

Comune di Centola
Provincia di Salerno

**DISCIPLINARE TECNICO
PRESTAZIONALE**

OGGETTO: Ripristino e messa in sicurezza proprieta' Pineta di Palinuro
nel comune di Centola – Realizzazione micropali

COMMITTENTE: Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano ed Alburni

DATA: 25/02/2022

IL TECNICO

Sommario

- 1. **PREMESSA** 2
- 2. **OPERAZIONI PRELIMINARI** 2
- 3. **QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI** 2
- 4. **TRAVE DI COLLEGAMENTO** 7
- 5. **PARATIA DI MICROPALI** 10
- 6. **PROVE DI CONTROLLO** 15

1. PREMESSA

Il presente elaborato ha per oggetto la definizione delle specifiche generali e particolari previste per l'esecuzione delle opere inerenti l'intervento di consolidamento di cui ai "Lavori ripristino e messa in sicurezza proprietà Pineta di Palinuro nel comune di Centola – Realizzazione micropali".

I materiali per realizzare tali opere (calcestruzzi, acciai per calcestruzzo ordinario, acciai per armatura micropali, etc.) dovranno risultare conformi alle indicazioni e prescrizioni contenute nel Capitolo 11 delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018) e successiva Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7 e s.m.i. e ad esse si dovrà fare riferimento per tutto quanto non espressamente specificato nel presente documento.

I calcoli di verifica delle parti strutturali sono trattati nelle relazioni specialistiche.

2. OPERAZIONI PRELIMINARI

Preliminarmente all'avvio delle lavorazioni, l'Impresa dovrà provvedere allo sbarramento della viabilità.

L'Impresa a sua cura e spesa dovrà provvedere all'apposizione ed alla conservazione dei cartelli indicatori necessari sia in prossimità dello sbarramento, sia agli incroci più vicini, e dovrà curare, inoltre, la vigilanza per la perfetta conservazione in sito delle segnalazioni, degli sbarramenti e dei cartelli indicatori o dei lumi; non verrà tollerato l'impegno di cartelli non rispondenti al preciso scopo cui sono destinati, e non conformi ai tipi prescritti dal Nuovo Codice della Strada.

L'Impresa è responsabile di ogni incidente che possa verificarsi in dipendenza dello sbarramento e/o delle segnalazioni non conformi alle vigenti normative, rilevando l'Ente Parco da ogni responsabilità e ciò sia nei casi di sbarramento totale della strada che in caso di sbarramento parziale.

3. QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI

3.1 Materiali in genere

I materiali in genere occorrenti per la costruzione delle opere proverranno da quelle località che l'Impresa riterrà di sua convenienza, purché, ad insindacabile giudizio della D.L., siano riconosciuti della migliore qualità e rispondano ai requisiti appresso indicati.

3.2 Acqua, cemento e inerti

3.2.1 Acqua

L'acqua dovrà essere dolce, limpida e non aggressiva, priva di materie terrose e caratterizzata da concentrazione di sali (particolarmente solfati e cloruri) in percentuali non dannose. Per la definizione dei requisiti cui l'acqua deve conformarsi può essere fatto utile riferimento a quanto contenuto nella norma UNI EN 1008:2003.

3.2.2 Cemento

I cementi dovranno rispondere, per composizione, finezza di macinazione, qualità, presa, resistenza ed altro, alle norme di accettazione di cui alla normativa vigente. Come prescritto dalle N.T.C. 2018, per le opere strutturali devono impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici dotati di certificato di conformità- rilasciato da un organismo europeo notificato- ad una norma armonizzata della serie UNI

EN 197 ovvero ad uno specifico Benestare Tecnico Europeo (E.T.A.), purché idonei all'impiego previsto nonché, per quanto non in contrasto, conformi alle prescrizioni di cui alla legge 26 maggio 1965, n. 595. Qualora il calcestruzzo risulti esposto a condizioni ambientali chimicamente aggressive si devono utilizzare cementi per i quali siano prescritte, da norme armonizzate europee e fino alla disponibilità di esse, da norme nazionali, adeguate proprietà di resistenza ai solfati e/o al dilavamento o ad eventuali altre specifiche azioni aggressive. La norma UNI EN 197-1 definisce e specifica 27 distinti prodotti di cemento comune e i loro costituenti. La definizione di ogni cemento comprende le proporzioni di combinazione dei costituenti per ottenere questi distinti prodotti, in una gamma di sei classi di resistenza. La definizione comprende anche i requisiti che i costituenti devono rispettare e le caratteristiche meccaniche, fisiche e chimiche, incluse, quando necessario, le proprietà relative al calore d'idratazione dei 27 prodotti, e le classi di resistenza. La norma UNI EN 197-1 definisce, inoltre, i criteri di conformità e le rispettive regole. Sono indicati, infine, i requisiti di durabilità necessari. Il cemento conforme alla norma UNI EN 197-1, definito cemento CENI, opportunamente dosato e miscelato con aggregato e acqua, deve essere in grado di produrre una malta o un calcestruzzo capace di conservare la lavorabilità per un periodo di tempo sufficiente e di raggiungere, dopo determinati periodi, livelli di resistenza meccanica prestabiliti nonché di possedere una stabilità di volume a lungo termine. L'indurimento idraulico del cemento CEM è dovuto principalmente all'idratazione dei silicati di calcio, ma anche di altri composti chimici, per esempio gli alluminati, che possono partecipare al processo di indurimento. La somma dei contenuti di ossido di calcio (CaO) e ossido di silicio (SiO₂) reattivi nel cemento CEM deve essere almeno il 50% in massa quando i contenuti percentuali sono determinati in accordo alla UNI EN 196-2. I cementi CEM sono costituiti da materiali differenti e di composizione statisticamente omogenea derivanti dalla qualità assicurata durante processi di produzione e manipolazione dei materiali. I requisiti per i costituenti sono riportati nella norma UNI EN 197-1. I 27 prodotti della famiglia dei cementi comuni conformi alla norma UNI EN 197-1 e la loro denominazione sono indicati nel prospetto 1 della norma. Essi sono raggruppati nei seguenti cinque tipi principali di cemento:

- CEM I cemento Portland;
- CEM II cemento Portland composito;
- CEM III cemento d'altoforno;
- CEM IV cemento pozzolanico;
- CEM V cemento composito.

La composizione di ciascuno dei 27 prodotti della famiglia dei cementi comuni deve essere conforme a quanto riportato nel suddetto prospetto. La resistenza normalizzata di un cemento è la resistenza a compressione a 28 giorni, determinata in accordo alla norma UNI EN 196-1. Come indicato in Tabella 3.1 sono contemplate tre classi di resistenza normalizzata: classe 32.5, classe 42.5 e classe 52.5.

Tabella 3.1- Requisiti minimi meccanici e fisici in base al Prospetto 2 della norma UNI EN 197-1.

classe di resistenza	resistenza alla compressione [MPa]				tempo di inizio presa [min]	stabilità (espansione) [mm]
	resistenza iniziale		resistenza normalizzata			
	2 giorni	7 giorni	28 giorni			
32.5 N	—	≥ 16.0	≥ 32.5	≤ 52.5	≥ 75	≤ 10
32.5 R	≥ 10.0	—				
42.5 N	≥ 10.0	—	≥ 42.5	≤ 62.5	≥ 60	
42.5 R	≥ 20.0	—				
52.5 N	≥ 20.0	—	≥ 52.5	—	≥ 45	
52.5 R	≥ 30.0	—				

La resistenza iniziale di un cemento è la resistenza meccanica a compressione determinata a 2 o a 7 giorni in accordo alla norma UNI EN 197-1; tale resistenza deve essere conforme ai valori riportati in Tabella 3.1. Per ogni classe di resistenza normalizzata si definiscono due classi di resistenza iniziale, una con resistenza iniziale normale, contrassegnata dalla lettera N, e l'altra con resistenza iniziale elevata, contrassegnata dalla lettera R. Il tempo di inizio presa e l'espansione, determinati in accordo alla norma UNI EN 196-3, devono soddisfare i requisiti riportati in Tabella 3.1. Il calore d'idratazione dei cementi comuni a basso calore non deve superare il valore caratteristico di 270 J/g, determinato in accordo alla norma UNI EN 196-8 a 7 giorni oppure in accordo alla norma UNI EN 196-9 a 41 U(I). I cementi comuni a basso calore sono indicati con LH. Le proprietà dei cementi del tipo e della classe di resistenza riportati rispettivamente nelle colonne 3 e 4 della Tabella 3.2 seguente devono essere conformi ai requisiti riportati nella colonna 5 di detta tabella quando sottoposti a prova secondo le norme cui si fa riferimento nella colonna 2.

Tabella 3.2- Requisiti chimici in base al Prospetto 3 della norma UNI EN 197-1

1 proprietà	2 metodo di riferimento	3 tipo di cemento	4 classe di resistenza	5 requisiti
perdita al fuoco	EN 196-2	CEM I CEM III	tutte le classi	≤ 5.0%
residuo insolubile	EN 196-2	CEM I CEM III	tutte le classi	≤ 5.0%
solfati (come SO ₄)	EN 196-2	CEM I CEM II CEM IV CEM V	32.5 N 32.5 R 42.5 N	≤ 3.5%
			42.5 R 52.5 N 52.5 R	≤ 4.0%
cloruri	EN 196-21	CEM III	tutte le classi	≤ 0.10%
pozzolanicità	EN 196-5	CEM IV	tutte le classi	esito positivo della prova

In molte applicazioni, in particolare in condizioni ambientali severe, la scelta del cemento ha influenza sulla durabilità del calcestruzzo, della malta, e della malta per iniezione per esempio in termini di resistenza al gelo, resistenza chimica e protezione dell'armatura. La scelta del cemento, nell'ambito della UNI EN 197-1, con particolare riguardo al tipo e alla classe di resistenza per diverse applicazioni e classi di esposizione, deve rispettare le norme e/o i regolamenti adeguati relativi al calcestruzzo e alla malta, validi nel luogo. La conformità dei 27 prodotti alla UNI EN 197-1 deve essere verificata in maniera continua in base al controllo di campioni puntuali. Il costruttore ha l'obbligo della buona conservazione del cemento che non debba impiegarsi immediatamente nei lavori, curando tra l'altro che i locali, nei quali esso viene depositato, siano asciutti e ben ventilati. L'impiego di cemento giacente da lungo tempo in cantiere deve essere autorizzato dalla O.L. sotto la sua responsabilità. I cementi, gli agglomeranti cementizi e le calce idrauliche in polvere debbono essere forniti o in sacchi sigillati; in imballaggi speciali a chiusura automatica a valvola che non

possono essere aperti senza lacerazione; alla rinfusa. Se i leganti idraulici sono forniti in sacchi sigillati essi dovranno essere del peso di 50 chilogrammi chiusi con legame munito di sigillo. Il sigillo deve portare impresso in modo indelebile il nome della ditta fabbricante e del relativo stabilimento nonché la specie del legante. Deve essere inoltre fissato al sacco, a mezzo del sigillo, un cartellino resistente sul quale saranno indicati con caratteri a stampa chiari e indelebili:

- la qualità del legante;
- lo stabilimento produttore;
- la quantità d'acqua per la malta normale;
- le resistenze minime a trazione e a compressione dopo 28 giorni di stagionatura dei provini.

Se i leganti sono forniti in imballaggi speciali a chiusura automatica a valvola che non possono essere aperti senza lacerazione, le indicazioni di cui sopra debbono essere stampate a grandi caratteri sugli imballaggi stessi. I sacchi debbono essere in perfetto stato di conservazione; se l'imballaggio fosse comunque manomesso o il prodotto avariato, la merce potrà essere rifiutata. Se i leganti sono forniti alla rinfusa, la provenienza e la qualità degli stessi dovranno essere dichiarate con documenti di accompagnamento della merce. Le calce idrauliche naturali, in zolle, quando non possono essere caricate per la spedizione subito dopo l'estrazione dai forni, debbono essere conservate in locali chiusi o in sili al riparo degli agenti atmosferici, il trasporto in cantiere deve eseguirsi al riparo dalla pioggia o dall'umidità. Le pozzolane saranno ricavate da strati depurati da cappellaccio ed esenti da sostanze eterogenee o di parti inerti: qualunque sia la provenienza dovranno rispondere a tutti i requisiti prescritti dalla normativa vigente.

Tabella 3.3- Valori di resistenza a trazione e a pressione, e composizione della malta normale per pozzolane energiche e di debole energia.

tipo di pozzolana	resistenza a trazione (su malta normale) dopo 28 giorni	resistenza a pressione (su malta normale) dopo 28 giorni	composizione della malta normale
pozzolane energiche	5 kg/cm ²	25 kg/cm ²	<ul style="list-style-type: none"> - tre parti in peso del materiale da provare; - una parte in peso di calce normale. <p>Dopo 7 giorni di stagionatura in ambiente umido non deve lasciare penetrare più di 7 mm l'ago di Vicat del peso di 1 kg lasciato cadere una sola volta dall'altezza di 30 mm.</p>
pozzolane di debole energia	3 kg/cm ²	12 kg/cm ²	<ul style="list-style-type: none"> - tre parti in peso di pozzolana; - una parte in peso di calce normale. <p>Dopo 7 giorni di stagionatura in ambiente umido non deve lasciare penetrare più di 30 mm l'ago di Vicat del peso di 1 kg lasciato cadere una sola volta dall'altezza di 30 mm.</p>

Agli effetti delle suddette prescrizioni si intendono per pozzolane tutti quei materiali di origine vulcanica che impastati intimamente con calce danno malte capaci di far presa e di indurire anche sott'acqua e che presentano un residuo non superiore al 40% ad un attacco acido basico. Si considerano materiali a comportamento pozzolanico tutti quelli che, pur non essendo di origine vulcanica, rispondono alle condizioni della precedente definizione. Agli effetti delle presenti norme si dividono in pozzolane energiche e pozzolane di debole energia (Tabella 3.3). Le pozzolane ed i materiali a comportamento pozzolanico devono dar luogo alle seguenti resistenze con la tolleranza del 10%. La pozzolana ed i materiali a comportamento pozzolanico devono essere scevri da sostanze eterogenee. La dimensione dei grani della pozzolana e dei materiali a comportamento pozzolanico non deve superare 5 mm.

3.2.3 Inerti

Gli inerti, naturali o di frantumazione, devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di gesso, etc., in proporzioni nocive all'Indurimento del conglomerato o alla conservazione delle armature. Gli inerti, quando non espressamente stabilito, possono provenire da cava in acqua o da fiume, a seconda della località dove si eseguono i lavori ed in rapporto alle preferenze di approvvigionamento. In ogni caso dovranno essere privi di sostanze organiche, impurità ed elementi eterogenei. Gli aggregati devono essere disposti lungo una corretta curva granulometrica, per assicurare il massimo riempimento dei vuoti interstiziali. Tra le caratteristiche chimico-fisiche degli aggregati occorre considerare anche il contenuto percentuale di acqua, per una corretta definizione del rapporto a/c, ed i valori di peso specifico assoluto per il calcolo della miscela d'impasto. La granulometria, inoltre, dovrà essere studiata scegliendo il diametro massimo in funzione della sezione minima del getto, della distanza minima tra i ferri d'armatura e dello spessore del copriferro. La ghiaia o il pietrisco devono avere dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto ed all'ingombro delle armature. Gli inerti normali sono solitamente forniti sciolti; quelli speciali possono essere forniti sciolti, in sacchi o in autocisterne. Entrambi vengono misurati a metro cubo di materiale assestato su automezzi per forniture di un certo rilievo, oppure a secchie, di capacità convenzionale pari ad 1/100 di metro cubo nel caso di minimi quantitativi. La sabbia naturale o artificiale dovrà risultare bene assortita in grossezza, sarà pulitissima, non avrà tracce di sali, di sostanze terrose, limacciose, fibre organiche, sostanze friabili in genere e sarà costituita di grani resistenti, non provenienti da roccia decomposta o gessosa. Essa deve essere scricchiolante alla mano, non lasciare traccia di sporco, non contenere materie organiche, melmose o comunque dannose; deve essere lavata ad una o più riprese con acqua dolce, qualora ciò sia necessario, per eliminare materie nocive e sostanze eterogenee. La ghiaia deve essere ad elementi puliti di materiale calcareo o siliceo, bene assortita, formata da elementi resistenti e non gelivi, scevra da sostanze estranee, da parti friabili, terrose, organiche o comunque dannose. Qualora necessario, deve essere lavata con acqua dolce al fine di eliminare le materie nocive. Qualora invece della ghiaia si adoperi pietrisco questo deve provenire dalla frantumazione di roccia compatta, durissima, silicea o calcarea pura e di alta resistenza alle sollecitazioni meccaniche, esente da materie terrose, sabbiose e, comunque, eterogenee, non gessosa né geliva, non deve contenere impurità né materie pulverulenti, deve essere costituito da elementi, le cui dimensioni soddisfino alle condizioni indicate per la ghiaia. Il pietrisco deve essere lavato con acqua dolce qualora ciò sia necessario per eliminare materie nocive. Sono idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale già aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi di riciclo conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 12620 e, per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata UNI EN 13055-1. Il sistema di attestazione della conformità di tali aggregati, ai sensi del D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246 è indicato nella seguente tabella.

Tabella 3.4- Sistema di attestazione di conformità degli aggregati per calcestruzzi

specifiche tecniche europee armonizzate di riferimento	uso previsto	sistema di attestazione della conformità
aggregati per calcestruzzo UNI EN 12620 e UNI EN 13055-1	calcestruzzo strutturale	2+

È consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui alla Tabella 3.5, a condizione che la miscela di calcestruzzo confezionata con aggregati riciclati, venga preliminarmente qualificata e documentata attraverso idonee prove di laboratorio. Per tali aggregati, le prove di controllo di produzione in fabbrica di cui ai prospetti HI, H2 ed H3 dell'annesso ZA della norma europea armonizzata UNI EN 12620, per le parti rilevanti, devono essere effettuate ogni 100 tonnellate di aggregato prodotto e, comunque, negli impianti di riciclo, per ogni giorno di produzione.

Tabella 3.5- Classi del calcestruzzo e percentuali di impiego nel caso di utilizzo di aggregati provenienti da materiale di riciclo

origine del materiale da riciclo	classe del calcestruzzo	percentuale di impiego
demolizioni di edifici (macerie)	= C8/10	fino al 100%
demolizioni di solo calcestruzzo e c.a.	≤ C30/37	≤ 30%
	≤ C20/25	fino al 60%
riutilizzo di calcestruzzo interno negli stabilimenti di prefabbricazione qualificati - da qualsiasi classe	≤ C45/55	fino al 15%
da calcestruzzi >C45/55	stessa classe del calcestruzzo di origine	fino al 5%

Per quanto concerne i requisiti chimico-fisici, aggiuntivi rispetto a quelli fissati per gli aggregati naturali, che gli aggregati riciclati devono rispettare, in funzione della destinazione finale del calcestruzzo e delle sue proprietà prestazionali (meccaniche, di durabilità e pericolosità ambientale, ecc.), nonché quantità percentuali massime di impiego per gli aggregati di riciclo, o classi di resistenza del calcestruzzo, ridotte rispetto a quanto previsto in Tabella 3.5 si faccia riferimento a quanto prescritto nelle norme UNI 8520-1:2005 e UNI 8520- 2:2005. Per quanto riguarda gli eventuali controlli di accettazione da effettuarsi a cura della D.L., questi sono finalizzati almeno alla determinazione delle caratteristiche tecniche riportate in Tabella 3.6. I metodi di prova da utilizzarsi sono quelli indicati nelle Norme Europee Armonizzate citate, in relazione a ciascuna caratteristica.

Tabella 3.6- Caratteristiche tecniche degli inerti oggetto di controllo e accettazione da parte della O.L.

caratteristica tecnica
descrizione petrografica semplificata
dimensione dell'aggregato (analisi granulometrica e contenuto dei fini)
indice di appiattimento
dimensione per il filler
forma dell'aggregato grosso (per aggregato proveniente da riciclo)
resistenza alla frammentazione/frantumazione (per calcestruzzo R _a ≥ C50/60)

4. TRAVE DI COLLEGAMENTO

4.1 Caratteristiche generali dell'opera

La trave di collegamento delle opere speciali (micropali) avrà altezza e base pari a 0.4 m; sarà realizzata in calcestruzzo armato, conforme ai requisiti di cui alle N.T.C. 2018, cui si rimanda perciò per tutto quanto concerne l'accettazione e le verifiche di conformità; a tale riferimento, durante la confezione dei calcestruzzi l'Impresa dovrà prevedere il prelievo e la conservazione dei provini in numero sufficiente secondo le norme e secondo le prescrizioni della D.L.. L'opera dovrà essere eseguita in conformità agli schemi grafici rappresentati negli elaborati di progetto.

4.2 Descrizione delle lavorazioni

Nell'esecuzione delle opere di cemento armato normale l'Appaltatore deve attenersi alle norme vigenti. In particolare:

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 compatto; la superficie dei getti deve essere mantenuta umida per almeno tre giorni. Non si deve mettere in opera il conglomerato a temperature minori di 0 °C, salvo il ricorso ad opportune cautele.

b) Le giunzioni delle barre in zona tesa, quando non siano evitabili, si devono realizzare possibilmente nelle regioni di minor sollecitazione, in ogni caso devono essere opportunamente sfalsate. Le giunzioni di cui sopra possono effettuarsi mediante:

- saldature eseguite in conformità delle norme in vigore sulle saldature;
- manicotto filettato;
- sovrapposizione calcolata in modo da assicurare l'ancoraggio di ciascuna barra.

In ogni caso la lunghezza di sovrapposizione in retto deve essere non minore di 20 volte il diametro e la prosecuzione di ciascuna barra deve essere deviata verso la zona compromessa. La distanza mutua (interferro) nella sovrapposizione non deve superare 6 volte il diametro.

c) Le barre piegate devono presentare, nelle piegature, un raccordo circolare di raggio non minore di 6 volte il diametro. Per barre di acciaio inossidabile le piegature non possono essere effettuate a caldo.

d) 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 della D.L.

4.3 Caratteristiche dei materiali

I materiali, quali acqua, leganti cementizi e inerti impiegati devono garantire le caratteristiche e le specifiche descritte al Capitolo 3.

4.3.1 Calcestruzzo

Si impiegherà calcestruzzo avente le caratteristiche riportate nella tabella che segue.

Tabella 4.1- Caratteristiche del calcestruzzo da utilizzare nella realizzazione delle opere in cemento armato

caratteristica	simbolo	u.m.	valori
classe di resistenza			C25/30
resistenza caratteristica a 28 giorni	R_{ck}	N/mm ²	30
modulo elastico	E_{cm}	N/mm ²	31477
resistenza a compressione di progetto	f_{cd}	N/mm ²	14.11
resistenza a trazione di progetto	f_{ctd}	N/mm ²	1.19
tensione ammissibile del calcestruzzo nella combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,lim}$	N/mm ²	11.21
classe di esposizione	—	—	XCl
classe di consistenza	—	—	S4
contenuto minimo di cemento	—	kg/m ³	280
rapporto massimo a/c	$(a/c)_{max}$	—	0.6
classe di contenuto di cloruri	—	—	Cl 0.20

Gli impasti di conglomerato cementizio dovranno essere eseguiti in conformità di quanto previsto nelle norme vigenti. La distribuzione granulometrica degli inerti, il tipo di cemento e la consistenza dell'impasto, devono essere adeguati alla particolare destinazione del getto e al procedimento di posa in opera del conglomerato. Il quantitativo d'acqua deve essere il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità del conglomerato tenendo conto anche dell'acqua contenuta negli inerti. Partendo dagli elementi già fissati, il rapporto acqua cemento (a/c), e quindi il dosaggio del cemento, dovrà essere scelto in relazione alla resistenza richiesta per il conglomerato. L'impiego degli additivi dovrà essere subordinato all'accertamento dell'assenza di ogni pericolo di aggressività. L'impasto deve essere fatto con mezzi idonei ed il dosaggio dei componenti eseguito con modalità atte a garantire la costanza del proporzionamento previsto in sede di progetto. È prescritto l'utilizzo di calcestruzzo preconfezionato; dal momento dell'impasto (caricamento in betoniera) alla fine del getto non dovranno trascorrere più di 45 minuti. Trasporto e posa del calcestruzzo dovranno essere effettuati

con mezzi idonei ad evitare la segregazione degli inerti; è raccomandato di limitare a circa 0.5 m l'altezza massima di caduta libera del calcestruzzo, servendosi, se necessario, di appositi tubi o scivoli.

4.3.2 Additivi per impasti cementizi

Gli additivi per impasti cementizi si intendono classificati come segue:

- fluidificanti;
- aeranti;
- ritardanti;
- acceleranti;
- fluidificanti-aeranti;
- fluidificanti-ritardanti;
- fluidificanti-acceleranti;
- antigelo-superfluidificanti.

Per le modalità di controllo ed accettazione, la D.L potrà far eseguire prove o, per i prodotti industriali, accettare l'attestazione di conformità alle norme rilasciate dal produttore sulla base d'idonea documentazione.

I conglomerati cementizi per strutture in cemento armato dovranno rispettare tutte le prescrizioni normative vigenti.

4.3.3 Armature per calcestruzzo

Gli acciai per l'armatura del calcestruzzo normale devono rispondere alle prescrizioni normative vigenti. Si impiegherà acciaio in barre per armature B450C controllato in stabilimento. È fatto divieto di impiegare acciai non qualificati all'origine. Gli acciai avranno le caratteristiche di seguito elencate.

Tabella 4.2- Caratteristiche degli acciai da utilizzare per le opere in cemento armato

caratteristica	simbolo	u.m.	valori
tipo di acciaio	—	—	B450C
resistenza caratteristica a rottura	f_{tk}	N/mm ²	540
modulo elastico	E_s	N/mm ²	210000
tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	N/mm ²	450
resistenza a trazione di progetto	f_{pd}	N/mm ²	391,3
tensione ammissibile dell'acciaio per combinazioni SLE	$\sigma_{s,lim}$	N/mm ²	360

4.4 Norme di misurazione del conglomerato cementizio armato

Il conglomerato per opere in cemento armato di qualsiasi natura e spessore sarà valutato per il suo volume effettivo, senza detrazione del volume del ferro che verrà pagato a parte. Quando trattasi di elementi a carattere ornamentale gettati fuori opera (pietra artificiale), la misurazione verrà effettuata in ragione del minimo parallelepipedo retto a base rettangolare circoscrivibile a ciascun pezzo, e nel relativo prezzo si devono intendere compresi, oltre che il costo dell'armatura metallica, tutti gli oneri specificati nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione, nonché la posa in opera, sempreché non sia pagata a parte. I casseri, le casseforme e le relative armature di sostegno, se non comprese nei prezzi di elenco del conglomerato cementizio, saranno computati separatamente con i relativi prezzi di elenco. Pertanto, per il compenso di tali opere, bisognerà attenersi a quanto previsto nell'Elenco dei Prezzi Unitari. Nei prezzi del conglomerato sono inoltre compresi tutti gli oneri derivanti dalla formazione di palchi provvisori di servizio, dall'innalzamento dei materiali, qualunque sia l'altezza

alla quale l'opera di cemento armato dovrà essere eseguita, nonché per il getto e la vibratura. Il ferro tondo per armature di opere di cemento armato di qualsiasi tipo nonché la rete elettrosaldata saranno valutati secondo il peso effettivo; nel prezzo oltre alla lavorazione e lo sfrido è compreso l'onere della legatura dei singoli elementi e la posa in opera dell'armatura stessa.

4.5 Modalità esecutive

Le gettate di calcestruzzo se fatte si devono eseguire stendendo a strati orizzontali, costipando e vibrando meccanicamente con vibratorii e/o mediante battitura dei casseri, assicurandosi che non risultino più degli interstizi vuoti e tutte gli aggregati vadano ad assestarsi. È quindi vietata durante la posa mediante formazione di mucchi e successivi spianamenti degli stessi. I getti dovranno risultare compatti e privi di alveolature. La stagionatura del calcestruzzo dovrà essere adeguatamente protetta dall'evaporazione e dalla radiazione solare; al termine della presa, in fase di stagionatura, l'Appaltatore è tenuto ad effettuare l'innaffiamento dei getti per un minimo di 8 giorni. I getti a temperature inferiori a 5°C e superiori a 32°C dovranno essere autorizzati dalla O.L. Appena terminato un getto, per i primi giorni (almeno 3) non dovrà servire per il passaggio di operai. Non si dovrà procedere al disarmo prima di 10 giorni. In ogni caso, prima del disarmo, la resistenza dei getti dovrà essere controllata mediante rottura di almeno due provini aggiuntivi rispetto a quelli regolamentari, maturati nelle stesse condizioni del manufatto e non in cella termostatica o in alternativa mediante sclerometro.

4.6 Prove e controlli

Per i controlli sul conglomerato ci si atterrà a quanto previsto dalle N.T.C. 2018. Il conglomerato viene individuato tramite la resistenza caratteristica a compressione. La resistenza caratteristica del conglomerato dovrà essere non inferiore a quella richiesta dal progetto. Il controllo di qualità del conglomerato si articola nelle seguenti fasi; studio preliminare di qualificazione, controllo di accettazione, prove complementari. I prelievi dei campioni necessari per i controlli delle fasi suddette avverranno al momento della posa in opera dei casseri, secondo le modalità previste.

5. PARATIA DI MICROPALI

5.1 Caratteristiche generali dell'opera

Il progetto prevede la realizzazione di n. 36 micropali, diametro di perforazione pari a 150 mm e lunghezza di 9 m, da realizzare a rotazione, o anche a rotopercussione. I micropali saranno infissi mediante semplice cementazione e dovranno essere realizzati come riportato negli elaborati grafici di progetto.

I micropali dovranno essere armati per l'intera lunghezza di perforazione; inoltre, il tubo di armatura dovrà sporgere da bocca foro per una lunghezza sufficiente a consentire la corretta realizzazione della struttura di collegamento secondo quanto specificato negli elaborati grafici di progetto.

5.2 Normativa di riferimento

Per la realizzazione dei micropali si dovrà fare riferimento alle seguenti specifiche norme;

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018) e successiva Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7";
- Norma UNI EN 14199:2005-"Esecuzione di lavori geotecnici speciali- Micropali";
- Raccomandazione AGI-"Raccomandazione sui pali da fondazione" del dicembre 1984.

5.3 Soggezioni geotecniche ed ambientali

L'Impresa deve attrezzarsi per il recupero e lo smaltimento dei fluidi di perforazione e, in generale, per lo smaltimento dei residui delle lavorazioni, in accordo alle normative vigenti in materia, al fine di evitare qualsiasi inquinamento delle acque e dei terreni. A tale scopo, essa deve prevedere modalità di raccolta dei materiali di risulta allo stato fluido e barriere di contenimento adatte ad evitare eventuali spargimenti incontrollati nell'area. L'Impresa deve provvedere a propria cura e spese e sotto la propria responsabilità, all'ottenimento di tutti gli eventuali permessi e autorizzazioni necessarie per il trasporto, l'eventuale trattamento e/o lo scarico delle acque reflue risultanti dalle lavorazioni, incluse le analisi, il trasporto, eventuale trattamento presso impianto di depurazione autorizzato e quant'altro necessario per garantire il pieno rispetto delle leggi vigenti al momento della produzione dei reflui. L'Impresa è tenuta a classificare i residui in base alla norma vigente al momento della produzione dei residui stessi e ad effettuare la loro classificazione nei modi richiesti dalla legge. L'Impresa ha l'obbligo di provvedere al corretto smaltimento dei residui di lavorazione in accordo alla normativa vigente al momento della produzione degli stessi, sostenendo ogni onere relativo a prove di classificazione, eventuale trasporto, oneri di messa a discarica, stoccaggio, trattamento e quant'altro richiesto, nulla escluso, per il corretto smaltimento dei residui stessi. In ogni caso, le modalità che l'Impresa intende adottare per la raccolta, il trasporto, l'eventuale trattamento e smaltimento di tutti i residui delle lavorazioni devono essere preventivamente sottoposti, per approvazione, alla D.L. L'Impresa deve provvedere a restituire l'area, nelle condizioni compatibili con le successive lavorazioni o, comunque, secondo le disposizioni impartite dalla D.L. all'inizio delle lavorazioni. L'Impresa deve dichiarare inoltre di aver preso attenta visione dei risultati delle indagini geotecniche svolte e di aver effettuato tutte le verifiche e le indagini supplementari che ritiene necessarie per l'esecuzione dei lavori senza riserva alcuna. Nell'eseguire i micropali l'Impresa deve tener conto della lunghezza utile di progetto dei singoli pali e della quota effettiva di testa palo, inclusa la scapitozzatura.

5.4 Caratteristiche dei materiali

L'acqua e gli inerti impiegati devono garantire le caratteristiche e le specifiche descritte al Capitolo 3.

5.4.1 Malta cementizia di iniezione

La malta cementizia per realizzare i micropali sarà costituita da calcestruzzo ad elevato dosaggio di cemento (rapporto cemento/inerte 600 kg/m³), rapporto a/c compreso tra 0.45 e 0.5, aggiunta di sabbia vagliata con rapporto sabbia/cemento compreso tra 1 e 2. La dimensione massima dell'inerte non dovrà superare il valore massimo di 2 mm.

Tabella 5.2- Caratteristiche della malta cementizia di iniezione da impiegare per la realizzazione dei micropali

caratteristica	simbolo	u.m.	valori
classe di resistenza			C20/25
resistenza caratteristica a 28 giorni	f_{ck}	N/mm ²	25
modulo elastico	E_{cm}	N/mm ²	29962
resistenza caratteristica a trazione	f_{ctk}	N/mm ²	1.55
resistenza a trazione di progetto	f_{td}	N/mm ²	1.03

La malta cementizia dovrà comunque rispondere ai requisiti minimi prestazionali sopra riportati. La miscela cementizia da impiegarsi deve avere la stessa composizione ponderale in tutte le fasi di iniezione.

5.4.2 Additivi

Alla miscela acqua-cemento potranno essere aggiunti additivi che incrementino la pompabilità della miscela, nonché inerti, bentonite, filler o cenere volante, previa approvazione della D.L. Naturalmente, l'adozione degli additivi svolge un ruolo importante sulle caratteristiche meccaniche finali delle miscele e della colonna di terreno stabilizzato e di ciò l'Impresa deve tener conto, avendo come obiettivo l'ottenimento delle caratteristiche minime di progetto. