

LAVORO:

**Edificio "Ex Centrale Termica" dello stabilimento FIAT di Novoli, Firenze**  
**Progetto definitivo dell'intervento di riqualificazione dell'edificio**

COMMESSA: **J17005**

COMMITTENTE: **Immobiliare Novoli Spa**  
*Via Saviane, 6*  
*50127 Firenze*

TITOLO:

**Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici strutturali**

PROGETTISTA:

**Ing. Michelangelo Micheloni**

2		
1		
0	EMISSIONE	1 marzo 2019
REV	DESCRIZIONE	DATA
Il presente documento è di proprietà dello <b>Studio Micheloni Srl</b> Le proprietà intellettuali sono dei rispettivi autori. A termini di legge ogni diritto è riservato.		ELABORATO: <b>DOC.07</b>
		N. PAG 17

## **INDICE GENERALE**

1.	PREMESSA	5
2.	PRESCRIZIONI GENERALI	6
	a) Generalità	6
	b) Opere provvisoriale	7
	c) Noleggi	8
	d) Trasporti	8
	e) Movimentazione, allontanamento e/o deposito dei materiali di risulta	8
	f) Permessi, autorizzazioni e relativi oneri	9
	g) Controlli della D.L.	9
	h) Cautele	9
	i) Permessi, autorizzazioni e relativi oneri	10
3.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	11
	a) Norme nazionali di riferimento	11
	b) Norme UNI	11
	a) Norme sulla sicurezza	11
4.	MATERIALI	12
	a) Calcestruzzo per plinti e spalle C28/35	12
	b) Calcestruzzo Pali di fondazione C25/30	12
	c) Calcestruzzo per magrone C12/15	13
	d) Acciaio per getti in barre ad aderenza migliorata B450C :	13
	e) Acciaio da carpenteria metallica: classe minima S355	13
5.	REQUISITI SPECIFICI DEI MATERIALI	15
	a) Cementi	15
	b) Aggiunte	16
	c) Aggregati	17
	d) Acqua di impasto	19
	e) Additivi	19
	f) Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati	20

g)	Lavorabilità	21
h)	Acqua di bleeding	22
i)	Contenuto d'aria	22
j)	Materiali ferrosi	23
k)	Acciaio per c.a.	23
l)	Legnami	30
m)	Pietre naturali	30
n)	Tubazioni in materiale plastico	31
o)	Dispositivi di coronamento e di chiusura	32
6.	SCAVI	34
7.	DEMOLIZIONI E RIMOZIONI	37
8.	FONDAZIONI PROFONDE SU PALI	38
a)	Oggetto	39
b)	Normative di riferimento	39
c)	Sistemi di perforazione	39
d)	Attrezzature	40
e)	Materiali	45
f)	Controlli - Fase di ricezione dei materiali	49
g)	Prove tecnologiche preliminari	50
h)	Prove di carico in corso d'opera e Controlli di Integrità dei pali	51
i)	Controlli finali	58
9.	PLINTI DI FONDAZIONE	59
a)	Qualifica del conglomerato cementizio	60
b)	Trasporto e scarico	62
c)	Posa in opera del calcestruzzo	63
d)	Casseforme in genere	65
e)	Caratteristiche delle casseforme a sistemi modulari per calcestruzzo faccia vista	66
f)	Pulizia e trattamento	67
g)	Predisposizione di fori, tracce e cavità	67
a)	Vibrazione del conglomerato	67
b)	Riprese di getto	68
c)	Tolleranze esecutive	69
d)	Stagionatura	69

e)	Disarmo	71
f)	Finitura superficiale dei getti	72
g)	Controllo di accettazione in corso d'opera	72
h)	Prove di carico	77
i)	Collaudi	77
j)	Norme di riferimento	78
a)	Regole specifiche	79
b)	Lavorazioni in cantiere - Raggi minimi di curvatura	79

10.	FORNITURA PONTI TEMPORANEI	<b>ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.</b>
11.	ASSEMBLAGGIO E VARO PONTE METALLICO TEMPORANEO	<b>ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.</b>
12.	PREDISPOSIZIONE DI SUPPORTI PER SOTTOSERVIZI	85

## 1. Premessa

Le specifiche contenute nella presente documento sono relative a tutte le opere strutturali previste dal progetto e costituiscono documento rigorosamente contrattuale. Tutti gli oneri necessari all'esecuzione a perfetta regola d'arte di quanto indicato nei disegni di progetto e nelle presenti specifiche tecniche, anche se nel seguito non espressamente richiamati, devono intendersi sempre compresi e compensati nel prezzo offerto.

Si precisa che ogni descrizione indicata nel prosieguo costituisce solo ed esclusivamente una sintesi indicativa dell'opera da eseguire e che detta indicazione è da considerarsi sempre integrata dalle prescrizioni, indicazioni, oneri, mansioni, accessori, ecc. specificamente prescritti sia dalle normative vigenti al momento dell'offerta in base a leggi Statali, Regionali e Comunali, sia dagli ordini che saranno impartiti dalla Direzione Lavori per dare l'opera comunque finita e collaudabile a norme di legge, completamente funzionale ed utilizzabile dagli utenti nei termini di garanzia previsti per legge.

Di seguito vengono quindi descritte le specifiche dei seguenti capitoli d'opera.

- Scavi
- Realizzazione pali
- Realizzazione fondazioni
- Fornitura e posa di strutture metalliche
- Predisposizione di passaggi per sottoservizi

## 2. Prescrizioni generali

### a) Generalità

Tutti gli oneri di cui alla presente specifica tecnica sono da intendersi compresi e compensati nei prezzi offerti. In particolare devono intendersi compresi e compensati tutti gli oneri per spostamento delle macchine e verifica del tracciamento, fornitura e posa in opera dei materiali, esecuzione delle opere presenti in appalto.

I materiali da impiegare per i lavori compresi nell'appalto dovranno corrispondere, come 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. Dovranno in ogni modo soddisfare alle prescrizioni particolari contenuti nel presente Capitolato Tecnico. I materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

I materiali proveranno 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 appaltatrice resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

L'Impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegare, anche se non incluse nelle presenti Prescrizioni purché facenti riferimento ad una normativa in uso, sottostando a tutte le spese per il prelievo, la formazione e l'invio dei campioni ai Laboratori in seguito specificati o indicati dalla Società e/o dalla Direzione Lavori, nonché per le corrispondenti prove ed esami.

I campioni saranno prelevati in contraddittorio. Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nei locali indicati dalla Direzione Lavori, previa apposizione di sigilli e firme del Direttore Lavori e dell'Impresa e nei modi più adatti a garantirne l'autenticità e la conservazione.

Le diverse prove ed esami sui campioni saranno effettuati, a carico dell'impresa, presso i laboratori ufficiali.

Prima di porre mano ai lavori quando possibile e quindi durante l'esecuzione dei lavori, l'Impresa è obbligata ad eseguire la picchettazione completa del lavoro, in modo che risultino indicati i limiti e la posizione della nuova costruzione.

I materiali da impiegare nei lavori dovranno avere i requisiti fissati qui di seguito e negli articoli successivi; dovranno pertanto essere forniti di un'idonea certificazione d'origine, che attesti la conformità delle proprie caratteristiche alle specifiche richieste nelle presenti Norme.

Nel caso di mancanza di tale certificazione, il materiale non sarà ritenuto idoneo all'impiego ed immediatamente allontanato dal cantiere, a totale cura e spese dell'Impresa.

In caso di difformità con quanto fissato nel presente articolo, varrà quanto prescritto dalla Norma specifica.

La scelta di un tipo di materiale nei confronti di un altro, o tra diversi tipi dello stesso materiale, sarà fatta di volta in volta, in base al giudizio della Direzione Lavori, la quale, per i materiali da acquistare, si assicurerà che provengano da produttori di provata capacità e serietà.

### *b) Opere provvisionali*

L'esecuzione delle opere previste nell'appalto richiede il montaggio di ponteggi e di opere provvisionali di varia tipologia ed impegno, il cui onere è già previsto e compensato nei capitoli di seguito riportati.

Per tutta la durata dei lavori tutte le opere provvisionali (ponteggi, puntellature, centinature, rompitratte, cassature, palancolati, ecc.), gli apprestamenti e le attrezzature necessarie per la esecuzione delle opere descritte nel presente capitolato in sicurezza (ai sensi del D.Lgs. 81/08), sono da ritenersi a carico della impresa appaltatrice per qualunque altezza da terra.

Sono inoltre compresi e compensati nel prezzo offerto per ogni singola lavorazione gli oneri di montaggio, smontaggio, pulitura e nolo dei materiali, ecc.

Le principali norme riguardanti i ponteggi e le impalcature, i ponteggi metallici fissi, i ponteggi mobili, ecc., sono contenute nei D.P.R. 303/56 e nel D.Lgs. 81/08.

Tutte le opere provvisionali (ponteggi, puntellature, centinature, rompi tratta, cassature, palancolati, ecc.), a qualsiasi piano ed a qualsiasi altezza da terra, all'interno e/o all'esterno, necessarie per la esecuzione delle opere descritte nel presente capitolato, e comunque necessarie alla realizzazione dell'opera in progetto, sono da ritenersi a carico dell'Appaltatore, compresi e compensati nel prezzo offerto della singola lavorazione.

Le opere provvisionali, in legno o in ferro, devono essere allestite sulla base di giustificati calcoli di resistenza, prodotti a cura ed onere dell'appaltatore, e devono essere conservate in efficienza per l'intera durata del lavoro, secondo le prescrizioni specifiche del piano di sicurezza.

### *c) Noleggi*

I noli devono essere espressamente richiesti, con ordine di servizio, dalla Direzione dei lavori e sono retribuibili solo se non sono compresi nei prezzi delle opere e/o delle prestazioni.

Le macchine ed attrezzi dati a noleggio devono essere in perfetto stato di esercizio ed essere provvisti di tutti gli accessori necessari per il loro funzionamento.

Sono a carico esclusivo dell'Impresa la manutenzione degli attrezzi e delle macchine affinché siano in costante efficienza.

Il nolo si considera per il solo tempo effettivo, ad ora o a giornata di otto ore, dal momento in cui l'oggetto noleggiato viene messo a disposizione del committente, fino al momento in cui il nolo giunge al termine del periodo per cui è stato richiesto.

Nel prezzo sono compresi: i trasporti dal luogo di provenienza al cantiere e viceversa, il montaggio e lo smontaggio, la manodopera, i combustibili, i lubrificanti, i materiali di consumo, l'energia elettrica, lo sfrido e tutto quanto occorre per il funzionamento dei mezzi.

I prezzi dei noli comprendono le spese generali e l'utile dell'imprenditore.

Per il noleggio dei carri e degli autocarri verrà corrisposto soltanto il prezzo per le ore di effettivo lavoro, rimanendo escluso ogni compenso per qualsiasi altra causa o perditempo.

### *d) Trasporti*

Il trasporto, anche in casi di trasporti eccezionali, è compensato a metro cubo di materiale trasportato, oppure come nolo orario di automezzo funzionante.

Se la dimensione del materiale da trasportare è inferiore alla portata utile dell'automezzo richiesto a nolo, non si prevedono riduzioni di prezzo.

Nei prezzi di trasporto è compresa la fornitura dei materiali di consumo e la manodopera del conducente.

Per le norme riguardanti il trasporto dei materiali si veda il D.P.R. 7 gennaio 1956, capo VII e successive modificazioni.

### *e) Movimentazione, allontanamento e/o deposito dei materiali di risulta*

Il materiale di risulta ritenuto non riutilizzabile dal direttore dei lavori deve essere allontanato dal cantiere per essere portato a rifiuto presso pubblica discarica o altra discarica autorizzata.

Nelle voci che seguono si considerano sempre compresi il calo, il tiro in alto, la movimentazione manuale o con piccoli mezzi meccanici ed il sezionamento dei materiali di risulta (anche se residui di lavorazione di altre imprese), lo scarrettamento



fino al piano di carico, il carico, trasporto e scarico alle pubbliche discariche ed i relativi oneri di conferimento.

*f) Permessi, autorizzazioni e relativi oneri*

Sono da includersi in offerta eventuali costi per occupazioni suolo pubblico, permessi speciali e per le attività di carico/scarico materiali, accantieramento e recinzione di cantiere se necessaria o richiesta.

*g) Controlli della D.L.*

Per tutti i materiali all'atto dell'accettazione, l'Appaltatore dovrà consegnare alla D.L., copia dei certificati riportanti le caratteristiche chimico-fisiche dei materiali medesimi nonché i risultati di tutte le prove che devono essere effettuate in accordo con le norme utilizzate. L'Impresa dovrà essere in grado di individuare e documentare in ogni momento la provenienza dei materiali impiegati nelle lavorazioni e di risalire ai corrispondenti certificati di qualificazione, dei quali dovrà esibire la copia a richiesta della direzione dei lavori.

Alla direzione dei lavori è riservata comunque la facoltà di eseguire in ogni momento della lavorazione tutti i controlli che riterrà opportuni per accertare che i materiali impiegati siano quelli certificati, che le strutture siano conformi ai disegni di progetto e che le stesse siano eseguite a perfetta regola d'arte.

Si intendono compresi e compensati nelle voci offerte tutti gli oneri derivanti da prove e controlli (secondo NTC2018) che la D.L. farà eseguire su elementi, materiali ed opere strutturali eseguite con tecniche compatibili con lo stato dei luoghi.

L'Appaltatore deve mettere a disposizione della D.L. la certificazione del personale addetto alle prove non distruttive; tale personale deve essere qualificato in accordo con la normativa C.I.C.P.N.D.

*h) Cautele*

Durante il carico, il trasporto, lo scarico, il deposito ed il montaggio, si dovrà porre la massima cura per evitare che le strutture vengano deformate o sovrasollecitate. Le parti a contatto con funi, catene od altri organi di sollevamento dovranno essere opportunamente protette.

Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto, nel rispetto dello stato di sollecitazione previsto nel progetto medesimo.

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.

L'appaltatore ha l'obbligo e l'onere di riparare o di provvedere al pagamento delle spese di riparazione alle aziende erogatrici e alle limitrofe proprietà di eventuali servizi e sottoservizi (allacci fognari, tubazione di adduzione acqua, gas, ecc.) danneggiati dall'impresa durante le fasi di scavo.

In ogni fase dovranno inoltre essere utilizzate attrezzature di ultima generazione marcate CE a ridotta emissione sonora, dovrà inoltre essere adottata ogni cautela necessaria al fine di non arrecare alcun tipo di danno alle proprietà adiacenti.

*i) Permessi, autorizzazioni e relativi oneri*

Sono da includersi in offerta eventuali costi per occupazioni suolo pubblico, permessi speciali per i transiti e per le attività di carico/scarico materiali, accantieramento e recinzione di cantiere se necessaria o richiesta.

## 3. Normativa di Riferimento

### a) *Norme nazionali di riferimento*

- “Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, “NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 17.01.2018” e successiva Circolare.
- D.P.R. N. 380 del 06/06/2001 - Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia (Testo A);
- successive modifiche ed integrazioni.

### b) *Norme UNI*

- UNI EN 1990 Criteri generali di progettazione strutturale
- UNI EN 1991-1 Azioni sulle strutture
- UNI EN 1991-1-1:2004 Parte 1-1: Azioni in generale - Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi per gli edifici
- UNI EN 1991-1-5:2004 Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche
- UNI EN 1991-1-2: 2005 - Parte 1-2: Carichi da traffico sui ponti
- UNI EN 1991-1-6:2005 Parte 1-6: Azioni in generale - Azioni durante la costruzione
- UNI EN 1991-1-7:2006 Parte 1-7: Azioni in generale - Azioni eccezionali
- UNI EN 206-1: 2006 - Calcestruzzo - Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità
- UNI EN 1992-1-1: 2006 - Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1997-1: 2005 - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali
- UNI EN 1998-5: 2005 - Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici

### a) *Norme sulla sicurezza*

- DECRETO LEGISLATIVO 9 aprile 2008 , n. 81
- DPGR n. 62/R del 23 novembre 2005
- D.Lgs. 14 agosto 1996 n. 493 - Attuazione della direttiva 92/58/CEE concernente le prescrizioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro;
- successive modifiche ed integrazioni.

## 4. Materiali

I materiali utilizzati per le strutture in c.a. gettate in opera e per la carpenteria metallica nuova sono i seguenti.

### a) Calcestruzzo per platee e plinti C28/35

- Calcestruzzo a prestazione garantita (UNI EN 206-1, UNI11104)
- Resistenza caratteristica cilindrica  $f_{ck} = 28 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza caratteristica cubica  $R_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$
- Classe di esposizione XF4
- Classe di consistenza S4
- Dmax inerti 20 mm
- Massimo rapporto a/c = 0,45
- Coeff. sicurezza  $\gamma_c = 1,5$
- Aria intrappolata max 2,5%
- Classe di contenuto di cloruri del calcestruzzo: Cl 0.4
- Volume di acqua di bleeding (UNI 7122): < 0.1%

### b) Calcestruzzo Pali di fondazione C25/30

- Calcestruzzo a prestazione garantita (UNI EN 206-1, UNI11104)
- Resistenza caratteristica cilindrica  $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza caratteristica cubica  $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
- Classe di esposizione XC2
- Classe di consistenza S5 o calcestruzzo tipo SCC
- Dmax inerti 16 mm
- Coeff. sicurezza  $\gamma_c = 1,5$
- quantitativi medio-alti di parti fini (cemento, filler, fly ash), variabili fra 350 a 450 kg/cum
- I componenti di un mix design classico per calcestruzzo da pali trivellati ad elica continua sono i seguenti:
  - cemento;
  - pietrisco (5/18 mm);
  - sabbia grossolana (0/7 mm);
  - sabbia (0/4 mm);
  - eventuale fly ash;

- eventuale silica fume;
- acqua;
- additivo/i.

c) *Calcestruzzo per magrone C12/15*

- Calcestruzzo a prestazione garantita (UNI EN 206-1)
- Resistenza caratteristica cilindrica  $f_{ck} = 12 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza caratteristica cubica  $R_{ck} = 15 \text{ N/mm}^2$

d) *Acciaio per getti in barre ad aderenza migliorata B450C :*

- Tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica di rottura  $f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
- Coeff. sicurezza  $\gamma_m = 1,15$

e) *Acciaio da carpenteria metallica: classe minima S355*

- Tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica di rottura  $f_{tk} = 510 \text{ N/mm}^2$
- Coeff. sicurezza  $\gamma_m = 1,05$

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40 \text{ mm}$		$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$	
	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550

## Qualità e provenienza dei materiali e dei componenti

Nell'esecuzione di tutte le lavorazioni, le opere, le forniture, i componenti, anche relativamente a sistemi e subsistemi di impianti tecnologici oggetto dell'appalto, devono essere rispettate tutte le prescrizioni di legge e di regolamento in materia di qualità, provenienza e accettazione dei materiali e componenti nonché, per quanto concerne la descrizione, i requisiti di prestazione e le modalità di esecuzione di ogni categoria di lavoro, tutte le indicazioni contenute o richiamate contrattualmente nel Capitolato Speciale di Appalto, negli elaborati grafici del progetto esecutivo e nella descrizione delle singole voci riportate negli elaborati progettuali.

I materiali, i manufatti e le forniture in genere da impiegare nelle opere da eseguire dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio, possedere i requisiti stabiliti dalle leggi e dai regolamenti vigenti in materia e dovranno rispondere alle specificazioni tecniche dei relativi Enti di unificazione e normazione (UNI, EN, ISO, CEI, ecc.) con la notazione che, ove il richiamo del presente testo fosse indirizzato a norme ritirate o sostituite, la relativa valenza dovrà ritenersi in prima istanza riferita alla norma sostituita o, secondariamente, dovrà ritenersi prorogata (salvo diversa specifica).

Potranno essere impiegati materiali e prodotti conformi ad una norma armonizzata o ad un benessere tecnico europeo come definiti dalla Direttiva 89/106/CEE, ovvero conformi a specifiche nazionali dei Paesi della Comunità Europea, qualora dette specifiche garantiscano un livello di sicurezza equivalente e tale da soddisfare i requisiti essenziali allegati alla citata direttiva. L'Appaltatore è obbligato a prestarsi, in qualsiasi momento, ad eseguire o a far eseguire presso un laboratorio, presso gli stabilimenti di produzione o presso gli Istituti autorizzati, tutte le prove prescritte dal presente Capitolato o dalla Direzione sui materiali impiegati o da impiegarsi, nonché sui manufatti, sia prefabbricati che formati in opera, e sulle forniture in genere. Il prelievo dei campioni, da eseguire secondo le norme UNI, UNI EN, ecc., verrà effettuato in contraddittorio e sarà appositamente verbalizzato. L'Appaltatore farà sì che tutti i materiali conservino, durante il corso dei lavori, le medesime caratteristiche riconosciute ed accettate dalla Direzione. Le provviste non accettate dalla Direzione dei lavori, in quanto ad insindacabile giudizio non riconosciute idonee, dovranno essere immediatamente allontanate dal cantiere, a cura e spese dell'Appaltatore, e sostituite con altre rispondenti ai requisiti richiesti. Lo stesso resta comunque totalmente responsabile in rapporto ai materiali forniti la cui accettazione, in ogni caso, non pregiudica i diritti che l'Amministrazione si riserva in sede di collaudo finale.

### 5. Requisiti specifici dei materiali

Tutte le prove sui materiali per i controlli di accettazione sono ad onere dell'Appaltatore che si dovrà attenere alle disposizioni della D.L..

Le specifiche di tali prove sono riportate a seguire.

#### a) Cementi

I cementi dovranno rispondere ai limiti di accettazione contenuti nella legge 26.05.1965, n°595 e nel D.M. 03.06.1968 così come modificato dal D.M. 20.11.1984 ed alle prescrizioni contenute nel presente Capitolato speciale e l'Appaltatore sarà responsabile sia della qualità sia della buona conservazione del cemento.

I cementi, se in sacchi, dovranno essere conservati in magazzini coperti, asciutti e senza correnti d'aria ed i sacchi dovranno essere conservati sopra tavolati di legno sollevati dal suolo e ricoperti con cartonfeltri bitumati cilindrici e fogli di polietilene. La fornitura del cemento dovrà essere effettuata con l'osservanza delle condizioni e modalità di cui all'art.3 della legge 26.05.1965, n° 595. Qualora il cemento venga trasportato sfuso dovranno essere impiegati appositi ed idonei mezzi di trasporto: in questo caso il cantiere dovrà essere dotato di adeguata attrezzatura per lo scarico, di silos per la conservazione e di bilancia per il controllo della formazione degli impasti ed i contenitori per il trasporto ed i silos dovranno essere tali da proteggere il cemento dall'umidità e dovrà essere evitata la miscelazione tra i tipi e le classi di cemento. Per i cementi forniti in sacchi dovranno essere riportati sugli stessi il nominativo del produttore, il peso e la qualità del prodotto, la quantità d'acqua per malte normali e la resistenza minima a compressione ed a trazione a 28 giorni di stagionatura, mentre per quelli forniti sfusi dovranno essere apposti cartellini piombati sia in corrispondenza dei coperchi che degli orifizi di scarico; su questi cartellini saranno riportate le indicazioni del citato art.3 della legge 26.05.1965, n°595. L'introduzione in cantiere di ogni partita di cemento sfuso dovrà risultare dal giornale dei lavori e dal registro dei getti. Le qualità dei cementi forniti sfusi potrà essere accertata mediante prelievo di campioni come stabilito all'art.4 della legge 26.05.1965, n°595. I sacchi dovranno essere mantenuti integri fino all'impiego e verranno rifiutati qualora presentassero manomissioni. Il cemento che all'atto dell'impiego risultasse alterato sarà rifiutato e dovrà essere allontanato subito dal cantiere. Indipendentemente dalle indicazioni contenute sui sigilli, sui sacchi oppure sui cartellini, il Direttore dei lavori potrà far eseguire su cemento approvvigionato, ed a spese dell'Appaltatore, le prove prescritte. Tutte le forniture di cemento devono essere accompagnate dall'attestato di conformità CE e soddisfare i requisiti fisico-meccanici di cui alla norma UNI EN 197-1:2006.

