. potrà permettere l'impiego di quantità di materiale frantumato superiore al limite stabilito; in questo caso la miscela finale dovrà essere tale da presentare le stesse resistenze a compressione e a trazione a 7 giorni prescritte nel seguito; questo risultato potrà ottenersi aumentando la percentuale delle sabbie presenti nella miscela e/o la quantità di passante allo 0,075 mm.).

Gli inerti avranno i seguenti requisiti:

- 1) Aggregato di dimensioni non superiori a 40 mm, né di forma appiattita, allungata o lenticolare.
- 2) Granulometria compresa nel seguente fuso ed avente andamento continuo ed uniforme:

Serie crivelli e setacci U.N.I.

passante % totale in peso

Crivello 40	100
" 30	80 - 100
" 25	72 - 90
" 15	53 - 70
" 10	40 - 55
" 5	28 - 40
Setaccio 2	18 - 30
" 0,4	8 - 18
" 0,18	6 - 14
" 0,075	5 - 10

- 3) perdita in peso alla prova Los Angeles non superiore a 30
- 4) Equivalente in sabbia compreso fra 30 e 60
- 5) Indice di plasticità non determinabile (materiale non plastico).

L'Impresa, dopo aver eseguito prove di laboratorio, dovrà proporre alla D.L. la composizione da adottare e successivamente la osservanza della granulometria dovrà essere assicurata con esami giornalieri.

Verrà ammessa una tolleranza di ± 5 punti % fino al passante al crivello n. 5 e di ± 2 punti % per il passante al setaccio 2 e inferiori, purché non vengano superati i limiti del fuso.

A 3.2.3) Legante:

Verrà impiegato cemento normale (Portland, pozzolanico, d'altoforno). A titolo indicativo la percentuale di cemento sarà compresa tra il 2,5% e il 3,5% in peso sul peso degli inerti asciutti.

A 3.2.4) Acqua:

Dovrà essere esente da impurità dannose, oli acidi, alcali, materia organica e qualsiasi altra sostanza nociva. La quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento con una variazione compresa entro $\pm 2\%$ del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze appresso indicate.

A 3.3) Studio della miscela in laboratorio

La percentuale esatta di cemento, come pure la percentuale di acqua, saranno stabilite in relazione alle prove di resistenza appresso indicate:

verrà eseguita la prova di resistenza a compressione ed a trazione sui provini cilindrici confezionati entro stampi (UNI EN 13286-47:2012) impiegati senza disco spaziatore (altezza 17,78 cm diametro 15,24 cm., volume 3242 cmc); per il confezionamento dei provini gli stampi verranno muniti di collare di prolunga allo scopo di consentire il regolare costipamento dell'ultimo strato con la consueta eccedenza di circa 1 cm rispetto all'altezza dello stampo vero e proprio. Tale eccedenza dovrà essere eliminata, previa rimozione del collare suddetto e rasatura dello stampo, affinché l'altezza del provino risulti

definitivamente = 17.78 cm. La miscela di studio verrà preparata partendo da tutte le classi previste per gli inerti, mescolandole tra loro, con il cemento e l'acqua nei quantitativi necessari ad ogni singolo provino. Comunque prima di immettere la miscela negli stampi si opererà una vagliatura sul crivello UNI 25 mm (o setaccio ASTM) 3/4") allontanando gli elementi trattenuti (di dimensione superiore a quella citata) con la sola pasta di cemento ad essi aderente.

La miscela verrà costipata su 5 strati con il pestello e l'altezza di caduta di cui alla norma AASHTO T 180 e 85 colpi per strato, in modo da ottenere una energia di costipamento pari a quella della prova citata (diametro pestello mm. 50,8, peso pestello Kg. 4,45, altezza di caduta cm. 45,7).

I provini dovranno essere estratti dallo stampo dopo 24 ore e portati successivamente a stagionatura per altri 6 giorni in ambiente umido (umidità relativa non inferiore al 90% e temperatura di circa 20° C); in caso di confezione in cantiere la stagionatura si farà in sabbia mantenuta umida.

Operando ripetutamente nel modo suddetto, con l'impiego di percentuali in peso d'acqua diverse (sempre riferite alla miscela intera, compreso quanto eliminato per vagliatura sul crivello da 25 mm) potranno essere determinati i valori necessari al tracciamento dei diagrammi di studio.

Lo stesso dicasi per le variazioni della percentuale di legante.

I provini confezionati come sopra detto dovranno avere resistenze a compressione a 7 giorni non minori di 25 Kg/cm² e non superiori a 45 Kg/cm² ed a trazione secondo la prova "brasiliiana" non inferiori a 2,5 Kg/cm². Questi valori per la compressione e la trazione devono essere ottenuti nella media di 3 provini, se ciascuno dei singoli valori non si scosta dalla media stessa di \pm 15%, altrimenti dalla media dei due restanti dopo aver accertato il valore anomalo). Da questi dati di laboratorio dovranno essere scelti la curva, la densità e le resistenze di progetto da usare come riferimento nelle prove di controllo.

A 3.4) Preparazione

La miscela verrà confezionata in appositi impianti centralizzati con dosatori a peso o volume. La dosatura dovrà essere effettuata sulla base di un minimo di tre assortimenti ed il controllo della stessa dovrà essere eseguito almeno ogni 1500 mc di miscela.

A 3.5) Posa in opera

La miscela verrà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accertata dalla D.L. la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti.

La stesa verrà eseguita impiegando finitrici vibranti. Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli lisci vibranti e rulli gommati (oppure rulli misti vibranti e gommati), tutti semoventi.

L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento verranno, per ogni cantiere, determinate dalla D.L. su una stesa sperimentale, usando le miscele preventivamente studiate.

Potrà essere ammessa la stesa con moto livellatrice (greder) purché comunque la superficie finita risulti sufficientemente regolare.

La stesa della miscela non dovrà di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 0° e superiori a 25°C e non sotto la pioggia. Potrà tuttavia essere consentita la stesa a temperature comprese tra i 25° C e i 30° C. In questo caso però sarà necessario proteggere da evaporazione la miscela durante il trasporto dall'impianto di miscelazione al luogo di impiego (ad esempio con teloni); sarà inoltre necessario provvedere ad abbondante bagnatura del piano di posa del misto cementato. Infine le operazioni di costipamento e di stesa dello strato di protezione con emulsione bituminosa dovranno essere eseguite immediatamente dopo la stesa della miscela.

Le condizioni ideali di lavoro si hanno con temperature di 15° C + 18°C ed umidità relative del 50% circa; temperature superiori saranno ancora accettabili con umidità relative anch'esse crescenti; comunque è opportuno, anche per temperature inferiori alla media, che la umidità relativa all'ambiente non scenda al di sotto del 15% in quanto ciò potrebbe provocare ugualmente una eccessiva evaporazione del getto.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non dovrà superare di norma 1 - 2 ore per garantire la continuità della struttura.

Particolari accorgimenti dovranno adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali di ripresa, che andranno protetti con fogli di polistirolo espanso (o materiale similare) e conservati umidi.

Il giunto di ripresa sarà ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola, e togliendo la tavola stessa al momento della ripresa del getto; se non si fa uso della tavola, sarà necessario, prima della ripresa del getto, provvedere a tagliare l'ultima parte del getto precedente, in modo che si ottenga una parete verticale di tutto lo spessore dello strato. Non saranno eseguiti altri giunti, all'infuori di quelli di ripresa. Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause dovranno essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

A 3.6) Protezione superficiale

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura dovrà essere eseguito lo stendimento di un velo protettivo di emulsione bituminosa al 55% in ragione di 1-2 Kg/m², in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto, e successivo spargimento di sabbia.

A 3.7) Norme di controllo delle lavorazioni e di accettazione

La densità in sito dovrà essere maggiore o uguale al 97% della densità di progetto.

Il controllo di detta densità dovrà essere eseguito con cadenza giornaliera (almeno 1 prova per giornata lavorativa) prelevando il materiale durante la stessa ovvero prima dell'indurimento; la densità in sito si effettuerà mediante i normali procedimenti a volumometro, con l'accorgimento di eliminare dal calcolo, sia del peso che del volume, gli elementi di dimensione superiore a 25 mm.

Ciò potrà essere ottenuto attraverso l'applicazione della formula di trasformazione di cui all'art. 33 oppure attraverso una misura diretta consistente nella separazione mediante vagliatura degli elementi di pezzatura maggiore di 25 mm e nella loro sistemazione nel cavo di prelievo prima di effettuare la misura col volumometro.

La sistemazione di questi elementi nel cavo dovrà essere effettuata con cura, elemento per elemento, per evitare la formazione di cavità durante la misurazione del volume del cavo stesso.

Il controllo della densità potrà anche essere effettuato sullo strato finito (almeno con 15-20 giorni di stagionatura), su provini estratti tramite carotatrice da quest'ultimo; la densità secca verrà ricavata come rapporto tra il peso della carota essiccata in

stufa a 105 - 110°C fino al peso costante, ed il suo volume ricavato per mezzo di pesata idrostatica previa paraffinatura del provino; in questo caso la densità dovrà risultare non inferiore al 100% della densità di progetto.

Nel corso delle prove di densità verrà anche determinata l'umidità della miscela che, per i prelievi effettuati alla stesa, non dovrà eccedere le tolleranze indicate al punto b) del presente articolo.

La resistenza a compressione e a trazione verrà controllata su provini confezionati e stagionati in maniera del tutto simile a quelli di studio preparati in laboratorio prelevando la miscela durante la stesa e prima del costipamento definitivo, nella quantità necessaria per il confezionamento di 6 provini (3 per le rotture a compressione e 3 per quelle a trazione), previa la vagliatura al crivello da 25 mm. Questo prelievo dovrà essere effettuato almeno ogni 1500 mc di materiale costipato.

La resistenza a 7 giorni di ciascun provino preparato con la miscela stesa non dovrà discostarsi da quella di riferimento preventivamente determinata in laboratorio di oltre + 20%, e comunque non dovrà mai essere inferiore a 25Kg/cmq per la compressione e 2,5 Kg/cmq per la trazione.

La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre un centimetro, controllato a mezzo di un regolo di m.4,50 di lunghezza, disposto secondo due direzioni ortogonali, e tale scostamento non potrà essere che saltuario.

Qualora si riscontri un maggior scostamento dalla sagoma di progetto non è consentito il ricarico superficiale e l'Impresa dovrà rimuovere a sua totale cura e spesa lo strato per il suo intero spessore.

B) Strato di base

Generalità

Tutte le miscele bituminose utilizzate in cantiere devono rispettare le prescrizioni della norma europea UNI EN 13108, in tutte le sue parti, a seconda della tipologia di miscela bituminosa che si intende mettere in opera. In particolare, per quanto riguarda il conglomerato bituminoso prodotto a caldo, si faccia riferimento alla UNI EN 13108-1: lo scopo di tale norma è di specificare il conglomerato bituminoso a caldo sulla base delle prestazioni; il conglomerato bituminoso prodotto a caldo è utilizzato per strati superficiali d'usura, strati di collegamento e strati di base. La UNI EN 13108-1 include i requisiti per la scelta dei materiali costituenti ed è pensata per essere consultata congiuntamente alla EN 13108-20 e EN 13108-21, le quali si occupano di definire, rispettivamente, le procedure per le prove di tipo da utilizzare per la valutazione e la verifica della costanza della prestazione (AVCP) delle miscele bituminose, e i requisiti di qualità e quelli del controllo di produzione in fabbrica per l'impiego, durante la lavorazione, di miscele bituminose.

Tutte le miscele bituminose accettate in cantiere dovranno essere marchiate CE o, in alternativa dovranno essere sottoposte alle medesime prove previste per la marchiatura e dovranno risultare conformi.

La bolla di consegna deve contenere almeno le informazioni seguenti relative all'identificazione:

- fabbricante e impianto di miscelazione
- codice di identificazione della miscela
- modalità per ottenere dettagli completi per dimostrare la conformità alla norma europea vigente
- designazione della miscela riportata come in esempio

CB	D	Usura/base/binder	legante
----	---	-------------------	---------

dove

CB indica il conglomerato bituminoso prodotto a caldo

D è la dimensione del setaccio superiore

legante indica il grado o la classe del legante nel prodotto finale (grado di penetrazione del bitume utilizzato)

La designazione della miscela deve corrispondere a quella prescritta da progetto e/o concordata preventivamente con la Direzione Lavori.

Il Direttore dei Lavori è tenuto a rifiutare il materiale che non corrisponda alle caratteristiche richieste e che non risulti certificato.

B 1) Descrizione

Lo strato di base è costituito dal misto granulare di frantumato, ghiaia, sabbia ed eventuale additivo (secondo le definizioni riportate nell'art.1 delle norme C.N.R. sui materiali stradali - fascicolo IV/1953) normalmente dello spessore di 10 cm, impastato con bitume a caldo previo preriscaldamento degli aggregati, steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli vibranti gommati e/o metallici.

Lo spessore della base è prescritto nei tipi di progetto, salvo diverse indicazioni della D.L.

B 2) Materiali inerti

I requisiti di accettazione degli inerti impiegati nei conglomerati bituminosi per lo strato di base dovranno essere conformi alle prescrizioni contenute nel fascicolo IV delle norme C.N.R. - 1953.

Per il prelevamento dei campioni destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione così come per le modalità di esecuzione delle prove stesse, valgono le prescrizioni contenute nel fascicolo VI delle norme C.N.R. - 1953, con l'avvertenza che la prova per la determinazione della perdita in peso sarà fatta col metodo Los Angeles secondo le norme B.U. C.N.R. n.34 (28-3-1973) anziché col metodo DEVAL.

L'aggregato grosso sarà costituito da frantumati (nella misura che di volta in volta sarà stabilita a giudizio della D.L. e che comunque non potrà essere inferiore al 30% della miscela degli inerti) e da ghiaie che dovranno rispondere al seguente requisito:

- perdita di peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature inferiore al 25%.

In ogni caso gli elementi dell'aggregato dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, durevoli, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei; inoltre non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

L'aggregato fino sarà costituito in ogni caso da sabbie naturali e di frantumazione (la percentuale di queste ultime sarà prescritta di volta in volta dalla D.L. in relazione ai valori di scorrimento delle prove Marshall, ma comunque non dovrà essere inferiore al 30% della miscela delle sabbie) che dovranno rispondere al seguente requisito:

- equivalente in sabbia determinato secondo norma B.U. CNR n.27 (30.3.1972) superiore a 50.

Gli eventuali additivi provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, polveri d'asfalto, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- setaccio uni 0,18 (ASTM n.80): % passante in peso: 100

- setaccio UNI 0,075 (ASTM n.200): % passante in peso: 90

La granulometria dovrà essere eseguita per via umida.

B 3) Legante

Il bitume dovrà essere del tipo di penetrazione 60-70.

Esso dovrà avere i requisiti prescritti dalle "Norme per l'accettazione dei bitumi" del C.N.R. - fasc. II/1951, per il bitume 60 - 80, salvo il valore di penetrazione a 25°, che dovrà essere compreso fra 60 e 70, ed il punto di rammollimento., che dovrà essere compreso fra 47 °C e 56° C.

Per la valutazione delle caratteristiche seguenti si useranno le normative di seguito indicate:

penetrazione	B.U. CNR n° 24 del 29.12.1971
punto di rammollimento P.A.	B.U. CNR n° 35 del 22.11.1973
punto di rottura Fraas	B.U. CNR n° 43 del 05.05.1974
duttilità	B.U. CNR n° 44 del 29.10.1974
volatilità	B.U. CNR n° 50 del 17.03.1976

Il bitume dovrà avere inoltre un indice di penetrazione, calcolato con la formula appresso riportata, compreso fra -1,0 e +1,0:

$$\text{indice di penetrazione} = \frac{20 \frac{u - 500}{V}}{u + 50 V}$$

dove:

u = temperatura di rammollimento alla prova "palla-anello" in gradi centigradi - 25 °C -25°C;

v = log. 800 - log. penetrazione bitume in dmm a 25°C.

B 4) Miscela

La miscela degli aggregati da adottarsi dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel seguente fuso:

Serie crivelli e setacci U.N.I.

Passante % totale in peso

Crivello 40	100
Crivello 30	80 - 100
Crivello 25	70 - 95
Crivello 15	45 - 70
Crivello 10	35 - 60
Crivello 5	25 - 50
Setaccio 2	20 - 40
Setaccio 0,4	6 - 20
Setaccio 0,18	4 - 14
Setaccio 0,075	4 - 8

Il tenore di bitume dovrà essere compreso tra il 3,5% ed il 4,5% riferito al peso totale degli aggregati.

Il conglomerato dovrà avere i seguenti requisiti:

- il valore della stabilità Marshall-Prova B.U. CNR n.30 (15.3.1973) eseguita a 60°C su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia, dovrà risultare non inferiore a 700 Kg; inoltre il valore della rigidità Marshall, cioè il rapporto tra la stabilità misurata in Kg e lo scorrimento misurato in mm dovrà essere superiore a 250;

- gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa fra 4% e 7%.

provinci per le misure di stabilità e rigidità anzidette dovranno essere confezionati presso l'impianto di produzione e/o presso la stesa.

La temperatura di compattazione dovrà essere uguale o superiore a quella di stesa; non dovrà però superare quest'ultima di oltre 10°C.

B 5) Controllo dei requisiti di accettazione

L'Impresa ha l'obbligo di fare eseguire prove sperimentali sui campioni di aggregato e di legante, per la relativa accettazione.

L'Impresa è poi tenuta a presentare con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione, la composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati in laboratorio, attraverso i quali l'Impresa ha ricavato la ricetta ottimale.

La D.L. si riserva di approvare i risultati prodotti o di fare eseguire nuove ricerche. L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Impresa, relativa al raggiungimento dei requisiti finale dei conglomerati in opera.

Una volta accettata dalla D.L. la composizione proposta, l'Impresa dovrà ad essa attenersi rigorosamente comprovandone l'osservanza con esami giornalieri. Non sarà ammessa una variazione del contenuto di aggregato grosso superiore a ±5% e di sabbia superiore a ±3% sulla percentuale corrispondente alla curva granulometrica prescelta, e di ±1,5 sulla percentuale di additivo.

Per la quantità di bitume non sarà tollerato uno scostamento dalla percentuale stabilita superiore a ±0,3%.

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto come pure dall'esame delle carote prelevate in sito.

In ogni cantiere di lavoro dovrà essere installato su richiesta delle D.L., a cura e spese dell'Impresa un laboratorio idoneamente attrezzato per le prove ed i controlli in corso di produzione, condotto da personale appositamente addestrato.

In quest'ultimo laboratorio dovranno essere effettuate, quando necessarie, ed almeno con frequenza giornaliera:

-la verifica granulometrica dei singoli aggregati approvvigionati in cantiere e quella degli aggregati stessi all'uscita dei vagli di riclassificazione;

-la verifica della composizione del conglomerato (granulometria, degli inerti, percentuale del bitume, percentuale di additivo) prelevando il conglomerato all'uscita del mescolatore o a quella della tramoggia di stoccaggio;
-la verifica delle caratteristiche Marshall del conglomerato e precisamente:
peso di volume (B.U. CNR n.40 del 30.3.1973) determinato come media di due prove;
percentuale di vuoti (B.U. CNR n.39 del 23.3.1973), determinata come media di due prove;
stabilità e rigidità Marshall.
Inoltre con la frequenza necessaria saranno effettuati periodici controlli delle bilance, delle tarature dei termometri dell'impianto, la verifica delle caratteristiche del bitume, la verifica dell'umidità residua degli aggregati minerali all'uscita dall'essiccatore ed ogni altro controllo ritenuto opportuno.
In cantiere dovrà essere tenuto apposito registro numerato e vidimato dalla D.L. sul quale l'Impresa dovrà giornalmente registrare tutte le prove ed i controlli effettuati.
In corso d'opera ed in ogni fase delle lavorazioni la D.L. effettuerà a sua discrezione, tutte le verifiche, prove e controlli, atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

B 6) Formulazione e confezione delle miscele

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.
La produzione di ciascun impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati; resta pertanto escluso l'uso dell'impianto a scarico diretto.
L'impianto dovrà comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto.
Il dosaggio dei componenti della miscela dovrà essere eseguito a peso mediante idonea apparecchiatura la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.
Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione, nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.
La zona destinata all'ammannimento degli inerti sarà preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.
Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.
Il tempo di mescolazione effettivo sarà stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto e dell'effettiva temperatura raggiunta dai componenti la miscela, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante; comunque esso non dovrà mai scendere al di sotto dei 20 secondi.
La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione dovrà essere compresa tra 150 e 170°C, e quella del legante tra 150 e 180°C, salvo diverse disposizioni della D.L. in rapporto al tipo di bitume impiegato.
Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.
L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà di norma superare lo 0,5%.

B 7) Posa in opera delle miscele

La miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della fondazione dopo che sia stata accertata dalla D.L. la rispondenza di quest'ultima ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati nei precedenti articoli relativi alle fondazioni stradali in misto granulare ed in misto cementato.
Prima della stesa del conglomerato su strati di fondazione in misto cementato, per garantire l'ancoraggio, dovrà essere provveduto alla rimozione della sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione bituminosa stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso.
Procedendo alla stesa in doppio strato, i due strati dovranno essere sovrapposti nel più breve tempo possibile; tra di essi dovrà essere interposta una mano d'attacco di emulsione bituminosa in ragione di 0,5 Kg/mq.
La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibro finitrici dei tipi approvati dalla D.L., in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di auto livellamento.
Le vibro finitrici dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazioni degli elementi litoidi più grossi.
Nella stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di 2 o più finitrici.
Qualora ciò non sia possibile, il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spalmato con emulsione bituminosa per assicurare la saldatura della striscia successiva.
Se il bordo risulterà danneggiato od arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.
I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzerramento.
La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno cm.20 e non cadano mai in corrispondenza delle 2 fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.
Il trasporto del conglomerato dell'impianto di confezione al cantiere di stesa dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni.
La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 130°C.
La stesa dei conglomerati dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro; gli strati eventualmente compromessi (con densità inferiori a quelle richieste) dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a cura e spese dell'Impresa.
La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare appena stesi dalla vibro finitrice e condotta a termine senza soluzione di continuità.

La compattazione sarà realizzata a mezzo di rulli gommati o vibranti gommati con l'ausilio di rulli a ruote metalliche, tutti in numero adeguato ed aventi idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

Al termine della compattazione lo strato di base dovrà avere una densità uniforme in tutto lo spessore non inferiore al 97% di quella Marshall dello stesso giorno, rilevata all'impianto od alla stesa. Tale valutazione sarà eseguita sulla produzione giornaliera secondo norma B.U. CNR n.40 (30 marzo 1973), su carote di 15 cm di diametro; il valore risulterà dalla media di due prove.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie degli strati dovrà presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m. posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato dovrà aderirvi uniformemente.

Saranno tollerati scostamenti contenuti nel limite di 10 mm.

Il tutto nel rispetto degli spessori e delle sagome del progetto.

C) Strati di collegamento (Binder) e di usura

Generalità

Tutte le miscele bituminose utilizzate in cantiere devono rispettare le prescrizioni della norma europea UNI EN 13108, in tutte le sue parti, a seconda della tipologia di miscela bituminosa che si intende mettere in opera. In particolare, per quanto riguarda il conglomerato bituminoso prodotto a caldo, si faccia riferimento alla UNI EN 13108-1: lo scopo di tale norma è di specificare il conglomerato bituminoso a caldo sulla base delle prestazioni; il conglomerato bituminoso prodotto a caldo è utilizzato per strati superficiali d'usura, strati di collegamento e strati di base. La UNI EN 13108-1 include i requisiti per la scelta dei materiali costituenti ed è pensata per essere consultata congiuntamente alla EN 13108-20 e EN 13108-21, le quali si occupano di definire, rispettivamente, le procedure per le prove di tipo da utilizzare per la valutazione e la verifica della costanza della prestazione (AVCP) delle miscele bituminose, e i requisiti di qualità e quelli del controllo di produzione in fabbrica per l'impiego, durante la lavorazione, di miscele bituminose.

Tutte le miscele bituminose accettate in cantiere dovranno essere marchiate CE o, in alternativa dovranno essere sottoposte alle medesime prove previste per la marchiatura e dovranno risultare conformi.

La bolla di consegna deve contenere almeno le informazioni seguenti relative all'identificazione:

- fabbricante e impianto di miscelazione
- codice di identificazione della miscela
- modalità per ottenere dettagli completi per dimostrare la conformità alla norma europea vigente
- designazione della miscela riportata come in esempio

CB	D	Usura/base/binder	legante
----	---	-------------------	---------

dove

CB indica il conglomerato bituminoso prodotto a caldo

D è la dimensione del setaccio superiore

legante indica il grado o la classe del legante nel prodotto finale (grado di penetrazione del bitume utilizzato)

La designazione della miscela deve corrispondere a quella prescritta da progetto e/o concordata preventivamente con la Direzione Lavori.

Il Direttore dei Lavori è tenuto a rifiutare il materiale che non corrisponda alle caratteristiche richieste e che non risulti certificato.

C 1) Descrizione

La parte superiore della sovrastruttura stradale sarà, in generale, costituita dal doppio strato di conglomerato bituminoso steso a caldo, e precisamente da uno strato inferiore di collegamento (binder) e da uno strato superiore di usura secondo quanto stabilito dal progetto o dalla D.L.

Il conglomerato per ambedue gli strati sarà costituito da una miscela di pietrischetti, graniglie, sabbie ed additivi (secondo le definizioni riportate nell'art.1 del "Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, della sabbia, degli additivi per costruzioni stradali" del CNR fascicolo 4/1953, mescolati con bitume a caldo, e verrà steso in opera mediante macchina vibro finitrice e compattata con rulli gommati lisci.

C 2) Materiali inerti

Il prelievo dei campioni di materiali inerti, per il controllo dei requisiti di accettazione appresso indicati, verrà effettuato secondo le norme CNR Capitolo II del fascicolo IV/1953.

Per il prelevamento dei campioni destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione così come per le modalità di esecuzione delle prove stesse, valgono le prescrizioni contenute nel fascicolo IV delle Norme CNR/1953, con l'avvertenza che la prova per la determinazione della perdita in peso sarà fatta col metodo Los Angeles secondo le norme B.U. CNR n.34 (28 marzo 1973) anziché con il metodo DEVAL.

L'aggregato grosso (pietrischetti e graniglie) dovrà essere ottenuto per frantumazione ed essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, approssimativamente poliedrici, con spigoli vivi, superficie ruvide, puliti ed esenti da polvere o da materiale estraneo.

L'aggregato grosso sarà costituito da pietrischetti e graniglie che potranno anche essere di provenienza o natura petrografica diversa, purché alle prove appresso elencate, eseguite su campioni rispondenti alla miscela che si intende formare, risponda ai seguenti requisiti.

Per strati di collegamento:

- perdita di peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo le norme ASTM C131 - AASHTO T96, inferiore al 25%;
- indice dei vuoti delle singole pezzature, secondo CNR, fascicolo IV/1953, inferiore a 0,80;
- coefficiente di imbibizione, secondo CNR, fascicolo IV del 1953, inferiore a 0,015;
- materiale non idrofilo (CNR fascicolo IV/1953).

Nel caso che si preveda di assoggettare al traffico lo strato di collegamento in periodi umidi ed invernali la perdita in peso per scuotimento sarà limitata allo 0,5%.

Per strati di usura:

- perdita di peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo le norme ASTM C131 - AASHTO T96, inferiore od uguale al 20%;
- almeno un 30% in peso del materiale della intera miscela deve provenire da frantumazione di rocce che presentino un coefficiente di frantumazione minore di 100 e resistenza a compressione, secondo tutte le giaciture, non inferiore a 140 N/mm², nonché resistenza all'usura minima 0,6;
- indice dei vuoti delle singole pezzature, secondo C.N.R., fascicolo IV/1953, inferiore a 0,85;
- coefficiente di imbibizione, secondo C.N.R., fascicolo IV/1953, inferiore a 0,015;
- materiale non idrofilo (C.N.R. fasc. IV/1953) con limitazione per la perdita in peso allo 0,5%.

L'aggregato fino sarà costituito in ogni caso da sabbie naturali o di frantumazione che dovranno soddisfare ai requisiti dell'art.5 delle norme del C.N.R. predetto ed in particolare:

- equivalente in sabbia, determinato con la prova AASHTO T 176, non inferiore al 55%;
- materiale non idrofilo (C.N.R., fascicolo IV/1953) con le limitazioni indicate per l'aggregato grosso. Nel caso non fosse possibile reperire il materiale della pezzatura 2-5 mm necessario per la prova, la stessa dovrà essere eseguita secondo le modalità della prova Riedel-Weber con concentrazione non inferiore a 6.

Gli additivi minerali (fillers) saranno costituiti da polvere di rocce preferibilmente calcaree o da cemento, calce idrata, calce idraulica, polveri di asfalto e dovranno risultare alla setacciatura per via secca interamente passanti al setaccio n.30 ASTM e per almeno il 65% al setaccio n.200 ASTM.

Per lo strato di usura, a richiesta della D.L., il filler potrà essere costituito da polvere di roccia asfaltica contenente il 6-8% di bitume ed alta percentuale di asfalteni con penetrazione Dow a 25°C inferiore a 150 dmm.

Per fillers diversi da quelli sopra indicati è richiesta la preventiva approvazione della D.L. in base a prove e ricerche di laboratorio.

C 3) Legante

Il bitume per gli strati di collegamento e di usura dovrà essere preferibilmente di penetrazione 60-70 salvo diverso avviso della D.L. in relazione alle condizioni locali e stagionali e dovrà rispondere agli stessi requisiti indicati per il conglomerato bituminoso di base.

C 4) Miscele

C 4.1) Strato di collegamento (binder)

La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di collegamento dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel seguente fuso:

Serie crivelli e setacci U.N.I.

Passante % totale in peso

Crivello 25	100
Crivello 15	65 - 100
Crivello 10	50 - 80
Crivello 5	30 - 60
Setaccio 2	20 - 45
Setaccio 0,4	7 - 25
Setaccio 0,18	5 - 15
Setaccio 0,075	4 - 8

Il tenore di bitume dovrà essere compreso tra il 4,5% ed il 5,5%, riferito al peso degli aggregati. Esso dovrà comunque essere il minimo che consenta il raggiungimento dei valori di stabilità Marshall e compattezza di seguito riportati.

Il conglomerato bituminoso destinato alla formazione dello strato di collegamento dovrà avere i seguenti requisiti.

La stabilità Marshall eseguita a 60 °C su provini costipati con 75 colpi di maglio per ogni faccia, dovrà risultare in ogni caso uguale o superiore a 900 Kg. Inoltre il valore della rigidità Marshall, cioè il rapporto tra la stabilità misurata in Kg. e lo scorrimento misurato in mm dovrà essere in ogni caso superiore a 300. Gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa tra 3-7%.

La prova Marshall eseguita su provini che abbiano subito un periodo di immersione in acqua distillata per 15 giorni dovrà dare un valore di stabilità non inferiore al 75% di quello precedentemente indicato. Riguardo alle misure di stabilità e rigidità, sia per i conglomerati bituminosi tipo usura che per quelli tipo binder, valgono le stesse prescrizioni indicate per il conglomerato di base.

C 4.2) Strato d'usura

La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di usura dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel seguente fuso:

Serie crivelli e setacci U.N.I.

Passante % totale in peso

Crivello 15	100
Crivello 10	70 - 100
Crivello 5	43 - 67
Setaccio 2	25 - 45
Setaccio 0,4	12 - 24
Setaccio 0,18	7 - 15
Setaccio 0,075	6 - 11

Il tenore di bitume dovrà essere compreso tra il 6,0% ed il 6,5% riferito al peso totale degli aggregati.

Il coefficiente di riempimento con bitume dei vuoti intergranulari della miscela addensata non dovrà superare l'80%; il contenuto di bitume della miscela dovrà comunque essere il minimo che consenta il raggiungimento dei valori di stabilità Marshall e compattezza di seguito riportata.

Il conglomerato dovrà avere i seguenti requisiti:

a) resistenza meccanica elevatissima, cioè capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli sia in fase dinamica che statica, anche sotto le più alte temperature estive, e sufficiente flessibilità per poter seguire sotto gli stessi carichi qualunque assestamento eventuale del sottofondo anche a lunga scadenza; il valore della stabilità Marshall (prova B.U. CNR n.30 del 15.3.1973) eseguita a 60 °C su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia dovrà essere di almeno 1000 Kg. Inoltre il valore della rigidità Marshall, cioè il rapporto tra la stabilità misurata in Kg e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere in ogni caso superiore a 300.

La percentuale dei vuoti dei provini Marshall sempre nelle condizioni di impiego prescelte, deve essere compresa fra 3% e 6%.

La prova Marshall eseguita su provini che abbiano subito un periodo di immersione in acqua distillata per 15 giorni dovrà dare un valore di stabilità non inferiore al 75% di quelli precedentemente indicati;

b) elevatissima resistenza all'usura superficiale;

c) sufficiente ruvidezza della superficie tale da non renderla scivolosa;

d) grande compattezza: il volume dei vuoti residui a rullatura terminata dovrà essere compreso fra 4% e 8%.

Ad un anno dall'apertura al traffico il volume dei vuoti residui dovrà invece essere compreso tra 3% e 6% e impermeabilità praticamente totale; il coefficiente di permeabilità misurato su uno dei provini Marshall, riferendosi alle condizioni di impiego prescelte, in permeametro a carico costante di 50 cm d'acqua, non dovrà risultare inferiore a 10 -6 cm/sec.

Sia per i conglomerati bituminosi per strato di collegamento che per strato di usura, nel caso in cui la prova Marshall venga effettuata a titolo di controllo della stabilità del conglomerato prodotto, i relativi provini dovranno essere confezionati con materiale prelevato presso l'impianto di produzione ed immediatamente costipato senza alcun ulteriore riscaldamento.

In tal modo la temperatura di costipamento consentirà anche il controllo delle temperature operative. Inoltre, poiché la prova va effettuata sul materiale passante al crivello da 25 mm lo stesso dovrà essere vagliato se necessario.

C 5) Controllo dei requisiti di accettazione

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base.

C 6) Formazione e confezione degli impasti

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base, salvo che per il tempo minimo di miscelazione effettiva, che, con i limiti di temperatura indicati per il legante e gli aggregati, non dovrà essere inferiore a 25 secondi.

C 7) Posa in opera degli impasti

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base, salvo le seguenti modifiche:

-la miscela verrà stesa dopo un'accurata pulizia della superficie di appoggio mediante energica ventilazione ed eventuale lavaggio e la successiva distribuzione di un velo uniforme di ancoraggio di emulsione bituminosa basica o acida al 55%, scelta in funzione delle condizioni atmosferiche ed in ragione di 0,5 Kg/mq. La stesa della miscela non potrà avvenire prima della completa rottura dell'emulsione bituminosa;

- nella stesa, come già detto, si dovrà porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una striscia alla precedente con l'impiego di due o più finitrici.

-la valutazione delle densità verrà eseguita con le stesse modalità e norme indicate per la base, ma su carote di 10 cm. di diametro; dovrà essere usata particolare cura nel riempimento delle cavità rimaste negli strati dopo il prelievo delle carote;

-la temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 140°C;

-la superficie dovrà presentarsi priva di ondulazioni; un'asta rettilinea, lunga m.4 posta sulla superficie pavimentata, dovrà aderirvi con uniformità. Solo su qualche punto sarà tollerato uno scostamento non superiore a 4 mm.

Il tutto nel rispetto degli spessori e delle sagome di progetto.

C 8) Conglomerato bituminoso per strati di usura con aggregato sintetico chiaro

Il conglomerato in oggetto sarà costituito da una miscela di pietrischetto, graniglia, sabbia e additivi (secondo le definizioni riportate nell'art. 1 delle Norme C.N.R. sui materiali stradali - fasc. IV/1953) impastati con bitume a caldo, unitamente ad aggregato sintetico chiaro della pezzatura 2-15 mm. La percentuale dell'aggregato sintetico sul peso totale della miscela costituente il conglomerato potrà variare fra il 30 ed il 45% a giudizio della D.L., secondo che gli altri aggregati siano chiari o scuri.

Il conglomerato chiaro in questione dovrà rispondere a tutti i requisiti prescritti per il conglomerato tipo usura ad esclusione dell'aggregato sintetico chiaro che dovrà rispondere ai soli requisiti seguenti:

- la perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo ASTM C 131 - AASHTO T 96 inferiore al 20%;

- coefficiente di imbibizione, secondo C.N.R., fascicolo IV/1953: inferiore a 0,015.

Art. 43 – Trattamento superficiale di sabbiatura

a) Preparazione della superficie della massicciata cilindrica da sottoporre a trattamenti superficiali.

L'applicazione sulla superficie delle massicciate cilindrate di qualsiasi rivestimento a freddo, a base di leganti bituminosi, richiede che tale superficie risulti rigorosamente pulita, e cioè scevra in modo assoluto da polvere e fango in modo da mostrare a nudo il mosaico dei pezzi di pietrisco.

Per raggiungere tale scopo occorrono le operazioni seguenti:

1) pulizia del piano viabile mediante scope a mano e scopatrici meccaniche per liberare la superficie stradale dal materiale detritico sciolto, dalla polvere e dalle impurità in genere.

2) eventuale lavaggio della massicciata con getto d'acqua sotto pressione limitatamente a quelle zone sulle quali la massicciata risulti coperta da ganghe e da impurità non eliminabili con l'impiego di spazzoloni anche metallici.

3) si provvederà all'eliminazione dell'ultima polvere ancora residua con l'azione combinata di scope flessibili ed apparecchi pneumatici che assorbano o soffino via la polvere ed i minuti detriti ancora presenti nella massicciata.

b) Esecuzione della sabbiatura.

La sabbiatura verrà eseguita mediante spruzzatura di emulsione bituminosa al 55% in ragione di Kg. 0,500 - 0,700 per metro quadrato.

Successivamente verrà sparsa sulla superficie così trattata sabbia pulita di dimensioni comprese fra 0 e 3 mm, in quantità sufficiente a saturare la emulsione sparsa. Indicativamente la quantità di sabbia oscillerà sui 2-3 litri al mq. Potrà essere richiesto dalla D.L. in funzione dei materiali localmente reperibili, che la sabbiatura sia eseguita con sabbia ventilata, cioè sabbia asciugata mediante trattamento termico.

La sabbia dovrà essere accuratamente sparsa con idonei spazzoloni di saggina fino a sigillare accuratamente l'intera superficie.

Art. 44 – Scarificazione di pavimentazioni esistenti

E' prevista la demolizione della pavimentazione di qualsiasi spessore in conglomerato bituminoso, compreso la rimozione del materiale granulare esistente di qualsiasi spessore, eseguita a mano o a macchina con tutte le precauzioni atte a garantire l'integrità della struttura sottostante.

Compreso il trasporto a discarica del materiale di rifiuto e, in genere, tutti gli oneri necessari per dare il lavoro finito a regola d'arte.

Per i tratti di strada già pavimentati sui quali dovrà procedersi a ricarichi o risagomature, l'Impresa dovrà dapprima ripulire accuratamente il piano viabile, provvedendo poi alla scarificazione della massicciata esistente adoperando, all'uopo, apposito scarificatore opportunamente trainato e guidato.

La scarificazione su strada sarà spinta fino alla profondità ritenuta necessaria dalla Direzione dei Lavori entro i limiti indicati nel relativo articolo di Elenco Prezzi, provvedendo poi alla successiva vagliatura e raccolta in cumuli del materiale utilizzabile, su aree di deposito procurate a cura e spese dell'Impresa.

Art. 45 – Fresatura di strati in conglomerato bituminoso

La fresatura della sovrastruttura per la parte legata a bitume per l'intero spessore o parte di esso dovrà essere effettuata con idonee attrezzature, munite di frese a tamburo, funzionanti a freddo, munite di nastro caricatore per il carico dei materiali di risulta.

Potranno essere eccezionalmente impiegate anche attrezzature tradizionale come ripper, escavatore, demolitori, ecc., a discrezione della D.L. ed a suo insindacabile giudizio.

Le attrezzature tutte dovranno essere perfettamente efficienti e funzionanti e di caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla Direzione Lavori.

Nel corso dei lavori la D.L. potrà richiedere la sostituzione delle attrezzature anche quando le caratteristiche granulometriche risultino idonee per il loro reimpiego in impianti di riciclaggio.

La superficie del cavo dovrà risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati che possano compromettere l'aderenza delle nuove stese da porre in opera (questa prescrizione non è valida nel caso di demolizione integrale degli strati bituminosi).

L'Impresa si dovrà scrupolosamente attenere agli spessori di demolizione stabiliti dalla D.L.

Qualora questi dovessero risultare inadeguati e comunque diversi in difetto o in eccesso rispetto all'ordinativo di lavoro, l'Impresa è tenuta a darne immediatamente comunicazione al Direttore dei Lavori o ad un suo incaricato che potranno autorizzare la modifica delle quote di scarifica.

Il rilievo dei nuovi spessori dovrà essere effettuato in contraddittorio.

Lo spessore della fresatura dovrà essere mantenuto costante in tutti i punti e sarà valutato mediando l'altezza delle due pareti laterali con quella della parte centrale del cavo.

La pulizia del piano di scarifica, nel caso di fresature corticali o subcorticali dovrà essere eseguita con attrezzature munite di spazzole rotanti/o dispositivi aspiranti o simili in grado di dare un piano perfettamente pulito.

Le pareti dei tagli longitudinali dovranno risultare perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e privo di sgretolature.

Sia il piano fresato che le pareti dovranno, prima della posa in opera dei nuovi strati di riempimento, risultare perfettamente puliti e uniformemente rivestiti dalla mano di attacco in legante bituminoso

CAPO 12) IMPALCATI: APPOGGI, GIUNTI, SMALTIMENTO ACQUE

Art. 46 – Apparecchi di appoggio

A) Generalità

Gli apparecchi d'appoggio possono essere del tipo fisso o mobile, per la realizzazione, rispettivamente, dei vincoli di «cerniera» e di «carrello cerniera» e dovranno rispondere alle prescrizioni di cui al D.M. 14 febbraio 1992 «Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale, precompresso e per le strutture metalliche», alle «Istruzioni per il calcolo e l'impiego degli apparecchi di appoggio da fornire nelle costruzioni», C.N.R. - U.N.I. 10018 - 72-85 ed al Decreto Ministero delle Infrastrutture 17 Gennaio 2018: «Norme Tecniche per le Costruzioni 2018» e successiva circolare esplicativa.

Inoltre dovranno rispondere a quanto prescritto dal D.M. del Ministero dei LL.PP. in data 4 maggio 1990 «Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali» e sue istruzioni emanate con circolare Ministero LL.PP. n. 34233 del 25/2/1991.

L'Impresa sarà tenuta a presentare in tempo utile all'approvazione della Direzione dei Lavori il progetto esecutivo degli apparecchi di appoggio corrispondente ai tipi stabiliti dalla Direzione dei Lavori.

Il progetto esecutivo dovrà contenere:

a) il calcolo delle escursioni e delle rotazioni previste per gli apparecchi nelle singole fasi di funzionamento.

Dovranno essere esposti separatamente i contributi dovuti ai carichi permanenti ed accidentali, alle variazioni termiche, alle deformazioni viscosi ed al ritiro del calcestruzzo;

- b) l'indicazione delle caratteristiche di mobilità richieste per gli apparecchi, in funzione dei dati di cui al punto a) e di un congruo franco di sicurezza, che dovrà essere espressamente indicato;
- c) l'indicazione della tolleranza ammessa per l'orizzontalità ed il parallelismo, dei piani di posa degli apparecchi;
- d) l'indicazione della preregolazione da effettuare sugli apparecchi al momento del montaggio, in funzione della temperatura ambiente e della stagionatura del calcestruzzo al momento della posa,
- e) la verifica statica dei singoli elementi componenti l'apparecchio e la determinazione della pressione di contatto;
- f) l'indicazione dei materiali componenti l'apparecchio, con riferimento, alle norme UNI;
- g) l'indicazione delle relazioni che l'apparecchio dovrà sopportare;
- h) l'indicazione delle modalità di collegamento dell'apparecchio al pulvino ed alla struttura d'impalcato e degli eventuali accorgimenti da adottare per il montaggio provvisorio.

In ogni caso l'impresa dovrà presentare un apposito certificato, rilasciato da un Laboratorio Ufficiale, comprovante le caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati.

Prima della posa in opera degli apparecchi d'appoggio l'impresa dovrà provvedere per ogni singolo apparecchio al tracciamento degli assi di riferimento ed alla livellazione dei piani di appoggio, i quali dovranno essere rettificati con malta di cemento additivata con resina epossidica.

Procederà, successivamente, al posizionamento dell'apparecchio ed al suo collegamento alle strutture secondo le prescrizioni di progetto.

In questa fase ciascun apparecchio dovrà essere preregolato sempre secondo le prescrizioni di progetto.

Inoltre dovranno risultare agevoli: la periodica ispezione, la manutenzione e l'eventuale sostituzione.

In base a quanto stabilito al §11.6 delle NTC 2018, per gli appoggi strutturali si applica il punto 11.1 della medesima normativa; tutti gli appoggi devono quindi essere conformi alla pertinente norma armonizzata europea della serie UNI EN 1337 e recare, obbligatoriamente, la marcatura CE o copia del Certificato di Valutazione Tecnica, nonché il manuale contenente le specifiche tecniche per la posa in opera e la manutenzione. Si applica il Sistema di Valutazione e Verifica della Costanza della Prestazione 1. Nel caso di appoggi strutturali non ricadenti, o non completamente ricadenti, nel campo di applicazione di una delle norme armonizzate europee della serie UNI EN 1337, si applica il caso C) del paragrafo 11.1 delle NTC 2018.

Il Direttore dei Lavori è tenuto, nell'ambito delle proprie competenze, a verificare la presenza di tutta la documentazione di cui sopra e che le procedure di messa in opera siano conformi alla specifiche tecniche del fabbricante del sistema stesso. Il Direttore dei Lavori dovrà inoltre effettuare prove di accettazione, che comprendano in ogni caso la verifica geometrica e delle tolleranze dimensionali, nonché la valutazione delle principali caratteristiche meccaniche dei materiali componenti e/o delle principali prestazioni degli appoggi, al fine di verificare la conformità al progetto.

Tutti gli elementi giudicati non conformi ad uno qualsiasi dei requisiti soprastanti dal Direttore dei Lavori, dovranno essere allontanati dal cantiere.

B) Materiali

In linea di massima, le caratteristiche dei materiali dovranno essere le seguenti:

a) Acciaio laminato.

Sarà conforme alle prescrizioni del progetto strutturale (generalmente S235-S275 o S355) e dovrà rispondere a quanto prescritto nella norma armonizzata europea UNI EN 10025-2:2019.

b) Acciaio fuso o per getti.

Sarà della classe FeG52 delle norme UNI 3158-77.

c) Acciaio inossidabile.

Lamiere per superfici di scorrimento: acciaio della classe XS Cr Ni Mo 17/12 delle norme UNI 6903-71.

Il materiale, sottoposto a prove di corrosione secondo le norme UNI 4261-66 non dovrà dare luogo ad ossidazioni a $60^{\circ}\text{C} \pm 2$, senza agitazione, per 4 giorni consecutivi.

La faccia a contatto con il PTFE dovrà essere lucidata fino a rugosità Ra 0,1 μm (UNI 3963).

d) Elastomeri.

Elastomero alternato ad acciaio: sarà conforme alle norme C.N.R.-UNI 10018-72-85.

Elastomero per cuscinetti incapsulati: sarà realizzato con mescole a base di neoprene aventi le seguenti caratteristiche:

- resistenza a trazione, $\geq 10 \text{ N/MM}^2$ [100 Kg/cm^2] (UNI 6065-67);
- allungamento a rottura, $\geq 300\%$ (UNI 6065-67);
- deformazione permanente a compressione (UNI 4913), $(50\%; 24\text{h}; 70^{\circ}\text{C}) \leq 20\%$;
- durezza Shore (come da UNI 4916-74).

e) Politetrafluoroetilene (PTFE).

Per le superfici di scorrimento.

Sarà tassativamente di tipo vergine, di primo impiego, senza aggiunte di materiale rigenerato o di additivi, prodotto per libero deposito e non addensato.

Le caratteristiche del PTFE, determinato secondo le norme UNIPLAST 5819-66, saranno le seguenti:

- densità $2,13 \pm 2,23 \text{ g/cm}^3$;
- resistenza a trazione (23°C), $\geq 24 \text{ N/mm}^2$ [240 Kg/cm^2];
- allungamento a rottura (23°C), $\geq 300\%$;
- durezza Shore (come da UNI 4916-74).

f) Grasso di silicone per la lubrificazione delle superfici.

Le superfici di scivolamento (PTFE ed acciaio inox) dovranno essere lubrificate nelle zone di scorrimento ma non in quelle di rotazione.

Si dovranno prevedere apposite cavità per l'accumulo del lubrificante che sarà costituito da grasso al silicone che conservi la sua efficacia fino a -35°C .

Detto grasso non dovrà resinificare né aggredire i materiali costituenti le superfici di scorrimento.

Esso dovrà essere in particolare conforme alle seguenti norme:

- penetrazione su campione rimaneggiato, $240 \pm 295 \text{ dmm}$ (DIN 51804);
- punto di congelamento, $\leq -50^{\circ}\text{C}$ (DIN 51556);
- essudazione (Bleeding) 24h a 150°C , $\leq 3\%$ (US-Fed.T.M. Std 791.321.2).

g) Altri materiali.

L'impiego di materiali diversi da quelli indicati, quali alluminio ed acciaio cromato (su supporto Fe52 grado D) è subordinato alle seguenti condizioni:

- documentazione da parte dell'Impresa delle caratteristiche di materiali e delle referenze sulle loro precedenti applicazioni in campi analoghi;
- proposte da parte dell'Impresa di specifiche tecniche e norme di accettazione da sottoporre all'approvazione della D.L.;
- in ogni caso le caratteristiche di resistenza alla corrosione e quelle di attrito delle superfici a contatto, dovranno essere analoghe a quelle ottenibili con i materiali precedentemente descritti.

C) Prove sui materiali

Tutti i materiali da impiegare nella costruzione degli apparecchi di appoggio saranno sottoposti, prima dell'inizio della lavorazione, a collaudo tecnologico a cura e spese dell'Impresa, secondo le norme di accettazione riportate nei punti A) e B).

La Direzione dei Lavori si riserva la facoltà di intervenire alle operazioni di collaudo, e quella di svolgere ispezioni nell'officina, per verificare la rispondenza dei materiali impiegati ai documenti di collaudo e la regolarità delle lavorazioni.

La Direzione dei Lavori si riserva la facoltà di prelevare, durante la lavorazione, campioni di materiali da sottoporre alle prove di accettazione.

Tali prove si svolgeranno presso i Laboratori designati dalla Direzione dei Lavori e le relative spese saranno a carico dell'Impresa.

D) Fabbricazione

1. Acciaio inossidabile.

La lamiera di acciaio inossidabile, costituente la superficie a contatto con il PTFE, sarà collegata alla piastra di scorrimento in acciaio mediante saldatura (cordone continuo) o avvitamento (viti o rivetti inossidabili), in maniera tale che sia resistente al taglio.

Nel caso si impieghino delle viti o i rivetti, la lastra di scorrimento di acciaio dovrà essere protetta sufficientemente contro la corrosione, con le misure indicate al successivo punto 5, anche nella zona coperta dalla lamiera inossidabile.

Superfici di scorrimento orizzontale.

Lo spessore della lamiera di acciaio inossidabile dipenderà dalla differenza, nella direzione del movimento prevalente, fra le dimensioni della lastra di acciaio e della superficie di PTFE, per evitare fenomeni di increspatura dell'acciaio dovuti a eccessiva lunghezza libera della lastra.

Differenza di dimensione Spessore minimo della lastra di acciaio

fino a 600 mm 2,5 mm

più di 600 mm 3,0 mm

Tale spessore sarà conforme alle seguenti condizioni:

Superfici curve.

Lo spessore della lamiera di acciaio inossidabile sarà di 2,5 mm nel caso di collegamento o con viti o rivetti; di 1,5 mm nel caso di collegamento con saldatura.

2. PTFE.

Le guarnizioni di PTFE per le superfici di scorrimento orizzontali saranno incassate nelle apposite sedi e fissate con idoneo adesivo. Esse saranno composte o di una superficie unica o di pattini (strisce) della larghezza minima di 5 cm, con interasse non superiore a due volte lo spessore della piastra rivestita in acciaio inossidabile a contatto con i pattini.

Nei rivestimenti delle guide degli organi di ritegno le dimensioni delle strisce potranno scendere fino a 15 mm.

Lo spessore totale del PTFE, della parte incassata e di quella fuoriuscente dalla sede sarà, variabile con le dimensioni in pianta della lastra.

Dimensione max superficie PTFE Spessore minimo Spessore parte
(diametro o diagonale della lastra) totale Fuoriuscente

fino a 600 mm 4,5 mm mm 2,0 ± 0,2

600 - 1200 mm 5,0 mm mm 2,5 ± 0,2

oltre 1200 mm 6,0 mm mm 3,0 ± 0,2

I valori di questi spessori si ricaveranno come segue:

Nel caso di pattini, di diagonale non eccedente i 600 mm, lo spessore sarà di mm 4 di cui mm 2 ± 0,2 fuoriuscenti.

L'impiego di strisce di PTFE semplicemente incollato è consentito solo nella calotta sferica; il rivestimento di PTFE dovrà essere preformato in un sol pezzo con la stessa sagoma dell'alloggiamento.

In questo caso lo spessore del PTFE potrà essere limitato a mm 2±0,2.

Il materiale usato per l'incollaggio dovrà fornire una forza di adesione al supporto di almeno 0,40 Kg per millimetro di larghezza nella prova di strappo innescato con un angolo di 90°.

Il progetto dell'apparecchio dovrà essere tale che, anche durante la massima escursione, la piastra superiore dovrà sempre ricoprire interamente quella rivestita di PTFE.

a) Pressioni ammissibili.

Per le superfici di scorrimento orizzontali si ammetteranno le seguenti pressioni:

- con carichi permanenti, 30 N/mm² [300 Kg/cm²];

- con carico massimo, 45 N/mm² [450 Kg/cm²].

Per i listelli di guida, che saranno sempre senza tasche per il grasso, la pressione ammissibile sarà di 60 N/mm² [600 Kg/cm²] se i carichi non agiscono in modo permanente.

In caso contrario varranno le limitazioni per le superfici di scorrimento orizzontali.

Per i rivestimenti delle calotte sferiche si ammetteranno le seguenti pressioni:

- con carichi permanenti, 17 N/mm² [170 Kg/cm²];

- con carico massimo, 25 N/mm² [250 Kg/cm²].

b) Cavità per il lubrificante di grasso al silicone.

La profondità di questa cavità non potrà essere maggiore dello spessore di PTFE sporgente al di fuori dell'alloggiamento.

Nel calcolo delle pressioni sul PTFE la sua superficie verrà considerata interamente, senza escludere l'area delle cavità.

3. Coefficiente d'attrito.

L'Impresa dovrà fornire i diagrammi del coefficiente d'attrito, previsto per gli appoggi da essa forniti, al variare della pressione di contatto sul PTFE, nelle peggiori condizioni di funzionamento prevedibili (indicativamente a

-30°C e con movimenti a bassa velocità, conseguenti a fenomeni di dilatazione).

4. Parti in composizione saldata.

La Direzione Lavori stabilirà il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire sulle saldature, sia in corso di lavorazione che ad opera finita, in conformità al D.M. 14 febbraio 1992.

Tali controlli saranno eseguiti presso gli Istituti designati dalla Direzione Lavori; i relativi oneri saranno a carico dell'Impresa.

5. Protezione anticorrosiva.

Tutte le parti metalliche dovranno essere protette contro la corrosione.

Il ciclo dovrà rispettare le seguenti caratteristiche: sabbiatura a metallo bianco, seguita da uno dei cicli di verniciatura contenuti nell'Art. «Verniciature» delle presenti Norme Tecniche.

Le superfici che dovranno venire a contatto col calcestruzzo saranno protette, fino al momento della messa in opera, con un film di materiale sintetico facilmente asportabile all'atto della messa in opera, oppure con altri idonei accorgimenti, tali da permettere la sistemazione in opera con superfici ancora esenti da ruggine e da altre sostanze tali da ridurre l'aderenza acciaio/malta d'ancoraggio.

6. Antipolvere.

Gli appoggi saranno dotati di completa protezione antipolvere realizzata con raschiapolvere e soffiotti neoprene che si estenderanno per tutta l'escursione dell'apparecchio.

I fermi e i contrassegni degli appoggi, di cui ai punti 3 e 4, dovranno essere visibili o ubicati all'esterno della protezione.

E) Assemblaggio

1. Collegamenti provvisori.

Durante il trasporto ed il montaggio le parti mobili saranno tenute in posizione mediante collegamenti provvisori, da eliminare dopo la posa in opera. A tal fine saranno evidenziati con colore diverso da quello dell'appoggio (per esempio giallo).

2. Pre-regolazione.

La pre-regolazione degli apparecchi sarà eseguita dall'Impresa al momento del collegamento alle strutture; i valori della pre-regolazione dovranno corrispondere a quelli precedentemente prescritti dalla Direzione Lavori.

3. Contrassegni.

Gli apparecchi saranno dotati di targhetta metallica con le seguenti indicazioni:

- nome dell'Impresa;
- tipo di apparecchio e sue funzioni (multidirezionale, fisso, ecc.);
- carico verticale di progetto;
- eventuale carico orizzontale di progetto,
- escursione longitudinale di progetto;
- eventuali altre indicazioni utili per la corretta posa in opera.

4. Riferimenti.

Gli apparecchi saranno dotati di riferimenti per il loro posizionamento. In particolare, saranno indicati gli assi dell'appoggio e la direzione di scorrimento longitudinale.

Gli apparecchi saranno inoltre dotati di scala graduata e di indice di misura per lo scorrimento.

F) Posa in opera

1. Verifica delle sedi predisposte.

Prima di iniziare le operazioni di posa in opera, l'impresa dovrà verificare a sua cura e spese le sedi predisposte nelle strutture sotto e soprastanti gli appoggi.

In particolare, sarà verificata l'orizzontalità della sede che dovrà essere ripristinata dall'Impresa se presenterà difetti superiori alla tolleranza indicata nello 0,1% per ogni tipo di apparecchio. Tale ripristino sarà a carico dell'Impresa per difetti di orizzontalità fino allo 0,5%; oltre tale tolleranza e per la sola parte eccedente lo 0,5% il ripristino sarà compensato con apposito prezzo. In ogni caso le irregolarità eventualmente rilevate dovranno essere segnalate dall'Impresa alla Direzione Lavori per iscritto e prima dell'inizio della posa in opera.

In mancanza di tale comunicazione scritta, si intenderà che l'impresa ha riscontrato la correttezza delle suddette predisposizioni.

2. Collegamento alla struttura e ripristino dell'orizzontalità.

Gli appoggi devono essere adeguatamente collegati alle strutture sotto e soprastanti con zanche d'ancoraggio. E' a carico dell'Impresa la realizzazione di tali collegamenti, con tutte le forniture, prestazioni ed oneri ad essa inerenti. In funzione delle condizioni specifiche si potranno impiegare: iniezioni -di resina, strati di conguaglio in resina o in malta di resina, in malta cementizia reoplastica (quest'ultimi verranno impiegati per spessori superiori ai 5 cm) oppure tirafondi metallici, annegati preventivamente nelle strutture, o sigillati entro gli alloggiamenti appositamente precostituiti.

In casi particolari il collegamento sarà realizzato saldando l'apparecchio a contropiastre annegate nelle strutture.

In ogni caso il collegamento dovrà soddisfare i requisiti specificati nella distinta allegata.

Il metodo proposto dall'Impresa sarà sottoposto all'approvazione della Direzione Lavori, la quale potrà eventualmente richiedere l'effettuazione preventiva di prove sperimentali a carico dell'Impresa.

Le lavorazioni approvate dalla Direzione Lavori saranno compensate con appositi prezzi da indicare nell'offerta. Qualora le condizioni atmosferiche siano tali da richiedere, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, sistemi di riscaldamento, verrà riconosciuto un apposito sovrapprezzo.

Art. 47 – Giunti di dilatazione

A seconda della luce degli elementi strutturali soggetti a dilatazione, verranno impiegati particolari dispositivi intesi ad assicurare la protezione dei giunti all'uopo predisposti e tali da garantire la perfetta impermeabilità della struttura ed impedire il passaggio delle acque al di sotto della soletta. L'Impresa sarà tenuta a fornire, insieme col progetto esecutivo dell'opera d'arte all'esame della Direzione dei Lavori, i dati tecnici occorrenti per determinare le caratteristiche del giunto. Tali dati dovranno risultare tenendo conto del calcolo delle deformazioni previste per la struttura, delle deformazioni viscosse, del ritiro dei calcestruzzi, delle variazioni termiche, dei carichi accidentali, ecc.

I giunti dovranno rispondere a quanto prescritto dal D.M. del Ministero dei LL.PP. in data 4 maggio 1990 «Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali» e sue istruzioni emanate con circolare Ministero LL.PP. n. 34233 del 25/2/1991.

Sulla base di tali dati l'amministrazione si riserva di provvedere direttamente alla fornitura e posa in opera dei giunti di dilatazione per impalcati di opere d'arte.

Restano a carico dell'Impresa gli oneri di assistenza alla posa in opera, tra i quali in particolare vengono espressamente indicati le seguenti operazioni:

- magazzinaggio e guardiania degli apparecchi fino al loro fissaggio definitivo;
 - trasporto in cantiere fino alla posizione di montaggio;
 - tutte le predisposizioni necessarie per consentire il collegamento fra gli apparecchi di giunto e le strutture, quali in particolare: l'adattamento dei casseri; le cavità da predisporre nelle strutture per l'ancoraggio di zanche e tirafondi, anche con la predisposizione di armature in attesa; la posa in opera di profilati metallici ed altri manufatti annegati nel calcestruzzo, con le relative zanche di ancoraggio;
 - qualora la Direzione dei Lavori ritenga, a suo insindacabile giudizio, di consentire il traffico di cantiere o di esercizio, sugli impalcati prima del completamento dei giunti, l'impresa dovrà provvedere alla sistemazione provvisoria degli stessi, con getti di malta bastarda, con piastre di protezione e con quant'altro ordinato dalla Direzione dei Lavori.
- Tutte le suddette predisposizioni dovranno essere verificate dalla Direzione dei Lavori, che avrà facoltà di prescrivere la rettifica e l'adattamento.

L'Impresa dovrà tenere conto, nei propri programmi di lavori, dei tempi necessari per le operazioni di fornitura e montaggio degli apparecchi di giunto oltre che per tutte le predisposizioni sopra indicate.

Tutti gli oneri relativi alle operazioni sopra dette sono compresi e compensati nei corrispondenti prezzi di Elenco.

A) REQUISITI PRESTAZIONALI

A.1) Continuità e movimento

Il giunto, senza opporre una significativa resistenza, dovrà consentire gli spostamenti longitudinali e le rotazioni relative delle parti contrapposte garantendo la continuità del piano stradale.

Il sistema di vincolo della struttura dovrà impedire spostamenti verticali significativi, in quanto pregiudicano la sicurezza del traffico veicolare e la durata del giunto stesso.

Tutte le eventuali esigenze, come gli spostamenti trasversali, dovranno essere esplicitamente richiesti dalla Direzione Lavori.

A.2) Impermeabilità

Il giunto dovrà essere impermeabile all'acqua della superficie del piano stradale e a quella della sottopavimentazione.

Il sistema di impermeabilizzazione potrà essere così realizzato:

- a livello della pavimentazione: l'impermeabilizzazione del giunto dovrà essere parte integrante della soletta, per cui non sarà necessario realizzare il sistema di raccolta delle acque;
- al di sotto della pavimentazione: dovranno essere posate scossaline o canali di gronda collegati al sistema di impermeabilizzazione della soletta. Tali dispositivi non dovranno interferire con le strutture principali dell'opera e dovranno consentire agevolmente le operazioni di ispezione e manutenzione.

A.3) Drenaggio, caditoie e converse

Il giunto di sottopavimentazione dovrà essere corredato da dispositivi di drenaggio idonei allo smaltimento delle acque che si infiltrano al di sotto della pavimentazione stradale. Per un corretto funzionamento del sistema di drenaggio sarà indispensabile prevedere, in caso di mancanza, alla posa in opera di adeguate caditoie a ridosso del sistema di drenaggio del giunto e relative converse. Particolare cura si dovrà osservare nel corretto posizionamento di tali sistemi di smaltimento, che dovranno garantire l'allontanamento dell'acqua dagli appoggi e da tutte le superfici in calcestruzzo e/o in acciaio dell'intera struttura (spalle, pile, traversi e travi). Nel caso l'esistente risultasse ammalorato o non garantisse l'allontanamento dell'acqua secondo le modalità sopra descritte, dovrà essere sostituito o ne dovrà essere modificata l'ubicazione.

A.4) Aderenza

Il giunto dovrà garantire un'adeguata aderenza ai pneumatici dei veicoli, pertanto i giunti longitudinali dovranno presentare opportuni risalti o irruvidimenti superficiali.

A.5) Resistenza alla corrosione

Tutte le parti metalliche soggette a corrosione, dovranno essere protette con idoneo ciclo protettivo.

A.6) Manutenzioni

Il giunto non deve pregiudicare tutte le operazioni di ordinaria e straordinaria manutenzione delle opere d'arte (es.: sollevamento, ispezioni ecc.) nonché le operazioni invernali (urto di lame spazzaneve).

A.7) Raccordo con la pavimentazione

La posa in opera del giunto potrà essere eseguita prima o dopo la stesa della pavimentazione, in funzione della tipologia del giunto e delle specifiche condizioni operative; tale scelta dovrà essere concordata dalla Direzione Lavori con il Fornitore.

Il raccordo alla pavimentazione dovrà essere perfettamente eseguito e non vi dovrà essere differenza di quota fra il giunto e la pavimentazione.

Tale prescrizione è di fondamentale importanza al fine di preservare il giunto da inutili e dannose sollecitazioni d'urto indotte dal traffico e per mantenere basso il livello di rumorosità al passaggio dei veicoli.

B) TIPOLOGIA DEI GIUNTI

B.1) Giunti in gomma - metallo

Sono giunti normalmente costituiti da una struttura in gomma nella quale mediante il processo di vulcanizzazione o altro processo tecnologico vengono inseriti dei profili metallici atti a modificare, in determinati punti, la rigidità o la portanza della struttura elastomerica. In questo gruppo possono essere distinti due fondamentali sottogruppi in funzione del meccanismo con cui viene ottenuta la capacità di dilatazione/contrazione del giunto e precisamente:

- deformando elasticamente, con sollecitazione di tipo tagliante, idonee zone elastomeriche opportunamente predisposte;
- deformando in maniera elastica dei profili elastomerici la cui studiata geometria viene modificata da sollecitazioni di norma flessionali.

Caratteristica di questa tipologia di giunti è la presenza a livello della superficie trafficata, di una serie più o meno numerosa di varchi paralleli all'asse del giunto necessari allo sviluppo delle deformazioni elastiche richieste mentre nella parte inferiore è presente un dispositivo per la raccolta e lo smaltimento delle acque provenienti dalla superficie stradale e/o dalla pavimentazione.

B.2) Giunti a pettine

Sono Giunti ottenuti mediante la contrapposizione di due elementi metallici (acciaio o alluminio in genere) aventi configurazione a pettine tra loro complementare.

Questi due elementi, fissati ognuno alla relativa testata, garantiscono, grazie ad una idonea compenetrazione, la continuità del piano viabile in presenza delle dilatazioni/contrazioni richieste al giunto.

Lo schema statico di tali giunti può essere di trave in duplice appoggio quando l'elemento a pettine posa su entrambe le testate, o a mensola quando esso è fissato a sbalzo su di una sola testata.

Loro caratteristica è la necessità di richiedere uno specifico dispositivo, generalmente una scossalina, per garantire l'impermeabilità del varco.

Richiedono inoltre una particolare attenzione sia nell'allineamento in fase di posa che nell'ancoraggio alla testata, soprattutto nel caso di schema strutturale a mensola.

Salvo particolari accorgimenti questo tipo di giunto permette spostamenti trasversali limitati.

B.3) Giunti a piastre metalliche

Sono quei giunti in cui una serie di piastre metalliche, nude o rivestite di gomma, tra loro vincolate forma un sistema articolato che assicura gli scorrimenti richiesti garantendo la continuità del piano viabile.

Sono utilizzati normalmente per grandi scorrimenti e possono essere caratterizzati da un certo ingombro in senso verticale.

Salvo particolari accorgimenti questo tipo di giunto permette spostamenti trasversali limitati.

B.4) Giunti a lamelle (profilati) trasversali

Sono i giunti in cui la continuità del piano viabile è assicurata da una serie di profili metallici posti in senso trasversale e uniti tra loro da idonei profili in gomma si da creare una superficie impermeabile caratterizzata dall'alternanza, lungo tutto lo sviluppo trasversale dei profili in acciaio e dei profili in gomma che con la loro deformabilità assicurano lo sviluppo dei scorrimenti richiesti.

La portanza dei profili metallici è garantita da una struttura di sostegno, su cui i suddetti profili poggiano e scorrono, ancorata alle testate dell'opera d'arte.

Anche in questo caso viene richiesta una particolare predisposizione delle testate alle quali deve essere fissata la struttura di sostegno.

Detti giunti possono essere costruiti in versioni che permettono notevoli escursioni trasversali.

B.5) Giunto tampone

Questo tipo di giunto ha la particolarità di potersi deformare senza sconnettersi e senza perdere impermeabilità: è costituito da un tampone in conglomerato bituminoso chiuso, perfettamente saldato al sottofondo e ai fianchi.

I giunti tampone si distinguono in:

- giunti a tampone in asfalto colato normale;
- giunti a tampone viscoelastico;
- giunti a tampone elastoplasto;
- giunti tampone polimerico;
- giunti a tampone meccanico.

B.6) Dispositivo per cordolo e marciapiedi

Come integrazione ai giunti di dilatazione dovrà essere prevista la fornitura e posa in opera di dispositivi di finitura del giunto sul cordolo, sia nel caso che l'opera d'arte sia dotata di cordolo con barriera metallica, che barriera new jersey e sul marciapiede. Di tale fornitura le imprese dovranno esporre sia le modalità di posa in opera, che le caratteristiche dei materiali impiegati.

C) MATERIALI

C.1) Impasto per giunto tampone

C.1.1) Inerti

Composizione:

- **aggregato grosso:** del diametro compreso tra 15 e 20 mm, dovrà essere ricavato dalla frantumazione di rocce dure e compatte (esclusivamente basalto, granito o gabbro) fino all'ottenimento di elementi a spigoli vivi;
- **additivo minerale:** dovrà essere costituito da un filler calcareo o da cemento: al setaccio n°80 ASTM (corrispondente a 0,18 mm.) dovrà passare al 100%, mentre al setaccio n°200 ASTM (corrispondente a 0,075 mm.) dovrà passare al 90%;
- **filler:** dovrà essere aggiunto, in peso, in ragione del 18/24% rispetto alla miscela degli inerti.

La composizione granulometrica di aggregati e filler, dovrà corrispondere a quanto riportato nelle tabelle che seguono, mentre la percentuale di vuoti tollerata potrà essere compresa tra il 15 ed il 18%.

<i>Fuso granulometrico</i>		<i>Curva ottimale</i>
<i>setaccio ASTM</i>	<i>passante*</i>	<i>% passante</i>
3,8"	100	100
n°4	70 - 80	75
n°10	48 - 56	52
n°20	36 - 44	40

<i>n°40</i>	<i>28 -34</i>	<i>31</i>
<i>n°80</i>	<i>24 - 28</i>	<i>26</i>
<i>n°200</i>	<i>22 - 26</i>	<i>24</i>

* tolleranza massima=10%

C.1.2) Legante

Dovrà essere presente in quantità tale da riempire i vuoti, con un'eccedenza di volume, rispetto a quello della miscela di inerti/filler, non inferiore al 2%.

Rispetto al peso complessivo, dovrà essere così costituito:

- **per il 70%** da bitume di penetrazione 60/70, avente un indice di penetrazione pari a 1P (compreso tra -0,5 e +0,5);
- **per il 15%** da bitume naturale;
- **per il 15%** da bitume additivato con elastomeri (tipo APS o), con punto di rammollimento P e A non inferiori a 140°C e punto di fusione di circa 165°C.

C.1.3) Impasto

L'asfalto colato, risultante dalla miscela di questi componenti, dovrà presentare una deformazione permanente a compressione, misurata con prova di impronta DIN 1996, (52,5 Kg su 5 cm² a 40°C per 60'), compresa fra 1 e 5 mm.

La preparazione dell'impasto potrà essere effettuata in modi diversi, a seconda dell'impianto di mescolamento di volta in volta disponibile.

Nel caso di utilizzo di caldaia con mescolatore meccanico e sistema di riscaldamento a gas o gasolio, la procedura da seguire dovrà essere la seguente:

- introduzione in caldaia dei tre componenti, anche premiscelati, nelle proporzioni di cui sopra ed in quantità corrispondenti al dosaggio sulla miscela degli inerti; successivo riscaldamento a circa 200°C fino a completa liquefazione del legante stesso;
- introduzione del filler, asciutto e dosato nel quantitativo previsto, riscaldamento e mescolamento per non meno di 30 minuti', fino al completo assorbimento del bitume nel filler stesso;
- introduzione degli inerti, preferibilmente asciutti, riscaldamento e mescolamento fino al raggiungimento di una temperatura pari a 200/220°C, fino al raggiungimento di un impasto perfettamente omogeneo ed idoneo al colamento.

La preparazione degli impasti potrà essere effettuata direttamente nel cantiere stradale oppure al di fuori di esso (nelle immediate vicinanze).

La messa in opera dovrà essere effettuata colando il materiale nel vano precedentemente predisposto; il materiale dovrà essere versato da una altezza non superiore a 10-15 cm direttamente dalla caldaia, mediante l'opportuno scivolo, oppure mediante l'utilizzo di cariole, purché sia assicurato il rifornimento continuo.

Le operazioni di colamento, nel corso delle quali non dovrà assolutamente essere danneggiato lo strato di connessione, non potranno essere effettuate in condizioni atmosferiche (temperatura e umidità) pregiudicanti l'addensamento del materiale e comunque dovranno essere sempre concordate con la Direzione Lavori. Lo strato superficiale di asfalto colato dovrà essere irruvidito, ancora caldo, mediante l'impiego di una graniglia con una pezzatura compresa tra 3 e 5 mm, pulita e priva di polvere, in ragione di almeno 3 kg/m².

Il tampone potrà essere transitato solo a raffreddamento completamente avvenuto.

C.2) Acciaio da costruzione

Per tutti gli acciai da costruzione impiegati per la realizzazione dei giunti dovranno essere indicate le normative di riferimento.

Gli acciai impiegati in elementi soggetti a verifica strutturale dovranno avere i seguenti requisiti minimi di resilienza:

Prova di resilienza a -20 °C secondo UNI EN ISO 148-1:2016 ≥ 27 J

Gli elementi in acciaio vulcanizzati a elementi in gomma e che non presentino saldature sono esclusi dalla suddetta prescrizione.

Tutte le superfici in acciaio non a contatto con il calcestruzzo devono essere protette dalla corrosione, compresa una striscia di 30 mm della parte a contatto col calcestruzzo.

Non necessitano protezioni anticorrosive gli elementi d'acciaio interamente ricoperti da gomma per uno spessore non inferiore a 2 mm e quelli del tipo WT ST 510-3, 9 Cr NiCu P324, CORTEN o similari.

Per la definizione del sistema di protezione anticorrosiva, l'Impresa dovrà documentare:

- la preparazione della superficie;
- il tipo di rivestimento della superficie (zincatura a spruzzo, due strati di vernice epossidica, clorocaucciù, ecc.);
- il numero di strati di vernice impiegata;
- lo spessore minimo di un singolo strato asciutto e spessore minimo totale del film secco;
- la procedura per il trattamento di danneggiamenti locali nella protezione anticorrosiva.

La documentazione deve essere controfirmata dal Produttore di materie prime o componenti che costituiscono il giunto.

C.3) Acciaio inossidabile

Per tutti gli acciai inossidabili impiegati per la realizzazione dei giunti dovranno essere indicate le normative di riferimento.

C.4) Superfici di scorrimento e scossaline

Per le superfici di scorrimento in accoppiamento con parti in PTFE è prescritto l'impiego di acciaio inossidabile tipo X5 Cr NiMo 1712 UNI EN 10088-2 (AISI 316).

La scossalina principale di tenuta trasversale, se realizzata in lamiera di acciaio inossidabile, dovrà essere in X5 Cr Ni 1810 UNI EN 10088-2 (AISI 304), di almeno 0,6 mm di spessore e di valori superiori per giunti di grossa escursione.

C.5) Ancoraggi e bulloneria

Per i tirafondi e la bulloneria in genere sarà impiegato acciaio inossidabile dei seguenti tipi:

- X16 CrNi 16 UNI EN 10088-3:2014 allo stato bonificato o equivalente.
- X5 CrNiMo 1712 UNI EN 10088-3:2014

C.6) Leghe di alluminio

Per tutte le leghe di alluminio dovranno essere indicate le normative di riferimento. Per la lega di alluminio impiegata nella realizzazione di elementi esposti al traffico dovrà essere prodotta una lista di referenze in impieghi analoghi che ne attesti l'idoneità e la validità nel tempo.

Le caratteristiche minime, salvo migliori prestazioni richieste dal progettista, dovranno risultare le seguenti:

- 1) Carico unitario di rottura a trazione secondo UNI EN ISO 6892: 215 MPa
- 2) Carico unitario di scostamento dalla proporzionalità secondo UNI EN ISO 6892: 175 MPa
- 3) Allungamento secondo UNI EN ISO 6892: 1,5%
- 4) Durezza Brinell secondo UNI EN ISO 6505-1:2015: 70.

C.7) Gomma

Le caratteristiche della gomma dovranno essere conformi alle Istruzioni CNR 10018/87. La scossalina principale di tenuta trasversale, se realizzata in gomma, dovrà essere in uno dei seguenti materiali e spessori minimi, salvo richieste da parte del progettista di migliori caratteristiche:

- guaina in gomma policloroprenica di almeno 2 mm di spessore;
- guaina in Hypalon di almeno 1,2 mm di spessore;
- guaine in doppio strato di hypalon-gomma policloroprenica rispettivamente di spessore 1 e 2 mm per complessivi 3 mm.

C.8) Malte, betoncini e resine

- **Malta cementizia, reoplastica, a ritiro compensato, fibrorinforzata**, predosata con le seguenti caratteristiche prestazionali salvo migliori disposizioni progettuali:

- Resistenza a compressione a 28 gg ≥ 55 MPa (UNI EN 12190);
- Resistenza a compressione a 7 gg ≥ 40 MPa (UNI EN 12190);
- Resistenza a flessione a 28 gg ≥ 7 MPa (UNI EN 196/1);
- Resistenza a flessione a 7 gg ≥ 6 MPa (UNI EN 196/1);
- Modulo elastico a compressione a 28 gg tra 26 GPa ÷ 30 GPa (UNI EN 13412);
- Aderenza al cls (UNI EN 1542) ≥ 2 MPa;
- Compatibilità termica misurata come adesione (UNI EN 1542), dopo 50 cicli di gelo-disgelo con sali disgelanti, (UNI EN 13687) ≥ 2 MPa;
- Assorbimento capillare (UNI EN 13057) $\leq 0,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-0,5}$;
- Espansione contrastata con stagionatura in aria ad 1 giorno (UNI 8147) $\geq 0,04\%$.

Il prodotto deve essere marcato CE ai sensi della UNI EN 1504-3 con il sistema di Valutazione e Verifica della Prestazione 2+ tra quelli di attestazione previsti dal Regolamento U.E. 305/11.

- **Betoncino cementizio, reoplastico, a ritiro compensato, fibrorinforzato** con le seguenti caratteristiche prestazionali salvo migliori disposizioni progettuali:

- Resistenza a compressione a 28 gg ≥ 65 MPa (UNI EN 12190);
- Resistenza a compressione a 7 gg ≥ 50 MPa (UNI EN 12190);
- Resistenza a trazione per flessione a 28 gg ≥ 7 MPa (UNI EN 196-1);
- Resistenza a trazione per flessione a 7 gg ≥ 5 MPa (UNI EN 196-1);
- Aderenza al cls (UNI EN 1542) $\geq 1,5$ MPa;
- Espansione contrastata con stagionatura in aria ad 1 giorno (UNI 8147) $\geq 0,03\%$

Il prodotto deve essere marcato CE ai sensi della UNI EN 1504-3 con il sistema di Valutazione e Verifica della Prestazione 2+ tra quelli di attestazione previsti dal Regolamento U.E. 305/11;

- **Malta di resina per spessoramenti** con le seguenti caratteristiche, salvo migliori disposizioni progettuali:

- 1) Classe di resistenza a compressione - UNI EN 12190- rilevata su cubi aventi lato di 40 mm a 20 °C dopo 1 d di stagionatura 60 MPa.
- 2) Resistenza a trazione per flessione rilevata su prismi di 40x40x160 mm a 20 °C dopo 1 giorno di stagionatura in accordo alla UNI EN 196-1: 25 MPa.
- 3) Modulo elastico secante a compressione secondo UNI EN 12390-13: 10.000 MPa.
- 4) Adesione al calcestruzzo - UNI 8298/1: 3 MPa (rottura del supporto in cls).
- 5) Ritiro - UNI EN 13454 inferiore a 0,005%
- 6) Assorbimento di acqua - UNI 7699 inferiore a 0,3% in peso.

- **Sigillante di natura polisolfurica** con le seguenti caratteristiche, salvo migliori disposizioni progettuali:

- 1) Resistenza a trazione - UNI EN 12311 parti 1 e 2: 0,5 MPa;
- 2) Allungamento a rottura - UNI EN 12311 parti 1 e 2: 250%;
- 3) Permeabilità all'acqua - UNI EN 1928: nulla;
- 4) Resistenza in nebbia salina - ASTM 117: 650 h;
- 5) Durezza - UNI EN ISO 868:2005: 25 ShA

- **Malta di resina con funzione di adesivo** con le seguenti caratteristiche, salvo migliori disposizioni progettuali:

- 1) Resistenza a compressione - UNI EN ISO 604: 90 MPa;
- 2) Resistenza a flessotrazione - UNI EN ISO 178: 50 MPa;
- 3) Adesione al metallo - ASTM D 1002: 10 Mpa;
- 4) Adesione al calcestruzzo - UNI 8298-1: 3 Mpa;
- 5) Ritiro lineare - ASTM D 2556 inferiore a 0,0013 cm/cm;
- 6) Modulo elastico secante a compressione - UNI EN 12390-13: 6 Gpa;
- 7) Gel time - ASTM D 2471: 5 °C = 150 min 20 °C = 45 min;

- **Malta di resina con funzione impermeabilizzante-sigillante** con le seguenti caratteristiche salvo migliori disposizioni progettuali:

- 1) Resistenza a trazione - UNI EN 12311 parti 1 e 2: 3 Mpa;
- 2) Durezza - UNI EN ISO 868:2005: 80 ShA;
- 3) Deformazione residua a trazione - UNI 8202 parte 10 < 15%;
- 4) Permeabilità all'acqua - UNI EN 1928: nulla;
- 5) Adesione al calcestruzzo - UNI 8298-1: 3 Mpa.

D) POSA IN OPERA

D.1) Piani di posa

L'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori un mese prima di iniziare le lavorazioni i disegni relativi alle predisposizioni ed alla procedura di montaggio in opera, riferite ad ogni tipologia di giunto o se necessario ad ogni singolo giunto di dilatazione, in posizione di apertura media.

Su tali elaborati dovranno essere riportate le tolleranze di fabbricazione secondo normativa UNI 5307 e le tolleranze relative alle operazioni di posa in opera. Tali indicazioni dovranno in ogni caso riguardare i seguenti punti:

- planarità dei piani di posa;
- complanarità dei due diversi piani di posa;
- dimensioni del varco riferite a temperatura media;
- posizione ed interassi degli ancoraggi.

Tali elaborati saranno ritenuti idonei previa accettazione da parte della Direzione Lavori.

Variazioni rispetto ai valori progettuali riportati nei suddetti disegni dovranno essere concordate con la Direzione Lavori e controfirmati dal Fornitore in qualità di progettista e costruttore del giunto.

Nel caso di manutenzioni, detti disegni saranno di volta in volta adeguati alle operazioni da compiere. Nel caso di installazione di giunti di dilatazione su opere nuove, la posa in opera del giunto deve essere eseguita dopo la stesa della pavimentazione secondo le seguenti fasi esecutive:

- taglio della pavimentazione per l'intero suo spessore, lungo le linee delimitanti la fascia da asportare;
- demolizione della pavimentazione e dell'eventuale strato di impermeabilizzazione esportazione di eventuali strutture di giunto provvisorio;
- ravvivatura dell'estradosso soletta mediante fresatura, sabbiatura o bocciardatura;
- eventuale getto di malta cementizia reoplastica, a ritiro compensato, fibrorinforzata, predosata o betoncino cementizio reoplastico, a ritiro compensato, fibrorinforzato, opportunamente armato e collegato alla testata, per portare in quota il piano di appoggio dell'apparecchio di giunto;
- posizionamento del giunto, da effettuare con appositi apparecchi di livellazione in funzione delle quote della pavimentazione adiacente;
- pre-regolazione, da eseguire a cura dei tecnici dell'impresa appaltatrice e con proprie attrezzature, secondo le caratteristiche del giunto e le disposizioni della Direzione Lavori in base alla stagione e alle caratteristiche dell'opera;
- completamento del massetto di raccordo tra giunto e pavimentazione;
- esecuzione del giunto di cordolo.

Nel caso di manutenzioni, ripristini e adeguamenti, la posa in opera del giunto potrà essere eseguita prima o dopo la stesa della pavimentazione procedendo secondo le seguenti fasi:

- taglio della pavimentazione per l'intero suo spessore, lungo le linee delimitanti la fascia da asportare;
- demolizione della pavimentazione e dell'eventuale strato di impermeabilizzazione;
- eventuale asportazione di giunto esistente ammalorato;
- eventuale ripristino della testata di soletta con malta cementizia reoplastica, a ritiro compensato, fibrorinforzata, predosata o betoncino cementizio reoplastico, a ritiro compensato, fibrorinforzato, secondo il tipo di degrado riscontrato;
- getto di malta cementizia reoplastica, a ritiro compensato, fibrorinforzata, predosata o betoncino cementizio reoplastico, a ritiro compensato, fibrorinforzato, opportunamente armato e collegato alla testa, per portare in quota il piano di appoggio dell'apparecchio di giunto. Nel caso di degrado profondo della testa di soletta, il ripristino avverrà, previa verifica di funzionalità delle armature esistenti e loro eventuale integrazione, con un unico getto in betoncino cementizio reoplastico, a ritiro compensato, fibrorinforzato sino alla quota del piano di appoggio dell'apparecchio di giunto;
- posizionamento del giunto, da effettuare con appositi apparecchi di livellazione in funzione delle quote della pavimentazione adiacente;
- pre-regolazione, da eseguire a cura dei tecnici dell'impresa appaltatrice e con proprie attrezzature, secondo le caratteristiche del giunto e le disposizioni della Direzione Lavori in base alla stagione e alle caratteristiche dell'opera;
- completamento del massetto di raccordo tra giunto e pavimentazione;
- esecuzione del giunto di cordolo.

D.2) Preregolazione

La preregolazione del giunto avverrà in base ai dati forniti dalla Direzione dei Lavori con comunicazione scritta da inviare prima dell'inizio dei lavori.

La preregolazione dovrà tenere conto dell'apertura strutturale esistente, della funzionalità del giunto precedentemente approvato e della capacità di movimento degli apparecchi di appoggio.

D.3) Raccordo con la pavimentazione

Il raccordo con la pavimentazione, salvo diverse prescrizioni del progetto nel caso di manutenzioni, sarà di larghezza minima di 100 mm ed andrà eseguito con betoncino cementizio, reoplastico, a ritiro compensato, fibrorinforzato e di 50 mm se eseguito con altro prodotto specifico (asfalto colato, resina a basso modulo elastico, ecc.) con caratteristiche indicate dal Fornitore e accettate dalla Committente.

D.4) Sistema di raccordo delle acque

La raccolta delle acque sarà assicurata da una scossalina che collega le due testate della apertura strutturale oppure da due gronde su ciascuna delle due testate. Entrambi i sistemi dovranno interessare tutta la larghezza dell'impalcato anche qualora il giunto sia limitato alla sola zona carrabile.

D.5) Raccordo con i cordoli e marciapiedi

In corrispondenza di cordoli e marciapiedi, il giunto dovrà garantire la tenuta idraulica.

Dovranno essere effettuati i seguenti interventi:

- a quota della soletta, incollaggio di una grembialina in gomma butilica dello spessore di mm. 1, fissata alle testate dell'impalcato con adesivo epossidico, a proseguimento di quelle del giunto sul piano viabile ed unita ad essa con collante sintetico. La grembialina dovrà proseguire per circa 10 cm al di fuori del filo esterno del cordolo per poi essere tagliata a becco di

flauto, al fine di evitare lo scorrimento delle acque lungo i pulvini: in alternativa, potrà essere collegata agli esistenti dispositivi di smaltimento delle acque;

- impermeabilizzazione e sigillatura della fessura costituita dal giunto del cordolo, incluso il risvolto verticale, mediante l'incollaggio, con adesivo epossidico, di una grembialina in gomma butilica dello spessore di 1 mm e della larghezza di 20 cm, applicata ad "omega", al fine di evitare l'intasamento della fessura del cordolo. La protezione del varco tra le solette dovrà essere realizzata con un copricordolo in lamiera striata in acciaio.

Art. 48 – Sollevamento impalcati da ponte

Sollevamento dal basso di testate di impalcati di ponti per sostituzione e/o spessoramento ed ancoraggio di apparecchi d'appoggio, rettifica dell'appoggio delle travi, rifacimento di pulvini e/o baggioli, ecc., mediante apparecchiatura idraulica opportuna posta semplicemente sui piani di pila o spalla o sedia "Gerber" e sotto le travi o i traversi, o su una struttura appositamente realizzata sotto l'impalcato del ponte con pali e opere di contrasto; tale apparecchiatura idraulica sarà comandata da centralina a pressioni differenziate e rapporto volumetrico costante per assicurare un sollevamento rigido di tutta la testata senza indurre sollecitazioni flessorionali alle strutture, con costante ulteriore controllo del sollevamento mediante trasduttori di misura centesimale con lettura a distanza su apparecchio digitale posto presso il posto di comando della centralina.

In alternativa il sollevamento potrà avvenire con sollevamento dall'alto con strutture di appoggio sulle mensole delle seggiole gerber e nuove strutture metalliche da ancorare all'impalcato.

Compresi e compensati nel prezzo: il sollevamento dell'impalcato; la rimozione degli apparecchi d'appoggio esistente ed il loro trasporto nei magazzini della Società ove non siano stati impiegati; il deposito a piè d'opera, la loro ripresa, sollevamento e messa in opera se reimpiegati; il nolo dell'attrezzatura di sollevamento delle testate; l'onere per mantenere sollevati gli impalcati durante il tempo occorrente per eseguire tutti i lavori di sostituzione, spessoramento, ancoraggio degli appoggi e rettifica o rifacimento dei piani di appoggio; il successivo abbassamento dell'impalcato; escluso l'onere dell'attrezzatura mobile o dei ponteggi per l'accesso all'intradosso degli impalcati e per l'esecuzione dei lavori stessi.

L'appaltatore dovrà predisporre uno studio del piano di sollevamento in ragione delle strutture esistenti da utilizzare e delle eventuali nuove strutture provvisorie da costruire in relazione alle attrezzature impiegate. Le sollecitazioni transitorie gravanti sui manufatti durante le operazioni di sollevamento e sui relativi montaggi dovranno essere studiate dall'appaltatore e compatibili con le caratteristiche statiche degli elementi strutturali definitivi e transitori impiegati.

Lo studio del piano di sollevamento/varo dell'impalcato, completo di calcoli e verifiche, fermo restando l'esclusiva e totale responsabilità dell'appaltatore, dovrà essere preventivamente trasmesso alla D.L. per l'approvazione con l'elencazione delle caratteristiche e tipologia delle attrezzature da impiegare.

CAPO 13) DEMOLIZIONI

Art. 49 – Demolizioni di murature e fabbricati

Le demolizioni in genere saranno eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni, in modo da prevenire qualsiasi infortunio; è vietato gettare dall'alto i materiali che dovranno invece essere trasportati o guidati in basso, salvo che vengano adottate opportune cautele per evitare danni ed escludere qualunque pericolo.

Le demolizioni dovranno avvenire facendo uso di disco diamantato e di pinze che garantiscano il minor disturbo possibile alle strutture adiacenti. L'utilizzo di martelli demolitori è consentito solo nel caso di edifici isolati, previa autorizzazione della D.L., qualora tale impiego non possa arrecare danni a strutture vicine.

L'impresa dovrà predisporre le puntellature necessarie, i ponti di servizio interni ed esterni, il trasporto a discarica del materiale di risulta, nonché tutte le precauzioni e cautele per evitare danni ad eventuali fabbricati vicini ed a terzi, l'adozione degli accorgimenti atti a tutelare l'incolumità degli operai e del pubblico, l'impiego di mezzi segnaletici diurni e notturni per avvertire i passanti, la recinzione degli spazi di rispetto.

Dovranno essere adoperate le opportune cautele per demolire a piccoli tratti le strutture collegate a ridosso di fabbricati o a loro parti escluse dalla demolizione (tagliando gli eventuali materiali metallici con fiamma o con sega);

resta a carico dell'impresa la riparazione dei danni arrecati a terzi e ogni altro onere e magistero per dare l'opera finita a perfetta regola d'arte.

Si dovrà procedere all'abbassamento delle macerie evitando nel modo più assoluto la caduta, per la sicurezza degli operatori.

I materiali non utilizzabili provenienti dalle demolizioni dovranno sempre, al più presto, venire trasportati, a cura e spesa dell'Impresa, a rifiuto nelle discariche e comunque fuori dalla sede dei lavori con le norme e cautele disposte per gli analoghi scarichi a rifiuto delle materie provenienti dagli scavi.

Nel caso di demolizioni aggiuntive rispetto a quelle previste in progetto, i prezzi fissati in elenco per le demolizioni si applicheranno ai corrispondenti volumi effettivi delle opere demolite, salvo il caso dei fabbricati per i quali il volume sarà computato vuoto per pieno, con altezze prese alle imposte delle coperture a partire dai piani di demolizione. Tali prezzi comprendono i compensi per gli oneri ed obblighi specificati nel presente articolo.

Art. 50 – Demolizione di ponti in c.a. e muratura

La demolizione di strutture di ponti, quali travi di impalcati di opere d'arte o di impalcati di cavalcavia in c.a. o c.a.p. o in struttura mista, su strade in esercizio dovrà essere eseguito fuori opera, previa separazione dalle strutture esistenti, sollevamento, rimozione e trasporto di tali porzioni in apposite aree entro le quali potranno avvenire le demolizioni.

La demolizione di strutture di ponti o opere d'arte su corsi d'acqua, dovrà essere realizzata evitando la caduta di macerie in alveo e comunque dovrà essere effettuato un accurato recupero di tutte le parti in cemento o in acciaio dall'alveo del corso d'acqua, dette parti di demolizione saranno quindi trasportate a discarica oppure recuperate mediante macinazione e/o vagliatura dei materiali a giudizio della Direzione Lavori.

Durante tutte le operazioni di demolizione occorre che sia sempre garantito il regolare deflusso del corso d'acqua, senza creare alcun restringimento alla normale sezione dell'alveo od ostruzioni di qualsiasi tipo.

Nei ponti in cui le strutture in elevazione sono tali per cui la demolizione non controllata o il crollo accidentale possa arrecare danni a fabbricati o ad opere adiacenti occorrerà predisporre da parte dell'Impresa esecutrice un apposito progetto costruttivo di demolizione.

Tutti i materiali delle pavimentazioni stradali (asfalti) andranno conferiti in discarica autorizzata secondo le norme specifiche.

Tutti i materiali del corpo stradale (materiali aridi) potranno essere recuperati e riutilizzati nell'ambito del cantiere, previa accettazione della Direzione Lavori.

Le demolizioni delle strutture in elevazione dovranno spingersi fino alla rimozione delle spalle e delle fondazioni, con la sola esclusione dei pali di fondazione che rimangono interrati.

Art. 51 – Sabbatura o idrosabbatura

Le superfici di calcestruzzo o in bozze di pietrame, da ripristinare o ravvivare, verranno preparate mediante trattamento di idrosabbatura o sabbatura a secco e spazzolatura per asportare piccole parti residue in fase di distacco, l'ossido eventualmente presente sui ferri d'armatura privi di copriferro, allontanare polveri, piccole impurità, tracce di grassi, oli e sali aggressivi ed ottenere quindi un calcestruzzo sano, pulito e compatto.

Ove necessario la pulizia dovrà essere eseguita con scalpellatura e successiva sabbatura.

La sabbatura, la scalpellatura e successiva sabbatura è prevista su tutte le superfici in vista delle opere interessate.

CAPO 14) BARRIERE DI SICUREZZA

Art. 52 – Barriere di sicurezza in acciaio e parapetti metallici

Tutti i materiali forniti dovranno rispondere alle normative dettate dalle Norme Armonizzate Europee(UNI) ed essere certificati CE.

Quando la D.L. avrà rifiutato qualche provvista perché ritenuta a suo giudizio insindacabile non idonea ai lavori, l'impresa dovrà sostituirla con altra che risponda ai requisiti voluti, ed i materiali rifiutati dovranno essere immediatamente allontanati dalla sede dei lavori o dai cantieri a cura e spese dell'appaltatore.

Per quanto qui sopra non riportato si richiama espressamente la circolare del Ministero dei lavori pubblici del 16/05/1996 n° 2357 "Fornitura e posa in opera di beni inerenti la sicurezza della circolazione stradale".

Pertanto, in sede di offerta i concorrenti dovranno presentare, oltre alla documentazione di rito, una dichiarazione del legale rappresentante dell'impresa, con firma autenticata (in caso di associazioni temporanee di imprese una dichiarazione per ciascuna delle imprese partecipanti all'associazione), nella quale viene attestato che i loro fornitori realizzeranno la fornitura come prescritto nelle specifiche tecniche dell'ente e secondo i criteri che assicurano la qualità della fabbricazione ai sensi delle norme UNI EN ISO 9001, rilasciando la relativa dichiarazione di conformità ai sensi delle norme UNI CEI EN ISO/IEC 17050-1:2010 e UNI CEI EN ISO/IEC 17050-2:2005.

Ai sensi del D.M. 3 giugno 1998, le barriere stradali di sicurezza oggetto del presente appalto saranno di

classe H3 Bordo Ponte, livello di contenimento Lc 460 kJ.

Tutti i materiali forniti dovranno inoltre rispondere alle normative dettate dalle Norme Armonizzate Europee(UNI) ed essere certificati CE.

Tutti gli elementi metallici della barriera devono essere in acciaio di qualità non inferiore a S235, zincato a caldo nel rispetto della normativa UNI EN 10025-1:2005 e UNI EN 10025-2:2019.

Per quanto qui sopra non riportato si richiama espressamente la circolare del Ministero dei lavori pubblici del 16/05/1996 n° 2357 "Fornitura e posa in opera di beni inerenti la sicurezza della circolazione stradale".

Le opere che formano oggetto dell'appalto dovranno essere realizzate tenendo conto, per quanto possibile, delle norme C.N.R.-U.N.I. 10004-10005-10006-10007.

La barriera stradale di sicurezza sarà realizzata in conformità alle norme vigenti in materia.

L'impresa aggiudicataria è tenuta a produrre in originale o copia autenticata, idonea certificazione della omologazione della barriera fornita, corrispondente alla classe di contenimento richiesta.

Nel caso di non avvenuta omologazione per almeno due barriere stradali di sicurezza per la stessa classe all'atto della stipulazione del contratto, l'Appaltatore dovrà fornire alla D.L. un'idonea documentazione dalla quale risulti che ognuna delle strutture da impiegare nel lavoro ha superato con esito positivo, le prove dal vero (crash test) effettuate secondo le procedure fissate dai citati DD.MM.

Le prove dovranno essere state effettuate presso i campi prove autorizzati come da Circolare del Ministero LL.PP. del 06.04.2000.

La predetta documentazione dovrà essere consegnata alla D.L. all'atto della stipulazione del contratto.

Per quanto concerne le norme tecniche si fa riferimento alle seguenti normative:

Circolare Ministero LL.PP. 11.07.1987 n. 2337

D.M. LL.PP. 18.02.1992 n. 223 "Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego"

Circolare Ministero LL.PP. 9.6.1995 n. 2595

Circolare Ministero LL.PP. 16.5.1996 n. 2357

D.M. LL.PP. 15/10/96 (aggiornamento del D.M. 223/92)

Circolare Ministero LL.PP. 15.10.1996 n. 4622

Circolare Ministero LL.PP. 27.12.1996 n. 5923 (aggiornamento della circolare 2357/96)

Circolare Ministero LL.PP. 9.6.1997 (modifiche alla circolare 5923/96) n. 3107

D.M. LL.PP. 3.06.1998

D.M. LL.PP. 11.06.1999

D.M. LL.PP. 2.08.2001

D.M. LL.PP. 23.12.2002

D.M. Infrastrutture e Trasporti 21.06.2004 N.2367

Circolare Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 3533 del 20/09/2005

Circolare Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 753 del 02/03/2006

D.M. Infrastrutture e Trasporti 28/6/2011 (Disposizioni sull'uso e installazione dei dispositivi di ritenuta stradale)

D.M. Infrastrutture e Trasporti 17 Gennaio 2018: "Norme Tecniche per le Costruzioni 2018" e successiva circolare esplicativa

Tutti i materiali forniti dovranno inoltre rispondere alle normative dettate dalle Norme Armonizzate Europee(UNI) ed essere certificati CE o, in alternativa, rispettare quanto richiesto al paragrafo 11.1 delle NTC 2018, per i materiali e prodotti che rientrano nel punto C).

Art. 53 – Barriere pedonali di sicurezza in legno

Le barriere pedonali di sicurezza in legno, dovranno essere di legno di pino privo di corteccia, trattato in autoclave; costituite da montanti verticali a sezione circolare, di altezza di almeno ml 1.60 ad interasse di ml 1.90, infissi nel terreno per almeno ml 0.60, irrigidimento formato da n° 2 pali incrociati, da 7 cm, a collegamento dei montanti (un modulo), irrigidimento formato da n° 2 pali orizzontali, da 7 cm, a collegamento dei montanti (due moduli) come specificato nei disegni di progetto.

Nel prezzo si intendono compresi e compensati tutti gli oneri inerenti la fornitura dei materiali, lo scavo ed il riempimento degli alloggiamenti per il fissaggio al terreno, la chiodatura, l'ancoraggio delle giunzioni con staffe metalliche zincate, il montaggio e quant'altro necessario per dare l'opera ultimata in ogni sua parte, secondo le indicazioni della D.L.

Tutti i materiali forniti dovranno inoltre rispondere alle normative dettate dalle Norme Armonizzate Europee (UNI) ed essere certificati CE o, in alternativa, rispettare quanto richiesto al paragrafo 11.1 delle NTC 2018, per i materiali e prodotti che rientrano nel punto C).

Art. 54 – Barriere antirumore

Le barriere antirumore sono costituite da struttura portante e pannelli trasparenti.

I pannelli denominati trasparenti devono garantire l'abbattimento acustico del rumore senza precludere la visibilità, risolvendo sia i problemi legati alla sicurezza in prossimità di svincoli, rampe di accesso o incroci stradali, sia problemi inerenti aspetti di impatto visivo o di traguardo del paesaggio non concessi dalle pannellature opache. I pannelli trasparenti possono essere realizzati con diversi materiali quali il polimetilmetacrilato (pmma), il policarbonato ed in vetro stratificato di sicurezza; i pannelli in pmma possono essere anche forniti del tipo trasparente colorato in massa, con tenui colorazioni nella gamma dell'azzurro o del verde. Il materiale che trova il più largo impiego nelle barriere antirumore è il pmma e questo perché unisce caratteristiche di resistenza meccanica, di trasparenza e di maneggevolezza.

Il pannello trasparente viene fissato alla struttura mediante intelaiatura che può essere in profili di alluminio anodizzato o verniciato, in profili di acciaio zincati a caldo e verniciati o in legno trattato; fra la struttura di sostegno e lastra viene sempre interposta una guarnizione in gomma (EPDM) resistente agli agenti atmosferici ed opportunamente sagomata in modo da poter permettere alla lastra tutti i movimenti indotti dalle dilatazioni termiche. Le lastre in pmma possono essere calandrate a caldo oppure a freddo, in funzione del raggio di curvatura richiesto, oppure termoformate in modo da poter assumere particolari forme per migliorare sia la composizione architettonica che le prestazioni acustiche.

Il pannello trasparente in pmma spessore 15 mm con telaio in profilo di acciaio zincato, deve essere testato secondo le prescrizioni delle Norme vigenti UNI EN 1793 -1, UNI EN 1793 -2, UNI EN 1793 -3, UNI EN 1793 -5 per quanto attiene la verifica delle prestazioni acustiche sia in camera riverberante sia in campo libero, UNI EN 1794 -1 e UNI EN 1794 -2 per quanto attiene la resistenza alla spinta del vento e la resistenza all'impatto da pietrisco.

Le barriere, con attestato di certificazione apposita, devono essere opportunamente omologate per l'utilizzo stradale.

Nel prezzo di elenco si intendono compresi e compensati tutti gli oneri inerenti la fornitura dei materiali, il fissaggio alla struttura portante di fondazione, la bullonatura, l'ancoraggio delle giunzioni con staffe metalliche zincate, il montaggio e quant'altro necessario per dare l'opera ultimata in ogni sua parte, secondo le indicazioni della D.L.

Tutti i materiali forniti dovranno inoltre rispondere alle normative dettate dalle Norme Armonizzate Europee (UNI) ed essere certificati CE o, in alternativa, rispettare quanto richiesto al paragrafo 11.1 delle NTC 2018, per i materiali e prodotti che rientrano nel punto C).

CAPO 15) SEGNALETICA STRADALE

Art. 55 – Segnaletica verticale

Qualità e provenienza dei materiali

I materiali occorrenti per la produzione dei segnali e dei sostegni formanti oggetto del presente Disciplinare, qualunque sia la loro provenienza, dovranno essere della migliore qualità nelle rispettive loro specie e si intendono accettati solo quando, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, saranno riconosciuti conformi alle prescrizioni contenute nel presente Capitolato.

Ai sensi della Circolare del Ministero LL.PP. n° 2823 del 30/11/93, tutti i cartelli stradali forniti dovranno essere prodotti da Ditte autorizzate.

Tutti i segnali devono essere rigorosamente conformi ai tipi, dimensioni, misure prescritte dal Regolamento di esecuzione e di attuazione, D.P.R. 16/12/92 n° 495 del Codice della Strada approvato con D.Lgs. 30/4/92 n° 285 e ss. mm.

Caratteristiche Generali dei Segnali

1- Parti metalliche

Tutti i segnali devono essere rigorosamente conformi ai tipi, alle dimensioni ed alle misure prescritte dal Regolamento di esecuzione del Nuovo Codice della Strada approvato con D.P.R. 16.12.1992 n. 495, e D.P.R. 16.9.96 n° 61 e ss. mm.

nonchè al disciplinare tecnico "livelli di qualità delle pellicole retro riflettenti" contenuto nel D.M. del 31/03/95 ed alle successive circolari ministeriali; i segnali saranno costruiti in lamiera di alluminio semicrudo di prima scelta dello spessore non inferiore a 25/10 di mm.

La lamiera di alluminio dovrà essere resa scabra mediante carteggiatura, sgrassatura a fondo e quindi sottoposta a procedimento di FOSFO-CROMATIZZAZIONE o analogo procedimento di pari affidabilità su tutte le superfici. La lamiera, dopo aver subito i suddetti processi di preparazione, dovrà essere verniciata a fuoco con opportuno smalto sintetico di colore grigio neutro, a finire con cottura a forno con temperature di 140 gradi centigradi.

A tergo di ogni segnale dovrà essere indicata la scritta "A.P. Modena", il Marchio della Ditta che ha fabbricato il segnale, l'eventuale marchio della ditta che lo fornisce e l'anno di fabbricazione.

L'insieme delle predette annotazioni non può superare la superficie di cmq 200, secondo quanto disposto dall'art. 77 comma 7 del Regolamento d'esecuzione (Art. 39 del C.d.S.).

L'ancoraggio dei segnali ai sostegni dovrà potersi realizzare mediante attacchi speciali universali in alluminio, fissati sulla parte posteriore del segnale tramite chiodatura o saldatura senza che alla fine della lavorazione la facciata del cartello, in pellicola, presenti depressioni o rilievi.

Le frecce direzionali, i preavvisi di bivio, i cartelli per i triangoli di prescrizione del diametro di cm. 90 ed i pannelli segnaletici di curva, perché presentino la necessaria rigidità, dovranno essere rinforzati con traverse in lamiera di alluminio scatolato con sezione ad "U" di lunghezze corrispondenti alle dimensioni dei segnali, saldate o chiodate sul retro dei cartelli; esse dovranno portare attacchi speciali per due o più pali secondo quanto stabilito dalla Direzione Lavori.

Ogni segnale dovrà essere di scatolatura consistente in una piegatura a 90° del perimetro del cartello, la cui altezza sarà variabile tra i 12 e i 25 mm a seconda delle dimensioni del cartello stesso, così pure per i dischi di qualsiasi diametro. Le frecce direzionali ed i preavvisi di bivio potranno essere muti o con iscrizioni. Per muti si intende che i cartelli non dovranno portare sulla facciata anteriore nessuna scritta o simbolo, pur essendo perfettamente finiti, anche nei bordi e nelle punte, in pellicola rifrangente a pezzo unico. Con iscrizioni, si intendono sia le frecce direzionali che i preavvisi, perfettamente finiti con iscrizioni, simbologie, inserti anche a più colori.

I cippi chilometrici dovranno essere costruiti da due pannelli in lamiera di alluminio spessore 15/10, applicati su di un telaio rettangolare realizzato in lamiera di ferro 10/10 stampata ad "U" di mm. (25x30x25); il sostegno, incorporato mediante saldatura al telaio, dovrà essere costituito da un palo a sezione rettangolare di mm. (50x30) di lamiera in ferro mm. 4, alto cm. 235;

La faccia esterna di ogni pannello interamente ricoperto in pellicola rifrangente di classe 1 o 2, sarà suddivisa in tre zone di cui la prima in alto con fondo bianco, la seconda al centro con fondo blu, la terza in basso con fondo bianco. Sostegno e telaio dovranno essere zincati a caldo per immersione; la pellicola rifrangente impiegata dovrà essere a "pezzo unico" ottenendo pertanto il colore blu con procedimento serigrafico.

1a- Supporti segnaletici in alluminio estruso

A scelta della D.L. potranno essere impiegati per i segnali di indicazione (frecce, preavvisi) supporti realizzati con profili in lega di alluminio anticorrosione, ottenuti per estrusione. Detti profili, aventi altezza cm. 20, cm. 25, cm. 30, dovranno avere forma, dimensioni, sagoma con le seguenti caratteristiche:

Spessore: Per le altezze da cm. 20 e 25 non inferiore a 25/10 di mm su tutto lo sviluppo del profilo. Per l'altezza da cm. 30 non inferiore a 30/10 di mm su tutto lo sviluppo del profilo.

Rinforzi: Ogni elemento avrà ricavate sul retro speciali profilature ad "Omega aperto" formanti un canale continuo per tutta la lunghezza del segnale, che hanno la duplice funzione di irrigidire ulteriormente il supporto e di consentire l'alloggiamento e lo scorrimento della bulloneria di serraggio delle staffe che in questo modo potranno essere fissate senza problemi di intasamento, anche a sostegni esistenti.

Le suddette profilature dovranno presentare, in corrispondenza del punto di contatto con le staffe, una superficie piana, parallela alla faccia anteriore del supporto, che garantisca la massima aderenza tra staffa e profilo. Per ogni tipo di supporto (H. cm. 20, H. cm. 25, H. cm. 30) la superficie piana di ogni profilatura ad omega, non dovrà essere inferiore a cm. 2 per tutta la lunghezza del profilo. Per i profili da cm. 25 e cm. 30 sono richieste tassativamente almeno 2 profilature ad "omega aperto".

Giunzioni: Ogni profilo avrà ricavate lungo i bordi superiore e inferiore, 2 sagome ad incastro che consentano la eventuale sovrapposibilità. Tale congiunzione, per offrire adeguate garanzie di solidità, dovrà avvenire mediante l'impiego di un sufficiente numero di bulloncini in acciaio inox da fissarsi sul retro del supporto come previsto per le targhe tradizionali dalle norme AISCAT.

Inoltre, per evitare possibili fenomeni di vandalismo, tale bulloneria non dovrà risultare visibile guardando frontalmente il retro del segnale e le teste delle viti saranno del tipo cilindrico con esagono incassato.

Finiture: Le targhe realizzate con i profili in alluminio ESTRUSO dovranno essere sottoposte ai necessari trattamenti di decapaggio al fine di consentire l'applicazione sulla faccia anteriore dei vari tipi di pellicola con le stesse modalità e garanzie delle targhe tradizionali. Per quanto riguarda la finitura posteriore, non viene richiesto alcun trattamento particolare e neppure la verniciatura date le notevoli caratteristiche chimico-fisiche della lega anticorrosione ma soltanto decapaggio e l'applicazione delle scritte come previsto dal presente Art. 4 comma 4 del presente disciplinare.

Chiusura laterale: Entrambi i lati verticali delle targhe modulari così realizzate dovranno essere "chiusi" da un apposito profilo a "C" che sulla faccia anteriore del segnale si sovrapponga alla finitura in pellicola e sul retro consenta il fissaggio, a mezzo di idonee staffette, alla profilatura ad omega aperto del pannello modulare.

Sia il profilo a "C", che la staffetta di fissaggio saranno realizzati in alluminio estruso, dello stesso tipo impiegato per i pannelli modulari.

Le targhe modulari in lega di alluminio anticorrosione dovranno inoltre consentire l'intercambiabilità di uno o più moduli danneggiati senza dover sostituire l'intero segnale e permettere di apportare variazioni sia di messaggio che di formato utilizzando il supporto originale. Pertanto la larghezza dei bordi sovrapponibili superiori e inferiori di tutte le targhe e frecce in alluminio estruso dovrà essere pari a 16-17 mm.

2 - Faccia anteriore.

Sulla faccia a vista dei supporti metallici, dopo i prescritti trattamenti previsti dal presente art. 4, dovranno essere applicate pellicole retro riflettenti a normale efficienza - Classe 1 o a elevata efficienza - Classe 2, secondo quanto prescritto per ciascun tipo di segnale dall'art. 79 del Regolamento d'esecuzione (Art. 39 C.d.S.) e dal presente articolo al successivo paragrafo 3.

Sui triangoli ed i dischi della segnaletica di pericolo, divieto ed obbligo, la pellicola retro riflettente dovrà costituire un rivestimento senza soluzione di continuità di tutta la faccia utile del cartello, nome convenzionale "a pezzo unico", intendendo definire con questa denominazione un pezzo intero di pellicola, sagomato secondo la forma del segnale, stampato mediante metodo serigrafico con speciali paste trasparenti per le parti colorate e nere opache per i simboli.

La stampa dovrà essere effettuata con i prodotti ed i metodi prescritti dal fabbricante delle pellicole retro riflettenti e dovrà mantenere inalterate le proprie caratteristiche per un periodo di tempo pari a quello garantito per la durata della pellicola retro riflettente.

Per quanto riguarda la segnaletica di indicazione (frecce, preavvisi di bivio, ecc.) essa dovrà essere interamente riflettORIZZATA, sia per quanto concerne il fondo del cartello che per i bordi, i simboli e le iscrizioni, in modo che tutti i segnali appaiano di notte secondo lo schema di colori con il quale appaiono di giorno, in ottemperanza all'art. 79 del Regolamento d'esecuzione (Art. 39 C.d.S.).

Per i segnali di indicazione il codice colori, la composizione grafica, la simbologia, i caratteri alfabetici componenti le iscrizioni devono rispondere a quanto stabilito dagli artt. 78 e 125 del Regolamento d'esecuzione (Art. 39 C.d.S.).

In ogni caso, l'altezza dei caratteri alfabetici componenti le iscrizioni (determinabili come dalla tabella II 16 del C.d.S.) deve essere tale da garantire una distanza di leggibilità non inferiore a mt. 100 ed allo scopo di mantenere un sufficiente potenziale di "bersaglio ottico" e richiamo visivo, i segnali di preavviso di bivio dovranno avere dimensioni non inferiori a 1,50x1,00 Ml.

I segnali da realizzare obbligatoriamente in pellicola ad elevata efficienza (Classe 2) in conformità all'art. 79 Comma 12 del Regolamento d'esecuzione sono, tutti i casi in cui è esplicitamente previsto, e per i segnali: dare precedenza, fermarsi e dare precedenza, dare precedenza a destra, divieto di sorpasso, nonché per i segnali permanenti di preavviso e di direzione di nuova installazione (**Figg. 36/37/40/48/52, nonché i segnali di preavviso e di direzione**).

Tutti gli altri segnali potranno essere realizzati interamente in pellicola ad elevata efficienza (Classe 2) su richiesta della Direzione Lavori; varranno in ogni caso le modalità d'esecuzione già sopra descritte relative ai segnali a pezzo unico e a quelli d'indicazione. Quando i segnali di indicazione ed in particolare le frecce di direzione siano di tipo perfettamente identico la Direzione Lavori potrà richiedere la realizzazione della facciata anteriore interamente o parzialmente, con metodo serigrafico, e pezzo unico, qualora valuti che il quantitativo lo giustifichi.

3 - Pellicole.

Le pellicole retroriflettenti da usare per la fornitura oggetto del presente appalto dovranno essere esclusivamente quelle aventi le caratteristiche colorimetriche, fotometriche, tecnologiche e di durata previste dal Disciplinare Tecnico approvato dal Min. LL.PP. del 31/03/1995 e dovranno risultare prodotte da Aziende in possesso di un sistema di qualità conforme alle norme europee della serie UNI-EN ISO 9001.

Le certificazioni di conformità relative alle pellicole retroriflettenti proposte devono contenere gli esiti di tutte le analisi e prove prescritte dal suddetto Disciplinare e, dalla descrizione delle stesse, dovrà risultare in modo chiaro ed inequivocabile che tutte le prove ed analisi sono state effettuate, secondo le metodologie indicate, sui medesimi campioni per l'intero ciclo, per ambedue i tipi previsti ai punti 2-3 e 2-4 del Disciplinare tecnico summenzionato e per tutti i colori previsti dalla Tab. 1 dello stesso.

Inoltre, mediante controlli specifici da riportare espressamente nelle certificazioni di conformità, dovrà essere comprovato che il marchio di individuazione delle pellicole retroriflettenti (di Classe 1 e Classe 2) sia effettivamente integrato con la struttura interna del materiale, inasportabile e perfettamente visibile anche dopo la prova di invecchiamento accelerato strumentale. Sui campioni presentati e parimenti sui segnali oggetto della fornitura, la grafica dovrà essere nitida e precisa, le pellicole non dovranno presentare ombreggiature, screpolature o zone di opacità e l'adesione al supporto dovrà essere perfetta, senza bolle d'aria o frastagliature sui bordi.

Definizioni

3.1 Pellicole di Classe 1

A normale risposta luminosa con durata di 7 anni

3.2 Pellicole di Classe 2

Ad alta risposta luminosa con durata di 10 anni

3.3 Pellicole di Classe 2 Speciali

Ad altissima risposta luminosa con durata di 10 anni, munite di certificazione per la Classe 2, ma aventi caratteristiche prestazionali superiori alle pellicole di classe 2 di cui al Cap. 2, art. 2.2 del Disciplinare Tecnico pubblicato con D.M. 30/03/95 da utilizzarsi in specifiche situazioni stradali:

- 1) segnaletica che per essere efficiente richiede una maggior visibilità alle brevi e medie distanze.
- 2) segnali posizionati in modo tale da renderne difficile la corretta visione ed interpretazione da parte del conducente del veicolo.
- 3) strade ad elevata percorrenza da parte di mezzi pesanti.
- 4) strade con forte illuminazione ambientale.

Al fine di realizzare segnali stradali efficaci per le suddette specifiche situazioni, dette pellicole retroriflettenti debbono possedere caratteristiche di grande angolarità superiori, così come definite dalla seguente tabella, relativa alle caratteristiche fotometriche (coefficiente aerico di intensità luminosa).

ANGOLO DIVERGENZA	ANGOLO ILLUMINAZIONE	BIANCO	GIALLO	ROSSO	VERDE	BLU
	5	80	65	20	10	4
1°	30	50	40	13	5	2,5
	40	15	13	5	2	1

ANGOLO DIVERGENZA	ANGOLO ILLUMINAZIONE	BIANCO	GIALLO	ROSSO	VERDE	BLU
	5	20	16	5	2,5	1
1,5°	30	10	8	2,5	1	0,5
	40	5	4,5	1,5	0,5	0,25

Un rapporto di prova rilasciato da un Istituto di misura previsto dal D.M. 31/03/95, attestante che le pellicole retroriflettenti soddisfano i sopradetti requisiti deve essere accluso, unitamente alla certificazione di Classe 2 prevista dal D.M. 31/03/95 nella documentazione di ogni ditta concorrente come richiesto dalla normativa.

Potrà essere richiesto inoltre che tale pellicola sia dotata di un sistema anticondensa che oltre alle caratteristiche fotometriche e prestazionali di cui sopra, sarà composta da materiali tali da evitare la formazione di condensa sul segnale stesso durante le ore notturne in cui essa si viene a formare.

Detta caratteristica è definita da un angolo di contatto delle gocce d'acqua sul segnale stesso non superiore a 25° C. (venticinque gradi). La misurazione si intende effettuata con strumenti per la misura delle tensioni superficiali "Kruss" con acqua distillata ed alla temperatura di 22° C.

In tale caso le caratteristiche dovranno essere attestate con certificato di prova di cui sopra.

4 - Sostegni per segnali in acciaio.

I sostegni saranno in ferro tubolare Ø 48, Ø 60 e Ø 90 mm zincati a caldo per immersione secondo norme U.N.I. Lo spessore sarà dimensionato in modo da garantire la massima stabilità del gruppo segnaletico ivi apposto anche in presenza di raffiche di vento sino alla velocità di 150 Km/h. I sostegni di qualsiasi diametro e lunghezza dovranno essere forniti completi di spinotto di ancoraggio alla base e tappo di chiusura alla sommità.

5 - Staffe in lega di alluminio per il fissaggio dei sostegni.

Dovranno offrire le massime garanzie di durata e di inalterabilità nel tempo senza alcun intervento manutentivo. Le staffe in lega di alluminio dovranno essere adatte ai sostegni tubolari di diametro 48 mm, 60 mm, 90 mm, o a sostegni a "C"; la bulloneria fornita a corredo dovrà essere realizzata pure in lega di alluminio o in acciaio inox a discrezione della D.L. per evitare fenomeni di corrosione dovuti alla corrente galvanica. Le suddette staffe dovranno essere del tipo ad "omega" o piatte con 2 bulloni. Non saranno accettate staffe in lega di alluminio del tipo ad un bullone.

6 - Garanzie.

La Ditta dovrà garantire la perfetta conservazione della segnaletica verticale, sia con riferimento alla sua costruzione, sia in relazione ai materiali utilizzati, per tutto il periodo di vita utile, secondo quanto di seguito specificato:

1. Segnali in alluminio con pellicola retroriflettente:
 - a) A normale efficienza - Classe 1
Mantenimento dei valori fotometrici entro il 50% dei valori minimi prescritti dopo un periodo di 7 anni in condizioni di normale esposizione all'esterno.
 - b) Ad elevata efficienza - Classe 2
Mantenimento dei valori fotometrici entro l'80% dei valori minimi prescritti dopo un periodo di 10 anni in condizioni di normale esposizione verticale all'esterno.
2. Le coordinate colorimetriche dovranno essere comprese nelle zone specifiche di ciascun colore per tutto il periodo di vita utile garantita per ciascun tipo di materiale retroriflettente.
3. Entro il periodo di vita utile garantita per ciascun tipo di materiale retroriflettente non si dovranno avere sulla faccia utile rotture, distacchi, decolorazioni od altri inconvenienti della pellicola che possano pregiudicare la funzione del segnale.
4. Le saldature ed ogni altro mezzo di giunzione fra il segnale ed i suoi elementi strutturali, attacchi e sostegni dovranno mantenersi integri ed immuni da corrosione per tutto il periodo di vita utile garantita per ciascun tipo di materiale retroriflettente.

Saranno pertanto effettuate, a totale cura e spesa della Ditta Aggiudicataria, la sostituzione ed il ripristino integrale di tutte le forniture che abbiano a deteriorarsi, alterarsi o deformarsi per difetto dei materiali, di lavorazione e di costruzione, entro un periodo di 5 anni dalla data di consegna del materiale per i segnali in pellicola a normale efficienza - Classe 1 e di 7 anni per i segnali ad elevata efficienza - Classe 2.

Negli anni successivi rimarrà a carico dell'Amministrazione acquirente una quota parte del costo del segnale come sotto specificato:

Segnali in pellicola a normale efficienza Classe 1		Segnali in pellicola ad elevata efficienza Classe 2	
ANNI DI GARANZIA	QUOTA A CARICO DELL'ENTE	ANNI DI GARANZIA	QUOTA A CARICO DELL'ENTE
6	50%	8	50%
7	60%	9	60%
		10	70%

La Ditta è tenuta a sostituire entro 30 giorni, a propria cura e spese, tutto il materiale che, a giudizio insindacabile della D.L. o dalle analisi e prove fatte eseguire dalla stessa, non dovesse risultare rispondente alle prescrizioni; è altresì tenuta ad accettare in qualsiasi momento eventuali sopralluoghi disposti dalla D.L. presso i laboratori della stessa, atti ad accertare la consistenza e la qualità delle attrezzature e dei materiali in lavorazione usati per la fornitura.

Norme per la misurazione dei segnali

L'area dei pannelli di qualsiasi forma e consistenza sarà misurata rilevando la superficie netta della faccia anteriore dei pannelli stessi, esclusi i risvolti costituenti la scatolatura.

Le misure dei cartelli e dei sostegni sono soggette alle tolleranze previste dalle norme U.N.I.

Art. 56 – Segnaletica orizzontale

Caratteristiche della vernice per segnaletica orizzontale

A) Caratteristiche generali

Le vernici devono essere del tipo rifrangente premiscelato, contenente sfere di vetro, miscelate durante il processo di fabbricazione, in modo da garantire una efficiente funzionalità notturna.

Le vernici devono essere pronte per l'uso, della consistenza necessaria per la spruzzatura e corrispondere alle norme previste nella legge n.245 del 05/03/1963.

B) Condizioni per la stabilità

Il pigmento colorato della vernice bianca dovrà essere costituito da biossido di titanio, e da cromato di piombo per la vernice gialla.

Il liquido portante deve essere di tipo oleo-resinoso, con parte resinosa sintetica e recante l'indicazione del fornitore riguardante il contenuto del solvente.

Le vernici non dovranno assorbire grassi, olii ed altre sostanze tali da provocare la formazione di macchie; la composizione chimica dovrà preservarle da inquinamenti di sostanze bituminose, anche nei mesi estivi, in normali condizioni della pavimentazione stradale medesima.

Il potere coprente della vernice dovrà essere compreso tra 1,2 e 1,5 mg/kg. (A.S.T.M. - D - 1738) ed il suo peso specifico dovrà essere compreso fra 1,6 e 1,8 kg/litro, filtro a 25°C (A.S.T.M. - D - 1473).

C) Caratteristiche delle sfere di vetro

Le sfere di vetro dovranno essere trasparenti, prive di lattiginosità, di bolle d'aria, ed avere forma sferica almeno per il 90% del peso totale, con esclusione di elementi ovali, e non essere saldate insieme.

L'indice di rifrazione non dovrà essere inferiore a 1,5 determinato con il metodo dell'immersione con luce al tungsteno.

Le sfere non dovranno subire alcuna alterazione all'azione di soluzioni acide tamponate a pH. 5 - 5,3 o di soluzione di cloruro di calcio o di sodio.

Il peso delle sfere di vetro contenute nella vernice dovrà essere compreso fra il 30 e il 40%, e soddisfare complessivamente le seguenti caratteristiche granulometriche:

- perline passanti al setaccio n.70 = 100%
- perline passanti al setaccio n.140 = 15-55%
- perline passanti al setaccio n.230 = 0-14%

D) Idoneità di applicazione

La vernice dovrà essere applicata sulla pavimentazione stradale con le normali macchine spruzzatrici e dovrà risultare consistente e piena nelle linee della larghezza richiesta.

La quantità del diluente dovrà essere compresa tra il 4 e il 6 % del peso complessivo della vernice.

E) Tempo di essiccamento

La vernice dovrà asciugare entro 30-45 minuti, dall'applicazione di una linea avente la larghezza di cm.12 (dodici) sulla pavimentazione stradale in condizioni atmosferiche normali con temperatura dell'aria compresa fra 15°C e 40°C ed umidità relativa inferiore al 70%, trascorsi i quali la vernice non si dovrà staccare, subire deformazioni o scolorire sotto l'azione delle ruote di gomma degli autoveicoli in transito.

Il tempo di essiccamento sarà controllato in laboratorio secondo le norme A.S.T.M. - D - 711 - 55.

F) Viscosità

La vernice dovrà avere una consistenza adeguata, misurata nel modo seguente:

- con Stormer Viscosimeter a 25°C, ed espressa in unità Krebe compresa fra 70 e 90 (A.S.T.M. - M - 562), ovvero misurata in coppa F.8 a 20°C, compresa tra 18 e 22 sec.

G) Colore

La vernice dovrà essere conforme al bianco o al giallo richiesto. La determinazione del colore avverrà in laboratorio dopo l'essiccamento della stessa per 24 ore.

La vernice non dovrà contenere alcun elemento colorante organico e non dovrà scolorire al sole.

La vernice bianca dovrà possedere un fattore di riflessione pari almeno al 75% relativo all'ossido di magnesio, accertato con opportuna attrezzatura. Il colore, ad applicazione avvenuta dovrà conservarsi nel tempo. Per determinare tale conservazione, che potrà essere richiesta dalla D.L. in qualunque momento, prima del collaudo, occorrerà l'opportuna analisi in laboratori.

H) Residuo

Il peso del residuo non volatile sarà compreso fra il 75 e l'85%, sia per la vernice bianca che per la vernice gialla.

I) Contenuto del pigmento

Il contenuto del biossido di titanio (v. bianca) non dovrà essere inferiore al 12% del peso totale, ed il peso del cromato di piombo (v. gialla) non inferiore all'8%.

L) Resistenza ai carburanti e lubrificanti

La vernice spruzzata dovrà resistere all'azione dei lubrificanti e carburanti di ogni tipo, risultandone insolubile ed inattaccabile.

Prove dei materiali della segnaletica orizzontale

In correlazione a quanto prescritto in precedenza, riguardante la qualità e le caratteristiche dei materiali, per la loro accettazione, l'Impresa è obbligata ad assumersi tutti gli oneri e le spese necessarie per il prelevamento, ed esperimento delle analisi di laboratorio, dei campioni in duplice esemplare, che munito di sigillo e firmato dal Direttore dei Lavori, verrà conservato nei modi adatti a garantirne l'autenticità.

Esecuzione dei lavori di segnaletica orizzontale

La vernice usata per la segnaletica orizzontale sarà rifrangente, ad alta resistenza all'uso ed a forte luminosità notturna.

Le verniciature dovranno essere eseguite con quantitativi di vernice compresa fra kg. 0,7 e 0,9 per metro quadrato, in relazione alle caratteristiche di rugosità della pavimentazione stradale.

La Provincia si riserva di controllare e verificare, con il personale preposto alla sorveglianza, la quantità di vernice che verrà impiegata. Nelle verniciature di primo impianto dovrà essere usato il quantitativo massimo sopraindicato.

Le linee saranno bianche o gialle, continue o tratteggiate con modulo vuoto-pieno di mt. 5,50 -3,00 salvo diverse prescrizioni del Regolamento di attuazione del Nuovo Codice della Strada e diverse disposizioni della D.L.

Le strisce dovranno risultare omogenee e di uniforme intensità notturna, fino all'ultimazione delle operazioni di collaudo.

La segnaletica orizzontale sarà eseguita con macchina a spruzzo da una squadra particolarmente attrezzata e dotata di coni protettivi per la segnaletica eseguita e dei segnali per la regolamentazione del transito e per l'esecuzione dei lavori.

La segnaletica orizzontale dovrà essere conforme alle prescrizioni del Nuovo Codice della Strada e del Regolamento di attuazione vigente con D.P.R. n.495 del 16.12.92.

I cantieri per l'esecuzione dei lavori dovranno essere regolarmente segnalati, a cura e spese dell'Impresa, in conformità a quanto prescritto dall'art.21 del N.C.d.S. e degli artt. dal 30 al 42 del regolamento di attuazione.

Danni di forza maggiore alla segnaletica orizzontale

I danni dipendenti da cause di forza maggiore saranno accertati con la procedura stabilita dall'art.24 del Capitolato Generale e dall'art.25 del Regolamento 25.05.1895 n.350.

I danni prodotti alla segnaletica orizzontale dalla pioggia, dalla neve, dal gelo, e dal transito, non verranno considerati danni di forza maggiore.

I danni causati da applicazioni eseguite in sfavorevoli condizioni atmosferiche o su pavimentazioni umide, non verranno considerati in causa di forza maggiore, e dovranno essere riparate a cura e spese dell'Impresa.

La segnaletica orizzontale che non dovesse risultare in perfetto stato e conservarsi tale fino al collaudo, dovrà essere rifatta a cura e spese dell'Impresa.

L'Impresa non sarà ritenuta responsabile dei danni subiti dalla segnaletica orizzontale, causati da affioramenti di bitume, dal distacco di materiale litoide e da ammaloramenti della pavimentazione.

CAPO 16) SERVIZI E INTERFERENZE

Art. 57 – Canalizzazione per servizi

Per lo scavo, i calcestruzzi, i pozzetti e le camerette relativi a canalizzazioni per servizi a rete vale, salvo quanto specificato nel presente articolo, quanto prescritto per le fognature ed i relativi pozzetti.

Durante il rinterro delle canalizzazioni, su richiesta della D.L. ed alla profondità da essa indicata, dovrà essere posta in opera a cura e spese dell'Impresa una striscia segnaletica, fornita dall'ente interessato o compensata a parte.

Il ripristino delle pavimentazioni bituminose è compreso nell'appalto e su indicazione della Direzione dei Lavori.

I tubi in PVC e le relative sellette dovranno essere conformi alla specifica dell'Azienda Locale dei Servizi. Le sellette saranno poste in opera in ragione di una ogni ml, il loro diametro di serraggio dovrà essere perfettamente uguale a quello dei tubi. Le operazioni di posa dovranno svolgersi nel seguente modo:

- Pulizia del fondo dello scavo e relativa compattazione;
- Posa delle sezioni più basse delle sellette;
- Posa dei tubi nelle semisellette inferiori e posa in opera delle semisellette superiori;
- Giunzione dei tubi a perfetta tenuta;
- Getto del conglomerato cementizio con fluidità tale da avvolgere i tubi in ogni punto senza vuoti residui.

Si dovranno inoltre tenere presenti le seguenti indicazioni:

- I tubi, nei tratti fra le camerette ed i pozzetti, devono avere lievi pendenze e non formare culle per non provocare ristagni d'acqua;
- I tubi non devono appoggiare direttamente su manufatti, muri, fogne, ecc.;
- In ogni tubo dovrà essere infilata in opera una corda guida, tipo "Seleflex" o equivalente, a tre poli, diametro 6 mm. con resistenza minima a trazione di Kg. 350.

Per i plinti di pali e paline si dovranno osservare le seguenti prescrizioni:

- Nel pozzetto attiguo al plinto dovrà essere infisso un dispersore di terra;
- All'interno del getto sarà posta una cassaforma circolare, perfettamente circolare, con il diametro opportuno per il montaggio del palo nonché un tubo in PVC con relativa corda "Seleflex" per il collegamento al pozzetto.
- Il foro di montaggio del palo dovrà essere mantenuto sgombro da detriti mediante elementi murati al suo imbocco.

In ogni modo ogni lavorazione dovrà essere approvata dalla Direzione dei Lavori.

Art. 58 – Rinterro degli scavi

L'Impresa non potrà eseguire il rinterro degli scavi prima che la D.L. abbia potuto verificare la regolarità dei lavori eseguiti. Il rinterro degli scavi avverrà seguendo quanto indicato nella tavola di progetto relativa alla sezione di scavo ed in particolare misto cementato sino allo strato di binder per gli spessori indicati nelle tavole di progetto. L'Impresa dovrà a sua cura e spese procedere alla stesa del materiale nello scavo, alla eventuale bagnatura ed alla costipazione con rullo o piastra vibrante e al riempimento totale o parziale dello scavo con nuovi materiali.

Art. 59 – Interferenze con altri servizi a rete sotterranei

Saranno a totale carico dell'Impresa gli oneri derivanti dalla presenza di cavi, tubazioni, manufatti, ivi compresi i ritardi causati dai lavori da effettuarsi in prossimità dei servizi esistenti, eseguiti sotto il controllo dei rispettivi Enti.

Saranno eseguite dalla Committenza le prestazioni per lo spostamento dei servizi interferenti in collaborazione con gli enti interessati su segnalazione dell'impresa.

Saranno a totale carico dell'Impresa gli oneri derivanti dal ripristino di servizi esistenti danneggiati durante le lavorazioni. I ripristini dovranno essere eseguiti secondo le indicazioni della Direzione Lavori e degli Enti interessati. Di tali rotture dovrà essere immediatamente avvisato il Direttore Lavori.

CAPO 17) IMPIANTI ELETTRICI

Art. 60 – Condizioni generali

Nella realizzazione degli impianti, la Ditta appaltatrice dovrà seguire il più possibile il progetto con le eventuali varianti approvate in sede d'aggiudicazione e in corso d'opera: la Ditta appaltatrice quindi, di propria iniziativa, non potrà apportare nessuna modifica al progetto.

Sono ovviamente escluse quelle varianti dettate da inconfutabili esigenze di cantiere e/o tecniche, esigenze non prevedibili in sede di progetto; anche per queste modifiche dovrà, comunque, essere richiesta l'approvazione scritta della D.L. Qualora la Ditta appaltatrice avesse eseguito delle modifiche senza la prescritta approvazione sarà in facoltà della D.L. ordinarne la demolizione ed il rifacimento secondo progetto, e ciò a completa cura e spese della stessa.

Ad opere ultimate, in coincidenza con la consegna provvisoria degli impianti e quindi prima del collaudo finale dovranno essere forniti dalla Ditta appaltatrice:

a) i disegni finali di cantiere aggiornati e perfettamente corrispondenti agli impianti realizzati, con l'indicazione del tipo e delle marche di tutte le apparecchiature ed i materiali installati (as-built e costruttivi). Particolare cura sarà riservata al posizionamento esatto, in pianta e nelle sezioni, delle apparecchiature e materiali. Dovranno essere fornite tre copie cartacee e una copia su supporto informatico o in formato a scelta della D.L.;

b) tutte le norme/procedure, le istruzioni per la conduzione e la manutenzione degli impianti e delle singole apparecchiature, raccolte in una monografia.

Si precisa che deve trattarsi d'esatte documentazioni d'ogni apparecchiatura con disegni, manuali di uso e manutenzione, schemi ed istruzioni per messa in marcia, funzionamento, installazione e taratura. Saranno allegati i dépliant e le schede tecniche di tutte le macchine ed apparecchiature;

c) la dichiarazione di conformità degli impianti, dei materiali e dei relativi allegati, secondo quanto previsto dal D.M. 37/2008;

d) la dichiarazione di conformità del prodotto alla L.R. 19/03 e di veridicità dei dati fotometrici, di cui all'allegato C della Delibera della Giunta Regionale del 27/09/2015 – Terza Direttiva per l'applicazione dell'art. 2 della Legge Regionale 29 settembre 2003, n. 19 recante: "Norme in materia di riduzione dell'inquinamento luminoso e di risparmio energetico";
e) l'indice di prestazione energetica degli apparecchi IPEA di cui all'allegato D della Delibera della Giunta Regionale del 27/09/2015 – Terza Direttiva per l'applicazione dell'art. 2 della Legge Regionale 29 settembre 2003, n. 19 recante: "Norme in materia di riduzione dell'inquinamento luminoso e di risparmio energetico";
f) l'indice di prestazione energetica dell'impianto di cui all'allegato E della Delibera della Giunta Regionale del 27/09/2015 – Terza Direttiva per l'applicazione dell'art. 2 della Legge Regionale 29 settembre 2003, n. 19 recante: "Norme in materia di riduzione dell'inquinamento luminoso e di risparmio energetico".

L'Amministrazione Appaltante prenderà in consegna gli impianti solo a collaudo finale avvenuto con esito positivo.

In caso di ritardo nel fornire quanto sopra, l'Amministrazione Appaltante si riserva la facoltà, una volta ultimati i lavori, di imporre alla Ditta appaltatrice la messa in funzione degli impianti, rimanendo però la Ditta appaltatrice unica responsabile e con la totale conduzione e manutenzione, ordinaria e straordinaria, completamente a proprio carico, fino all'espletamento di quanto esposto ai punti di cui sopra, in altre parole, fino a quando l'Amministrazione Appaltante potrà prendere in consegna gli impianti.

Restano esclusi dagli oneri a carico della Ditta appaltatrice, in tale periodo, i soli consumi d'energia e combustibile.

La garanzia annuale sui lavori decorrerà a partire dalla data della consegna ufficiale, successiva alla emissione del collaudo finale.

Art. 61 – Condizioni tecniche, normative e prescrizioni

Gli impianti saranno eseguiti secondo il progetto esecutivo degli impianti stessi e con le eventuali varianti che dovessero essere successivamente concordate; la ditta Appaltatrice risponderà dell'esecuzione a norma, come previsto dal D.M. 37/2008, dell'impianto stesso e della conformità alle prescrizioni del presente capitolato, nonché dell'adozione di tutti gli accorgimenti di buona tecnica (qui intesa come regola d'arte), quali ad esempio, l'accessibilità degli apparecchi per la manutenzione, ecc..

Nei dati relativi ad ogni singolo progetto sono indicate le caratteristiche dei singoli componenti per permettere all'impresa appaltatrice di fornire impianti perfettamente rispondenti alle specifiche esigenze e conformi alle prescrizioni del presente Capitolato e, più in generale, all'intero progetto esecutivo.

Resta inteso che l'Impresa Appaltatrice sarà, in ogni modo, ritenuta unica responsabile dell'adeguatezza e del perfetto funzionamento degli impianti forniti.

Gli impianti, descritti nell'elenco prezzi, nel loro complesso e nei singoli componenti, dovranno risultare conformi alla legislazione ed alla normativa vigente al momento dell'esecuzione dei lavori stessi.

L'Appaltatore dovrà realizzare i lavori in accordo a leggi, norme, regolamenti vigenti e disposizioni delle autorità locali anche se non espressamente menzionate.

Leggi

- Legge 01/03/1968 n. 186

Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature ed impianti elettrici ed elettronici.

- D.M. 37/2008

Regolamento concernente l'attuazione dell'art. 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge 2 dicembre 2005, n. 248, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici.

- D.Lgs. 81/2008

Attuazione dell'art. 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

- L.R. 19 del 29 settembre 2003

Norme in materia di riduzione dell'inquinamento luminoso e di risparmio energetico.

- Delibera della Giunta Regionale del 12/11/2015

Terza Direttiva per l'applicazione dell'art. 2 della Legge Regionale 29 settembre 2003, n. 19 recante: "Norme in materia di riduzione dell'inquinamento luminoso e di risparmio energetico".

- DM del 27 settembre 2017

Criteri Ambientali Minimi per l'acquisizione di sorgenti luminose per illuminazione pubblica, l'acquisizione di apparecchi per illuminazione pubblica, l'affidamento del servizio di progettazione di impianti per illuminazione pubblica.

Norme tecniche

Elencate su ogni capitolo relative alle parti di impianto

D.M. Infrastrutture e Trasporti 17 Gennaio 2018: "Norme Tecniche per le Costruzioni 2018" e successiva circolare esplicativa

Regolamenti e disposizioni

- Prescrizioni degli enti preposti al controllo degli impianti nella zona in cui si eseguiranno i lavori, fra cui l'Ispettorato del Lavoro, i Vigili del Fuoco, ASL, INAIL (ex ISPESL), Comune di Modena, ecc.

- Prescrizioni INAIL (ex ISPESL)

- Prescrizioni VV.F.

Art. 62 – Distribuzione

Cavi e condutture

Riferimenti normativi

CEI 64-8: "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua". Parte 5: Scelta ed installazione dei componenti elettrici.

CEI 11-17: "Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo".

CEI 20-27: "Cavi per energia e per segnalamento. Sistema di designazione".

CEI 20-13: "Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 kV a 30 kV".
 CEI-UNEL 35011: "Cavi per energia e segnalamento. Sigle di designazione."
 CEI-UNEL 35012: "Contrassegni e classificazione dei cavi in relazione al fuoco".
 CEI 20-22/2: "Prove d'incendio su cavi elettrici Parte 2: Prova di non propagazione dell'incendio".
 CEI-UNEL 00722: "Identificazione delle anime dei cavi".
 CEI 20-116 Cavi elettrici - Applicazioni estese dei risultati di prova per la reazione al fuoco.
 CEI-UNEL 35024/1: "Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in c.a. e 1500 V in c.c. - Portate di corrente in regime permanente per posa in aria" (per pose fisse) (CEI 64-8 Art. 523.1.3).
 CEI-UNEL 35024/2: "Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in c.a. e a 1500 in c.c. - Portate di corrente in regime permanente per posa in aria".
 CEI-UNEL 35026: "Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata".
 CEI EN 60332-1-1: "Prove su cavi elettrici e ottici in condizioni d'incendio. Parte 1-1: Prova per la propagazione verticale della fiamma su un singolo conduttore o cavo isolato - apparecchiatura."
 CEI EN 60332-1-2 Prove su cavi elettrici e ottici in condizioni d'incendio Parte 1-2: Prova per la propagazione verticale della fiamma su un singolo conduttore o cavo isolato - Procedura per la fiamma di 1 kW premiscelata.
 CEI EN 60332-3: "Prove sui cavi elettrici e a fibre ottiche in condizioni di incendio. Parte 3: Prova per la propagazione verticale della fiamma su fili o cavi montati a fascio".
 CEI UNEL 35318 Cavi per energia isolati in gomma etilenpropilenica ad alto modulo di qualità G16, sotto guaina di PVC, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR) Cavi unipolari e multipolari con conduttori flessibili per posa fissa, con o senza schermo (treccia o nastro) - Tensione nominale U_0/U 0,6/1kV - Classe di reazione al fuoco: Cca-s3, d1, a3.

Generalità

Tutti i cavi impiegati nella realizzazione dell'impianto elettrico devono essere rispondenti alle norme UNEL e CEI.

Il conduttore di neutro non deve essere comune a più circuiti.

I tipi di posa delle condutture in funzione del tipo di conduttore o di cavo utilizzato e delle varie situazioni, devono essere in accordo con quanto prescritto dalla CEI 64-8 Art. 521 (Tab. 52A e Tab. 52B).

È consentita la posa di circuiti diversi in una sola conduttura a condizione che tutti i conduttori siano isolati per la tensione nominale presente più elevata.

Le dimensioni interne dei tubi protettivi e dei relativi accessori di percorso devono essere tali da permettere di tirare i cavi dopo la messa in opera di questi tubi protettivi e relativi accessori.

I cavi devono inoltre poter essere sfilati, per agevolare eventuali riparazioni o futuri ampliamenti dell'impianto.

I raggi di curvatura delle condutture devono essere tali che i conduttori ed i cavi non ne risultino danneggiati.

I supporti dei cavi e gli involucri non devono avere spigoli taglienti.

Il rapporto tra il diametro interno del tubo (in cui sono posati i cavi) e il diametro del cerchio circoscritto ai cavi contenuti deve essere di almeno 1,3 volte.

Sigle di designazione

Le condutture elettriche devono essere disposte o contrassegnate in modo tale da poter essere identificate per le ispezioni, le prove, le riparazioni o le modifiche dell'impianto.

Per la siglatura dei cavi per energia, sul mercato italiano, sono in vigore le seguenti norme:

CEI 20-27 (derivata da CENELEC HD 361), relativa ai cavi di energia armonizzati, di tensione nominale fino a 450/750V o ai tipi nazionali riconosciuti (autorizzati da TC20). I cavi non più contemplati dalla Norma CEI, già in uso e normalizzati, trovano le proprie sigle di designazione nella V1 della CEI 20-27;

CEI-UNEL 35011, relativa alle sigle di designazione dei cavi non armonizzati, inclusi i cavi nazionali riconosciuti dal Cenelec.

Dal 1° luglio 2017 i cavi utilizzati in modo permanente in opere di costruzione devono essere conformi al regolamento UE n. 305/2011 (cavi CPR) e devono essere marcati riportando le seguenti informazioni:

nome del produttore o il suo marchio di fabbrica;

sigla di designazione del cavo;

marcatura CE;

classe di reazione al fuoco.

I cavi CPR inoltre devono essere associati ad una Dichiarazione di Prestazione (DoP), ovvero un documento nel quale il fabbricante identifica il prodotto ed il suo utilizzo indicando le prestazioni del cavo rispetto alle sue caratteristiche essenziali.

Colori distintivi dei cavi

I conduttori devono essere distinguibili per tutta la loro lunghezza tramite il colore dell'isolante o per mezzo di marcatori colorati.

I cavi devono essere distinti tramite le seguenti colorazioni (CEI-UNEL 00722):

giallo verde per il conduttore della terra;

blu per il conduttore del neutro;

marrone, nero, grigio, per le tre fasi di potenza;

blu chiaro con marcature giallo-verde alle terminazioni oppure giallo-verde con marcature blu chiaro alle terminazioni per il conduttore PEN;

rosso per i conduttori positivi e nero per i conduttori negativi in c.c. (ovviamente posati in canalizzazioni differenti da quelle contenenti circuiti in c.a.).

Il colore delle guaine dei cavi è normalizzato dalla norma CEI UNEL 00721.

I conduttori di equipaggiamento elettrico delle macchine possono essere identificati con mezzi alternativi alla colorazione (CEI EN 60204-1).

Cavi per energia

I cavi per energia, sono normati dal CT20 e le caratteristiche elettriche costruttive sono riportate nelle tabelle CEI UNEL.

Tipi di conduttura		Uso del circuito	Conduttore	
			Materiale	Sezione [mm²]
Condutture fisse	Cavi	Circuiti di potenza	Cu	1,5
			Al	16
		Circuiti di segnalazione e ausiliari di comando	Cu	0,5 (a)
	Conduttori nudi	Circuiti di potenza	Cu	10
			Al	16
		Circuiti di segnalazione e ausiliari di comando	Cu	4
Condutture mobili con cavi flessibili		Apparecchio utilizzatore specifico	Cu	Vedere Norma
		Qualsiasi altra applicazione		specificata dell'apparecchio
		Circuiti a bassissima tensione per applicazioni speciali		0,75 (b)
				0,75

(a) Per circuiti di segnalazione e comando di apparecchiature elettroniche: sez. minima 0,1mm².

(b) La nota (a) si applica nel caso di cavi flessibili multipolari che contengano 7 o più anime.

Sezione minima conduttori neutro

	Sezione fase (Sez. F)	Sezione neutro (Sez. N)
Circuito monofase	Sez. F	Sez. N = Sez. F
Circuito polifase	Sez. F ≤ 16 mm ² (Cu) o 25 mm ² (Al)	Sez. N = Sez. F
Circuito polifase	Sez. F > 16 mm ² (Cu) o 25 mm ² (Al)	Sez. N = (Sez. F) / 2 (*)

(*) con il minimo di 16mm² (per conduttori in Cu) e 25 mm² (per conduttori in Al) purché siano soddisfatte le condizioni degli artt. 522, 524.1, 524.2, 524.3, 543.1.4. delle norme CEI 64-8

Nello specifico non saranno ammessi conduttori in alluminio.

Sezione minima conduttori di protezione

Vedere parte del capitolato speciale riguardante l'impianto di terra.

Cadute di tensioni massime ammesse

La caduta di tensioni massima ammessa lungo l'impianto utilizzatore non deve mai superare il 4% della tensione nominale, a meno che diversamente concordato con il committente.

Prestazioni dei cavi nei confronti dell'incendio

A seconda delle esigenze di resistenza al fuoco posso utilizzare le seguenti tipologie di cavi:

non propaganti la fiamma (CEI 20-35);

non propaganti l'incendio (CEI 20-22/2, CEI 20-22/3);

resistenti al fuoco (CEI 20-36);

a ridotta emissione di gas tossici e nocivi (CEI 20-37, CEI 20-38).

Con l'introduzione del D.Lgs. n. 106 del 16 giugno 2017, i cavi elettrici, in quanto prodotti da costruzione, devono essere conformi al regolamento UE n. 305/2011. Tutti i cavi previsti di nuova installazione devono essere marcati CE e possedere la relativa dichiarazione di prestazione, in cui è specificata, in conformità a tali norme, la classe di reazione al fuoco e le altre caratteristiche ed informazioni relative ai cavi, quali: numero di tipo, lotto, serie e codice di identificazione del prodotto; nome e indirizzo del fabbricante; ente di certificazione; norme di riferimento, ecc.

Distribuzione con posa interrata

Riferimenti normativi

CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua

CEI 61386-1 (CEI 23-80): Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche. Parte 1: Prescrizioni generali

CEI 61386-24 (CEI 23-116): Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche. Parte 24: Prescrizioni particolari per tubi interrati

Polifere

Nell'impianto è prevista la realizzazione di polifore per la posa interrate delle linee elettriche.

Saranno costituite essenzialmente da tubi pieghevoli in PVC a doppia parete con sonda interna tirafilo, posati in piano all'interno di uno scavo a sezione obbligata opportunamente predisposto, sul cui fondo si sarà provveduto a formare un letto di sabbia di almeno cm 20. Le tubazioni saranno poi ricoperte da uno strato di 10 cm di calcestruzzo e infine richiuso con il materiale di risulta dello scavo se idoneo allo scopo. A cm 30 sotto il piano di calpestio, in corrispondenza della polifora, sarà posato un nastro in polietilene colorato per segnalare la presenza della tipologia della conduttura realizzata ed evitare danneggiamenti in occasione di lavori di scavo che potrebbero essere effettuati successivamente.

Le polifore saranno posate ad una profondità di 80 cm, idonea a preservare dallo schiacciamento le tubazioni.

Nel caso risultasse impossibile rispettare le profondità minime di cui sopra, occorrerà adottare quei provvedimenti che la D.L. riterrà più opportuni per ottenere identiche garanzie meccaniche e di affidabilità.

Il diametro minimo ammesso per le tubazioni costituenti una polifora per cavi elettrici sarà di mm 90. In ogni tubo dovrà essere infilato un filo di traino in materiale non deteriorabile nel tempo e per le condizioni di posa.

Le polifore saranno attestate entro pozzetti in cemento già predisposti all'interno dei plinti dei pali; in generale ad ogni derivazione necessaria all'impianto e per distanze superiori a 50m saranno realizzate delle rompitratta con pozzetti in cemento con chiusino in ghisa.

Pozzetti prefabbricati interrati

È previsto l'impiego di pozzetti prefabbricati ed interrati, comprendenti un elemento a cassa, con due fori di drenaggio o senza fondo, ed un chiusino in ghisa rimovibile. Detti manufatti, di calcestruzzo vibrato, avranno sulle pareti laterali la predisposizione per l'innesto dei tubi di plastica, costituita da zone circolari con parete a spessore ridotto.

Le dimensioni minime interne dei pozzetti saranno di 50x50x50 cm.

In caso di installazione maggiore all'altezza massima del manufatto, questo sarà portato in quota tramite idonee prolunghe (pozzetti senza fondo), da sigillare alla base con boiacca di cemento.

I pozzetti saranno completati da chiusino in ghisa a norma UNI EN 1563:2018 con resistenza a rottura di 125 kN (classe B 125 secondo UNI EN 124-1). I chiusini saranno di tipo ispezionabile con telaio perimetrale e coperchio con superficie pedonabile antisdrucchiolo ed eventuale scritta "Illuminazione Pubblica", delle dimensioni esterne di 60x60 cm.

Art. 63 – Quadri elettrici

Riferimenti normativi

CEI EN 61439-1 (CEI 17-113): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT). Parte 1: Regole generali

CEI EN 61439-3 (CEI 17-116): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 3: Quadri di distribuzione destinati ad essere utilizzati da persone comuni (DBO).

CEI 23-51: Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare

CEI EN 62208: Involucri vuoti per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione - Prescrizioni generali

CEI EN 60529: Gradi di protezione degli involucri

Prescrizioni tecniche

Le custodie da adibire al contenimento di apparecchiature elettriche (centralizzate e periferiche), saranno conformi alle Norme CEI 17-113, CEI 17-116 e 23-51 ed avranno il grado di protezione meccanica adeguato al luogo in cui dovranno essere installate (riportato sugli elaborati di progetto). Il grado di protezione interno (sportello aperto e pannelli intermedi aperti) dovrà essere IP20 (nessuna parte attiva che potrebbe essere in tensione deve essere accessibile al "dito di prova"); i sistemi di barratura di parallelo devono essere dotati frontalmente, anche se accessibili dall'esterno tramite la rimozione di barriere (pannello/porta di chiusura del vano sbarre) rimovibili solo tramite attrezzo, di un ulteriore schermo trasparente isolante.

Sul fronte del quadro elettrico dovrà essere apposta una targa d'identificazione fissata in modo solidale (viti e/o rivetti) stampata con inchiostro indelebile, riportante i dati di identificazione del componente.

Nello specifico l'impianto deve essere dotato di un quadro elettrico, tipo centralino a 36 moduli, in materiale autoestinguente (PVC), con grado di protezione IP65. Il quadro dovrà essere installato all'interno di un armadio stradale in vetroresina IP44, colore RAL 7035.

L'armadio stradale sarà a due vani, idoneo a contenere il contatore elettrico dell'ente fornitore, nella parte superiore, e il quadro elettrico dell'impianto, nel vano inferiore. L'accessibilità sarà garantita mediante apertura a chiave degli sportelli predisposti. Il quadro sarà ancorato al terreno tramite telaio annegato su plinto di fondazione.

Il centralino sarà di tipo modulare, adatto ad accogliere apparecchi uniformati con passo base da mm 17,5 e muniti di profilati DIN a "C" od "Omega" per l'aggancio rapido dell'equipaggiamento. Nello stesso saranno alloggiate le apparecchiature previste per il telecontrollo, così come riportato negli elaborati grafici di progetto. Il quadro elettrico sarà realizzato con caratteristiche di doppio isolamento e dovrà essere in grado di dissipare il calore prodotto dalle apparecchiature contenute in modo che le temperature massime che si svilupperanno al loro interno siano compatibili con i limiti di funzionamento delle apparecchiature stesse.

Ognuna delle apparecchiature installate a bordo quadro dovrà riportare una etichetta che identifichi chiaramente la propria funzione (es. "circuito prese", "illuminazione" ecc.).

Art. 64 – Protezioni

Impianto di terra

Riferimenti normativi

D.Lgs 9 aprile 2008 Attuazione dell'art. 1 della legge 3/08/07 n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro (Testo unico sulla sicurezza nei luoghi di lavoro).

CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua

DM 37 del 22 Gennaio 2008, Art. 7 (Dichiarazione di conformità)

CEI 64-12 - Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario

DPR 462/01: Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi

Costituzione e prescrizioni impianto elettrico

Nel progetto non è previsto l'impianto di terra solo quando tutte le apparecchiature sono in classe II (isolamento doppio).

A tal fine la ditta installatrice dovrà avere particolare cura nella realizzazione dei collegamenti elettrici in modo da garantire la caratteristica di doppio isolamento dell'intero impianto, a partire dal punto di consegna e per tutte le sue componenti

Protezione dalle sovracorrenti

Riferimenti normativi

CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua

Protezione delle condutture contro le sovracorrenti

I conduttori attivi devono essere protetti tramite una delle modalità seguenti:
installazione di dispositivi di protezione da sovraccarichi e cortocircuiti (CEI 64-8 sez. 434 e sez. 433) aventi caratteristiche tempo/corrente in accordo con quelle specificate nelle Norme CEI relative ad interruttori automatici e da fusibili di potenza, oppure
utilizzo di un'alimentazione non in grado di fornire una corrente superiore a quella sopportabile dal conduttore.

I dispositivi che assicurano la protezione sia contro i sovraccarichi sia contro i cortocircuiti sono:
interuttori automatici provvisti di sganciatori di sovracorrente;
interuttori combinati con fusibili;
fusibili.

Sovraccarico

I dispositivi che permettono protezione unicamente dai sovraccarichi hanno la caratteristica di intervento a tempo inverso e possono avere potere di interruzione inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto in cui essi sono installati (interuttori automatici con sganciatori di sovracorrente o fusibili gG/aM).

Le condizioni che devono rispettare sono le seguenti:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 I_z$$

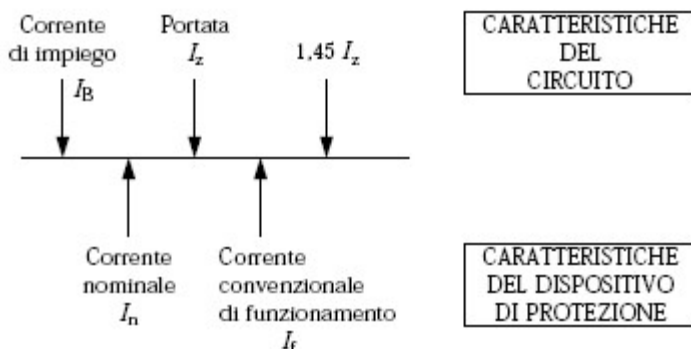
dove:

I_b = corrente di impiego del circuito;

I_z = portata in regime permanente della conduttura (sezione 523);

I_n = corrente nominale del dispositivo di protezione (Per i dispositivi di protezione regolabili la corrente nominale I_n è la corrente di regolazione scelta);

I_f = corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite.



Si consiglia di non installare protezioni contro i sovraccarichi nei circuiti che alimentano apparecchi utilizzatori in cui l'apertura intempestiva del circuito potrebbe essere causa di pericolo.

Cortocircuito

I dispositivi di protezione contro i cortocircuiti devono avere i seguenti requisiti:
potere di interruzione maggiore o uguale alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione (a meno di back up);
tempo di intervento inferiore a quello necessario affinché le correnti di cortocircuito provochino un innalzamento di temperatura superiore a quello ammesso dai conduttori, ovvero deve essere rispettata la relazione:

$$I_2 t \leq K^2 S^2$$

dove:

t = durata in secondi;

S = sezione in mm²;

I = corrente effettiva di cortocircuito in ampere, espressa in valore efficace;

K = 115 per i conduttori in rame isolati con PVC, 143 per i conduttori in rame isolati con gomma etilenpropilenica e propilene reticolato;

$I_2 t$ = integrale di Joule per la durata del cortocircuito (espresso in A²s).

La formula appena descritta è valida per i cortocircuiti di durata $\leq 5s$ e deve essere verificata per un cortocircuito che si produca in un punto qualsiasi della conduttura protetta.

I dispositivi di protezione contro il cortocircuito devono essere installati nei punti del circuito ove avviene una variazione delle caratteristiche del cavo (S , K) tali da non soddisfare la disequazione suddetta eccetto nel caso in cui il tratto di conduttura tra il punto di variazione appena citato e il dispositivo soddisfi contemporaneamente le seguenti condizioni:

lunghezza tratto $\leq 3\text{m}$;
realizzato in modo che la probabilità che avvenga un cortocircuito sia bassissima;
non sia disposto nelle vicinanze di materiale combustibile o in luoghi a maggior rischio in caso di incendio o di esplosione.

Il coordinamento tra la protezione contro i sovraccarichi e la protezione contro i cortocircuiti può essere ottenuta tramite:
un dispositivo di protezione contro i sovraccarichi (se rispetta le prescrizioni contenute nella Norma CEI 64-8 Sez. 433 ed ha un potere di interruzione maggiore o uguale al valore della corrente di cortocircuito presunta nel suo punto di installazione);
dispositivi distinti, coordinati in modo che l'energia lasciata passare dal dispositivo di protezione dal cortocircuito sia inferiore o uguale a quella massima sopportabile dal dispositivo di protezione dal sovraccarico.

Protezione dei conduttori di fase

La rilevazione ed interruzione delle sovracorrenti deve essere effettuata per tutti i conduttori di fase a meno delle eccezioni specificate dalla Norma CEI 64-8 Sez. 473.3.2.

Protezione del conduttore di neutro

Sistemi TT o TN

È necessario prevedere la rilevazione delle sovracorrenti sul conduttore di neutro e conseguente interruzione dei conduttori di fase nel caso in cui il neutro abbia Sez.ione minore dei conduttori di fase eccetto il caso in cui vengano soddisfatte contemporaneamente le due seguenti condizioni:

il conduttore di neutro è protetto contro i cortocircuiti dal dispositivo di protezione dei conduttori di fase del circuito;
la massima corrente che può attraversare il conduttore di neutro in servizio ordinario è inferiore al valore della portata di questo conduttore.

Protezione contro i contatti diretti o indiretti

Riferimenti normativi

CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua

DM 37/08 (Articolo 6): Norme per la sicurezza degli impianti

Protezione mediante bassissima tensione di sicurezza e di protezione (sistemi SELV e PELV)

Tensione a vuoto: $\leq 50\text{ V}$ in c.a. (valore efficace)
 $\leq 120\text{ V}$ in c.c.

Alimentazioni:

trasformatore di sicurezza o altra sorgente con caratteristiche di isolamento similari;
batteria;
gruppo elettrogeno.

Circuiti:

le parti attive devono essere elettricamente separate dagli altri circuiti (ovviamente anche circuiti SELV devono essere separati da quelli PELV) mediante i metodi specificati dalla Norma CEI 64-8 art. 411.1.3.2.

Prese a spina:

non devono poter permettere la connessione con sistemi elettrici differenti, inoltre le prese dei sistemi SELV non devono avere un contatto per il collegamento del PE.

Prescrizioni particolari per i circuiti PELV

Il circuito presenta un punto collegato a terra.

La protezione dai contatti diretti deve essere ottenuta con uno dei seguenti metodi:

- utilizzando involucri o barriere aventi $\text{IP} \geq 2\text{X}$ (oppure $\text{IP} \geq \text{XXB}$);
- isolamento capace di sopportare 500V per un minuto.

Prescrizioni particolari per i circuiti SELV

Non è permesso il collegamento a terra né delle parti attive, né delle masse (generalmente nemmeno delle masse estranee).

La protezione dai contatti diretti è generalmente assicurata se non vengono superati i seguenti limiti di tensione nominale: 25V in c.a., oppure 60V in c.c.

Se vengono superati suddetti i limiti devono essere rispettate le condizioni dettate dalla norma CEI 64-8.

Protezione totale

Protezione per mezzo di isolamento delle parti attive

Questa protezione è ottenuta tramite isolamento completo e irrimovibile (tranne che per mezzo di distruzione) delle parti attive del sistema.

Protezione dalle parti attive per mezzo di involucri o barriere

Caratteristiche:

$\text{IP} \geq 2\text{X}$ o $\text{IP} \geq \text{IPXXB}$ ($\text{IP} \geq 4\text{X}$ o $\text{IP} \geq \text{XXD}$ per quanto riguarda le superfici orizzontali superiori a portata di mano);
nel caso debbano essere rimossi involucri o barriere si deve provvedere a rispettare i requisiti minimi forniti dalla norma (ad esempio rendendo possibile l'operazione solamente tramite chiave o attrezzo).

Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione

Questa metodologia di protezione è richiesta se sulle masse può essere superato (in caso di guasto) il seguente valore della tensione di contatto limite:

$U_L > 50V$ in c.a. (120V in c.c.)

Si devono coordinare:

tipologia di collegamento a terra del sistema;

tipo di PE utilizzato;

tipo di dispositivi di protezione.

Si devono collegare allo stesso impianto di terra tutte le masse a cui si possa accedere simultaneamente.

Devono essere connessi al collegamento equipotenziale principale:

il conduttore di protezione;

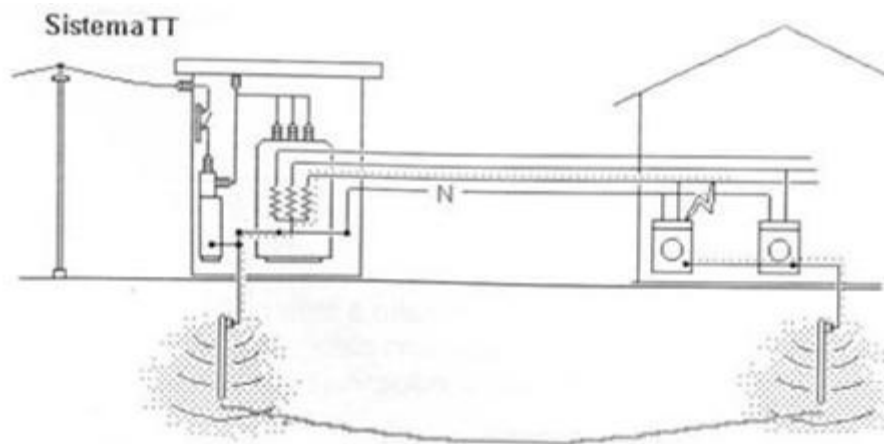
il conduttore di terra;

il collettore principale di terra;

le masse estranee specificate all'art. 413.1.2.1.

In casi particolari definiti dalla norma può essere richiesto un collegamento equipotenziale supplementare.

Prescrizioni particolari per sistemi TT (senza cabina propria, categoria I)



Questa tipologia di sistema è caratterizzata da:

messa a terra del sistema di alimentazione tramite un punto di messa a terra (generalmente il neutro o una fase);

collegamento di tutte le masse che devono essere protette da uno stesso dispositivo ad un unico impianto di terra.

La protezione contro i contatti indiretti deve essere ottenuta mediante interruzione automatica dell'alimentazione per mezzo di dispositivi di protezione a corrente differenziale, oppure dispositivi di protezione contro le sovracorrenti purché, per entrambi, sia verificata la seguente disequazione:

$$R_A \cdot I_A \leq 50$$

Dove:

R_A [Ω] = resistenze dell'impianto di terra (condizioni più sfavorevole);

I_A [A] = corrente che provoca l'intervento del dispositivo automatico di protezione definita nei casi specifici dalla norma.

Protezione con impiego di componenti di classe II o con isolamento equivalente

Un apparecchio di Classe II impedisce che l'eventuale involucro metallico vada in tensione, cioè che diventi una massa e si stabilisca un contatto indiretto.

I componenti elettrici devono essere dei seguenti tipi, essere stati sottoposti alle prove di tipo ed essere contrassegnati in accordo con le relative norme:

componenti elettrici aventi un isolamento doppio o rinforzato (componenti elettrici di Classe II);

componenti elettrici dichiarati nelle relative Norme come equivalenti alla Classe II, come per esempio quadri aventi un isolamento completo (Norma CEI EN 61439-1, CEI 17-113).



Tali componenti sono contrassegnati dal segno grafico:

Involucri

Quando i componenti elettrici sono pronti per funzionare, tutte le parti conduttrici, separate dalle parti attive solo mediante isolamento principale, devono essere contenute in un involucro isolante che presenti almeno il grado di protezione IPXXB.

Inoltre l'involucro isolante non deve essere attraversato da parti conduttrici suscettibili di propagare un potenziale.

Installazione

L'installazione dei componenti elettrici deve essere effettuata in modo da non danneggiare la protezione assicurata secondo le prescrizioni di costruzione degli stessi componenti.

Condutture

Sono considerate idonee le condutture elettriche costituite da cavi con guaina non metallica aventi tensione nominale maggiore di un gradino rispetto a quella necessaria per il sistema elettrico servito e che non comprendano un rivestimento metallico.

Coordinamento apparecchi di protezione

Riferimenti normativi

CEI EN 60898-1 (CEI 23-3/1): Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari. Parte 1: Interruttori automatici per funzionamento in corrente alternata

CEI EN 60947-2 (CEI 17- 5): Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici

CEI EN 61008-1 (CEI 23-42) Interruttori differenziali senza sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similari

CEI EN 61009-1 (CEI 23-44) Interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similari

CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua

Il coordinamento dei dispositivi di protezione può essere di due tipi:

- selettivo;
- di sostegno (back-up)

Coordinamento selettivo

L'esigenza di ottenere selettività di intervento tra i dispositivi di protezione installati in un impianto è definita dal committente o dal progettista dell'impianto.

La mancanza di energia elettrica, anche per un breve tempo può causare danni economici e, in alcuni casi, compromettere la sicurezza delle persone. Ad esempio in alcuni impianti ove è richiesta la massima continuità di esercizio, quale:

- impianti industriali a ciclo continuo;
- impianti ausiliari di centrali;
- reti di distribuzione civili (ospedali, banche, ecc.);
- impianti di bordo,

predomina sulle altre esigenze quella di garantire il più possibile la continuità di funzionamento.

Coordinamento selettivo tra dispositivi di protezione da sovracorrenti

La soluzione normalmente adottata è quella del coordinamento selettivo delle protezioni di massima corrente che consente di isolare dal sistema la parte di impianto interessata dal guasto, facendo intervenire il solo interruttore situato immediatamente a monte di esso.

Al fine di realizzare un corretto coordinamento selettivo, si devono tener presente le seguenti regole fondamentali:

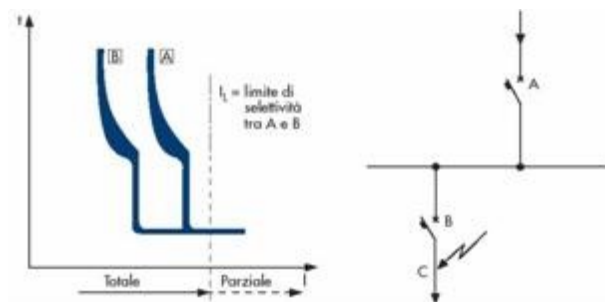
allo scopo di ridurre gli effetti di tipo termico ed elettrodinamico e contenere i tempi di ritardo entro valori ragionevoli, il coordinamento selettivo non dovrebbe avvenire tra più di quattro interruttori in cascata;

ciascun interruttore deve essere in grado di stabilire, supportare ed interrompere la massima corrente di cortocircuito nel punto dove è installato;

per assicurarsi che gli interruttori di livello superiore non intervengano, mettendo fuori servizio anche parti di impianto non guaste, si devono adottare soglie di corrente di intervento (ed eventualmente di tempo di intervento) di valore crescente partendo dagli utilizzatori andando verso la sorgente di alimentazione;

per assicurare la selettività, l'intervallo dei tempi di intervento dovrebbe essere approssimativamente di 0,1-0,2 s. Il tempo massimo di intervento non dovrebbe superare i 0,5 s.

La selettività tra due interruttori in cascata, può essere totale o parziale.



- Selettività totale

La selettività è totale se si apre solo l'interruttore B, per tutti i valori di corrente inferiori o uguali alla massima corrente di cortocircuito presunta nel punto in cui è installato B

.

- Selettività parziale

La selettività è parziale se si apre solo l'interruttore B per valori di corrente di cortocircuito in C inferiori al valore I_L oltre il quale si ha l'intervento simultaneo di A e B.

Le tipologie di selettività ottenibili sono:

- cronometrica;
- amperometrica;
- di zona.

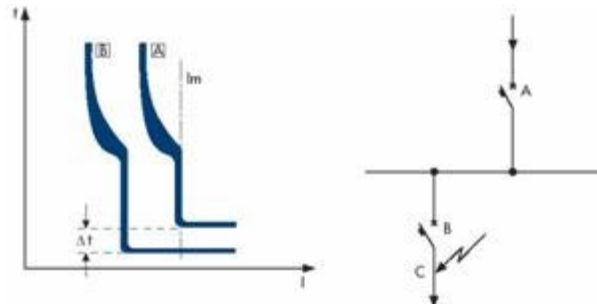
Selettività cronometrica

Può essere ottenuta con l'impiego di sganciatori o relè muniti di dispositivi di ritardo intenzionale dell'intervento.

I ritardi vengono scelti con valori crescenti risalendo lungo l'impianto per garantire che l'intervento sia effettuato dall'interruttore immediatamente a monte del punto in cui si è verificato.

L'interruttore A interviene con ritardo Δt rispetto all'interruttore B, nel caso che entrambi gli interruttori siano interessati a una corrente di guasto di valore superiore a I_m .

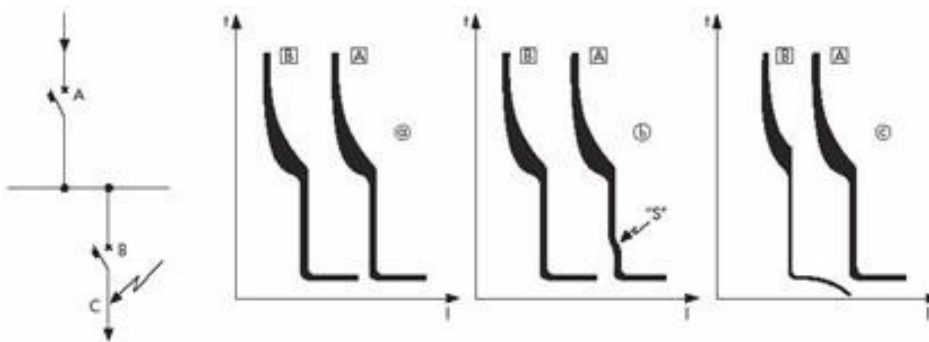
L'interruttore A, ovviamente, dovrà essere in grado di sopportare le sollecitazioni dinamiche e termiche durante il tempo di ritardo.



Selettività amperometrica

Può essere ottenuta regolando la soglia di intervento istantaneo a valori di corrente diversi fra gli interruttori A e B e sfruttando la condizione favorevole del diverso valore assunto dalla corrente di cortocircuito in funzione della posizione in cui si manifesta il guasto a causa dell'impedenza dei cavi.

Per effetto della limitazione dovuta a questa impedenza in certi casi è possibile regolare l'intervento istantaneo dell'interruttore a monte del cavo ad un valore dell'intensità di corrente superiore a quello del massimo valore raggiungibile dalla corrente di guasto che percorre l'interruttore a valle, pur assicurando quasi completamente la protezione della parte di impianto compresa tra i due interruttori.



A seconda degli interruttori impiegati la selettività amperometrica può assumere condizioni diverse:

a) con interruttori tradizionali con breve ritardo a monte e a valle: la selettività è tanto più efficace e sicura quanto più grande è la differenza tra la corrente nominale dell'interruttore posto a monte e quella dell'interruttore posto a valle.

Inoltre la selettività amperometrica generalmente risulta totale se la corrente di cortocircuito in C è inferiore alla corrente magnetica dell'intervento dell'interruttore A;

b) con interruttori tradizionali con breve ritardo a monte e interruttori tradizionali a valle: selettività amperometrica, per valori di corrente di cortocircuito elevati, può essere migliorata utilizzando interruttori a monte provvisti di relè muniti di breve ritardo (curva "S").

La selettività è totale se l'interruttore A non si apre.

La possibilità di avere interventi selettivi senza l'introduzione di ritardi intenzionali riduce le sollecitazioni termiche e dinamiche all'impianto in caso di guasto e frequentemente permette di sotto-dimensionare alcuni suoi componenti.

c) con interruttori tradizionali a monte e interruttori limitatori a valle: usando interruttori limitatori a valle e, a monte di essi, interruttori tradizionali (dotati di potere d'interruzione adeguato con sganciatori di tipo istantaneo) è possibile ottenere selettività totale.

In questo caso la selettività dell'intervento si realizza grazie ai tempi di intervento estremamente ridotti dell'interruttore limitatore che riducono l'impulso di energia dovuto alla corrente di guasto a valori tanto bassi da non causare l'intervento dell'interruttore a monte.

Con questo principio è possibile realizzare la selettività totale anche tra interruttori limitatori di diverso calibro fino a quei valori di corrente che non provocano l'apertura transitoria dei contatti del limitatore a monte.

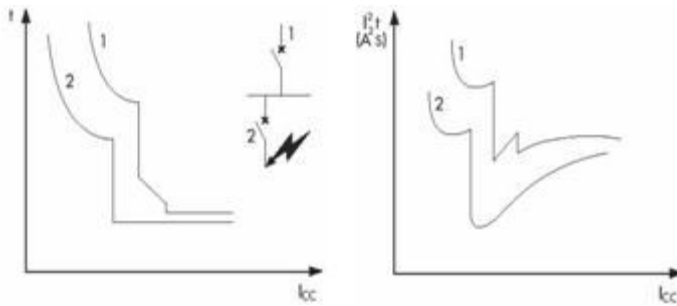
Selettività energetica

È un tipo di selettività alla quale si ricorre quando fra due interruttori non è possibile impostare un tempo di ritardo nell'intervento.

Questo sistema può consentire di ottenere un livello di selettività che va oltre il valore della soglia magnetica dell'interruttore a monte, impiegando un interruttore limitatore a valle.

Nel caso si abbia a monte un interruttore del tipo B ma con $I_{cw} \leq I_{cu}$, in funzione della limitazione effettuata dall'interruttore a valle possiamo ottenere un limite di selettività superiore al valore della soglia istantanea dell'interruttore a monte.

Per lo studio della selettività energetica non si confrontano le curve di intervento corrente/tempo dei componenti installati in serie ma le curve dell'energia specifica (I^2t) lasciata passare dall'interruttore a valle e la curva dell'energia dell'interruttore a monte. Si ottiene la selettività energetica se le due curve non hanno punti di intersezione. L'effetto di limitazione dell'energia specifica passante è funzione del tipo di interruttore (meccanismo di apertura, contatti ecc.) mentre il livello energetico di non sgancio è legato alle caratteristiche di intervento dello sganciatore (soglia istantanea, tempo di intervento), nonché dalla soglia di repulsione dei contatti (apertura incondizionata).



Per poter realizzare in maniera ottimale una selettività energetica occorre pertanto impiegare:

- sganciatori istantanei con tempo di risposta legato alla corrente di cortocircuito e di taglia diversa;
- interruttori con una forte limitazione di corrente ed i contatti differenziati per taglia.

L'impiego di interruttori limitatori a valle permette inoltre una sensibile riduzione delle sollecitazioni termiche ed elettrodinamiche alle quali è soggetto l'impianto e di contenere i ritardi intenzionali imposti agli interruttori installati a livello primario.

Selettività di zona o "accelerata"

L'adozione del coordinamento selettivo delle protezioni comporta per sua natura l'allungamento dei tempi di eliminazione dei guasti man mano che ci si avvicina alla sorgente dell'energia e quindi dove il valore della corrente di guasto è maggiore.

In impianti importanti, nei quali i livelli di distribuzione possono diventare molti, questi tempi potrebbero diventare inaccettabili sia per il valore elevato dell'energia specifica passante I^2t , sia per l'incompatibilità con i tempi di estinzione prescritti dall'Ente fornitore di energia.

In questi casi può essere necessario adottare un sistema di selettività di zona o "accelerata".

Questa tecnica, più sofisticata, consente di accorciare i tempi determinati dalla selettività cronometrica tradizionale pur mantenendo la selettività degli interventi.

Questo tipo di coordinamento si basa sulle seguenti operazioni:

- immediata individuazione dell'interruttore a cui compete l'eliminazione selettiva del guasto;
- abbreviazione del tempo di intervento di tale interruttore;
- mantenimento del coordinamento selettivo degli interruttori a monte.

Il principio su cui basarsi per determinare quale sia l'interruttore più vicino al guasto consiste nell'utilizzare la corrente di guasto come unico elemento di riferimento comune per i vari interruttori e creare un interscambio di informazioni in base alle quali determinare in modo praticamente istantaneo quale parte dell'impianto deve essere tempestivamente staccata dal sistema.

Coordinamento selettivo tra dispositivi differenziali

Questo coordinamento è ottenuto tra due dispositivi differenziali in serie se vengono soddisfatte entrambe le seguenti condizioni:

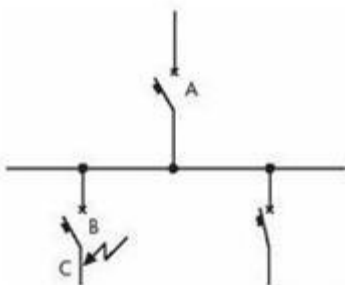
- l'apparecchio a monte deve aver caratteristica di funzionamento ritardata (tipo S);
- il rapporto tra la corrente differenziale nominale del dispositivo a monte e la corrente differenziale nominale del dispositivo a valle deve essere:

$$I_{dn \text{ monte}} \geq 3 I_{dn \text{ valle}}.$$

Protezione di sostegno (Back-up)

Si deve utilizzare una protezione di sostegno quando è richiesta l'apertura contemporanea dell'interruttore a monte e dell'interruttore a valle, oppure quella del solo interruttore a monte per valori della corrente di cortocircuito superiori ad un certo valore limite.

Tale tipo di protezione è ammesso dalle norme CEI 64-8 e CEI EN 60947-2 A1.



Gli interruttori A e B, disposti in serie in un circuito, sono coordinati in modo tale da intervenire simultaneamente in caso di guasto in C per un valore di corrente superiore ad una prefissata soglia, detta corrente di scambio.

In tal modo i due interruttori interagiscono tra loro comportandosi come fossero una sola unità con due interruzioni poste in serie che interrompono il cortocircuito.

Tutto ciò conferisce all'insieme e quindi anche all'interruttore B un potere di interruzione superiore a quello che l'interruttore B stesso potrebbe fronteggiare da solo.

L'impiego di interruttori limitatori a monte consente maggiori margini di sicurezza.

La protezione di sostegno viene utilizzata in impianti elettrici in cui la continuità di esercizio della parte non guasta non è requisito fondamentale, ma esistono altre esigenze prioritarie quali:

la necessità di limitare gli ingombri delle apparecchiature elettriche;

la necessità di non modificare impianti esistenti anche se non più idonei alle nuove correnti di guasto;

il problema tecnico-economico di contenere il dimensionamento dei componenti dell'impianto elettrico.

La protezione di sostegno, pertanto, è applicabile quando non vi sono esigenze di selettività e consente, in particolare, di proteggere impianti sottodimensionati rispetto alla corrente di guasto presunta (ossia consente sensibili risparmi nel dimensionamento degli interruttori a valle).

Le condizioni indispensabili per la realizzazione della protezione di sostegno sono le seguenti:

l'interruttore a monte deve avere un potere di interruzione almeno pari alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione dell'interruttore a valle;

la corrente di cortocircuito e l'energia specifica, lasciata passare di fatto nell'impianto dall'interruttore a monte non devono danneggiare l'interruttore a valle;

i due interruttori devono essere realmente in serie in modo da essere percorsi dalla stessa corrente in caso di guasto.

È comunque necessario, in caso di adozione della protezione di sostegno, scegliere combinazioni di apparecchi delle quali siano state verificate dal costruttore attraverso prove pratiche, l'efficienza e le caratteristiche del complesso. Si deve infatti precisare che il valore del potere di interruzione della serie non può essere ricavato teoricamente, ma può essere definito solo con prove dirette, fatte in laboratorio.

Art. 65 – Comandi

Sezionamento e comando

Riferimenti normativi

CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua

Sezionamento

Deve essere previsto il sezionamento dell'impianto elettrico, o parte di esso, tramite l'utilizzo di apposito dispositivo in modo da permettere operazioni di manutenzione, rilevazione guasti, riparazione, ecc.

Il sezionamento deve essere generalmente effettuato su tutti i conduttori attivi.

La posizione di aperto dei contatti deve essere visibile direttamente oppure tramite un indicatore meccanicamente vincolato ai contatti.

Il dispositivo di chiusura deve essere tale da impedire manovre non intenzionali in seguito a urti, vibrazioni, falsi contatti elettrici, guasti, ecc.

Per evitare alimentazioni intempestive possono essere adottate le seguenti precauzioni:

- blocchi meccanici;
- scritta o altra opportuna segnaletica;
- sistemazione in involucro o in locale chiuso a chiave.

Il conduttore di terra non deve mai essere sezionato o interrotto in nessun sistema.

Comando funzionale

Il comando funzionale ha la funzione, in condizioni ordinarie, di aprire, chiudere o variare la tensione di un circuito.

Possono essere utilizzate come comandi funzionali le prese aventi $I_n \leq 16A$.

Interruzione per manutenzione non elettrica

Devono essere installati apparecchi di interruzione dell'alimentazione negli impianti in cui la manutenzione non elettrica possa comportare rischi per le persone.

Tali apparecchi devono essere installati in luogo permanentemente sotto controllo degli addetti alla manutenzione (quando ciò non è possibile si devono adottare provvedimenti contro la chiusura intempestiva da parte di terzi, simili a quelli prescritti per il sezionamento).

Comando e arresto di emergenza

Riferimenti normativi

CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua

Prescrizioni per l'impianto elettrico

Il comando di emergenza ha il compito di permettere la messa fuori tensione di un circuito in caso di situazione di pericolo.

Deve essere facilmente individuabile e generalmente deve intervenire su tutti i conduttori attivi.

Il comando di emergenza deve disalimentare solamente i circuiti ordinari e non quelli di sicurezza.

Deve essere posto in un ambiente facilmente raggiungibile dall'esterno in caso di emergenza e identificato in modo univoco.

Le tipologie di dispositivi impiegati come comando di emergenza sono le seguenti:

- interruttori magnetotermici;
- interruttori magnetotermici e differenziali o interruttori differenziali puri;
- interruttori di manovra;
- dispositivi con comando a distanza (la cui apertura deve avvenire per diseccitazione di bobina) agenti sul circuito dell'alimentazione.

Art. 66 – Impianti di illuminazione pubblica

Riferimenti normativi

UNI 11248: Illuminazione stradale – selezione delle categorie illuminotecniche.

UNI EN 13201-2: Illuminazione stradale – Parte 2: Requisiti prestazionali.

UNI EN 13201-3: Illuminazione stradale – Parte 3: Calcolo delle prestazioni

UNI 11431: Luce e illuminazione – Applicazione in ambito stradale dei dispositivi di regolatori di flusso luminoso

UNI 10819: Luce e illuminazione – Impianti di illuminazione esterna – Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso

UNI EN 40-2: Pali per illuminazione pubblica – Parte 2 Requisiti generali e dimensioni

Prescrizioni per l'impianto

Gli impianti all'aperto destinati all'illuminazione possono essere realizzati con punti luminosi applicati alle pareti o installati su pali o altri sostegni.

Sono suddivisi in impianti:

- in derivazione;
- in serie;
- indipendenti;
- promiscui.

È consigliata l'installazione di un circuito dedicato.

Gli apparecchi da utilizzare spaziano dalla tipologia con ottica stradale alle decorative in base all'utilizzo ed alle necessità.

Devono essere rispettati i limiti di progetto illuminotecnico imposti dalla norma UNI 10819 che hanno l'obiettivo di limitare l'inquinamento luminoso. Tale norma è valida solo nelle regioni sprovviste di un proprio regolamento o che hanno adottato le indicazioni UNI come normativa regionale.

Al fine di contenere i consumi energetici è fondamentale l'installazione di:

- lampade con elevata efficienza luminosa;
- alimentatori aventi elevato rendimento elettrico;
- apparecchi caratterizzati da ottiche ad alto rendimento.

Plinti prefabbricati

Caratteristiche

È previsto l'impiego di blocchi/plinti di fondazione prefabbricati, comprendenti un elemento per l'installazione di pali e un pozzetto per il collegamento delle linee elettriche. I plinti saranno dotati di idonei fori di drenaggio e provvisti di chiusino in ghisa rimovibile, il tutto come precisato sui disegni di progetto. Detti manufatti, di calcestruzzo vibrato con resistenza caratteristica minima di 350 kg/m², avranno sulle pareti laterali la predisposizione per l'innesto dei tubi di plastica, costituita da zone circolari con parete a spessore ridotto.

Le dimensioni sono deducibili dagli elaborati grafici del progetto.

Installazione

I plinti di fondazione saranno installati su scavi predisposti, su cui sarà creato uno strato di almeno 30 cm di pietrisco stabilizzato e successivo calcestruzzo. Una volta adagiati alla quota di installazione sarà effettuato un rinfianco di calcestruzzo sul plinto. Lo scavo sarà riempito con il materiale di risulta dello scavo.

Pali di sostegno

Caratteristiche

I pali per illuminazione pubblica devono essere conformi alle norme UNI-EN 40. Tutte le caratteristiche dimensionali ed i particolari costruttivi sono indicati nei disegni allegati.

I pali, tipo conico dritto, saranno costruiti mediante piegatura circolare di trapezi di lamiera in acciaio S235JR (UNI EN 10025), i cui lembi longitudinali affiancati dopo la piegatura vengono saldati mediante processo automatizzato certificato IIS. I pali saranno completati da processo di zincatura a caldo e verniciati.

Nei pali dovranno essere praticate numero due aperture delle seguenti dimensioni:

- un foro ad asola della dimensione 186 x 46 mm, per il passaggio dei conduttori, posizionato con l'asse centrale a 600 mm dalla base del palo;
- una finestrella d'ispezione delle dimensioni 186 x 46 mm, per il fissaggio della morsettiere; tale finestrella dovrà essere posizionata con l'asse centrale a 1800 mm dalla base del palo. La chiusura della finestrella d'ispezione dovrà avvenire mediante un portello realizzato in alluminio pressofuso a filo palo con bloccaggio mediante chiave triangolare.

Alla base del palo dovrà essere installata una fascia bituminosa per la protezione dalla corrosione.

I pali saranno corredati da un braccio, installato sulla cima del palo, per il sostegno degli apparecchi di illuminazione, di caratteristiche analoghe a quelle del palo stesso.

Installazione

I pali saranno installati sui plinti di fondazione predisposti, dotati di foro di idonee dimensioni. Il bloccaggio al plinto avverrà con sabbia e successiva sigillatura superiore con calcestruzzo.

Cassette, giunzioni e derivazioni

Caratteristiche

La derivazione agli apparecchi di illuminazione, in cavo bipolare della sezione di 1,5 mm², sarà effettuata con l'impiego di cassetta di connessione in classe II collocata nell'alloggiamento a bordo palo (asola), con transito nella medesima dei cavi di dorsale.

Per le giunzioni o derivazioni dei cavi di dorsale, con posa in cavidotto, è previsto l'impiego giunto ad attacco rapido, costituito da involucro in materiale plastico isolante, morsetti di connessione e riempitivo interno in gel atossico. I giunti saranno idonei per connessioni e derivazioni di cavi multipolari, con grado di protezione IPX8, classe 2, tensione di isolamento 1,2 kV, conforme alla norma EN 50393.

Apparecchi di illuminazione

Caratteristiche

Gli apparecchi di illuminazione dovranno essere realizzati in classe II, con grado di protezione IP66 e IK08. Dovranno essere idonei all'applicazione per illuminazione stradale, con ottica asimmetrica per illuminazione stradale extraurbana, e dotati di attacco per testa palo o su braccio.

Il gruppo ottico dovrà costituito da moduli LED, esenti da rischio fotobiologico, ad alta efficienza (classe A++), con temperatura di colore 3000K, e indice di resa cromatica maggiore o uguale a 70.

Gli apparecchi saranno di tipo dimmerabile con telecomando punto-punto tramite onde radio, per questo saranno dotati di nodi per la trasmissione e ricezione del sistema a onde radio.

Saranno conformi alle seguenti norme: EN 60598-1, EN 60598-2-3, IEC/EN 62471, EN IEC 55015, FprEN IEC 61547, IEC EN 61000-3-2:2018, IEC EN 61000-3-3:2013.

Gli apparecchi di illuminazione dovranno soddisfare i requisiti richiesti dalla legge della Regione Emilia Romagna n. 19 del 29/09/03 "Norme in materia di riduzione dell'inquinamento luminoso e di risparmio energetico" e della Terza Direttiva per l'attuazione dell'articolo 2 della suddetta norma, di cui alla delibera della Giunta Regionale n. 1732 del 12 novembre 2015.

Inoltre dovranno soddisfare i criteri ambientali minimi di cui al DM del 27 settembre 2015 e successive modifiche.

I produttori devono quindi rilasciare la dichiarazione di conformità alla legge n° 19 del 29 Settembre 2003 della Regione Emilia Romagna delle loro apparecchiature e devono inoltre allegare, le raccomandazioni di uso corretto. La documentazione tecnica dovrà comprendere la misurazione fotometrica dell'apparecchio, effettuata secondo le norme in vigore, sia in forma tabellare numerica su supporto cartaceo che sotto forma di file standard in formato "Eulumdat".

Tale documentazione dovrà specificare tra l'altro:

- Temperatura ambiente durante la misurazione;
- Tensione e frequenza di alimentazione della lampada;
- Norma di riferimento utilizzata per la misurazione;
- Identificazione del laboratorio di misura;
- Specifica della lampada (sorgente luminosa) utilizzata per la prova;
- Nome del responsabile tecnico di laboratorio;
- Corretta posizione dell'apparecchio durante la misurazione;
- Tipo di apparecchiatura utilizzata per la misura e classe di precisione.

Questi dati devono essere accompagnati da una dichiarazione sottoscritta dal responsabile tecnico di laboratorio che attesti la veridicità della misura.

Gli apparecchi devono inoltre essere forniti della seguente ulteriore documentazione:

- angolo di inclinazione rispetto al piano orizzontale a cui deve essere montato l'apparecchio in modo da soddisfare i requisiti della legge n° 19 del 29 Settembre 2003 della Regione Emilia Romagna. In genere l'inclinazione deve essere nulla (vetto di protezione parallelo al terreno).
- diagramma di illuminamento orizzontale (curve isolux) riferite a 1.000 lumen
- diagramma del fattore di utilizzazione
- classificazione dell'apparecchio agli effetti dell'abbagliamento con l'indicazione delle intensità luminose emesse rispettivamente a 90° (88°) ed a 80° rispetto alla verticale e la direzione dell'intensità luminosa massima (I max) sempre rispetto alla verticale.

La rispondenza alla legge n° 19 del 29 Settembre 2003 della Regione Emilia Romagna e al complesso delle norme di cui sopra dovrà essere certificato con la consegna al Direttore dei Lavori della dichiarazione di conformità alle normative stesse rilasciata dal costruttore degli apparecchi di illuminazione.

Installazione

Il tipo di apparecchio di illuminazione da installare, nell'ipotesi che non sia già stato definito nel disegno dei particolari, dovrà comunque essere approvato dal Direttore dei Lavori.

L'Appaltatore provvederà pertanto all'approvvigionamento, al trasporto, all'immagazzinamento temporaneo, al trasporto a piè d'opera, al montaggio su palo o braccio o testata, all'esecuzione dei collegamenti elettrici, alle prove di funzionamento degli apparecchi di illuminazione con le caratteristiche definite in precedenza.

Gli apparecchi di illuminazione saranno, come già precisato, in Classe II e pertanto si dovrà porre la massima cura nell'esecuzione dei collegamenti elettrici affinché in essi sia mantenuto il doppio isolamento.