Le forniture effettuate da un intermediario, ad esempio un importatore, dovranno essere accompagnate dall'Attestato di Conformità CE rilasciato dal produttore di cemento e completato con i riferimenti ai DDT dei lotti consegnati dallo stesso intermediario.

Il Direttore dei Lavori potrà richiedere controlli di accettazione sul cemento in arrivo in cantiere nel caso che il calcestruzzo sia prodotto da impianto di preconfezionamento installato nel cantiere stesso.

Il prelievo del cemento dovrà avvenire al momento della consegna in conformità alla norma UNI EN 196-7.

L'impresa dovrà assicurarsi, prima del campionamento, che il sacco da cui si effettua il prelievo sia in perfetto stato di conservazione o, alternativamente, che l'autobotte sia ancora munita di sigilli; è obbligatorio che il campionamento sia effettuato in contraddittorio con un rappresentante del produttore di cemento.

Il controllo di accettazione di norma potrà avvenire indicativamente ogni 5.000 tonnellate di cemento consegnato.

Il campione di cemento prelevato sarà suddiviso in almeno tre parti di cui una verrà inviata ad un Laboratorio Ufficiale di cui all'art 59 del D.P.R. n° 380/2001 scelto dalla Direzione Lavori, un'altra è a disposizione dell'impresa e la terza rimarrà custodita, in un contenitore sigillato, per eventuali controprove.

Facendo riferimento ai requisiti fisico-meccanici di cui alla norma UNI EN 197-1 dovranno quindi essere impiegate le seguenti tipologie di cementi:

Cemento CEM I (cemento Portland) 52.5R, conforme alla norma UNI EN 197-1 e provvisto di marcatura CE per le strutture della SPA. Cemento CEM II/A-LL (cemento Portland al calcare) o CEM II/A-S (cemento Portland alla Loppa) 42.5R o superiori, conforme alla norma UNI EN 197-1 e provvisto di marcatura CE per tutte le altre strutture;

La tipologia di calcestruzzo impiegata deve essere in ogni caso preventivamente sottoposta a controllo ed approvazione da parte della D.L.

### *b) Aggiunte*

Per le aggiunte di tipo I (filler privo di proprietà leganti) si farà riferimento alla norma UNI EN 12620. Per le aggiunte di tipo II (ceneri volanti, fumi di silice) si farà riferimento alla UNI 11104 punto 4.2 e alla UNI EN 206-1 punto 5.1.6 e punto 5.2.5.

La conformità delle aggiunte alle relative norme dovrà essere dimostrata in fase di verifica preliminare delle miscele (controllo di conformità) e, in seguito, ogni qualvolta la D.L. ne faccia richiesta.

- Ceneri volanti



Le ceneri provenienti dalla combustione del carbone, ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunte di tipo II, devono essere conformi alla UNI EN 450 e provviste di marcatura CE in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata. Le ceneri non conformi alla UNI EN 450, ma conformi alla UNI EN 12620 possono essere utilizzate nel calcestruzzo come aggregato.

- Fumo di silice

I fumi di silice provenienti dalle industrie che producono il silicio metallico e le leghe ferro-silicio, ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunte di tipo II, devono essere conformi alla UNI EN 13263 parte 1 e 2 e provviste di marcatura CE in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata.

### *c) Aggregati*

Le dimensioni massime degli aggregati costituenti la miscela dovranno essere compatibili con quanto prescritto nel D.M. 14/01/2008 e in ogni caso le maggiori fra quelle previste come compatibili per la struttura a cui il conglomerato cementizio è destinato.

Gli aggregati utilizzabili, ai fini del confezionamento del calcestruzzo, debbono possedere marcatura CE secondo D.P.R. 246/93 e successivi decreti attuativi.

Gli aggregati debbono essere conformi ai requisiti della normativa UNI EN 12620 e UNI 8520-2 con i relativi riferimenti alla destinazione d'uso del calcestruzzo.

La massa volumica media del granulo in condizioni s.s.a. (saturo a superficie asciutta) deve essere pari o superiore a 2600 kg/m<sup>3</sup> (calcestruzzi con classe di resistenza caratteristica maggiore di C50/60 dovranno avere anche coefficiente di Los Angeles <30).

La sabbia deve provenire da fiume o da cave o comunque dalla disgregazione naturale o dalla frantumazione di rocce compatte di natura silicea, quarzosa, granitica, o calcarea e deve avere dimensioni tra mm. 0.80÷2.00, con un assorbimento tale da costituire una curva granulometrica continua; deve essere pulita, esente da limo e da ogni altra sostanza o materiale eterogeneo.

La ghiaia deve provenire da fiume o da cave o comunque dalla disgregazione naturale di rocce compatte di natura silicea, quarzosa, granitica o calcarea.

Il pietrisco deve provenire dalla frantumazione di rocce compatte, di natura identica a quella sopradetta, prive di parti alterate ed in decomposizione.

La ghiaia ed il pietrisco normalmente devono avere dimensioni comprese tra mm 6÷15. In generale, la dimensione massima dell'inerte non deve essere superiore al 20% della distanza minima tra i lati dei casseri e non maggiore del 75% della minima distanza tra i ferri di armatura, sempre restando fissato il limite massimo di 75 mm. La Committenza

si riserva di autorizzare l'Appaltatore, che ne fa espressa richiesta, ad usare elementi di dimensioni massime maggiori a quelle previste dalla presente specifica. In ogni caso l'assortimento deve essere formato da un minimo di tre misure di ghiaia o pietrisco opportunamente proporzionate a costituire una curva granulometrica continua.

Sia l'acqua che la sabbia che la ghiaia non dovranno contenere sali o sostanze che per la loro natura od entità possano compromettere le caratteristiche di resistenza e la normale durata del processo chimico-fisico di maturazione del calcestruzzo od intaccare e deteriorare l'acciaio di armatura.

La composizione granulometrica della miscela degli inerti, espressa in percentuali di peso per i singoli componenti passanti al setaccio a maglia quadra, deve essere compresa fra i massimi ed i minimi indicati nella seguente tabella. L'Appaltatore prima di dare inizio alle forniture di inerti in cantiere, deve stabilire, in accordo con la Committenza, la serie granulometrica da usare negli impasti.

MISCELA INERTI			
Setaccio maglia quadra lato mm			Percentuale passante (in peso)
75	50	30	100
30	15	15	60÷80
15	7,5	7,5	40÷60
2	2	2	20÷40

Durante l'intera fornitura del calcestruzzo occorre impiegare aggregati identici per natura, classi granulometriche e cava di provenienza.

Gli aggregati dovranno rispettare i requisiti minimi imposti dalla norma UNI 8520 parte 2 relativamente al contenuto di sostanze nocive.

In particolare:

- il contenuto di solfati solubili in acido (espressi come SO<sub>3</sub> da determinarsi con la procedura prevista dalla UNI-EN 1744-1 punto 12) dovrà risultare inferiore allo 0.2% sulla massa dell'aggregato indipendentemente se l'aggregato è grosso oppure fine (aggregati con classe di contenuto di solfati AS0,2);
- il contenuto totale di zolfo (da determinarsi con UNI-EN 1744-1 punto 11) dovrà risultare inferiore allo 0.1%;
- non dovranno contenere forme di silice amorfa alcali-reattiva o in alternativa dovranno evidenziare espansioni su prismi di malta, valutate con la prova accelerata e/o con la prova a lungo termine in accordo alla metodologia prevista dalla UNI 8520-22, inferiori ai valori massimi riportati nel prospetto 6 della UNI 8520 parte 2.

In attesa di specifiche normative sugli aggregati di riciclo è consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui alla Tabella che segue, a condizione

che il calcestruzzo possenga i requisiti reologici, meccanici e di durabilità richiesti in progetto. Per tali aggregati, le prove di controllo di produzione in fabbrica saranno effettuate secondo i prospetti H1, H2 ed H3 dell'annesso ZA della norma UNI EN 12620; per le parti rilevanti, devono essere effettuate ogni 100 ton di aggregato prodotto e, comunque, negli impianti di riciclo, per ogni giorno di produzione.

Origine del materiale da riciclo	Rck [MPa]	Percentuale di impiego
Demolizioni di edifici (macerie)	= 10	fino al 100%
Demolizioni di solo cls e c.a.	≤ 37	≤ 30%
	≤ 25	fino al 60%
Riutilizzo interno negli stabilimenti di prefabbricazione qualificati – da qualsiasi classe di calcestruzzi >C(45/55)	≤ 55	fino al 15%
	Stessa classe del calcestruzzo d'origine	fino al 5%

Per quanto riguarda le dimensioni delle ghiaie e dei pietrischi, gli elementi dovranno avere la granulometria indicata dalla D.L. in base alla particolare destinazione dei getti ed alle modalità di posa in opera precisando che la dimensione massima degli elementi stessi dovrà essere tale da non superare il 60%-70% dell'interferro ed il 25% della dimensione minima della struttura.

### d) *Acqua di impasto*

Per la produzione del calcestruzzo dovranno essere impiegate le acque potabili e quelle di riciclo conformi alla UNI EN 1008:2003. L'acqua deve essere limpida e dolce. La dosatura dell'acqua può essere eseguita a peso o a volume e deve in ogni caso consentire la variazione del quantitativo dell'acqua di impasto in relazione alla maggiore o minore umidità superficiale dei materiali inerti onde assicurare la costanza del rapporto acqua/cemento approvato o prescritto dalla D.L.

### e) *Additivi*

Gli additivi per la produzione del calcestruzzo devono possedere la marcatura CE ed essere conformi, in relazione alla particolare categoria di prodotto cui essi appartengono, ai requisiti imposti dai rispettivi prospetti della norma UNI EN 934 (parti 2, 3, 4, 5). Per gli altri additivi che non rientrano nelle classificazioni della norma si dovrà verificarne l'idoneità all'impiego in funzione dell'applicazione e delle proprietà richieste per il calcestruzzo. E' onere del produttore di calcestruzzo verificare preliminarmente i dosaggi ottimali di additivo per conseguire le prestazioni reologiche e meccaniche richieste oltre che per valutare eventuali effetti indesiderati. Per la

produzione degli impasti, si consiglia l'impiego costante di additivi fluidificanti/riduttori di acqua o superfluidificanti/riduttori di acqua ad alta efficacia per limitare il contenuto di acqua di impasto, migliorare la stabilità dimensionale del calcestruzzo e la durabilità dei getti.

L'additivo superfluidificante dovrà essere conforme ai prospetti 3.1 e 3.2 o superfluidificante ritardante conforme ai prospetti 11.1 e 11.2 della norma UNI EN 934-2.

Nel periodo estivo si consiglia di impiegare specifici additivi capaci di mantenere una prolungata lavorabilità del calcestruzzo in funzione dei tempi di trasporto e di getto.

Per le riprese di getto si potrà far ricorso all'utilizzo di ritardanti di presa e degli adesivi per riprese di getto.

Nel periodo invernale al fine di evitare i danni derivanti dalla azione del gelo, in condizioni di maturazione al di sotto dei 5°C, si farà ricorso, oltre che agli additivi superfluidificanti, all'utilizzo di additivi acceleranti di presa e di indurimento privi di cloruri.

Per i getti sottoposti all'azione del gelo e del disgelo, si farà ricorso all'impiego di additivi aeranti come prescritto dalle normative UNI EN 206 e UNI 11104.

Di seguito viene proposto uno schema riassuntivo per le varie classi di additivo in funzione delle classi di esposizione.

**Tab. 1.3 – Classi di additivo in funzione delle classi di esposizione**

	Rck min	a/c max	WR/SF*	AE*	HE*	SRA*	IC*
X0	15	0,60					
XC1 XC2	30	0,60	X				
XF1	40	0,50	X		X	X	
XF2	30	0,50	X	X	X	X	X
XF3	30	0,50	X	X	X	X	
XF4	35	0,45	X	X	X	X	X
XA1 XC3 XD1	35	0,55	X			X	X
XS1 XC4 XA2 XD2	40	0,50	X			X	X
XS2 XS3 XA3 XD3	45	0,45	X			X	X

\* WR/SF: fluidificanti/superfluidificanti, AE: Aeranti, HE: Acceleranti (solo in condizioni climatiche invernali), SRA: additivi riduttori di ritiro, IC: inibitori di corrosione.

L'impiego di additivi dovrà essere concordato ed approvato dalla D.L.

## f) Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati

Per il confezionamento del calcestruzzo dovranno essere impiegati aggregati appartenenti a non meno di due classi granulometriche diverse. La percentuale di

impiego di ogni singola classe granulometrica verrà stabilita dal produttore con l'obiettivo di conseguire i requisiti di lavorabilità e di resistenza alla segregazione richiesti, di cui agli elaborati di progetto esecutivo. La curva granulometrica ottenuta dalla combinazione degli aggregati disponibili, inoltre, sarà quella capace di soddisfare le esigenze di posa in opera richieste dall'impresa (ad esempio, pompabilità), e quelle di resistenza meccanica a compressione e di durabilità richieste per il conglomerato. La dimensione massima dell'aggregato dovrà essere non maggiore di  $\frac{1}{4}$  della sezione minima dell'elemento da realizzare, dell'interferro ridotto di 5 mm, dello spessore del copriferro aumentato del 30% (in accordo anche con quanto stabilito dagli Eurocodici). La composizione dei diversi tipi di calcestruzzo deve in linea generale, essere proposta dall'Appaltatore alla preventiva approvazione della D.L.

Le composizioni devono essere studiate con il criterio di adottare il minimo rapporto acqua/cemento che sia compatibile con l'ottenimento di un prodotto che soddisfi ai seguenti requisiti:

- all'atto della posa sia lavorabile in ogni punto e specialmente attorno alle armature, e compattabile, con i previsti mezzi, in una massa omogenea ed isotropa;
- fornisca, alle scadenze prescritte, un materiale impermeabile e compatto, le cui serie di provini raggiungano le caratteristiche richieste negli elaborati esecutivi o indicate dalla D.L.

### *g) Lavorabilità*

Il produttore del calcestruzzo dovrà adottare tutti gli accorgimenti in termini di ingredienti e di composizione dell'impasto per garantire che il calcestruzzo posseda al momento della consegna del calcestruzzo in cantiere la lavorabilità prescritta.

Salvo diverse specifiche e/o accordi con il produttore del conglomerato la lavorabilità al momento del getto verrà controllata all'atto del prelievo dei campioni per i controlli d'accettazione della resistenza caratteristica convenzionale a compressione secondo le indicazioni riportate sulle Norme Tecniche sulle Costruzioni. La misura della lavorabilità verrà condotta in accordo alla UNI-EN 206-1 dopo aver proceduto a scaricare dalla betoniera almeno 0.3 mc di calcestruzzo. In accordo con le specifiche di capitolato la misura della lavorabilità potrà essere effettuata mediante differenti metodologie. In particolare la lavorabilità del calcestruzzo può essere definita mediante:

- Il valore dell'abbassamento al cono di Abrams (UNI-EN 12350-2) che definisce la classe di consistenza o uno slump di riferimento oggetto di specifica;
- la misura del diametro di spandimento alla tavola a scosse (UNI-EN 12350-5).

Sarà cura del fornitore garantire in ogni situazione la classe di consistenza prescritta per le diverse miscele tenendo conto che sono assolutamente proibite le aggiunte di acqua in betoniera al momento del getto dopo l'inizio dello scarico del calcestruzzo dall'autobetoniera. La classe di consistenza prescritta verrà garantita per un intervallo di tempo di 20-30 minuti dall'arrivo della betoniera in cantiere. Trascorso questo tempo sarà l'impresa esecutrice responsabile della eventuale minore lavorabilità rispetto a quella prescritta.

Il calcestruzzo con la lavorabilità inferiore a quella prescritta potrà essere a discrezione della D.L.:

- respinto (l'onere della fornitura in tal caso spetta all'impresa esecutrice);
- accettato se esistono le condizioni, in relazione alla difficoltà di esecuzione del getto, per poter conseguire un completo riempimento dei casseri ed una completa compattazione.

Il tempo massimo consentito dalla produzione dell'impasto in impianto al momento del getto non dovrà superare i 90 minuti e sarà onere del produttore riportare nel documento di trasporto l'orario effettivo di fine carico della betoniera in impianto. Si potrà operare in deroga a questa prescrizione in casi eccezionali quando i tempi di trasporto del calcestruzzo dalla Centrale di betonaggio al cantiere dovessero risultare superiori ai 75 minuti. In questa evenienza si potrà utilizzare il conglomerato fino a 120 minuti dalla miscelazione dello stesso in impianto purché lo stesso possenga i requisiti di lavorabilità prescritti. Inoltre, in questa evenienza dovrà essere accertato preliminarmente dal produttore e valutato dalla D.L. che le resistenze iniziali del conglomerato cementizio non siano penalizzate a causa di dosaggi elevati di additivi ritardanti impiegati per la riduzione della perdita di lavorabilità.

### *h) Acqua di bleeding*

L'essudamento di acqua dovrà risultare non superiore allo 0,1% in conformità alla norma UNI 7122.

### *i) Contenuto d'aria*

Contestualmente alla misura della lavorabilità del conglomerato (con frequenza diversa da stabilirsi con il fornitore del conglomerato) dovrà essere determinato il contenuto di aria nel calcestruzzo in accordo alla procedura descritta alla norma UNI EN 12350-7 basata sull'impiego del porosimetro. Il contenuto di aria in ogni miscela prodotta dovrà

essere conforme a quanto indicato nella tabella di seguito in funzione del diametro massimo dell'aggregato.

Dmax (mm)	8	12	16	20	32	40	63
<b>INTRAPPOLATA</b> $\alpha'_{IN}$ (%)	3,5 ± 1	2,5 ± 1	2,0 ± 1	1,5 ± 0,5	1,0 ± 0,5	0,75 ± 0,25	0,5 ± 0,25
<b>INGLOBATA</b> $\alpha'$ (%)	7,5 ± 1	6,5 ± 1	6,0 ± 1	5,5 ± 0,5	5,0 ± 0,5	4,5 ± 0,5	4,0 ± 0,5
<b>EXTRA-ARIA</b> ( $\alpha^2 - \alpha'_{IN}$ ) (%)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,75	3,5

### j) Materiali ferrosi

I materiali ferrosi da impiegare nei lavori dovranno essere esenti da scorie, soffiature, brecciate, paglie o da qualsiasi altro difetto prescritto (UNI 2623- 29). Fusione, laminazione trafilatura, fucinatura e simili.

Essi dovranno rispondere a tutte le condizioni previste dal citato D.M. 30 maggio 1974 (allegati nn. 1, 3, 4) ed alle norme UNI vigenti e presentare inoltre, a seconda della loro qualità, i seguenti requisiti.

1. Ferro - Il ferro comune dovrà essere di prima qualità, eminentemente duttile e tenace e di marcatissima struttura fibrosa. Esso dovrà essere malleabile, liscio alla superficie esterna, privo di screpolature, senza saldature aperte, e senza altre soluzioni di continuità.
2. Acciaio trafilato o laminato - Tale acciaio, nella varietà dolce (cosiddetto ferro omogeneo), semiduro e duro, dovrà essere privo di difetti, di screpolature, di bruciature e di altre soluzioni di continuità. In particolare, per la prima varietà sono richieste perfette malleabilità e lavorabilità a fresco e a caldo, senza che ne derivino screpolature o altre ragioni; esso dovrà essere altresì saldabile e non suscettibile di prendere la temperatura; alla rottura dovrà presentare struttura lucente e finemente granulare.

### k) Acciaio per c.a.

Gli acciai per conglomerati armati normali dovranno rispondere alle caratteristiche richieste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M.17-01-2018, che specifica le caratteristiche tecniche che devono essere verificate, i metodi di prova, le condizioni di

prova e il sistema per l'attestazione di conformità per gli acciai destinati alle costruzioni in cemento armato che ricadono sotto la Direttiva Prodotti CPD (89/106/CE).

L'acciaio deve essere qualificato all'origine, deve portare impresso, come prescritto dalle suddette norme, il marchio indelebile che lo renda costantemente riconoscibile e riconducibile inequivocabilmente allo stabilimento di produzione.

L'Appaltatore è tenuto alla redazione dei dettagli costruttivi e liste ferri di tutte le opere da realizzarsi da sottoporre a preventiva approvazione della D.L. e del progettista responsabile delle strutture prima di procedere all'approvvigionamento.

L'acciaio da cemento armato ordinario comprende:

- barre d'acciaio tipo B450C ( $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 50 \text{ mm}$ ), rotoli tipo B450C ( $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$ );
- prodotti raddrizzati ottenuti da rotoli con diametri  $\leq 16 \text{ mm}$  per il tipo B450C;
- reti elettrosaldate ( $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 12 \text{ mm}$ ) tipo B450C;
- tralicci elettrosaldati ( $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 12 \text{ mm}$ ) tipo B450C.

## SALDABILITA' E COMPOSIZIONE CHIMICA

La composizione chimica deve essere in accordo con quanto specificato nella tabella seguente:

**Tab. 1** – Valori max di composizione chimica secondo il D.M. 17/01/2018

Tipo di Analisi	CARBONIO <sup>a</sup> %	ZOLFO %	FOSFORO %	AZOTO <sup>b</sup> %	RAME %	CARBONIO EQUIVALENTE <sup>a</sup> %
Analisi su colata	0,22	0,050	0,050	0,012	0,80	0,50
Analisi su prodotto	0,24	0,055	0,055	0,014	0,85	0,52

**a** = è permesso superare il valore massimo di carbonio per massa nel caso in cui il valore equivalente del carbonio venga diminuito dello 0,02% per massa.  
**b** = Sono permessi valori superiori di azoto se sono presenti quantità sufficienti di elementi che fissano l'azoto.

## PROPRIETA' MECCANICHE

Le proprietà meccaniche devono essere in accordo con quanto specificato nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018).

**Tab. 2** – Proprietà meccaniche secondo il D.M. 14/01/2008

Proprietà	Valore caratteristico
$f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\geq 450 \alpha$
$f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\geq 540 \alpha$
$f_t/f_y$	$\geq 1,13 \beta$



$Agt (\%)$	$\leq 1,35 \beta$
$f_y/f_{y,nom}$	$\geq 7,0 \beta$
	$\leq 1,25 \beta$
$\alpha$ valore caratteristico con $p = 0,95$	
$\beta$ valore caratteristico con $p = 0,90$	

## PROVA DI PIEGA E RADDRIZZAMENTO

In accordo con quanto specificato nel D.M. 17/01/2018, è richiesto il rispetto dei limiti seguenti.

**Tab. 3 – Diametri del mandrino ammessi per la prova di piega e raddrizzamento**

Diametro nominale (d) mm	Diametro massimo del mandrino
$\emptyset < 12$	4d
$12 \leq \emptyset \leq 16$	5d
$16 < \emptyset \leq 25$	8 d
$25 < \emptyset \leq 50$	10 d

## RESISTENZA A FATICA IN CAMPO ELASTICO

La proprietà di resistenza a fatica deve essere determinata secondo UNI EN 15630.

Il valore della tensione  $\sigma_{max}$  sarà  $270 \text{ N/mm}^2$  ( $0,6 f_{y,nom}$ ). L'intervallo delle tensioni,  $2\sigma$  deve essere pari a  $150 \text{ N/mm}^2$  per le barre dritte o ottenute da rotolo e  $100 \text{ N/mm}^2$  per le reti elettrosaldate. Il campione deve sopportare un numero di cicli pari a  $2 \times 10^6$ .

## RESISTENZA A CARICO CICLICO IN CAMPO PLASTICO

La proprietà di resistenza al carico ciclico deve essere determinata sottoponendo il campione a tre cicli completi di isteresi simmetrica con una frequenza da 1 a 3 Hz e con lunghezza libera entro gli afferraggi e con deformazione massima di trazione e compressione seguente:

**Tab. 4 – Prova carico ciclico in relazione al diametro**

Diametro nominale (mm)	Lunghezza libera	Deformazione (%)
$d \leq 16$	5 d	$\pm 4$
$16 < 25$	10 d	$\pm 2,5$
$25 \leq d$	15 d	$\pm 1,5$

La prova è superata se non avviene la rottura totale o parziale del campione causata da fessurazioni sulla sezione trasversale visibili ad occhio nudo.

## DIAMETRI E SEZIONI EQUIVALENTI

Il valore del diametro nominale deve essere concordato all'atto dell'ordine. Le tolleranze devono essere in accordo con il D.M. 17/01/2018.

Tab. 5 – Diametri nominali e tolleranze

Diametro nominale (mm)	Da 6 a $\leq 8$	Da $> 8$ a $\leq 50$
Tolleranza in % sulla sezione	$\pm 6$	$\pm 4,5$

## ADERENZA E GEOMETRIA SUPERFICIALE

I prodotti devono avere una superficie nervata in accordo con il D.M. 17/01/2018. L'indice di aderenza  $I_r$  deve essere misurato in accordo a quanto riportato nel paragrafo 11.2.2.10.4 del D.M. 17/01/2018. I prodotti devono aver superato le prove di Beam Test effettuate presso un Laboratorio Ufficiale (Legge 1086).

Diametro nominale (mm)	$I_r$
$5 \leq \varnothing \leq 6$	$\geq 0.048$
$6 < \varnothing \leq 8$	$\geq 0.055$
$8 < \varnothing \leq 12$	$\geq 0.060$
$\varnothing > 12$	$\geq 0.065$

## CONTROLLI SULL'ACCIAIO

In cantiere è ammessa esclusivamente la fornitura e l'impiego di acciai B450C saldabili e ad aderenza migliorata, qualificati secondo le procedure indicate nel D.M. 17/01/2018 al punto 11.2.1 e controllati con le modalità riportate nei punti 11.2.2.10 e 11.2.3.5 del citato decreto.

Tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate dell'“Attestato di Qualificazione” rilasciato dal Consiglio Superiore dei LL.PP. - Servizio Tecnico Centrale.

Per i prodotti provenienti dai Centri di trasformazione è necessaria la documentazione che assicuri che le lavorazioni effettuate non hanno alterato le caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti previste dal D.M. 17/01/2018.

Inoltre può essere richiesta la seguente documentazione aggiuntiva :

- certificato di collaudo tipo 3.1 in conformità alla norma UNI EN 10204;
- certificato Sistema Gestione Qualità UNI EN ISO 9001;
- certificato Sistema Gestione Ambientale UNI EN ISO 14001;
- dichiarazione di conformità al controllo radiometrico (può essere inserito nel certificato di collaudo tipo 3.1);
- polizza assicurativa per danni derivanti dal prodotto.

Le forniture effettuate da un commerciante o da un trasformatore intermedio dovranno essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante o trasformatore intermedio. In

quest'ultimo caso per gli elementi presaldati, presagomati o preassemblati in aggiunta agli "Attestati di Qualificazione" dovranno essere consegnati i certificati delle prove fatte eseguire dal Direttore del Centro di Trasformazione. Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore intermedio devono essere dotati di una specifica marcatura che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso, in aggiunta alla marcatura del prodotto di origine.

Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera è tenuto a verificare quanto sopra indicato; in particolare dovrà provvedere a verificare la rispondenza tra la marcatura riportata sull'acciaio con quella riportata sui certificati consegnati. La mancata marcatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile e pertanto le forniture dovranno essere rifiutate.

### CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

Il Direttore dei Lavori è obbligato ad eseguire i controlli di accettazione sull'acciaio consegnato in cantiere, in conformità con le indicazioni contenute nel D.M. 17/01/2018 al punto 11.3.2.10.4.

Il campionamento ed il controllo di accettazione dovrà essere effettuato entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale. All'interno di ciascuna fornitura consegnata e per ogni diametro delle barre in essa contenuta, si dovrà procedere al campionamento di tre spezzoni di acciaio di lunghezza complessiva pari a 100 cm ciascuno, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi agli altri diametri delle forniture presenti in cantiere.

Non saranno accettati fasci di acciaio contenenti barre di differente marcatura.

Il prelievo dei campioni in cantiere e la consegna al Laboratorio Ufficiale incaricato dei controlli verrà effettuato dal Direttore dei Lavori o da un tecnico da lui delegato; la consegna delle barre di acciaio campionate, identificate mediante sigle o etichettature indelebili, dovrà essere accompagnata da una richiesta di prove sottoscritta dal Direttore dei Lavori. La domanda di prove al Laboratorio Ufficiale dovrà essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e dovrà inoltre contenere precise indicazioni sulla tipologia di opera da realizzare (pilastro, trave, muro di sostegno, fondazioni, strutture in elevazione ecc...).

Il controllo del materiale, eseguito in conformità alle prescrizioni del punto 11.2.2.3 di cui al precedente Decreto, riguarderà le proprietà meccaniche di resistenza e di allungamento.

Tab. 6 – Valori limite per prove acciaio

Caratteristica	Valore Limite	Note
<i>f<sub>y</sub> minimo</i>	425 N/mm <sup>2</sup>	<i>(450 – 25) N/mm<sup>2</sup></i>
<i>f<sub>y</sub> massimo</i>	572 N/mm <sup>2</sup>	<i>[450x(1.25+0.02)] N/mm<sup>2</sup></i>
<i>Agt minimo</i>	≥ 5.0%	<i>Per acciai laminati a caldo</i>
<i>Rottura/snervamento</i>	$1.11 < f_t/f_y < 1.37$	<i>Per acciai laminati a caldo</i>
<i>Piegamento/raddrizzamento</i>	assenza di cricche	<i>Per tutti</i>

Qualora la determinazione del valore di una quantità fissata in termini di valore caratteristico crei una controversia, il valore dovrà essere verificato prelevando e provando tre provini da prodotti diversi nel lotto consegnato.

Se un risultato è minore del valore caratteristico prescritto, sia il provino che il metodo di prova devono essere esaminati attentamente. Se nel provino è presente un difetto o si ha ragione di credere che si sia verificato un errore durante la prova, il risultato della prova stessa deve essere ignorato. In questo caso occorrerà prelevare un ulteriore (singolo) provino.

Se i tre risultati validi della prova sono maggiori o uguali del prescritto valore caratteristico, il lotto consegnato deve essere considerato conforme.

Se i criteri sopra riportati non sono soddisfatti, dieci ulteriori provini devono essere prelevati da prodotti diversi del lotto in presenza del produttore o suo rappresentante che potrà anche assistere all'esecuzione delle prove presso un laboratorio di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001.

Il lotto deve essere considerato conforme se la media dei risultati sui 10 ulteriori provini è maggiore del valore caratteristico e i singoli valori sono compresi tra il valore minimo e il valore massimo secondo quanto sopra riportato. In caso contrario il lotto deve essere respinto.

Qualora all'interno della fornitura siano contenute anche reti elettrosaldate, il controllo di accettazione dovrà essere esteso anche a questi elementi. In particolare, a partire da tre differenti reti elettrosaldate verranno prelevati 3 campioni di dimensioni 100\*100 cm.

Il controllo di accettazione riguarderà la prova di trazione su uno spezzone di filo comprendente almeno un nodo saldato, per la determinazione della tensione di rottura, della tensione di snervamento e dell'allungamento; inoltre, dovrà essere effettuata la prova di resistenza al distacco offerta dalla saldatura del nodo.

Nel caso di prodotto utilizzato proveniente da un Centro di trasformazione, la spedizione del materiale deve essere accompagnata dalla certificazione attestante l'esecuzione delle prove di cui sopra.

## MESSA IN OPERA

I tondi d'acciaio devono essere puliti e senza traccia alcuna di ruggine, di pittura, di grasso, di cemento o di terra. Il calcestruzzo deve essere gettato in modo da avvolgere tutta la superficie dell'armatura con adeguato spessore.

Le armature saranno posizionate nei casseri conformemente alle indicazioni dei disegni di progetto ed alle norme, per quanto concerne il copriferro minimo, in modo da evitare qualsiasi spostamento al momento del getto ed essere conformi alla resistenza al fuoco richiesta.

La D.L. può ordinare che la continuità delle armature sia assicurata mediante manicotti filettati e/o saldatura semplice o doppia ed anche mediante saldatura di testa: dopo tali operazioni i ferri devono risultare disposti rigorosamente sullo stesso asse.

Le armature devono corrispondere ai disegni costruttivi per forma, dimensioni e qualità dell'acciaio. La D.L. si riserva la facoltà di impiegare tondi di qualsiasi diametro ed acciaio di qualsiasi qualità e pertanto l'Appaltatore deve predisporre un deposito adeguatamente assortito sia per i diametri che per qualità.

## LAVORAZIONI IN CANTIERE - RAGGI MINIMI DI CURVATURA

Il diametro minimo di piegatura deve essere tale da evitare fessure nella barra dovute alla piegatura e rottura del calcestruzzo nell'interno della piegatura.

Le piegature devono essere effettuate a freddo, a meno di specifica autorizzazione che sancisca le modalità di piegatura a caldo, con i raggi di curvatura mai inferiori a quelli minimi previsti dalle norme.

Per definire i valori minimi da adottare ci si riferisce alle prescrizioni contenute nell'Eurocodice 2 paragrafo 8.3 "Diametri ammissibili dei mandrini per barre piegate"; in particolare si ha:

Diametro barra	Diametro minimo del mandrino per piegature, uncini e ganci
$\varphi \leq 16 \text{ mm}$	4 $\varphi$
$\varphi > 16 \text{ mm}$	7 $\varphi$

## DEPOSITO E CONSERVAZIONE IN CANTIERE

Alla consegna in cantiere, l'Impresa appaltatrice avrà cura di depositare l'acciaio in luoghi protetti dagli agenti atmosferici.

### *l) Legnami*

Di qualunque essenza essi siano, dovranno soddisfare, sia per le opere definitive che per quelle provvisorie, a tutte le prescrizioni ed avere i requisiti delle precise categorie di volta in volta prescritte e non dovranno presentare difetti incompatibili con l'uso a cui sono stati destinati.

I legnami rotondi o pali dovranno provenire da vero tronco e non dai rami, saranno diritti in modo che la congiungente i centri delle due basi non esca in alcun punto dal palo.

Dovranno essere scortecciati per tutta la loro lunghezza e rettificati in superficie; la differenza fra i diametri medi delle estremità non dovrà oltrepassare il quarto del maggiore dei due diametri.

I legnami grossolanamente squadrati ed a spigolo smussato, dovranno avere tutte le facce spianate, tollerandosi in corrispondenza ad ogni spigolo l'alburno e lo smusso in misura non maggiore di 1/5 della minore dimensione trasversale dell'elemento.

I legnami a spigolo vivo dovranno essere lavorati e squadrati a sega e dovranno avere tutte le facce esattamente spianate, senza rientranze o risalti, con gli spigoli tirati a filo vivo, senza alburno né smussi di sorta.

I legnami, in genere, dovranno corrispondere ai requisiti di cui alle Norme UNI in vigore.

I legnami da carpenteria dovranno presentare carico di rottura a compressione normalmente alle fibre non inferiore a 30 MPa e carico di rottura a trazione parallelamente alle fibre non inferiore a 70 MPa.

### *m) Pietre naturali*

I massi da impiegare nella costruzione di scogliere dovranno essere inalterabili, tenaci, privi di fratture e piani di scistosità, e la loro massa volumica  $P$  dovrà essere  $\geq 2,4 \text{ g/cm}^3$  (2400 kgf/m<sup>3</sup>), e la massa volumica reale  $p$  dovrà essere maggiore o uguale a  $2,6 \text{ g/cm}^3$  ed il grado di compattezza  $C = P/p$  sarà maggiore o uguale 0,90. La roccia, costituente i massi non dovrà risultare geliva alla prova eseguita secondo le Norme del R.D. 16 novembre 1939 n. 2232, relative all'accettazione delle pietre naturali da costruzione.

Per il cantiere in oggetto si prevede il riutilizzo delle pietre presenti in alveo che dovranno essere opportunamente selezionate scartando quelli che presentano lesioni o, comunque, si presentino non idonee. In mancanza di massi idonei presenti in sito, la D.L. ha facoltà di approvvigionamento del materiale da impianto / cava autorizzata.

Si dovrà garantire che la scogliera prevista a protezione della porzione di muro d'argine nel raccordo con le terre armate abbia le seguenti caratteristiche:

- massi a spigoli vivi di pietra granitica o silicea (non geliva) di pezzatura media non inferiore a  $0,4 \text{ m}^3$  e peso superiore a 1000 Kg e comunque conforme alla forza di trascinamento della corrente;

- piede di fondazione sufficientemente robusto per garantire all'opera la necessaria flessibilità in caso di possibili fenomeni di scalzamento.

La massicciata verrà realizzata, previa la predisposizione del piano di appoggio regolarizzato secondo quanto indicato nelle tavole di progetto. Il piede della difesa avrà profilo d'estradosso superiore orizzontale e sarà collocato mediamente 1,0 m al di sotto della quota di fondo alveo. Per la realizzazione dell'elemento di fondazione è previsto l'utilizzo di massi di maggiori dimensioni (volume medio 0,5 m<sup>3</sup>) che andranno disposti in modo da costituire una sezione media di circa 10 m<sup>2</sup>/m.

La Direzione dei lavori, secondo le esigenze, ha facoltà di dare la precedenza al carico di massi di determinata categoria; come pure può ordinare la movimentazione ed il trasporto in opera di massi di una determinata categoria. L'Impresa, pertanto, è obbligata a corrispondere prontamente e senza pretendere indennizzo alcuno, ad ogni richiesta di manovre e di modalità esecutive più onerose. L'Impresa deve sollecitamente allontanare dal cantiere e dalla zona del lavoro quei massi che la Direzione dei lavori non ritenga idonei ad un utile impiego.

La D.L. potrà procedere al prelievo di campioni da inviare ad un laboratorio ufficiale per l'esecuzione delle prove relative alla determinazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche del materiale da porre in opera.

Le prove relative alla determinazione delle caratteristiche fisiche dei massi naturali (determinazione del peso specifico, del coefficiente di imbibizione e della gelività) saranno effettuate seguendo quanto riportato al Capo II delle "Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione" di cui al R.D. 16 novembre 1939, n.2232; per le prove di resistenza meccanica (resistenza alla compressione e all'usura per attrito radente), si farà riferimento al Capo III della stessa normativa.

Se i risultati delle misure o delle prove di laboratorio non rispetteranno i limiti prescritti, il materiale, per la quantità sotto controllo, verrà scartato con totale onere a carico dell'Appaltatore.

### *n) Tubazioni in materiale plastico*

Per la definizione, la classificazione e le prescrizioni sulle materie plastiche in generale, si farà riferimento alla normativa UNI (Materie plastiche), (Prove sulle materie plastiche), (Prodotti semifiniti e finiti di materie plastiche).

I tubi in cloruro di polivinile (PVC) rigido serie pesante, saranno conformi alla norma UNI 1401-1, con giunti a banchiera muniti di guarnizione in gomma.

Ogni tubo dovrà portare impresso, in modo evidente, leggibile ed indelebile, il nominativo del produttore, il diametro nominale, l'indicazione del tipo; dovrà essere munito inoltre del marchio di conformità alle Norme UNI rilasciato dall'Istituto Italiano dei Plastici.

I tubi a parete strutturata per scarichi dovranno rispondere alle prescrizioni della norma UNI 10968-1 - Sistemi di tubazioni di materia plastica per scarichi interrati non a pressione. Sistemi a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE). Parte 1 – Specifiche per i tubi, i raccordi ed il sistema.

Le tubazioni strutturate in polietilene (PEHD) in barre o rotoli a doppia parete, liscia internamente e corrugata esternamente idoneo per drenaggi delle acque meteoriche con fessurazioni a 220° o 360°.

Le giunzioni verranno effettuate tramite manicotto di giunzione e guarnizione.

Le tubazioni strutturate in polietilene isolante (PEHD) in barre o rotoli a doppia parete, liscia internamente e corrugata esternamente idoneo per cavidotti conforme alla norma CEI EN 50086-1-2-4, CEI 23-39, CEI 23-46 con resistenza allo schiacciamento 450 N colori rosso e blu e colore giallo conforme alla norma CEI EN 50086- 1-2-4/A1, Marchio IMQ con resistenza allo schiacciamento 750 N.

Le giunzioni verranno effettuate tramite manicotto di giunzione.

Tutti i tubi dovranno avere le seguenti caratteristiche prestazionali:

- tenuta dei tubi, raccordi e dei giunti
- resistenza agli agenti chimici
- mantenimento delle caratteristiche idrauliche rendendo estremamente difficili i sedimenti permanenti
- elevata resistenza all'abrasione ai corpi e/o materiali che possono essere trasportati con l'acqua di scarico
- garantire facilità di posa per leggerezza, rapidità di giunzione e facilità di lavorazione.

### *o) Dispositivi di coronamento e di chiusura*

Per pozzetti stradali hanno valore le norme UNI EN 124. Potranno essere del tipo quadrato, rettangolare o circolare, secondo prescrizione, con coperchi chiusini o tamponi di forma rotonda o quadrata in rapporto ai vari tipi di manufatti, ma comunque con fori di accesso (se accessibili) di luce netta mai inferiore a 600 mm. I materiali di costruzione saranno la ghisa grigia (almeno R 150 UNI ISO 185), la ghisa sferoidale o l'acciaio, impiegati da soli o in unione al calcestruzzo.

I coperchi potranno essere dotati di fori di aerazione di sezione totale non inferiore a: 5% della superficie del cerchio (DN quota di passaggio) per i chiusini aventi quota non superiore a 600 mm; 140 cm<sup>2</sup> chiusini con quota superiore. Sotto tali coperchi, inoltre, potrà essere richiesta l'installazione di opportuni cestelli in lamiera di acciaio zincata, per la raccolta dei corpi solidi.



Le superfici di contatto dei chiusini, dalla Classe A 15 alla classe F 900 dovranno garantire la dovuta stabilità e silenziosità di esercizio, in particolar modo per le classi D 400, E 600 e F 900. Queste condizioni potranno essere ottenute con tutti i mezzi appropriati, quali: lavorazione meccanica, inserimento di guarnizioni elastiche, appoggio su tre punti, ecc. purché approvati dalla D.L.

Ogni chiusino dovrà riportare, di fusione, il nome e/o la sigla del fabbricante e la classe, funzione quest'ultima del carico di prova in rapporto alle condizioni di esercizio .

Le griglie potranno avere, in rapporto alle prescrizioni, la superficie superiore sagomata ad inginocchiatoio (ossia piatta e con una leggera pendenza verso il cordolo del marciapiede), ovvero concava (secondo la sagoma della cunetta stradale), con sbarre trasversali oppure parallele alla direzione della carreggiata. La distanza delle traverse, in rapporto all'orientamento rispetto alla direzione del traffico ed alla classe, dovrà risultare conforme ai prospetti 4 e 5 della UNI EN 124.

In tutti i casi la luce netta delle griglie dovrà essere non inferiore a 125 cm<sup>2</sup> (per pendenza della carreggiata fino al 5%) e convenientemente superiore per maggiori pendenze.

Gli eventuali cestelli per la selezione e raccolta dei detriti solidi dovranno essere realizzati in lamiera di acciaio zincata, con fondo pieno e parete forata, uniti mediante chiodatura, saldatura, flangiatura, ecc. Saranno di facile sollevamento e poggeranno di norma su appositi risalti ricavati nelle pareti dei pozzetti.

### 6. Scavi

La disciplina sulle terre e rocce di scavo è regolata dal DPR 13 giugno 2017, n. 120. L'appaltatore sarà quindi tenuto ad eseguire tutte le analisi sulle terre previste dal tale disciplina.

Gli scavi in genere per qualsiasi lavoro a mano o con mezzi meccanici dovranno essere eseguiti secondo i disegni di progetto e le particolari prescrizioni che saranno date all'atto esecutivo dalla Direzione dei Lavori.

Nell'esecuzione degli scavi in genere l'Impresa dovrà procedere in modo da impedire scoscendimenti e franamenti, restando essa, oltretutto, totalmente responsabile di eventuali danni alle persone ed alle opere, altresì obbligata a provvedere a suo carico e spese alla rimozione delle materie franate.

L'Impresa dovrà inoltre provvedere a sue spese affinché le acque scorrenti alla superficie del terreno siano deviate in modo che non abbiano a riversarsi nei cavi.

Le materie provenienti dagli scavi in genere, ove non siano utilizzabili, o non ritenute adatte, a giudizio insindacabile della Direzione dei Lavori, ad altro impiego nei lavori, dovranno essere portate a rifiuto fuori della sede del cantiere, ai pubblici scarichi, ovvero su aree che l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese.

È vietato costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi.

Qualora le materie provenienti dagli scavi dovessero essere utilizzate per tombamenti o rinterri esse dovranno essere depositate in luogo adatto accettato dalla Direzione dei Lavori e provviste delle necessarie puntellature, per essere poi riprese a tempo opportuno.

In ogni caso le materie depositate non dovranno riuscire di danno ai lavori, alle proprietà pubbliche o private ed al libero deflusso delle acque scorrenti alla superficie.

La Direzione dei Lavori potrà fare asportare, a spese dell'Impresa, le materie depositate in contravvenzione alle precedenti disposizioni.

L'appaltatore deve ritenersi compensato per tutti gli oneri che esso dovrà incontrare per:

- il taglio di piante, estirpazione di ceppaie, radici, ecc.;
- il taglio e lo scavo con qualsiasi mezzo delle macerie sia asciutte, che bagnate, in presenza d'acqua e di qualsiasi consistenza;
- paleggi, innalzamento, carico, trasporto e scarico in rilevato o rinterro od a rifiuto a qualsiasi distanza, sistemazione delle materie di rifiuto, deposito provvisorio e successiva ripresa, per ogni indennità di deposito temporaneo o definitivo;
- la regolarizzazione delle scarpate o pareti, per lo spianamento del fondo, per la formazione di gradoni, per il successivo rinterro attorno alle murature, attorno e sopra le condotte di acqua od altre condotte in genere, e sopra le fognature o drenaggi secondo le sagome definitive di progetto;

- puntellature, sbadacchiature ed armature di qualsiasi importanza e genere, secondo tutte le prescrizioni contenute nelle presenti condizioni tecniche esecutive;
- per ogni altra spesa infine necessaria per l'esecuzione completa degli scavi.

### Scavi di fondazione

Per scavi di fondazione in generale si intendono quelli incassati ed a sezione ristretta necessari per dar luogo agli elementi strutturali di fondazione.

In ogni caso saranno considerati come scavi di fondazione quelli per dar luogo alle fogne, condutture, fossi e cunette.

Qualunque sia la natura e la qualità del terreno, gli scavi per fondazione dovranno essere spinti fino alla profondità che dalla Direzione dei Lavori verrà ordinata all'atto delle loro esecuzioni tenendo in debito conto le istruzioni impartite dal Ministero dei lavori pubblici con il D.M. 21 gennaio 1981 e successive modifiche ed integrazioni.

Le profondità, che si trovino indicate nei disegni di consegna, sono perciò di semplice avviso e l'Amministrazione appaltante si riserva piena facoltà di variarle nella misura che reputerà più conveniente, senza che ciò possa dare all'Impresa motivo alcuno di fare eccezioni o domande di speciali compensi, avendo essa soltanto diritto al pagamento del lavoro eseguito, coi prezzi contrattuali stabiliti per le varie profondità da raggiungere.

È vietato all'Impresa, sotto pena di demolire il già fatto, di por mano alle murature prima che la Direzione dei Lavori abbia verificato ed accettato le fondazioni.

I piani di fondazione dovranno essere generalmente orizzontali, ma per quelle opere che cadono sopra falde inclinate, dovranno, a richiesta della Direzione dei Lavori, essere disposti a gradini ed anche con determinata contropendenza.

Nello scavo di pozzi e di trincee profondi più di 1,50 metri, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, alla applicazione delle necessarie armature di sostegno, in modo da assicurare abbondantemente contro ogni pericolo gli operai, ed impedire ogni smottamento di materia durante l'esecuzione tanto degli scavi che delle murature.

Le tavole di rivestimento delle pareti devono sporgere dai bordi degli scavi di almeno 30 centimetri.

L'Impresa è responsabile dei danni ai lavori, alle persone, alle proprietà pubbliche e private che potessero accadere per la mancanza o insufficienza di tali puntellazioni e sbadacchiature, alle quali essa deve provvedere di propria iniziativa, adottando anche tutte le altre precauzioni riconosciute necessarie, senza rifiutarsi per nessun pretesto di ottemperare alle prescrizioni che al riguardo le venissero impartite dalla Direzione dei Lavori.

Nello scavo dei cunicoli, a meno che si tratti di roccia che non presenti pericolo di distacchi, devono predisporli idonee armature per evitare franamenti della volta e delle

pareti. Dette armature devono essere applicate man mano che procede il lavoro di avanzamento; la loro rimozione può essere effettuata in relazione al progredire del rivestimento in muratura.

Idonee armature e precauzioni devono essere adottate nelle sottomurazioni e quando in vicinanza dei relativi scavi vi siano fabbriche o manufatti, le cui fondazioni possano essere scoperte o indebolite degli scavi.

Nella infissione di pali di fondazione devono essere adottate misure e precauzioni per evitare che gli scuotimenti del terreno producano lesioni o danni alle opere vicine.

Compiuta la muratura di fondazione, lo scavo che si fosse dovuto fare in più attorno alla medesima, dovrà essere diligentemente riempito e costipato, a cura e spese dell'Impresa, con le stesse materie scavate, sino al piano del terreno naturale primitivo.

Col procedere delle murature l'Impresa potrà recuperare i legami costituenti le armature, sempre che non si tratti di armature formanti parte integrante dell'opera, da restare quindi in posto in proprietà dell'Amministrazione; i legnami però, che a giudizio della Direzione dei Lavori, non potessero essere tolti senza pericolo o danno del lavoro, dovranno essere abbandonati negli scavi.

Gli scavi di fondazione saranno computati per un volume uguale a quello risultante dal prodotto della base di fondazione per la sua profondità sotto il piano degli scavi di sbancamento o del terreno naturale, quando detto scavo di sbancamento non viene effettuato.

### 7. Demolizioni e rimozioni

I metodi che l'Appaltatore intende utilizzare per le demolizioni devono essere preventivamente comunicati al Direttore Lavori, con il quale saranno altresì concordati i programmi di esecuzione dei lavori stessi.

Le demolizioni di murature e di calcestruzzi, di fondazioni o sottofondazioni, sia in rottura che parziali, nonché la eliminazione di stati pericolosi in fase critica di crollo, andranno effettuate con la massima cura e con le necessarie precauzioni e avanzeranno tutte alla stessa quota, procedendo dall'alto verso il basso. Dovranno pertanto essere eseguite con ordine tale da prevenire qualsiasi infortunio agli addetti al lavoro e da evitare incomodi, danni collaterali e disturbi.

Sarà vietato gettare i materiali dall'alto, che dovranno essere trasportati in basso con idonei mezzi in modo da non provocare danni e sollevamento di polveri.

La quantità di polvere generata dai lavori di demolizione deve essere opportunamente controllata per prevenire ed evitare l'insorgere di danni nelle immediate vicinanze e causare o creare condizioni pericolose ed inaccettabili.

Tutta la zona operativa (interna ed esterna al cantiere) dovrà essere opportunamente delimitata, i passaggi saranno opportunamente protetti. L'Appaltatore, dovrà comunque attenersi, pena la formale messa in mora dell'interessato e la successiva risoluzione del contratto, alle disposizioni contenute nel Piano di Sicurezza e coordinamento.

Particolare attenzione si dovrà porre in modo da evitare che si creino zone d'instabilità strutturale.

Tutti i materiali riutilizzabili provenienti dalle demolizioni, ove non diversamente specificato, resteranno di proprietà della Stazione appaltante e dovranno essere trasportati ed immagazzinati nei luoghi di deposito che verranno indicati dalla D.L.

Ad ogni modo tutti i materiali di scarto provenienti dalle demolizioni dovranno sempre essere trasportati dall'Appaltatore fuori dal cantiere nel rispetto delle norme vigenti in materia di rifiuti, eventualmente prevedendo uno stoccaggio temporaneo nei punti indicati dalla D.L., che dovrà allontanarle dal cantiere nel rispetto delle norme vigenti in materia di rifiuti.

### 8. Fondazioni profonde su pali

Le fondazioni verranno realizzate con pali trivellati ad elica continua eseguiti con perforazione a percussione e/o rotazione tubo forma per il sostegno della parete di scavo diametro del palo di 80 cm. e lunghezza e armatura come da elaborati progettuali. I pali saranno eseguiti con perforazione a percussione e/o rotazione o con altri sistemi in grado di attraversare terreni di qualsiasi natura, stratificazione, durezza, consistenza, asciutti o bagnati, anche in presenza di acqua, inclusa la roccia ed i trovanti di qualsiasi dimensione, utilizzo del tubo forma per il sostegno della parete di scavo, fornitura e posa in opera di calcestruzzo con classe maggiore o uguale a C25/30 per getti, onere del maggior calcestruzzo occorrente per la espansione fino al 10% del volume del foro, scapitozzatura della testa del palo per un'altezza adeguata a realizzare una idonea ripresa di getto con la trave di testa.

I pali trivellati ad elica continua sono un tipo di fondazione "trivellata" in cui il palo è realizzato con un processo continuo fino alla profondità finale desiderata. La trivella è composta da un' elica continua (detta anche coclea) che, durante la perforazione, trattiene nello spazio tra le sue spire il terreno; fornendo un supporto laterale e mantenendo la stabilità del foro. Raggiunta la profondità di progetto, l'elica è fatta risalire dal foro e il calcestruzzo è pompato attraverso il gambo vuoto della stessa. Il pompaggio simultaneo del calcestruzzo e il ritiro della coclea forniscono un supporto continuo al foro. Il rinforzo/gabbia di acciaio viene inserito nel foro riempito di calcestruzzo liquido subito dopo il ritiro della coclea.

Nel caso di terreni particolarmente sciolti si prevede il sostegno della parete di scavo con un tubo forma compreso, che si intende incluso nella lavorazione offerta.

Nell'esecuzione sono compresi inoltre prove di carico e prove geofisiche per il controllo delle caratteristiche meccaniche e dimensionali, il carico su autocarro o la movimentazione nell'ambito dell'area di cantiere del materiale di risulta e quant'altro occorra per dare il lavoro finito a regola d'arte.

L'opera in oggetto prevede fondazioni profonde del tipo palo trivellato ad elica continua di grande diametro Ø 800 mm di lunghezza 20 m disposti secondo gli elaborati progettuali (l'interasse necessario a garantire il funzionamento del palo singolo deve essere assunto  $\geq 3 \varnothing = 2,40 \text{ m}$ ).

Per tale tipo di pali, il prezzo offerto dall'Appaltatore comprenderà la trivellazione eseguita a rotazione, con parziale asportazione di terreno, mediante perforazione con elica continua in terreni a granulometria medio-fine. Il prezzo comprende la fornitura, il getto ed il costipamento del calcestruzzo fino ad un massimo pari al volume teorico del foro incrementato del calcestruzzo eventualmente disperso nel getto a rendere il foro del palo

completamente riempito. Sarà altresì compresa la realizzazione del palo fino alla quota del piano di estradosso della fondazione comprendendone la scapitozzatura fino alla quota di intradosso della fondazione.

Resterà invece esclusa la fornitura e posa in opera dell'armatura metallica che verrà compensata con il relativo prezzo di Elenco. La posa dell'armatura dovrà essere fatta alle quote specificate nelle tavole del progetto esecutivo. Le caratteristiche dell'armatura dovranno rispettare le indicazioni del progetto esecutivo.

Per la corretta movimentazione delle macchine operatrici necessarie alla realizzazione dei pali, è obbligo e onere dell'impresa compattare e costipare opportunamente il materiale su cui dovranno operare tali macchinari nonché riprofilarlo alla quota di realizzazione dei pali, avendo cura di mantenere una pendenza inferiore a 4 gradi in modo da consentire alla macchina perforatrice la salita e la discesa in sicurezza. E' obbligo dell'impresa consultare le schede macchine e attenersi a tutte le procedure di sicurezza indicate in esse e in accordo alle normative vigenti.

### *a) Oggetto*

Questa specifica definisce le modalità esecutive dei pali trivellati ad elica continua, (tecnologia utilizzata per pali di diametro e lunghezza rispettivamente compresi fra 40 ÷ 120 cm e 12 ÷ 36 m), realizzati in opera senza utilizzo di fanghi di perforazione e con parziale asportazione di terreno. I pali trivellati ad elica continua sono generalmente armati con armatura metallica generalmente costituita da una gabbia preconfezionata, formata da barre longitudinali e staffatura a spirale che viene posta in opera a getto ultimato. La profondità massima raggiungibile dalla gabbia di armatura è di circa 30 m. La lavorazione del palo sarà comprensiva di "scapitozzatura" della testa del palo prima della realizzazione della ciabatta di fondazione.

### *b) Normative di riferimento*

I lavori saranno eseguiti in accordo, ma non limitatamente, alle seguenti normative:

- Decreto del Ministero Infrastrutture e Trasporti 17/01/2018;
- Associazione Geotecnica Italiana, Raccomandazioni sui pali di fondazione, Dic. 1984
- Altre norme UNI-CNR, ASTM, DIN, saranno specificate ove pertinenti.

### *c) Sistemi di perforazione*

Il sistema di perforazione è costituito da una batteria di eliche con asta centrale cava. Gli elementi modulari di elica vengono assemblati insieme per una lunghezza pari alla profondità del palo da realizzare, più un franco di circa 0,5 ÷ 1,0 m fuori terra. L'ingresso

di terreno nella cavità centrale dell'asta è impedito da una puntazza collocata all'estremo inferiore. La perforazione consiste nel fare penetrare l'elica nel terreno mediante la tavola rotary di una perforatrice applicata in sommità all'elica. Il volume di terreno riportato in superficie è generalmente minore di quello corrispondente al volume dell'elica.

### *d) Attrezzature*

#### Perforatrici

Profondità, diametro della perforazione, terreno e spazio a disposizione determinano la scelta della macchina più indicata. Le perforatrici sono di tipo:

- idrauliche automontanti equipaggiate con rotary;
- torri applicate ad escavatori equipaggiate con rotary idrauliche alimentate da centraline idrauliche indipendenti applicate alla gru.

Tutte le rotary utilizzate per il palo trivellato ad elica continua sono del tipo "passante"; presentano pertanto un passaggio interno per il canotto girevole, collegato superiormente alla manichetta di mandata del calcestruzzo ed inferiormente all'anima cava dell'elica di perforazione.

#### Elica di perforazione

Gli elementi costitutivi della batteria di perforazione, aventi diametro pari a quello del palo da realizzare, sono di lunghezza variabile; è inoltre possibile utilizzare elementi di prolunga, costituiti dalla sola asta cava centrale senza spirale. I tipi di punte da poter utilizzare variano a seconda del tipo di terreno da attraversare:

- per lo scavo di terreni sciolti (sabbie e ghiaie) o coesivi (argille, limi argillosi, ecc)
- per l'attraversamento di livelli cementati o duri.

In fase di preparazione del cantiere si dovrà studiare la migliore combinazione degli elementi di cui sopra, ricordando che la lunghezza totale dell'elica dovrà essere maggiore della lunghezza del palo da realizzare, e che è comunque opportuno non eccedere nell'uso di prolunghe onde evitare franamenti superficiali (è necessario che la lunghezza totale del palo sia coperta da elementi elicati) e difficoltà di pulizia dell'elica.

Le eliche disponibili hanno i diametri: 400 - 450 - 500 - 600 - 700 - 800 - 900 - 1000 - 1200 mm.

Il passaggio interno dell'anima cava è pari rispettivamente a:

- 4" (100 mm) per eliche di diametro: 400 ÷ 700 mm.
- 5" (125 mm) per eliche di diametro: 800 ÷ 1200 mm.

Per la realizzazione dei pali Ø 800 mm di lunghezza 20 m previsti da progetto, si ritiene idoneo l'utilizzo di una macchina perforatrice di tipo idraulica automontante equipaggiata con rotary. Di seguito le specifiche tipologiche.



La macchina perforatrice deve essere omologata anche per il sollevamento nell'ambito della lavorazione.

- C.F.A. bored piles
- Down-The-Hole-Hammer (D.T.H.)

Its outstanding features are:

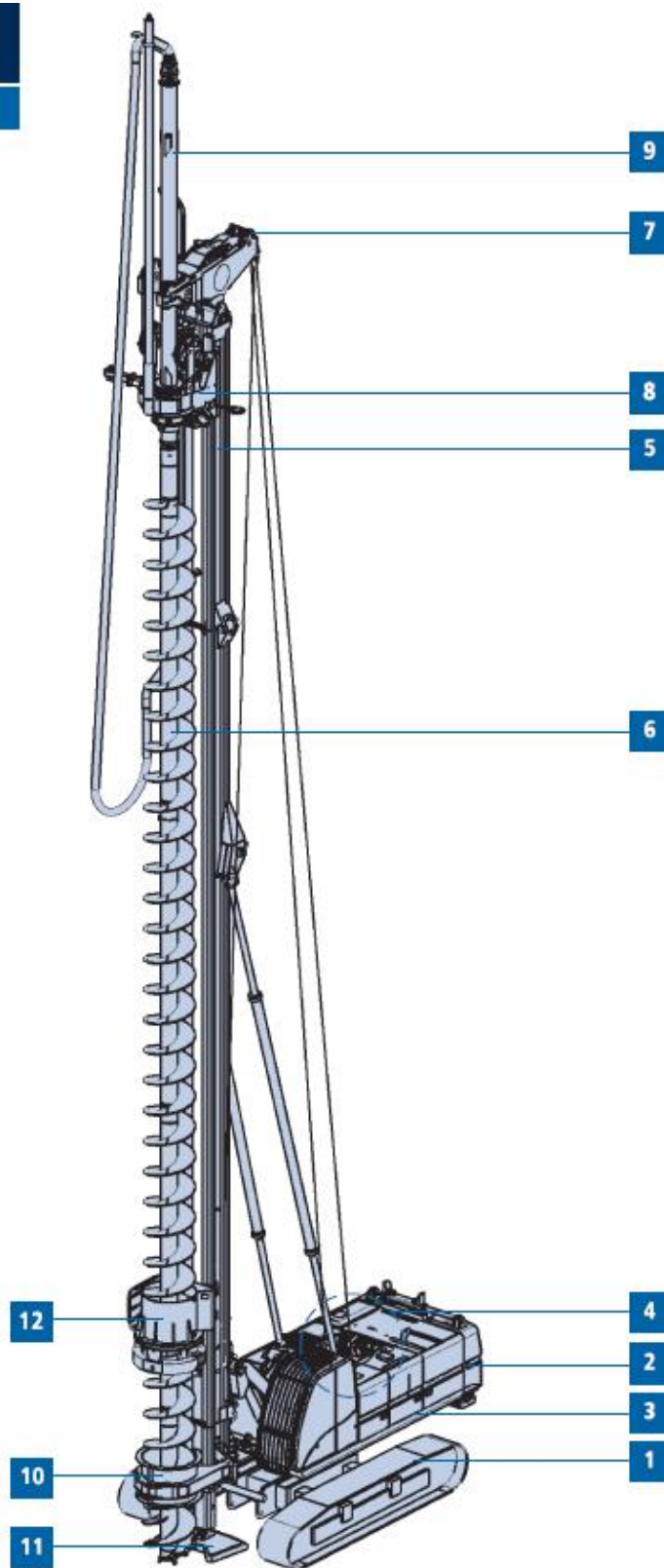
- completely self-erecting
- up-to-date instrumentation (SOI)
- high reliability and safety in the job-site
- quick installation
- extendable tracks from 2,5 to 3,9 m
- grids for front cab protection
- air conditioning or heating system for the cab
- easy manoeuvrability
- low transport costs
- high production
- reduced transport dimensions
- 360° turret rotation

Drilling performances		
Max pile diameter	mm	1000
Max pile depth	m	28 (22+ 6 extension)
Max pile depth (w/auger cleaner)	m	27 (21+ 6 extension)
Max extracion force	kN	680
Pull-down winch force (optional)	kN	90
Auger cleaner max diameter	mm	1000
Diesel engine		
Make / Model		CAT C7 Tier III
Max Power	kW (HP)	224 (300) @ 2200 rpm
Hydraulic pumps		
Main pumps	lt/min	2 x 230
Max working pressure	MPa	35
Main winch		Controlled descent
1 <sup>st</sup> layer nominal line pull	kN	170
1 <sup>st</sup> layer nominal rope speed	m/min	61
Rope diameter	mm	24
Auxiliary winch		Controlled descent
1 <sup>st</sup> layer nominal line pull	kN	75
1 <sup>st</sup> layer nominal rope speed	m/min	62
Rope diameter	mm	18
Rotary table		
Nominal torque (@ 35 MPa)	kNm	161 @ 8,0 rpm
Maximum drilling speed	rpm	26
Weight and dimension		
Transport width	mm	2780
Transport height	mm	3500
Operating weight	ton	55
Transport weight	ton	48
Undercarriage		
Overall lenght	mm	5200
Track shoe width	mm	700
Overall width (extended)	mm	3900
Overall width (retracted)	mm	2500
Ground pressure	MPa	0,08
Additional std. features		
Folding and self-erecting mast		
Cathead c/w folding device		
Counterweight (weight 6000 kg) c/w n° 2 hydraulic jacks		

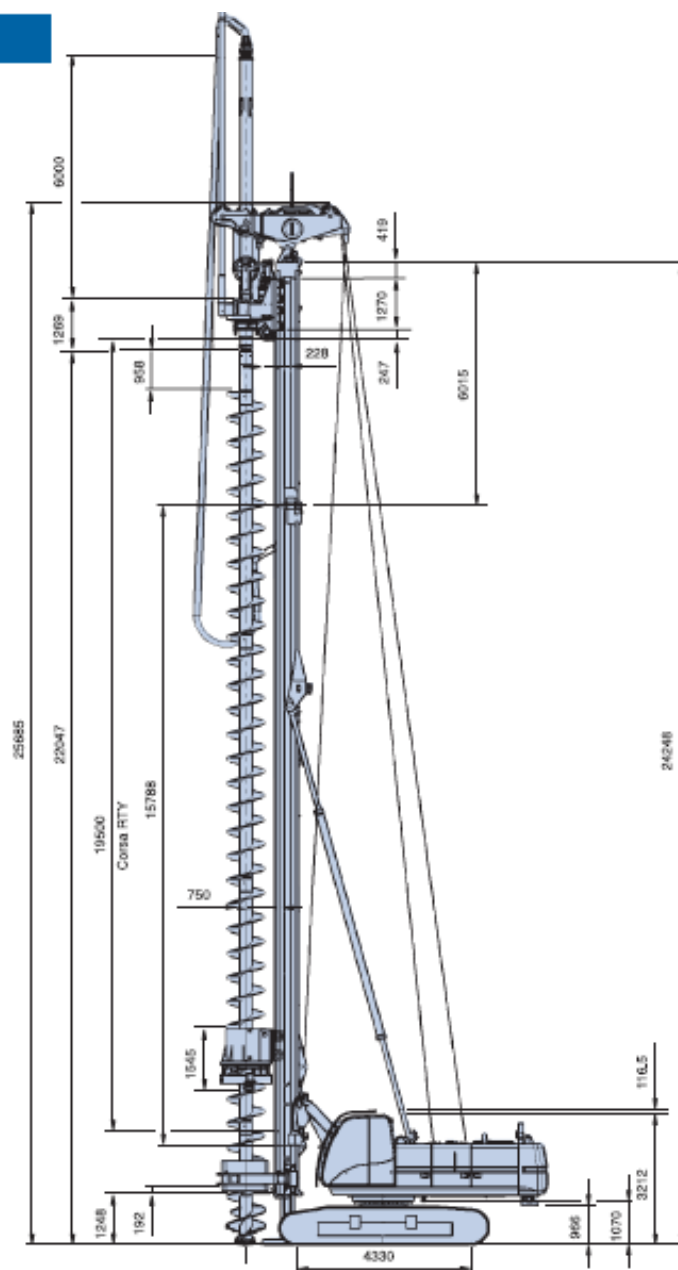
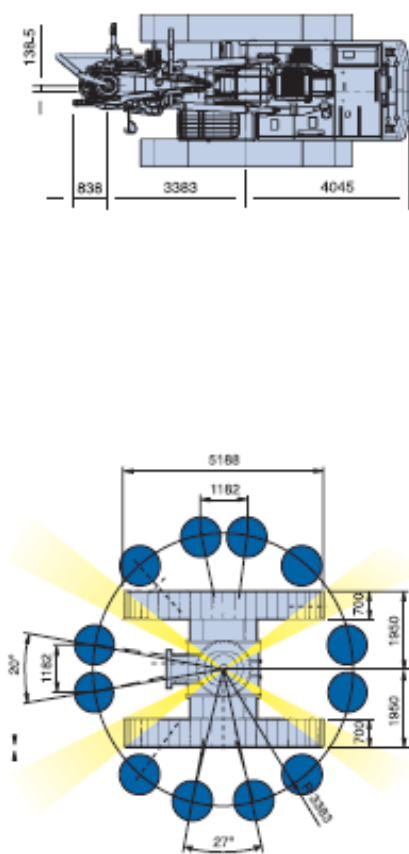
#### Options features:

- shifting gear rotary
- track shoes 900 mm wide
- pull-down winch (90 kN)
- two-axle electronic inclinometer in the cab
- electronic system to control the extraction pull; it is provided with visual and sound alarm in case of overloading
- ladder on mast complete with parachute
- 4" or 5" concrete pipework on the mast, supplied with insulation, upon request, for tropical climates
- auger cleaner (Ø 1000 mm max.)
- VTH-1 vibrator power take off for cage driving,

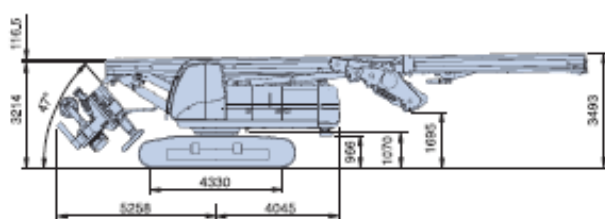
- 1 - Undercarriage with extendable tracks, parallelogram system or removable tracks
- 2 - Counterweight
- 3 - Turret of 360° slew rig c/w diesel engine CAT C7 Tier III, soundproof canopy and power pack
- 4 - Winch assembly
- 5 - Self erecting mast on which can be applied the max torque over the whole length 22 m
- 6 - Continuous Flight Auger
- 7 - Sheave cathead
- 8 - Rotary head
- 9 - Auger extension
- 10 - Openable lower guide
- 11 - Foot element
- 12 - Auger cleaner (Optional)



## HYDRAULIC CFA ROTARY RIG



## Transport Condition



Pulitore

Tutte le attrezzature di perforazione sono equipaggiate, per motivi di sicurezza, con un pulitore-guida applicato alla torre della perforatrice all'interno del quale viene guidata l'elica.

In fase di estrazione dell'elica il pulitore procede alla rimozione del terreno contenuto tra le spirali dell'elica, facendolo cadere a terra all'esterno del pulitore stesso.

### Pompe per calcestruzzo

Il getto si esegue con pompe cingolate da  $60 \div 80$  mc/ora di portata; la scelta del tipo di pompa sarà fatta in base al diametro e alla lunghezza di palo da realizzare e quindi del tempo globale di getto.

In alternativa si potranno utilizzare anche pompe non cingolate da  $40 \div 50$  mc/ora; in questi casi il cantiere si dovrà attrezzare e programmare in modo da poter spostare agevolmente e rapidamente la pompa in funzione delle esigenze di cantiere e di esecuzione dei pali.

Per pali di diametro previsto dal progetto si utilizzano pompe da 80 mc/ora.

### Manichette

Le manichette utilizzate sono in gomma telata di diametro 4 o 5 pollici, idonee a reggere pressioni fino a 80 bar. Generalmente i diametri delle manichette sono pari al diametro del passaggio interno dell'elica.

### Posa dell'armatura

Per facilitare la posa in opera della armatura si utilizza generalmente un vibratore sostenuto dalla fune di servizio della medesima perforatrice o da una gru di servizio; la scelta è funzione dei tempi esecutivi dei pali.

### Allontanamento materiale di risulta

Per l'allontanamento del terreno di scavo si possono utilizzare pale, gommate o cingolate, oppure escavatori a braccio rovescio; nel caso in cui l'armatura debba rimanere, per motivi progettuali, al disopra del piano lavoro, un escavatore a braccio rovescio rende più rapida ed efficace l'operazione di pulizia nell'intorno del palo.

### Strumentazione di acquisizione dati

Se richiesto dalla Direzione Lavori è possibile applicare alla perforatrice una strumentazione elettronica in grado di rilevare e comunicare all'operatore in tempo reale i parametri seguenti.

In fase di perforazione:

- profondità;

- velocità di avanzamento;
- RPM;
- coppia;
- rapporto di avvitamento.

In fase di getto:

- profondità;
- velocità di risalita;
- pressione e volume del calcestruzzo;
- portata del calcestruzzo.

Uno specifico software rappresenta graficamente i sopra citati parametri in modo da poterli agevolmente analizzare; l'elaborazione dei dati acquisiti consente inoltre di rappresentare graficamente la geometria del palo ottenuto.

Per le specifiche legate all'operatività delle lavorazioni e dei macchinari si rimanda al Piano di Sicurezza del progetto esecutivo.

### *e) Materiali*

Per la realizzazione dei pali trivellati ad elica continua occorrono esclusivamente:

- calcestruzzo;
- armature (gabbie, profilati, tubi).

### **Calcestruzzo**

Le prescrizioni che seguono sono da considerarsi integrative di quelle riguardanti le Opere in c.a., e che si intendono integralmente applicabili.

Il calcestruzzo deve avere la resistenza caratteristica a 28 giorni di maturazione ( $R_{ck}$ ) prescritta dal progetto; il valore di progetto di  $R_{ck}$  è 300 kg/cm<sup>2</sup>.

La tecnica di posa in opera dell'armatura (a getto ultimato) richiede l'uso di un calcestruzzo che non sia semplicemente "pompabile" ma sufficientemente fluido e scorrevole da consentire un'agevole inserimento dell'armatura.

In generale per l'inserimento di gabbie fino ad una profondità di circa 16 metri si dovranno utilizzare calcestruzzi di classe S5 (slump 22-25) con inerti di diametro massimo non superiore a 16 mm. Per profondità superiori, e quindi per i pali di lunghezza 20m, sarà facoltà della Direzione Lavori valutare in corso d'opera il possibile utilizzo di additivi per aumentare la compattezza del calcestruzzo o in alternativa utilizzare calcestruzzo autocompattante (SCC). E' ammesso altresì l'uso di ritardanti di presa o di fluidificanti con effetto ritardante.

I prodotti commerciali che l'Appaltatore si propone di usare dovranno essere sottoposti all'esame e all'approvazione preventiva della D.L..

I componenti di un mix design classico per calcestruzzo da pali trivellati ad elica continua sono i seguenti:

- Cemento;
- Pietrisco 5/20 mm;
- Sabbia 0/7 mm;
- Sabbia 0/4 mm;
- Eventuale fly ash;
- Eventuale silica fume;
- Acqua;
- Additivo/i.

Prima dell'inizio dei lavori ed in collaborazione con il fornitore del calcestruzzo, si consiglia di eseguire delle prove utilizzando i materiali disponibili all'impianto di confezionamento al fine di definire:

- il mix design ottimale per il rispetto delle resistenze prescritte e per garantire la corretta infissione della gabbia di armatura;
- il tipo e la quantità degli eventuali additivi da utilizzare.

Il calcestruzzo dovrà essere confezionato e trasportato con un ritmo tale da consentire di completare il getto di ciascun palo senza soluzione di continuità, secondo le cadenze prescritte e rendendo minimo l'intervallo di tempo fra preparazione e getto, e comunque non inferiore a 20 m<sup>3</sup>/ora per pali di diametro  $d \geq 800$  mm. L'Appaltatore dovrà garantire la disponibilità del calcestruzzo necessario per soddisfare la produzione giornaliera di pali in accordo al programma di costruzione.

### Gabbie di armatura

Le gabbie di armatura avranno le caratteristiche previste a disegno. La lunghezza complessiva della gabbia non è generalmente superiore ai 20 metri mentre i singoli elementi sono inferiori ai 12 m.

La spirale di armatura deve avere un passo non inferiore a 16 cm e deve essere saldata esternamente ai ferri longitudinali come prescritto dal disegno.

Il copriferro deve essere  $\geq$  di 7 cm per parte.

Gli anelli di irrigidimento devono sempre essere saldati internamente ai ferri longitudinali come da disegno; l'anello di irrigidimento di fondo deve avere un diametro inferiore a quello degli anelli superiori e deve essere correttamente posizionato al fine di conferire alla gabbia una terminazione conica, in modo da agevolare la penetrazione della gabbia nel calcestruzzo. Se le caratteristiche dei terreni interessati sono tali da richiedere l'impiego della putrella per la completa infissione della gabbia di armatura, è necessario saldare sulla testa dell'elemento inferiore di gabbia un'ideale croce di battuta.

Per lunghezze dell'armatura superiori ai 18÷20 m, sarà facoltà della Direzione Lavori valutare in corso d'opera la possibilità di applicare idonei centratori per garantire il corretto posizionamento della gabbia.

Preparazione del piano di lavoro

L'Appaltatore dovrà aver cura di accertare che l'area di lavoro non sia attraversata da tubazioni, cavi elettrici o manufatti sotterranei che, se incontrati durante l'esecuzione dei pali, possono recare danno alle maestranze di cantiere o a terzi.

Per la corretta movimentazione delle macchine operatrici necessarie alla realizzazione dei pali, è obbligo e onere dell'impresa compattare e costipare opportunamente il materiale su cui dovranno operare tali macchinari nonché riprofilarlo alla quota che da una parte garantisce la sicurezza della stabilità della palancola, dall'altra garantisce una pendenza inferiore a 4 gradi in modo da consentire alla trivellatrice la salita e la discesa in sicurezza.

Fasi esecutive

La realizzazione di un palo trivellato ad elica continua consta nelle seguenti fasi esecutive:

- Tracciamento
- Piazzamento
- Perforazione
- Getto del calcestruzzo
- Posa dell'armatura

Tracciamento

Prima di iniziare la perforazione l'Impresa dovrà, a sua cura e spese, individuare sul terreno la posizione dei pali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo. La materializzazione sul terreno del punto di perforazione viene effettuato dal topografo. Viene comunque fornito al Capo-Cantiere e all'operatore un disegno che riporta tutti i dati utili ad individuare con precisione sul terreno la posizione di ogni singolo palo (interassi, distanze da punti di riferimento).

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 esecutrice, dovrà indicare la posizione planimetrica di tutti i pali, inclusi quelli di prova, contrassegnati con numero progressivo.

Piazzamento

L'attrezzatura di perforazione viene movimentata in modo da fare coincidere l'utensile di perforazione con il picchetto. In questa operazione il Sottomacchina fornisce le necessarie istruzioni all'operatore. Centrata la punta dell'elica sul picchetto si appoggia a terra la pedana dell'attrezzatura e si pone in verticale la torre di guida.

## Perforazione

Ultimato il piazzamento si colloca la puntazza e si esegue la perforazione facendo ruotare l'elica che penetra nel terreno. L'operatore si deve assicurare che il piede dell'antenna sia solidamente appoggiato per evitare che gli sforzi dovuti alla perforazione la spostino. La perforazione prosegue sino alla quota di fondo palo.

## Getto

Il getto del palo si esegue pompando il calcestruzzo attraverso l'asta cava centrale. L'elica viene sollevata di alcuni centimetri in modo da permettere l'espulsione della puntazza; il riempimento del palo avviene estraendo l'elica di perforazione in maniera lenta ed uniforme, mantenendola ferma o ruotandola lentamente nel medesimo senso di perforazione. Il pompaggio del calcestruzzo deve essere continuo durante l'estrazione. La pressione idrostatica del calcestruzzo all'interno dell'anima cava dell'elica è sufficiente a garantire l'uniforme riempimento del palo. Per verificare che l'interno dell'anima cava dell'elica sia sempre piena di calcestruzzo, si utilizza una cella di pressione posta in corrispondenza del collegamento della manichetta di mandata con il girevole della rotary. La cella è collegata ad un manometro o ad un trasduttore posto in cabina. L'indicazione di un valore di pressione letta al manometro è pertanto una semplice indicazione di "passaggio" del calcestruzzo e quindi garantisce che l'intera batteria di perforazione sia sempre piena. Durante il getto l'operatore dovrà pertanto estrarre l'elica mantenendo un valore "positivo" di pressione. Il getto deve proseguire sino a piano lavoro.

## Posa dell'armatura

L'armatura metallica viene posta in opera dopo aver terminato il getto e asportato il terreno sulla sommità del palo. L'armatura viene sollevata utilizzando la fune di servizio della perforatrice e calata nella massa di calcestruzzo fresco mantenendola verticale e centrata sul palo, prestando particolare attenzione al corretto spessore del copriferro, eventualmente ponendo dei centratori fra armatura e pareti del foro. Inizialmente l'armatura viene inserita nel palo sfruttando il peso proprio; nel caso di armature pesanti il solo peso può essere sufficiente per completare la posa in opera, in caso contrario per ultimare l'inserimento si utilizzerà il vibratore.

In caso l'armatura sia costituita da più elementi l'inserimento avverrà secondo la seguente procedura:

- inserimento nel calcestruzzo del primo elemento di gabbia e temporaneo blocco dello stesso tramite un profilato tubolare inserito trasversalmente in corrispondenza dell'anello di irrigidimento di testa



- posizionamento del secondo elemento di gabbia e relativo fissaggio delle barre longitudinali tramite morsetti o saldatura
- ripristino della continuità dell'armatura a spirale, precedentemente raccolta sul primo elemento, e relativo fissaggio della medesima mediante legatura rispettando il passo previsto da progetto.

Le armature saranno preassemblate fuori opera in gabbie; i collegamenti saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro o con punti di saldatura elettrica o con morsetti.

Le gabbie di armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine.

Per i dettagli e le caratteristiche dell'armatura l'Appaltatore dovrà far riferimento alle tavole di progetto.

### *f) Controlli - Fase di ricezione dei materiali*

Le materie prime utilizzate saranno controllate all'arrivo, come prescritto dal D.M. 17.01.2018.

#### Calcestruzzo

Le bolle di consegna del calcestruzzo devono indicarne la classe e il peso del carico.

Il controllo verrà eseguito secondo quanto prescritto dalla normativa e secondo quanto specificato dalla direzione Lavori. Il valore di slump verrà controllato almeno una volta al giorno in occasione di ogni prelievo per il confezionamento dei provini necessari al controllo di accettazione; se risulterà al di fuori del campo prescritto l'autobetoniera sarà allontanata.

Il diametro massimo dell'inerte utilizzato verrà controllato almeno una volta al giorno in occasione di ogni prelievo per il confezionamento dei provini necessari al controllo di accettazione; in caso di inerte massimo superiore a quello prescritto l'autobetoniera sarà allontanata.

#### Armatura

Le bolle di consegna delle armature devono indicare: numero, tipo (con riferimento all'ordine ed al disegno) e peso. Le forniture dovranno essere accompagnate da un certificato di conformità che attesti l'origine e il tipo di acciaio utilizzato.

#### Controlli in fase esecutiva

##### Piazzamento

I controlli durante il piazzamento riguardano il centramento della punta dell'elica rispetto al picchetto di riferimento della posizione del palo e la verticalità dell'elica. L'allineamento verticale della torre di perforazione viene controllato su due assi fra loro ortogonali, con un livello a bolla munito di scala goniometrica.

La tolleranza "e", rispetto alla posizione del picchetto, salvo diverse prescrizioni, deve essere pari a:

- e 0,1 m per pali con diametro  $D < 1$  m;

La tolleranza rispetto alla verticale è il 2% in ogni direzione.

### Perforazione

Durante la perforazione l'Operatore ed il Sottomacchina controllano almeno una volta che la macchina non si sia spostata dal giusto allineamento verticale, verificandolo con l'uso del livello a bolla.

La tolleranza rispetto alla verticale è il 2% in ogni direzione.

Ultimata la perforazione si controllerà la quota raggiunta in base alla lunghezza totale di elica utilizzata ed al franco fuori terra.

La tolleranza è in genere di  $\pm 10$  cm.

### Getto

Durante il getto i controlli mireranno a verificare l'uniforme riempimento del palo sino al piano lavoro.

L'operatore controlla che il valore di pressione sia sempre positivo. Per particolari esigenze progettuali è facoltà della Direzione Lavori adottare strumenti di controllo e registrazione automatici.

La quota finale del getto non dovrà essere più di 10 cm inferiore alla quota prevista dal progetto.

### Posa armatura

La tolleranza sulla quota di posa dell'armatura è, salvo diverse prescrizioni, pari a  $\pm 10$  cm.

#### *g) Prove tecnologiche preliminari*

La scelta delle attrezzature di scavo o di battitura e gli associati dettagli esecutivi e di posa in opera del palo, dovranno essere comunicati preliminarmente all'esecuzione dei pali dall'Appaltatore alla D.L..

Nell'eventualità di particolare complessità della situazione geotecnica e/o stratigrafica, o in relazione all'importanza dell'opera, l'idoneità delle attrezzature sarà verificata mediante l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari. Tali verifiche dovranno essere condotte in aree limitrofe a quelle interessanti la palificata in progetto e comunque tali da essere rappresentative dal punto di vista geotecnico ed idrogeologico.

Tali prove sono da ritenersi a carico dell'Appaltatore.

### *h) Prove di carico in corso d'opera e Controlli di Integrità dei pali*

I controlli legati alle prove di carico e all'integrità dei pali devono essere stabiliti dalla D.L. nel rispetto del numero minimo stabilito dal DM 17/01/2018 e relativa circolare. Qualora la D.L. lo ritenga necessario, sarà sua facoltà prevedere un numero di prove e di controlli maggiore rispetto a quello minimo stabilito da normativa. Le prove di carico e i controlli sull'integrità dei pali sono a carico dell'Appaltatore.

- Sul **50% dei pali** verranno eseguite **prove ecometriche** per registrare la lunghezza effettiva del palo realizzato e rilevare eventuali criticità e/o interruzioni nel getto.
- Su un **numero minimo di pali pari a 2** (in accordo al punto 6.4.3.7.2 del DM 17/01/2028) saranno eseguite **prove di carico statiche di verifica in corso d'opera**; il numero e l'ubicazione delle prove di verifica sarà deciso dalla D.L..

In ogni caso l'Appaltatore dovrà provvedere, a suo onere e cura, all'esecuzione di tutte quelle prove di controllo non distruttive, ed a ogni altra prova di controllo, che saranno richieste dalla D.L., tali da eliminare gli eventuali dubbi sulla accettabilità delle modalità esecutive.

Di tutte le prove e controlli eseguiti, l'Appaltatore si farà carico di presentare documentazione scritta e verbali finali di esecuzione delle prove, a firma del laboratorio incaricato di eseguire le prove.

### Controlli di Integrità dei pali

In tutti i casi in cui la qualità dei pali dipenda in misura significativa dai procedimenti esecutivi e dalle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, devono essere effettuati controlli di integrità.

Il controllo dell'integrità, da effettuarsi con prove dirette o indirette di comprovata validità, deve interessare secondo quanto stabilito al punto 6.4.3.6 del DM 17/01/2018, almeno il 5% dei pali della fondazione con un minimo di 2 pali.

Tra i diversi ed efficaci metodi di controllo non distruttivi, che permettono di effettuare un'accurata verifica della qualità delle strutture di fondazione profonde, si prevede la prova ecometrica.

L'esecuzione delle **prove soniche** per valutare l'integrità del palo e l'omogeneità del materiale verrà effettuata su un **numero minimo pari al 50% a discrezione della D.L. può arrivare al 100% dei pali di fondazione**. L'individuazione dei pali da testare sarà decisa dalla D.L..

## **Prova Ecometrica**

La prova viene eseguita mediante un martello (emette la sollecitazione) e di un accelerometro (riceve il segnale emesso dal martello e lo trasferisce alla centralina). La centralina computerizzata registra il segnale solo quando viene prodotto il giusto impulso di scatto, che corrisponde alla netta sollecitazione della battuta del martello. I dati e quindi i diagrammi ottenuti vengono successivamente registrati dall'operatore e poi riportati su PC per l'elaborazione e la restituzione grafica.

La centralina elettronica digitale, che consente l'acquisizione, l'elaborazione e la visualizzazione del segnale, è caratterizzata da un'adeguata frequenza di campionamento (in genere pari a 40.000 Hz) ed è dotata di un software interno che elabora il segnale acquisito e lo visualizza sul display, consentendo all'operatore di accertare la "qualità" del segnale rilevato. Il sensore, ad elevata sensibilità, è costituito da un accelerometro amplificato; il martello ha il diametro pari a 40 mm e la testa antirimbalzo in nylon.

La tecnica d'analisi si fonda sullo studio della propagazione di impulsi di vibrazione meccanica, lungo una serie di traiettorie, all'interno della struttura da analizzare. Tale metodologia si basa sul principio che nel calcestruzzo di buone caratteristiche meccaniche, integro, omogeneo e compatto, si hanno velocità di propagazione degli impulsi di vibrazione e caratteristiche di attenuazione definite.

Se lungo una o più traiettorie in esame o in prossimità di esse si ha la presenza di calcestruzzo dilavato, o di vespai, di intrusioni di materiale sciolto, di strizioni o disomogeneità, ecc., si ha localmente un decadimento delle caratteristiche di trasmissione degli impulsi di vibrazione rispetto al valore che questo assume nelle zone di calcestruzzo regolare.

L'emissione degli impulsi di vibrazione avviene per mezzo di un martello e la ricezione tramite un accelerometro collocato sulla testa del palo.

Con l'esecuzione di tale prova si rileva il comportamento del palo a seguito della sollecitazione prodotta dal colpo di martello. L'onda d'urto, generata dalla battuta del martello sull'estremità superiore del palo, si propaga con una velocità compresa, in genere per i pali gettati in opera, tra 3000 e 4000 m/sec ed è legata alla qualità del cls. Giunta alla base del palo, l'onda viene parzialmente riflessa verso l'alto e rilevata dall'accelerometro posto sulla testa del palo.

La risposta del palo viene presentata sotto forma di un segnale riportato su un diagramma tempo-velocità, dalla cui analisi è possibile evincere la presenza di eventuali difetti. L'intervallo di tempo tra la sollecitazione impulsiva iniziale ed il ritorno allo stesso punto, dell'onda riflessa, è uguale al tempo richiesto dall'onda d'urto a percorrere due volte (dall'alto in basso e viceversa) l'estensione del palo.

Se  $L$  è la lunghezza del palo e  $c$  la velocità di propagazione dell'onda d'urto, l'intervallo di tempo  $dt$  risulta:

$$dt = 2L / c$$

Prima di effettuare le misure, viene impostata la lunghezza approssimativa del palo e la velocità di propagazione delle onde scelta in funzione delle caratteristiche del materiale, pertanto, per una stima più precisa dei risultati, occorrerebbe tarare la velocità di propagazione dell'onda con valori ottenibili dalle prove di schiacciamento a compressione semplice e da prove per la determinazione del peso specifico apparente dei prelievi provenienti dal getto di ogni palo. Il tempo effettivo di acquisizione risulta essere maggiore di circa il 20% rispetto all'intervallo di tempo  $dt$  strettamente necessario innanzi calcolato, ciò allo scopo di compensare le possibili imprecisioni nell'indicazione della lunghezza e della velocità di propagazione dell'onda.

Esistono alcuni fattori che possono influenzare il segnale acquisito, inteso come risposta del palo alla sollecitazione; essi sono: densità del cls, modulo elastico e sezione trasversale del palo. Ulteriore fattore importante, che influenza il segnale, è l'attrito superficiale che il terreno esercita sul palo. Questo produce un'attenuazione del segnale stesso con conseguente minore evidenza del riflesso di base. Il valore dell'attrito, ed in pratica gli effetti di attenuazione che produce sul segnale, sono minimi per i terreni argillosi e massimi per quelli sabbiosi. E' possibile, comunque, ridurre questi effetti amplificando il segnale che viene effettuato

seguendo una legge esponenziale. L'amplificazione è funzione crescente del tempo, quindi vengono amplificati maggiormente i segnali provenienti dal fondo del palo.

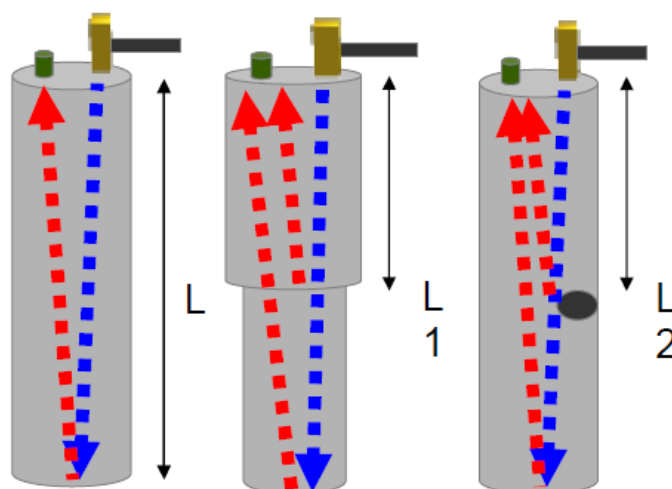
Operazione preliminare, per la corretta esecuzione della prova, è quella di pulire al meglio la superficie accessibile della testa del palo, in modo da avere almeno due aree stabili e libere di calcestruzzo. In questi due punti si collocherà il sensore (accelerometro) e si batterà il colpo con il martello in dotazione. Il sensore viene pressato con la mano sulla testa della struttura da investigare; si utilizza una pasta accoppiante che consente di rilevare segnali ad una frequenza stabilita.

In definitiva per eseguire correttamente la prova ecometrica devono aversi le seguenti condizioni:

1. Il calcestruzzo deve essere maturato al punto da raggiungere almeno l'80% della sua resistenza finale.
2. La testa del palo deve essere integra (se così non fosse si provvederà a scapitozzarla prima di eseguire l'indagine).
3. La testa del palo (già scapitozzata) deve essere pulita, accessibile e libera da detriti.

Durante l'esecuzione della prova si scarteranno in sito quei riflessogrammi anomali, ottenuti per non corretta applicazione dell'impulso o del sensore sulla testa del palo. I

risultati di ciascun controllo vengono forniti in forma grafica, mediante “riflessogrammi”, sui quali sono anche riportati i valori dei parametri di misura impostati al momento della misura in sito.



*Figura 2: Riflessione del piede del palo, riflessione dovuta alla riduzione della sezione, riflessione dovuta a difetto interno.*

L'individuazione dei pali da testare sarà decisa dalla D.L..

### **Prove di carico in corso d'opera**

Secondo quanto stabilito al punto 6.4.3.7.2 del DM 17/01/2018, sui pali di fondazione devono essere eseguite prove di carico statiche di verifica per controllarne principalmente la corretta esecuzione e il comportamento sotto le azioni di progetto. Tali prove devono pertanto essere spinte ad un carico assiale pari a 1,5 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE. Secondo la normativa vigente, la prova di carico di verifica in corso d'opera verrà effettuata per ciascun sistema di fondazione su un numero minimo di pali pari a 1 se il numero di pali è inferiore o uguale a 20.

Il numero e l'ubicazione delle prove di verifica sarà deciso dalla D.L., in ogni caso il numero di prove non deve essere inferiore a 1 per ogni spalla per un totale di 2 prove.

La finalità delle prove di collaudo è essenzialmente quella di controllare la corretta esecuzione e quindi la buona riuscita del palo, nonché di verificare che non vi sia eccessiva disomogeneità di comportamento tra i vari pali di una palificata. I pali da sottoporre a prova di collaudo devono essere scelti dopo la costruzione in modo da indurre l'esecutore a esplicitare per tutti i pali la massima cura.

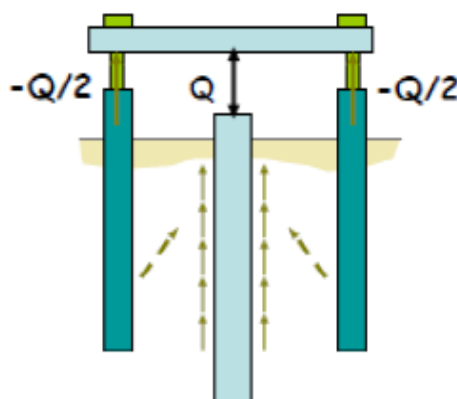
### **Attrezzature di prova**

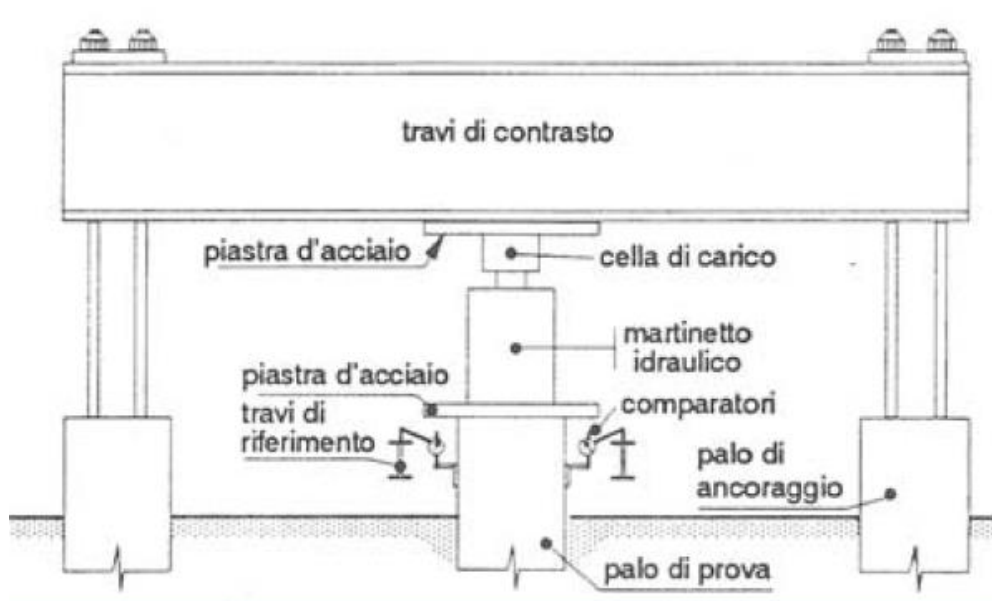
L'applicazione del carico al palo viene fatta con un martinetto idraulico azionato da una centralina oleodinamica. Per sistemare il martinetto, si costruisce in testa al palo un dado in cemento armato, la cui faccia superiore viene accuratamente spianata. Per i pali di grande diametro è sufficiente spianare la base superiore, arricchendo l'armatura di

cerchiaggio nella parte estrema del palo e/o disponendo uno spezzone di tubo metallico per il contenimento laterale. Fra il martinetto ed il palo si interpone una piastra di acciaio con spessore generalmente compreso tra 1 e 2 cm. Per i carichi più elevati è talvolta necessario disporre più di un martinetto; in questo caso è buona norma evitare di usarne due, ma ricorrere alla disposizione a tre martinetti, condizione molto più stabile. Sono disponibili martinetti con fondo scala da 1 a 10 MN.

La corsa del pistone deve essere sufficiente ad evitare interruzioni della prova e successive riprese previa l'interposizione di spessori. Per prove di lunga durata, inoltre, il sistema oleodinamico sarà munito di un automatismo che mantenga costante il carico applicato man mano che si sviluppa il cedimento.

Il martinetto verrà contrastato contro una trave ancorata a due o più pali di ancoraggio che lavorano a trazione. In questo caso è importante che la distanza tra i pali sia tale da limitare i fenomeni di interazione tra i pali di ancoraggio e quello di prova. L'interazione, infatti, determina una riduzione del cedimento misurato sotto il generico carico applicato e comporta una sovrastima delle capacità del palo di prova. In genere si può ritenere accettabile una distanza tra il palo di prova ed i pali di ancoraggio non inferiore a 2 m. Nel caso in esame avendo una distanza pari a 2,4 m tra i pali, l'adozione dello schema pali di ancoraggio e travi di contrasto, utilizzando i pali in opera confinanti al palo da testare, è da ritenersi efficace. Inoltre, con tale configurazione è possibile testare anche i pali a trazione.





### Misura del carico e degli spostamenti

Il carico viene generalmente misurato determinando, mediante un manometro posto sul circuito idraulico in prossimità del martinetto, la pressione dell'olio nel circuito e moltiplicandola per l'area del pistone del martinetto. Per quanto precisa possa essere la misura di pressione (si ricorda in tal caso che il manometro deve essere corredato da un certificato di taratura rilasciato da non oltre un anno da un laboratorio ufficiale), essa è comunque affetta dagli attriti fra cilindro e pistone, che dipendono in maniera del tutto casuale da fattori quali l'usura del martinetto, la perfetta centratura del carico, ecc.. Per tale motivo è preferibile effettuare la misura della forza applicata utilizzando una cella di carico. La misura degli abbassamenti della testa del palo viene eseguita mediante sensori di spostamento elettronici, con risoluzione 0,001 mm, interposti tra la testa del palo ed apposite travi poggianti sul terreno tramite supporti sufficientemente lontani dal palo di prova e dai pali di ancoraggio. I supporti devono essere saldamente immorsati nel terreno e disposti ad una distanza dal palo di prova pari almeno a 3 volte il diametro del palo. Le travi portasensori devono essere dotate di elevata rigidità flessionale ed avere un estremo libero di scorrere per consentire la dilatazione termica. E' inoltre importante schermare i sensori e le aste dai raggi solari. I sensori di misura devono essere almeno in numero di tre, onde controllare eventuali rotazioni della testa del palo, devono avere una corsa non minore di 50 mm ed essere facilmente riposizionabili.

Oltre al carico applicato ed allo spostamento verticale della sommità del palo, è possibile eseguire misure di spostamenti e/o deformazioni a diverse profondità lungo il fusto del palo. Questo tipo di misure consente di ottenere informazioni sullo sviluppo delle resistenze alla punta e laterale, e pertanto accrescono significativamente l'utilità delle prove di carico, specie quelle di progetto. Per quanto si tratti di misure delicate è



opportuno eseguirle quanto più spesso è possibile. Le misure delle deformazioni in profondità vengono effettuate tramite l'applicazione di uno spezzone d'armatura strumentato, con estensimetrici elettrici, fissato alla gabbia di armatura del palo e quindi annegata nel getto di calcestruzzo. La misura è riportata all'esterno tramite cavi collegati ad una unità di acquisizione dati.

### Modalità di prova

Esistono numerose modalità con le quali sottoporre un palo a prova di carico, che si distinguono essenzialmente in base alle velocità di applicazione del carico e dello spostamento. Di conseguenza esse possono essere raggruppate in:

- 1) prove a carico controllato;
- 2) prove a deformazione controllata.

Nella prima categoria rientrano le procedure più largamente utilizzate, per le quali i vari incrementi vengono via via applicati sul palo e mantenuti per un periodo più o meno lungo. Della seconda categoria, invece, fanno parte quelle procedure per le quali il palo è costretto a penetrare nel terreno ad una assegnata velocità di movimento.

La procedura più utilizzata è quella a carico controllato. Essa consiste nell'applicare il carico ad incrementi discreti. Ciascun incremento è pari al 25% del carico di esercizio. In tal modo si ottengono sei incrementi di carico (tenuto conto che si arriva a 1,5 volte il carico di esercizio) e sei di scarico. Questo consente una definizione sufficientemente accurata della curva carico-cedimento e del carico limite. La durata è generalmente di 20 minuti ma comunque va attesa la stabilizzazione del cedimento.

### Presentazione dei Risultati

Devono essere costruiti i grafici carico e abbassamento in funzione del tempo; abbassamento in funzione del carico.

### Carico Limite

Nel caso di prova in corso d'opera (prova non a rottura) Q<sub>lim</sub> può essere stimato più o meno attendibilmente. Tra i metodi per effettuare tale stima si richiama quello che richiede la costruzione di un diagramma di carico modificato. Tale diagramma reca in ascisse gli abbassamenti in testa, in ordinate il rapporto abbassamento/carico: in molti casi permette di individuare una retta, l'inverso della cui pendenza fornisce una stima (in generale in eccesso) del carico limite.

Tutte le prove in accordo con la D.L. verranno condotte dall'Impresa appaltatrice con idonea strumentazione tarata e controllata rilasciando al termine delle prove verbali di prova.

### *i) Controlli finali*

#### **Posizione planimetrica dei pali eseguiti**

Sarà onere dell'Appaltatore effettuare un controllo della reale posizione planimetrica di ogni singolo palo eseguito e la sua rispondenza con il progetto. Il disegno di quanto realizzato verrà fornito alla D.L. per accettazione.

### 9. Platee di fondazione

Sopra i pali di fondazione profonda verranno realizzati delle platee su cui verranno posate le strutture metalliche di elevazione.

Tali strutture in CA rispetteranno tutte le prescrizioni sui materiali realizzati in opera con calcestruzzo con classe minima C28/35 e armatura da CA classe B450C.

Nell'esecuzione delle opere in cemento armato normale o precompresso l'Appaltatore dovrà attenersi alle prescrizioni di cui al D.M. 17 Gennaio 2018 e relativa Circolare.

Tutti i manufatti in c.a. potranno essere eseguiti impiegando unicamente cementi provvisti di attestato di conformità CE che soddisfino i requisiti previsti dalla norma UNI EN 197-1:2006.

Gli aggregati utilizzabili, ai fini del confezionamento del calcestruzzo, devono possedere marcatura CE secondo D.P.R. 246/93 e successivi decreti attuativi.

Gli aggregati devono essere conformi ai requisiti della normativa UNI EN 12620 e UNI 8520-2 con i relativi riferimenti alla destinazione d'uso del calcestruzzo. La massa volumica media del granulo in condizioni s.s.a. (saturo a superficie asciutta) deve essere pari o superiore a 2300 kg/m<sup>3</sup>.

Ogni calcestruzzo dovrà soddisfare i seguenti requisiti di durabilità in accordo con quanto richiesto dalle norme UNI 11104 e UNI EN 206 -1 e dalle Linee Guida sul Calcestruzzo Strutturale in base alle classi di esposizione ambientale della struttura cui il calcestruzzo è destinato:

- rapporto (a/c)<sub>max</sub>;
- classe di resistenza caratteristica a compressione minima;
- classe di consistenza;
- contenuto minimo di cemento;
- tipo di cemento (se necessario);
- classe di contenuto di cloruri calcestruzzo;
- D.M.<sub>ax</sub> dell'aggregato;
- copriferro minimo

Sarà compilata una tabella sull'esempio di quella sottostante, contenente i vari tipi di conglomerato impiegati in cantiere le loro caratteristiche prestazionali e la loro destinazione.

**Tab. 7 - Fac-simile di tabella da utilizzare per la classificazione dei diversi tipi di calcestruzzo**

		(UNI 11104-prosp.1)	(UNI 11104-prosp. 4)						
Tipo	Campi di impiego	Classi esposizione ambientale	Classe resistenza C (X/Y)	Rapporto a/c max	Contenuto minimo di cemento kg/m <sup>3</sup>	D <sub>MAX</sub> mm	Classe di consistenza al getto	Tipo di cemento - solo se necessario	Copriferro nominale

L'Appaltatore è tenuto a comunicare con dovuto anticipo al Direttore dei Lavori il programma dei getti indicando:

- il luogo di getto
- la struttura interessata dal getto
- la classe di resistenza e di consistenza del calcestruzzo.

I getti potranno avere inizio solo dopo che il Direttore dei Lavori ha verificato:

- la preparazione e rettifica dei piani di posa
- la pulizia delle casseforme
- la posizione e corrispondenza al progetto delle armature e del copriferro
- la posizione degli inserti (giunti, water stop, ecc.)
- l'umidificazione a rifiuto delle superfici assorbenti o la stesura del disarmante.

Al momento della messa in opera del conglomerato è obbligatoria la presenza di almeno un membro dell'ufficio di direzione dei lavori incaricato a norma di legge e di un responsabile tecnico dell'Appaltatore.

Prima di procedere alla messa in opera del calcestruzzo, sarà necessario adottare tutti quegli accorgimenti atti ad evitare qualsiasi sottrazione di acqua dall'impasto. In particolare, in caso di casseforme in legno, andrà eseguita un'accurata bagnatura delle superfici.

Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme si eseguirà applicando tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione.

## *a) Qualifica del conglomerato cementizio*

Per la confezione dei calcestruzzi, l'Appaltatore di norma si dovrà rifornire di calcestruzzo preconfezionato da impianti regolarmente autorizzati e certificati; in alternativa è tenuto a provvedere all'installazione ed all'esercizio, in posizione approvata dalla D.L., di un moderno impianto meccanico di betonaggio atto a produrre calcestruzzo della qualità prescritta e in quantità sufficiente al rispetto del programma cronologico di esecuzione. È compreso l'onere per la progettazione del mix design a cura di tecnico abilitato.

In accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/08) il calcestruzzo dovrà essere prodotto in impianto dotato di un Sistema di Controllo della Produzione (FPC) effettuata in accordo a quanto contenuto nelle Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato (2003), certificato da un organismo terzo indipendente autorizzato.

Il calcestruzzo dovrà essere prodotto con processo industrializzato, mediante impianti, strutture e tecniche organizzate sia in cantiere che in uno stabilimento esterno al cantiere stesso.

Di conseguenza in questa fattispecie rientrano, a loro volta, tre tipologie di produzione del calcestruzzo:

- calcestruzzo prodotto in impianti industrializzati fissi;
- calcestruzzo prodotto negli stabilimenti di prefabbricazione;
- calcestruzzo prodotto in impianti industrializzati installati nei cantieri (temporanei).

In questi casi gli impianti devono essere idonei ad una produzione costante, disporre di apparecchiature adeguate per il confezionamento, nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e correggere la qualità del prodotto.

Al fine di contribuire a garantire quest'ultimo punto, gli impianti devono essere dotati di un sistema di controllo permanente della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.

Tale sistema di controllo non deve confondersi con l'ordinario sistema di gestione della qualità aziendale, al quale può affiancarsi.

Il sistema di controllo della produzione in fabbrica dovrà essere certificato da un organismo terzo indipendente di adeguata competenza e organizzazione, che opera in coerenza con la UNI EN 45012.

Il sistema di controllo di produzione in fabbrica dovrà comprendere le prove di autocontrollo, effettuate a cura del produttore secondo quanto previsto dalle Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato. L'organismo di certificazione dovrà, nell'ambito dell'ispezione delle singole unità produttive, verificare anche i laboratori utilizzati per le prove di autocontrollo interno. In virtù di tale verifica e sorveglianza del controllo di produzione le prove di autocontrollo della produzione sono sostitutive di quelle effettuate dai laboratori ufficiali.

Il programma delle prove di autocontrollo deve essere sviluppato in maniera tale da assicurare il rispetto dei disposti normativi per le numerose miscele prodotte, ma essere nel contempo contenuto in maniera tale da agevolarne l'applicazione, in virtù dell'elevato numero delle miscele prodotte in generale in un impianto di calcestruzzo preconfezionato. È compito della Direzione Lavori accertarsi che i documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere indichino gli estremi della certificazione del sistema di controllo della produzione.

Il produttore, prima di scaricare il calcestruzzo, deve consegnare all'utilizzatore una bolla dove, per ogni carico, saranno indicate le seguenti informazioni minime:

- denominazione dell'impianto di betonaggio;
- numero di serie della bolla,
- data e ora di carico, misurata del momento del primo contatto tra cemento ed acqua;
- identificazione dell'autobetoniera;
- nome del cliente;
- denominazione ed indirizzo del cantiere;
- specifiche, dettagli o riferimenti alle specifiche;
- quantità di calcestruzzo fornita;
- denominazione o marchio dell'organismo di certificazione, se previsto.

Inoltre, per il calcestruzzo a prestazione:

- classe di resistenza;
- classe di esposizione o corrispondenti limitazioni nella composizione;
- classe di consistenza;
- tipo di classe e resistenza del cemento;
- diametro massimo dell'aggregato;
- tipi di additivo ed aggiunte, se utilizzati;
- caratteristiche speciali.

- in alternativa, per il calcestruzzo a composizione:

- dettagli della composizione;
- diametro massimo dell'aggregato;
- classe di consistenza.

In ogni caso l'impianto deve permettere di dosare a peso tutti materiali solidi ed assicurare l'omogeneità degli impasti. Esso deve essere predisposto in modo da consentire rapide variazioni nelle proporzioni dei componenti.

Ove opportuno il Direttore dei Lavori potrà richiedere la relazione preliminare di qualifica ed i relativi allegati (es. certificazione della marcatura CE degli aggregati, del cemento, etc.).

L'impianto deve poter dosare i componenti con le seguenti tolleranze:

- 5% per ciascuna classe di inerte;
- 1% per il cemento e l'acqua.

### *b) Trasporto e scarico*

Il trasporto dei conglomerati cementizi dall'impianto di betonaggio al luogo d'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 conglomerato cementizio medesimo.

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 conglomerato cementizio alla bocca d'uscita della pompa. Non saranno ammessi gli autocarri a cassone o gli scivoli.

La durata massima consentita del trasporto dipenderà essenzialmente dalla composizione del calcestruzzo e dalle condizioni atmosferiche; all'atto dello scarico dovrà essere controllata l'omogeneità dell'impasto con le caratteristiche richieste. È facoltà della Direzione Lavori di rifiutare carichi di conglomerato cementizio non rispondenti ai requisiti prescritti.

Questi ultimi, una volta rifiutati, non potranno essere oggetto d'eventuali "correzioni" ma dovranno essere definitivamente ed insindacabilmente riposti nell'apposito sito predisposto dall'Impresa.

Lo scarico del conglomerato dal mezzo di trasporto dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione.

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 misurati dopo la vibrazione.

È vietato scaricare il conglomerato in un unico cumulo e distenderlo con l'impiego del vibratore; è altresì vietato lasciar cadere dall'alto il conglomerato cementizio per un'altezza superiore a 50 cm; se necessario si farà uso di tubi getto o si getterà mediante pompaggio secondo le insindacabili valutazioni della D.L.

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

Nell'esecuzione delle opere in c.a. gli impasti devono essere preparati e trasportati in modo da escludere pericoli di segregazione dei componenti o di prematuro inizio della presa al momento del getto; il getto deve essere convenientemente compattato; la superficie dei getti deve essere mantenuta umida per almeno tre giorni.

### *c) Posa in opera del calcestruzzo*

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

La posa in opera sarà eseguita con ogni cura ed a regola d'arte, dopo aver preparato accuratamente e rettificati i piani di posa, le casseforme, i cavi da riempire e dopo aver posto le armature metalliche.

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 d'appoggio e delle pareti di contenimento.

Prima di procedere alla messa in opera del calcestruzzo, sarà necessario adottare tutti quegli accorgimenti atti ad evitare qualsiasi sottrazione di acqua dall'impasto. In particolare, in caso di casseforme in legno, andrà eseguita un'accurata bagnatura delle superfici.

È proibito eseguire il getto del conglomerato quando la temperatura esterna scende al di sotto dei  $+5^{\circ}\text{C}$  se non si prendono particolari sistemi di protezione del manufatto o additivi concordati e autorizzati dalla D.L. anche qualora la temperatura ambientale superi i  $33^{\circ}\text{C}$ .

Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme dovrà essere effettuato applicando tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione.

L'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, indipendentemente dal sistema di movimentazione e getto, non deve eccedere i 50 centimetri; si utilizzerà un tubo di getto che si accosti al punto di posa o, meglio ancora, che si inserisca nello strato fresco già posato e consenta al calcestruzzo di rifluire all'interno di quello già steso.

La vibrazione del conglomerato entro le casseforme sarà eseguita se o quando prescritta e comunque quando dovessero impiegarsi impasti con basso rapporto acqua-cemento o con elevata resistenza caratteristica. La vibrazione dovrà essere eseguita secondo le prescrizioni e con le modalità concordate con la Direzione.

Per la compattazione del getto verranno adoperati vibratori a parete o ad immersione. Nel caso si adoperi il sistema di vibrazione ad immersione, l'ago vibrante deve essere introdotto verticalmente e spostato, da punto a punto nel calcestruzzo, ogni 50 cm circa; la durata della vibrazione verrà protratta nel tempo in funzione della classe di consistenza del calcestruzzo (vedi tabella di seguito).

**Tab.4.1** – Relazione tra classe di consistenza e tempo di vibrazione del conglomerato

Classe di consistenza	Tempo di immersione dell'ago nel calcestruzzo (s)
S1	25 - 30
S2	20 - 25
S3	15 - 20
S4	10 - 15
S5	5 - 10
F6	0 - 5
SCC	Non necessita compattazione (salvo indicazioni specifiche della D.L.)

I vibrator di tipo esterno, da applicarsi alla superficie libera del getto o delle casseforme, sono di norma vietati. Ove però fosse necessaria, le stesse dovranno convenientemente rinforzarsi curando altresì che il vibratore sia rigidamente fissato.



Nel caso siano previste riprese di getto l'appaltatore dovrà prevedere un trattamento della superficie, che dovrà possedere elevata rugosità (asperità di circa 5 mm) e verrà opportunamente pulita e bagnata prima del getto del nuovo strato di calcestruzzo.

La vibrazione dovrà essere proseguita con uniformità fino ad interessare tutta la massa del getto; sarà sospesa all'apparizione, in superficie, di un lieve strato di malta umida. Qualora la vibrazione producesse nel conglomerato la separazione dei componenti, lo "slump" dello stesso dovrà essere convenientemente ridotto.

I distanziatori utilizzati per garantire i copriferri ed eventualmente le reciproche distanze tra le barre di armatura, dovranno essere in plastica o a base di malta cementizia di forma e geometria tali da minimizzare la superficie di contatto con il cassero.

Sono a totale carico dell'Appaltatore tutti i provvedimenti atti ad assicurare che la temperatura del calcestruzzo all'uscita delle betoniere e all'atto della posa in opera si mantenga fra 5°C e 30°C.

#### *d) Casseforme in genere*

Per tali opere provvisorie l'appaltatore comunicherà preventivamente alla direzione dei lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando l'esclusiva responsabilità dell'appaltatore stesso per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione di tali opere provvisorie e la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle. Il sistema prescelto dovrà comunque essere atto a consentire la realizzazione delle opere in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo.

Il conglomerato cementizio 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 casseforme dovranno essere atte a garantire superfici di getto regolari ed a perfetta regola d'arte; in tal senso l'Impresa provvederà, a sua cura e spese, alla posa di opportuni ponteggi ed impalcature, previa presentazione ed approvazione da parte della Direzione Lavori dei relativi progetti.

Le casseforme in legno dovranno essere eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto.

In ogni caso l'Impresa avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti disarmanti.

Dovranno essere impiegati prodotti disarmanti le cui modalità d'applicazione dovranno essere quelle indicate dal produttore evitando accuratamente aggiunte eccessive e ristagni di prodotto sul fondo delle casseforme.

La Direzione Lavori eseguirà un controllo della quantità di disarmante impiegato in relazione allo sviluppo della superficie di casseforme trattate.

Dovrà essere controllato inoltre che il disarmante impiegato non macchi o danneggi la superficie del conglomerato.

A tale scopo saranno usati prodotti efficaci per la loro azione specifica escludendo i lubrificanti di varia natura. Dal giornale lavori del cantiere dovrà risultare la data d'inizio e di fine dei getti e del disarmo.

Nella progettazione e nella esecuzione delle armature di sostegno delle attrezzature di costruzione, l'appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata.

Tutte le attrezzature dovranno essere dotate degli opportuni accorgimenti affinché, in ogni punto della struttura, la rimozione dei sostegni sia regolare ed uniforme.

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.

### *e) Caratteristiche delle casseforme a sistemi modulari per calcestruzzo faccia vista*

Per il paramento del muro in c.a. da realizzare con calcestruzzo faccia vista si prevede l'impiego di un sistema di casseforme a sistemi modulari a telaio per la realizzazione di elementi verticali a superfici piane: casseforme omologate costituite da moduli preassemblati, rettilinei o ad angolo, di casseforme, rivestiti con un pannello a tre strati. I moduli preassemblati devono essere costituiti da travi reticolari verticali in legno, composte da correnti longitudinali di sezione adeguata, tali da consentire una idonea inchiodabilità del manto sovrastante, collegati tra loro in punti nodali brevettati con saette diagonali ad incastro e corredate da robusta protezione metallica delle loro estremità. Le travi reticolari dovranno essere collegate a correnti longitudinali, costituiti da travi in acciaio UPN accoppiate, per mezzo di staffe a gancio. Il collegamento tra moduli opposti deve avvenire tramite tiranti in barre diwidag libere di scorrere all'interno di distanziatori in plastica o in fibrocemento a perdere e solidarizzate con la cassaforma a mezzo di piastre a dado filettate.

Il collegamento tra i moduli deve essere realizzato a mezzo di giunzioni omologate e cunei di ancoraggio per i collegamenti in orizzontale e di connettore applicato ad ogni singola trave per i collegamenti in verticale. I singoli moduli standard devono essere provvisti di piattaforme di servizio e di puntelli di stabilizzazione.

I singoli elementi di casseforme devono essere in grado di sopportare una pressione uniforme fino a 120 kN/m<sup>2</sup> e dovranno essere attrezzabili con una piattaforma di servizio idonea per il getto e puntelli di stabilizzazione.

Il fissaggio dei pannelli avviene tramite tiranti di ancoraggio in barre filettate  $\Phi 15$ . Dopo la scasseratura, i fori per il passaggio dei tiranti devono essere opportunamente sigillati con un tubo in pvc provvisto di coni d'appoggio alle estremità di diametro 61,5 mm profondo 54 mm. Per ottenere la tenuta idraulica, si sostituisce il cono in pvc con un cono in fibrocemento fissato con resina sigillante bicomponente.

La posa in opera delle cassette dovrà essere tale da rispettare il disegno estetico previsto in progetto (rif. elaborati grafici progetto esecutivo). Sarà facoltà della D.L. non accettare l'opera realizzata qualora risulti difforme al progetto. Il copriferro dovrà essere quello indicato in progetto.

### *f) Pulizia e trattamento*

Prima del getto le casseforme dovranno essere pulite per l'eliminazione di qualsiasi traccia di materiale che possa compromettere l'estetica del manufatto quali polvere, terriccio etc. Dove e quando necessario si farà uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui, su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato lo stesso prodotto.

Nel caso di utilizzo di casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto si dovrà fare uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata e la vibrazione dovrà essere contemporanea al getto.

### *g) Predisposizione di fori, tracce e cavità*

L'appaltatore avrà l'obbligo di predisporre in corso di esecuzione quanto è previsto nei disegni costruttivi per ciò che concerne fori, tracce, cavità, incassature, etc. per la posa in opera di apparecchi accessori quali giunti, appoggi, passerelle d'ispezione, sedi di tubi e di cavi, parapetti, mensole, parti d'impianti, etc..

### *a) Vibrazione del conglomerato*

La vibrazione del conglomerato entro le casseforme sarà eseguita se o quando prescritta e comunque quando debbano impiegarsi impasti con basso rapporto acqua-cemento o con elevata resistenza caratteristica. La vibrazione dovrà essere eseguita secondo le prescrizioni e con le modalità concordate con la Direzione Lavori.

I vibratorii potranno essere interni (per vibratorii a lamina o ad ago), ovvero esterni, da applicarsi alla superficie libera del getto o alle casseforme. Di norma comunque la vibrazione di quest'ultima sarà vietata; ove però fosse necessaria, le stesse dovranno convenientemente rinforzarsi curando altresì che il vibratore sia rigidamente fissato.

Nel caso si adoperi il sistema di vibrazione ad immersione, l'ago vibrante deve essere introdotto verticalmente e spostato, da punto a punto nel calcestruzzo, ogni 50 cm circa;

la durata della vibrazione verrà protratta nel tempo in funzione della classe di consistenza del calcestruzzo.

**Tab. 8** – Relazione tra classe di consistenza e tempo di vibrazione del conglomerato

Classe di consistenza	Tempo minimo di immersione dell'ago nel calcestruzzo (s)
S1	25 - 30
S2	20 - 25
S3	15 - 20
S4	10 - 15
S5	5 - 10
F6	0 - 5
SCC	<i>Non necessita compattazione (salvo indicazioni specifiche della D.L.)</i>

*b) Riprese di getto*

Affinché il getto sia considerato monolitico, il tempo intercorso tra la posa in opera di uno strato orizzontale ed il ricoprimento con lo strato successivo non dovrà superare il numero di ore che la tabella riportata sotto indica in funzione della temperatura ambiente.

**Tab. 9** – Relazione tra temperatura e tempo massimo tra getti successivi

Temperatura (°C)	5	10	15	20	25	30	35
Tempo (h)	6	4,30	3,75	3	2,30	2,15	2

Nel caso che l'interruzione superi il tempo suddetto e non sia stato impiegato un additivo ritardante, si dovrà stendere sulla superficie di ripresa uno strato di malta cementizia dosato a 600 kg di cemento, dello spessore di 1÷2 cm.

Per riprese eccedenti il doppio dei tempi segnati nella precedente tabella si dovrà lavare la superficie di ripresa con acqua e sabbia in pressione ovvero, ove si richiedano anche caratteristiche di impermeabilità, si dovrà ricorrere all'impiego di malte speciali brevettate. Le superfici dei getti, dopo la sformatura, dovranno risultare perfettamente piane senza irregolarità di sorta, e tali comunque da non richiedere alcun tipo di intonaco. In particolare, dovrà notarsi la orizzontalità e la corrispondenza dei giunti delle tavole o dei pannelli metallici nella faccia vista dei muri di sostegno. Anche nell'esecuzione dei giunti di dilatazione dovranno essere eseguite tutte le regole.

## c) Tolleranze esecutive

Nelle opere finite gli scostamenti ammissibili (tolleranze) rispetto alle dimensioni e/o quote dei progetti sono riportate di seguito per i vari elementi strutturali:

### Fondazioni: plinti, platee, solettoni ecc:

- posizionamento rispetto alle coordinate di progetto  $S = \pm 3.0\text{ cm}$
- dimensioni in pianta  $S = - 3.0\text{ cm o } + 5.0\text{ cm}$
- dimensioni in altezza (superiore)  $S = - 0.5\text{ cm o } + 3.0\text{ cm}$
- quota altimetrica estradosso  $S = - 0.5\text{ cm o } + 2.0\text{ cm}$

### Strutture in elevazione: pile, spalle, muri ecc.:

- posizionamento rispetto alle coordinate degli allineamenti di progetto  $S = \pm 2.0\text{ cm}$
- dimensione in pianta (anche per pila piena)  $S = - 0.5\text{ cm o } + 2.0\text{ cm}$
- spessore muri, pareti, pile cave o spalle  $S = - 0.5\text{ cm o } + 2.0\text{ cm}$
- quota altimetrica sommità  $S = \pm 1.5\text{ cm}$
- verticalità per  $H \leq 600\text{ cm}$   $S = \pm 2.0\text{ cm}$
- verticalità per  $H > 600\text{ cm}$   $S = \pm H/12$

### Solette e solettoni per impalcati, solai in genere:

- spessore:  $S = -0.5\text{ cm o } + 1.0\text{ cm}$
- quota altimetrica estradosso:  $S = \pm 1.0\text{ cm}$

In ogni caso gli scostamenti dimensionali negativi non devono ridurre i copriferri minimi prescritti dal progetto.

## d) Stagionatura

Il calcestruzzo, al termine della messa in opera e successiva compattazione, deve essere stagionato e protetto dalla rapida evaporazione dell'acqua di impasto e dall'essiccamento degli strati superficiali (fenomeno particolarmente insidioso in caso di elevate temperature ambientali e forte ventilazione), con conseguente formazione di fessure da ritiro plastico. Tale obiettivo dovrà essere perseguito usando tutte le cautele ed impiegando i mezzi più idonei allo scopo, fermo restando che il sistema proposto dall'Impresa dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori.

Per consentire una corretta stagionatura è necessario mantenere costantemente umida la struttura realizzata; l'appaltatore è responsabile della corretta esecuzione della stagionatura che potrà essere condotta mediante:

- la permanenza entro casseri del conglomerato;

- l'applicazione, sulle superfici libere, di specifici film di protezione mediante la distribuzione nebulizzata di additivi stagionanti (agenti di curing che devono essere conformi alla norma UNI 8656:1984 + FA 219-87:1987));
- l'irrorazione continua del getto con acqua nebulizzata;
- la copertura delle superfici del getto con fogli di polietilene, sacchi di iuta o tessuto non tessuto mantenuto umido in modo che si eviti la perdita dell'acqua di idratazione;
- la creazione attorno al getto, con fogli di polietilene od altro, di un ambiente mantenuto saturo di umidità;
- la creazione, nel caso di solette e getti a sviluppo orizzontale, di un cordolo perimetrale (in sabbia od altro materiale rimovibile) che permetta di mantenere la superficie ricoperta da un costante velo d'acqua.

I prodotti filmogeni di protezione non possono essere applicati lungo i giunti di costruzione, sulle riprese di getto o sulle superfici che devono essere trattate con altri materiali.

Al fine di assicurare alla struttura un corretto sistema di stagionatura in funzione delle condizioni ambientali, della geometria dell'elemento e dei tempi di scassatura previsti, l'appaltatore, previa informazione alla direzione dei lavori, eseguirà verifiche di cantiere che assicurino l'efficacia delle misure di protezione adottate.

Sarà obbligatorio procedere alla maturazione dei getti per almeno 7 giorni consecutivi. Qualora dovessero insorgere esigenze particolari per sospendere la maturazione esse dovranno essere espressamente autorizzate dalla direzione dei lavori.

Per i getti confinati entro casseforme l'operazione di bagnatura verrà avviata al momento della rimozione dei casseri, se questa avverrà prima di 7 giorni.

Per calcestruzzi con classe di resistenza a compressione maggiore o uguale di C40/50 la maturazione deve essere curata in modo particolare.

In particolare per le solette, che sono soggette all'essiccamento prematuro ed alla fessurazione da ritiro plastico che ne deriva, è fatto obbligo di applicare sistematicamente i prodotti antievaporanti di cui sopra.

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

La rimozione delle armature di sostegno dei getti dovrà essere effettuata quando siano state sicuramente raggiunte le prescritte resistenze e comunque mai prima di 48 (quarantotto) ore.

L'Impresa avrà a suo carico il preciso obbligo di predisporre in corso d'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, ecc., per la posa in opera di apparecchi accessori quali giunti, appoggi,

passerelle d'ispezione, sedi di tubi e di cavi, parapetti, mensole, segnalazioni, parti d'impianti.

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 delle opere di spettanza dell'Impresa stessa, sia per quanto riguarda le eventuali opere d'adattamento d'infissi o impianti, i ritardi, le forniture aggiuntive di materiali e la maggiore mano d'opera occorrente da parte dei fornitori.

*e) Disarmo*

Si potrà procedere alla rimozione delle casseforme dai getti quando saranno state raggiunte le prescritte resistenze. In assenza di specifici accertamenti, l'appaltatore dovrà attenersi a quanto stabilito all'interno delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018).

Il disarmo deve avvenire per gradi ed in modo da evitare azioni dinamiche. Esso non deve inoltre avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in relazione all'impiego della struttura all'atto del disarmo, tenendo anche conto delle altre esigenze progettuali e costruttive; la decisione è lasciata al giudizio del Direttore dei Lavori.

Il disarmo comprende le fasi che riguardano la rimozione delle casseforme e delle strutture di supporto; queste non possono essere rimosse prima che il calcestruzzo abbia raggiunto la resistenza sufficiente a:

- sopportare le azioni applicate
- evitare che le deformazioni superino le tolleranze specificate
- resistere ai deterioramenti di superficie dovuti al disarmo.

Durante il disarmo è necessario evitare che la struttura subisca colpi, sovraccarichi e deterioramenti.

La stabilità degli elementi di supporto e delle casseforme deve essere assicurata e mantenuta durante l'annullamento delle reazioni in gioco e lo smontaggio. La procedura di puntellatura e di rimozione dei puntelli è bene sia oggetto di un'apposita nota progettuale da parte dell'Appaltatore in cui dovrà essere specificato come procedere al fine di ridurre ogni rischio per l'incolumità di persone e cose ed ottenere le prestazioni attese. Il disarmo deve avvenire gradatamente adottando i provvedimenti necessari ad evitare brusche sollecitazioni ed azioni dinamiche. Infatti, l'eliminazione di un supporto dà luogo, nel punto di applicazione, ad una repentina forza uguale e contraria a quella esercitata dal supporto (per carichi verticali, si tratta di forze orientate verso il basso, che danno luogo ad impropri aumenti di sollecitazione delle strutture). Il disarmo non deve avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in

relazione all'impiego della struttura all'atto del disarmo, tenendo anche conto delle altre esigenze progettuali e costruttive.

Le eventuali irregolarità o sbavature, qualora ritenute tollerabili, dovranno essere asportate mediante scarifica meccanica o manuale ed i punti difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta cementizia a ritiro compensato immediatamente dopo il disarmo, previa bagnatura a rifiuto delle superfici interessate.

Eventuali elementi metallici, quali chiodi o reggette che dovessero sporgere dai getti, dovranno essere tagliati almeno 0.5 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento.

### *f) Finitura superficiale dei getti*

La regolarità dei getti dovrà essere verificata con un'asta rettilinea della lunghezza di 2.00 m, che in ogni punto dovrà aderirvi uniformemente nelle due direzioni longitudinale e trasversale; saranno tollerati soltanto scostamenti inferiori a 10 mm.

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

Quando le irregolarità siano mediamente superiori a 10 mm, la Direzione Lavori ne imporrà la regolarizzazione a totale cura e spese dell'Impresa mediante uno strato di materiali idonei che, secondo i casi e ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori potrà essere costituito da:

- malte o betoncini reoplastici a base cementizia a ritiro compensato;
- conglomerato bituminoso del tipo usura fine, per spessori non inferiori a 15 mm.

Eventuali ferri (filo, chiodi, reggette) che con funzione di legatura di collegamento casseri od altro, dovessero sporgere da getti finiti, dovranno essere tagliati almeno 0,5 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti saranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento espansivo.

### *g) Controllo di accettazione in corso d'opera*

La direzione dei lavori ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità tra le caratteristiche del conglomerato messo in opera e quello stabilito dal progetto e garantito in sede di valutazione preliminare.

Il controllo di accettazione va eseguito su miscele omogenee di conglomerato e, in funzione delle quantità di conglomerato accettato, può essere condotto mediante (Norme Tecniche cap.11):



- controllo di tipo A;
- controllo di tipo B (obbligatorio nelle costruzioni con più di 1500 m<sup>3</sup> di miscela omogenea).

Il prelievo del conglomerato per i controlli di accettazione si deve eseguire a “bocca di betoniera”, conducendo tutte le operazioni in conformità con le prescrizioni indicate nelle Norme Tecniche per le costruzioni (§ 11.1.4 PRELIEVO DEI CAMPIONI) e nella norma UNI-EN 206-1.

In particolare i campioni di calcestruzzo devono essere preparati con casseforme rispondenti alla norma UNI EN 12390-1, confezionati secondo le indicazioni riportate nella norma UNI EN 12390-2 e provati presso un laboratorio Ufficiale secondo la UNI EN 12390-3.

Le casseforme devono essere realizzate con materiali rigidi al fine di prevenire deformazioni durante le operazioni di preparazione dei provini, devono essere a tenuta stagna e non assorbenti.

La geometria delle casseforme deve essere cubica di lato pari a 150 mm o cilindrica con diametro  $d$  pari a 150 mm ed altezza  $h$  300 mm.

Il prelievo del calcestruzzo deve essere effettuato non prima di aver scaricato 0.3 m<sup>3</sup> di calcestruzzo e preferibilmente a metà dello scarico della betoniera. Il conglomerato sarà versato tramite canaletta all'interno di una carriola in quantità pari a circa 2 volte superiore a quello necessario al confezionamento dei provini. Il materiale versato verrà omogeneizzato con l'impiego di una sassola.

È obbligatorio inumidire tutti gli attrezzi necessari al campionamento (carriola, sassola) prima di utilizzarli, in modo tale da non modificare il contenuto di acqua del campione di materiale prelevato.

Prima del riempimento con il conglomerato, le casseforme andranno pulite e trattate con un liquido disarmante.

Per la compattazione del calcestruzzo entro le casseforme è previsto l'uso di uno dei seguenti mezzi:

- pestello di compattazione metallico a sezione circolare e con le estremità arrotondate, con diametro di circa 16 mm e lunghezza di circa 600 mm;
- barra dritta metallica a sezione quadrata, con lato di circa 25 mm e lunghezza di circa 380 mm;
- vibratore interno con frequenza minima di 120 Hz e diametro non superiore ad  $\frac{1}{4}$  della più piccola dimensione del provino;
- tavola vibrante con frequenza minima pari a 40 Hz.

Il riempimento della cassaforma deve avvenire per strati successivi di 75 mm, ciascuno dei quali accuratamente compattati senza produrre segregazioni o comparsa di acqua sulla superficie.

Nel caso di compattazione manuale, ciascuno strato verrà assestato fino alla massima costipazione, avendo cura di martellare anche le superficie esterne del cassero.

Nel caso s'impieghi il vibratore interno, l'ago non dovrà toccare lungo le pareti verticali e sul fondo della casseratura.

La superficie orizzontale del provino verrà spianata con un movimento a sega, procedendo dal centro verso i bordi esterni.

Su tale superficie verrà applicata (annegandola nel calcestruzzo) un'etichetta di plastica/cartoncino rigido sulla quale verrà riportata l'identificazione del campione con inchiostro indelebile; l'etichetta sarà siglata dalla direzione dei lavori al momento del confezionamento dei provini.

L'esecuzione del prelievo deve essere accompagnata dalla stesura di un verbale di prelievo che riporti le seguenti indicazioni:

1. Identificazione del campione:
  - tipo di calcestruzzo;
  - numero di provini effettuati;
  - codice del prelievo;
  - metodo di compattazione adottato;
  - numero del documento di trasporto;
  - ubicazione del getto per il puntuale riferimento del calcestruzzo messo in opera (es. muro di sostegno, solaio di copertura...);
2. Identificazione del cantiere e dell'Impresa appaltatrice;
3. Data e ora di confezionamento dei provini;
4. La firma della D.L. In caso di opere particolari, soggette a sorveglianza da parte di Enti ministeriali, il verbale di prelievo dovrà riportare anche la firma dell'Ingegnere incaricato della sorveglianza in cantiere.

Al termine del prelievo, i provini saranno sistemati sopra una superficie orizzontale piana in una posizione non soggetta a urti e vibrazioni.

Il prelievo dei provini per il controllo di accettazione 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 dei provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc.; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali deve riportare riferimento a tale verbale.

L'Appaltatore è tenuto, con proprio personale ed a proprie spese, a prelevare il calcestruzzo nei punti indicati dalla D.L. ed a trasportarlo nel più breve tempo possibile nei luoghi del cantiere pure stabiliti dalla D.L. ove deve confezionare i provini. Ogni onere

legato all'esecuzione delle prove da NTC 2018 e di quelle eventualmente richieste dalla D.L. è da considerarsi a carico dell'Appaltatore, compreso e compensato nei prezzi offerti. Il calcestruzzo campionato deve essere lasciato all'interno delle casseforme per almeno 16 h (in ogni caso non oltre i 3 giorni). In questo caso sarà opportuno coprire i provini con sistemi isolanti o materiali umidi (es. sacchi di juta, tessuto non tessuto). Trascorso questo tempo i provini dovranno essere consegnati presso il Laboratorio incaricato di effettuare le prove di schiacciamento dove, una volta rimossi dalle casseforme, devono essere conservati in acqua alla temperatura costante di  $20 \pm 2$  °C oppure in ambiente termostato posto alla temperatura di  $20 \pm 2$  °C ed umidità relativa superiore al 95%.

Nel caso in cui i provini vengano conservati immersi nell'acqua, il contenitore deve avere dei ripiani realizzati con griglie (è consentito l'impiego di reti elettrosaldate) per fare in modo che tutte le superfici siano a contatto con l'acqua.

Il Direttore dei Lavori ha l'obbligo di eseguire i suddetti controlli di accettazione per verificare la conformità delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera rispetto a quello stabilito nel progetto.

L'Appaltatore sarà responsabile delle operazioni di corretta conservazione dei provini campionati e della loro custodia in cantiere prima dell'invio al Laboratorio incaricato di effettuare le prove di schiacciamento. Inoltre, l'Appaltatore sarà responsabile del trasporto e della consegna dei provini di calcestruzzo al Laboratorio Ufficiale unitamente ad una lettera ufficiale di richiesta prove firmata dalla Direzione Lavori.

Qualora per esigenze legate alla logistica di cantiere o ad una rapida messa in servizio di una struttura o di porzioni di essa si rende necessario prescrivere un valore della resistenza caratteristica a tempi inferiori ai canonici 28 giorni o a temperature diverse dai 20 °C i controlli di accettazione verranno effettuati con le stesse modalità sopra descritte fatta eccezione per le modalità di conservazione dei provini che verranno mantenuti in adiacenza alla struttura o all'elemento strutturale per il quale è stato richiesto un valore della resistenza caratteristica a tempi e temperature inferiori a quelle canoniche. Resta inteso che in queste situazioni rimane sempre l'obbligo di confezionare e stagionare anche i provini per 28 giorni a 20 °C e U.R. del 95% per valutare la rispondenza del valore caratteristico a quello prescritto in progetto.

La domanda di prove al laboratorio deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo.

Le prove a compressione vanno eseguite conformemente alle norme UNI EN 12390-3:2003.

I certificati emessi dal Laboratorio dovranno contenere tutte le informazioni richieste al punto 11.2.5.3 delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 17/01/2018 ed almeno:

l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;

un'identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;  
l'identificazione del committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;  
il nominativo del Direttore dei Lavori che richiede la prova;  
la descrizione, l'identificazione e la data di prelievo dei campioni da provare;  
la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;  
l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;  
le dimensioni effettivamente misurate dei campioni provati, dopo eventuale rettifica;  
le modalità di rottura dei campioni;  
la massa volumica del campione;  
i valori di resistenza misurati.

Tutte le prove previste (di trazione, piegamento, ecc. sulle barre di armature) dovranno essere previste secondo le indicazioni delle vigenti Normative.

I certificati emessi dal Laboratorio dovranno contenere tutte le informazioni richieste al punto 11.2.5.3 delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 17/01/2018.

L'opera o la parte di opera non conforme ai controlli di accettazione non può essere accettata finché la non conformità non è stata definitivamente rimossa dall'Appaltatore, il quale deve procedere ad una verifica delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera mediante l'impiego di altri mezzi d'indagine, secondo quanto prescritto dal Direttore dei Lavori e conformemente a quanto indicato nel cap. 11.2.6 del D.M. 14 gennaio 2008. Qualora gli ulteriori controlli confermino i risultati ottenuti, si dovrà procedere ad un controllo teorico e/o sperimentale della sicurezza della struttura interessata dal quantitativo di calcestruzzo non conforme, sulla base della resistenza ridotta del calcestruzzo.

Ove ciò non fosse possibile, ovvero i risultati di tale indagine non risultassero soddisfacenti si può dequalificare l'opera, eseguire lavori di consolidamento ovvero demolire l'opera stessa ad insindacabile giudizio del D.L..

Le spese inerenti l'esecuzione delle prove, anche non sopra menzionate ma richieste dalla D.L. o dal collaudatore, si intendono compensate nei prezzi di appalto.

Tutto quanto sopra e di seguito riportato si intende compreso e compensato nei prezzi di appalto.

Controlli supplementari della resistenza a compressione

### Carotaggi

Quando un controllo di accettazione dovesse risultare non soddisfatto e ogniquale volta la D.L. lo ritiene opportuno la stessa può predisporre un controllo della resistenza del calcestruzzo in opera da valutarsi su carote estratte dalla struttura da indagare.

Le carote verranno estratte in modo da rispettare il vincolo sulla geometria di  $(h/D) = 1$  o  $= 2$  e non in un intervallo intermedio, in conformità con la norma UNI EN 12504-1.

Le carote verranno eseguite in corrispondenza del manufatto in cui è stato posto in opera il conglomerato non rispondente ai controlli di accettazione o laddove la D.L. ritiene che ci sia un problema di scadente o inefficace compattazione e maturazione dei getti.

Dovranno essere rispettati i seguenti vincoli per il prelievo delle carote:

- non in prossimità degli spigoli;
- zone a bassa densità d'armatura (prima di eseguire i carotaggi sarà opportuno stabilire l'esatta disposizione delle armature mediante apposite metodologie d'indagine non distruttive);
- evitare le parti sommitali dei getti;
- evitare i nodi strutturali;
- attendere un periodo di tempo, variabile in funzione delle temperature ambientali, tale da poter conseguire per il calcestruzzo in opera un grado di maturazione paragonabile a quello di un calcestruzzo maturato per 28 giorni alla temperatura di 20 °C.

### *h) Prove di carico*

L'appaltatore dovrà fornire ogni supporto utile all'esecuzione delle prove di carico rispettando fedelmente le procedure e le indicazioni fornitegli dal Direttore Lavori e dal Collaudatore. Allo scopo a suo carico e spese egli dovrà predisporre quanto necessario nel rispetto delle norme che attengono la sicurezza di uomini e cose oltre al rispetto dell'ambiente. Egli, infine, è tenuto ad accettare sia i risultati delle operazioni di collaudo sia le eventuali azioni ed interventi per sanare situazioni ritenute insoddisfacenti dalla Direzione dei Lavori, dal Collaudatore o dal Progettista.

### *i) Collaudi*

L'Appaltatore dovrà essere in grado di individuare e documentare la provenienza dei materiali impiegati nelle lavorazioni e di risalire ai corrispondenti certificati di qualificazione, dei quali dovrà esibire la copia a richiesta della Direzione Lavori. Alla Direzione Lavori è riservata comunque la facoltà di eseguire in ogni momento della lavorazione tutti i controlli che riterrà opportuni per accertare che i materiali impiegati siano quelli certificati, che le strutture siano conformi ai disegni di progetto e che le stesse siano eseguite a perfetta regola d'arte. Ogni volta che le strutture in calcestruzzo strutturale si rendono pronte per il collaudo l'Appaltatore informerà la Direzione dei Lavori, la quale darà risposta entro 10 giorni fissando la data del collaudo in contraddittorio, oppure autorizzando la spedizione delle strutture stesse in cantiere.

L'Impresa è tenuta ad avvertire la Direzione Lavori dell'arrivo in cantiere dei getti che saranno impiegati nella costruzione delle strutture in calcestruzzo. L'Impresa dovrà essere in grado di individuare e documentare in ogni momento la provenienza dei materiali impiegati nelle lavorazioni e di risalire ai corrispondenti verbali di collaudo tecnologico, dei quali dovrà esibire la copia a richiesta della Direzione Lavori.

L'Appaltatore sarà tenuto ad eseguire le prove di resistenza dei materiali secondo le modalità delle leggi vigenti e fornire i relativi certificati alla Direzione dei Lavori.

A realizzazione ultimata sarà fatto il collaudo statico dell'opera mediante prove di carico in conformità alla normativa vigente. Ove nulla osti, si procederà quindi alle prove di carico ed al collaudo statico delle strutture; operazioni che verranno condotte, a cura e spese dell'Appaltatore, secondo le prescrizioni contenute nella normativa vigente. Tutti gli oneri delle prove di collaudo saranno a carico dell'Appaltatore.

## j) Norme di riferimento

D.M. 17/01/2018 Norme Tecniche per Costruzioni	
Linee Guida per il Calcestruzzo Preconfezionato	
Linee Guida sul Calcestruzzo Strutturale	
Linee Guida sui Calcestruzzi Strutturali ad Alta Resistenza	
D.P.R. 246/93 Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione	
UNI EN 206-1	<i>Calcestruzzo, Specificazione, prestazione, produzione e conformità</i>
UNI 11104	<i>Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1</i>
UNI EN 197-1: 2006	<i>Cemento - Parte 1: Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni</i>
UNI 9156	<i>Cementi resistenti ai solfati</i>
ISO 9001:2000	<i>Sistema di gestione per la qualità. Requisiti</i>
UNI EN 12620	<i>Aggregati per calcestruzzo</i>
UNI 8520 Parte 1 e 2	<i>Aggregati per calcestruzzo-Istruzioni complementari per l'applicazione in Italia della norma UNI-EN 12620 - Requisiti</i>
UNI EN 1008:2003	<i>Acqua d'impasto per il calcestruzzo</i>
UNI EN 934-2	<i>Additivi per calcestruzzo</i>
UNI EN 450	<i>Ceneri volanti per calcestruzzo</i>
UNI-EN 13263 parte 1 e 2	<i>Fumi di silice per calcestruzzo</i>
UNI EN 12350-2	<i>Determinazione dell'abbassamento al cono</i>
UNI EN 12350-5	<i>Determinazione dello spandimento alla tavola a scosse</i>
UNI EN 12350-7	<i>Misura del contenuto d'aria sul calcestruzzo fresco</i>
UNI 7122	<i>Calcestruzzo fresco. Determinazione della quantità di acqua d'impasto essudata</i>
UNI EN 12390 Parte 1, 2, 3 e 4	<i>Procedura per il confezionamento dei provini destinati alla valutazione della resistenza meccanica a compressione</i>
prEN 13791	<i>Valutazione della resistenza meccanica a compressione del calcestruzzo(in situ) della struttura in opera</i>
UNI EN 12504-1	<i>Prove sul calcestruzzo nelle strutture. Carote: valutazione della resistenza a compressione</i>
EN 10080 Ed. maggio 2005	<i>Acciaio per cemento armato</i>
UNI EN ISO 15630 -1/2	<i>Acciai per cemento armato: Metodi di prova</i>
EUROCODICE 2- UNI ENV 1992	<i>Progettazione delle strutture in c.a.</i>
UNI ENV 13670-1	<i>Execution of concrete structures</i>
UNI 8866	<i>Disarmanti</i>

## **Acciaio per c.a.**

### *a) Regole specifiche*

Gli acciai per conglomerati armati normali dovranno rispondere, con riguardo alle sezioni di calcolo, alle resistenze ed alle modalità di fornitura, di lavorazione e di posa in opera, alle “Norme Tecniche” richiamate nelle “Generalità” nonché, per le specifiche caratteristiche di accettazione e le modalità di prova del presente Capitolato.

Il ferro per l'armatura del calcestruzzo sarà costituito da barre di acciaio ad aderenza migliorata e dovrà avere le caratteristiche di cui al D.M. vigente al momento dell'appalto.

Il ferro delle armature dovrà essere esente da olio, vernici, grasso, scaglie di fucina e ruggine sparsa o permanente al momento della posa in opera.

La posa in opera e la legatura di qualsiasi sezione dell'armatura dovrà essere approvata dalla D.L. prima di procedere alla gettata del calcestruzzo.

Il Direttore dei lavori prescriverà il tipo di giunzione più adatto che potrà effettuarsi mediante:

- Sovrapposizione, calcolata in modo da assicurare l'ancoraggio di ciascuna barra
- Saldatura, da eseguirsi in conformità alle relative norme in vigore.
- Manicotto filettato o presso-estruso, da validarsi preventivamente mediante prove sperimentali.

### *b) Lavorazioni in cantiere - Raggi minimi di curvatura*

Il diametro minimo di piegatura deve essere tale da evitare fessure nella barra dovute alla piegatura e rottura del calcestruzzo nell'interno della piegatura.

Per definire i valori minimi da adottare ci si riferisce alle prescrizioni contenute nell'Eurocodice 2 paragrafo 8.3 “Diametri ammissibili dei mandrini per barre piegate”; in particolare si ha:

**Tab. 10** – Diametri ammissibili dei mandrini per barre piegate

<b>Diametro barra</b>	<b>Diametro minimo del mandrino per piegature, uncini e ganci</b>
$\varphi \leq 16 \text{ mm}$	4 $\varphi$
$\varphi > 16 \text{ mm}$	7 $\varphi$

### **Copriferro e interferro**

La superficie dell'armatura resistente deve distare dalle facce esterne del conglomerato di almeno 5 cm per le opere arginali e di fondazione e di almeno 7 cm per i pali di fondazione.

Le superfici delle barre devono essere mutuamente distanziate in ogni direzione di almeno una volta il diametro delle barre medesime e, in ogni caso, non meno di 2 cm. Si potrà derogare a quanto sopra raggruppando le barre a coppie ed aumentando la mutua distanza minima tra le coppie ad almeno 4 cm.

## 10. Strutture metalliche

Lo scopo della presente specifica è quello di fissare i requisiti tecnici generali per l'acquisizione dei materiali, per la realizzazione, il controllo e la fornitura delle strutture di acciaio.

La presente specifica è basata sulle leggi, norme e regolamenti vigenti:

- Legge 5.11.1971, n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica
- Legge 2.2.1974, n. 64 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- D.M. LL.PP. 17.01.2018 - Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche e relativa Circolare.
- UNI Gruppo 108 Saldatura
- UNI Gruppo 153 Generalità sulla bulloneria
- UNI Gruppo 155 Viti e bulloni - categoria C
- UNI Gruppo 156 Viti, dadi, rosette e piastrine ad alta resistenza
- UNI Gruppo 167 Dadi esagonali e quadri
- UNI Gruppo 172 Rosette, piastrine e controdadi - Norme generali
- UNI Gruppo 173 Rosette, piastrine e controdadi - Norme dimensionali
- UNI Gruppo 433 Lamiere e nastri
- UNI Gruppo 435 Profilati
- UNI Gruppo 436 Barre, vergelle e larghi piatti
- UNI Gruppo 440 Blocchi, dischi, anelli e manicotti
- UNI Gruppo 441 Tubi

In particolare l'impresa che effettuerà i lavori deve essere certificata secondo UNI EN 1090

### Materiali

Gli acciai impiegati saranno del tipo S355 per le strutture in elevazione.

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale "t" dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>tk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>tk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550

L'Impresa sarà tenuta all'osservanza delle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 5.11.1971 n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, e per le strutture metalliche" (D.M. 17.01.2018 e Circolare ).

Per quanto applicabili e non in contrasto con le suddette Norme, si richiamano qui espressamente anche le seguenti Norme UNI:



- UNI 7070/82 relativa ai prodotti laminati a caldo di acciaio non legato di base e di qualità;
- UNI 10011/88 relativa alle costruzioni in acciaio, recante istruzioni per il calcolo, l'esecuzione e la manutenzione.

I materiali impiegati nella costruzione di strutture di acciaio dovranno essere "qualificati", la marcatura dovrà risultare leggibile ed il produttore dovrà accompagnare la fornitura con attestato di controllo e la dichiarazione che il prodotto è qualificato.

Prima dell'approvvigionamento dei materiali da impiegare l'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori, in copia riproducibile i disegni costruttivi di officina delle strutture, nei quali dovranno essere completamente definiti tutti i dettagli di lavorazione, ed in particolare:

- i diametri e la disposizione dei chiodi e dei bulloni, nonché dei fori relativi;
- le coppie di serraggio dei bulloni ad alta resistenza;
- le classi di qualità delle saldature;
- il progetto e le tecnologie di esecuzione delle saldature, e specificatamente: le dimensioni dei cordoni, le caratteristiche dei procedimenti, le qualità degli elettrodi;
- gli schemi di montaggio e le controfrecce di officina.

Sui disegni costruttivi di officina dovranno essere inoltre riportate le distinte dei materiali, nelle quali sarà specificato numero, qualità, tipo di lavorazione, grado di finitura, dimensioni e peso teorico di ciascun elemento costituente la struttura. L'Impresa dovrà inoltre far conoscere per iscritto, prima dell'approvvigionamento dei materiali da impiegare, la loro provenienza con riferimento alle distinte di cui sopra.

È facoltà della Direzione Lavori di sottoporre il progetto e le tecnologie di esecuzione delle saldature alla consulenza dell'Istituto Italiano della Saldatura, o di altro Ente di sua fiducia.

La Direzione Lavori stabilirà il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire sulle saldature, sia in corso d'opera che ad opera finita, in conformità a quanto stabilito dal D.M. 17.01.2018 e successivi aggiornamenti, e tenendo conto delle eventuali raccomandazioni dell'Ente di consulenza.

Consulenza e controlli saranno eseguiti dagli Istituti indicati dalla Direzione Lavori; i relativi oneri saranno a carico dell'Impresa.

## Bullonature

Le bullonature devono essere realizzate con bulloni ad alta resistenza con le seguenti caratteristiche.

Bullone	8.8 classe	in accordo	UNI EN 20898/1-91	Ref. UNI 5712/75
Dado	8 classe	in accordo	UNI 3740/4-85	Ref. UNI 5713/75
Rosetta	C 50	in accordo	UNI 7845-78	Ref. UNI 5714/75

## Saldature

Le saldature e i materiali utilizzati per le saldature devono essere in accordo con EN 12345:1998; EN ISO 14555:1998; EN ISO 13918:1998; EN 288-3:1992; EN ISO 5817:2003.

## ***Tolleranze di lavorazione e di montaggio***

Le tolleranze risultano:

- fuori piano (distanza di uno dei vertici dal piano definito dagli altri tre): max 10 mm per ogni metro di distanza dallo spigolo più vicino con un max di 30 mm;
- lunghezze: 1/200 della dimensione nominale con un max di 30 mm; la somma degli scarti tollerati tra gli elementi contigui sommandosi dovrà essere inferiore alla tolleranza max di 30 mm;
- il fuori piombo max delle strutture verticali potrà essere pari ad 1/500 dell'altezza della struttura stessa, con un max di 20 mm.

Le carpenterie montate dovranno avere le seguenti tolleranze massime:

- fuori piano (distanza di uno dei vertici dal piano definito dagli altri tre): max 1 mm per ogni metro di distanza dallo spigolo più vicino con un max di 4 mm;
- lunghezze: 1/1000 della dimensione nominale con un max di 10 mm; la somma degli scarti tollerati tra gli elementi contigui sommandosi dovrà essere inferiore alla tolleranza max 10 mm;
- il fuori piombo max delle colonne non dovrà superare l'1, 5/1000 dell'altezza della struttura, con un max di 5 mm.

## ***Esecuzione delle opere***

Prima di dare corso alla lavorazione degli elementi componenti la struttura, si dovranno sottoporre all'approvazione della D.L. tutti i disegni di officina ed i casellari suddivisi per tipo e qualità, redatti in conformità ai disegni di progetto ed alle misure rilevate in luogo.

Le opere dovranno essere attentamente coordinate anche in relazione a tutte le predisposizioni richieste in progetto (ad es.: connessioni, ancoraggi, ecc.).

L'Appaltatore dovrà provvedere affinché sia assicurata la continuità elettrica fra i vari elementi costituenti la struttura e dovrà predisporre, nelle posizioni indicate dalle Direzione dei Lavori, i necessari attacchi per le connessioni alla rete di messa a terra generale della costruzione.

Le opere dovranno risultare lavorate diligentemente, con maestria, regolari di forme, precise nelle dimensioni e rispondenti agli elaborati tecnici di progetto ed ai disegni esecutivi di cantiere approvati preventivamente dalla Direzione dei Lavori.

Le superfici di contatto devono essere convenientemente piane ed ortogonali all'asse delle membrature collegate.

In ogni caso la planarità delle superfici delle flange deve essere garantita anche dopo la saldatura.

Le forature devono essere preferibilmente eseguite col trapano. Per forature di ordinaria importanza statica e fino a spessori di 12 mm è ammessa la punzonatura dei fori al diametro

definitivo purché venga opportunamente eseguita e controllata al fine di evitare la formazione di nicchie e bave.

E' vietato l'uso della fiamma per l'esecuzione dei fori.

Non sono ammesse eccentricità, relative a fori corrispondenti, maggiori del gioco foro - vite.

Per il serraggio dei bulloni dovranno essere usate chiavi dinamometriche a mano o pneumatiche con precisione non minore del 10%.

I bulloni verranno prima serrati al 60% della coppia prevista e quindi si procederà al serraggio completo.

Non potranno essere eseguite saldature in ambienti con temperatura inferiore a -5°C.

I tagli non dovranno presentare strappi, riprese o sbavature. Essi dovranno essere regolari, passati con la smerigliatrice.

Raddrizzamenti, spianamenti, ecc. dovranno essere effettuati con dispositivi agenti a pressione, senza riscaldamenti locali per non generare tensioni residue.

### **Controlli**

Il Direttore dei Lavori avrà la facoltà di accedere alle officine di lavorazione allo scopo di ispezionare il materiale, seguire le lavorazioni e presiedere alle varie prove.

Potrà anche prelevare a suo giudizio campioni di materiale per sottoporli a prove presso Laboratori ufficiali: l'onere economico di tali prove sarà a carico dell'Appaltatore.

Tali prove potranno consistere in: verifiche dimensionali, prove di trazione, prove di piegamento, prove di resilienza, controlli radiografici sui giunti saldati, controlli sull'aspetto esterno della saldatura e del grado di raccordo con il materiale base.

Il Direttore dei Lavori avrà pure il diritto di rifiutare e chiedere la sostituzione di qualsiasi parte della fornitura, anche se già messa in opera, che presentasse difetti per cattiva qualità dei materiali e/o per cattiva lavorazione.

Il mancato uso di tale diritto non esimerà l'Appaltatore dalle sue responsabilità.

L'Appaltatore sarà tenuto ad eseguire le prove di resistenza dei materiali secondo le modalità delle leggi vigenti e fornire i relativi certificati alla Direzione dei Lavori.

Tale operazione di controllo in officina, se non richiesta espressamente dalla Direzione dei Lavori, dovrà essere condotta dal tecnico responsabile della fabbricazione, che assumerà a tale riguardo le responsabilità attribuite dalla legge al Direttore dei Lavori.

Le richieste delle prove da effettuare presso un Laboratorio Ufficiale dovranno essere sottoscritte dalla Direzione dei Lavori e dovranno portare indicazioni precise circa i profili da cui saranno stati prelevati i provini in relazione agli elementi strutturali da realizzare con i profili stessi.

A montaggio ultimato sarà fatto il collaudo statico dell'opera mediante prove di carico in conformità alla normativa vigente ed eventuali controlli sull'idoneità delle saldature. Tutti gli oneri delle prove di collaudo saranno a carico dell'Appaltatore.

### **11. Predisposizione passaggio sottoservizi**

In corrispondenza delle due scale metalliche è previsto il passaggio di alcuni sottoservizi, che richiedono la predisposizione di opportune tubazioni e pozzetti.

Tali predisposizioni dovranno essere eseguite come da schemi presenti negli elaborati grafici di progetto e come da indicazioni riportate in conferenza dei servizi.

Andranno inoltre tenute di conto le prescrizioni degli enti fornitori dei sottoservizi.

Nonostante si preveda lo spostamento ed il ripristino dei sottoservizi in fasi non interferenti con il cantiere in oggetto, l'impresa appaltatrice dovrà tener conto, nella propria formulazione dell'offerta, dell'eventualità che intervengano, nel corso dei lavori, sospensioni ordinate dalla D.L. per interventi ai sottoservizi ad oggi presenti nell'area in oggetto.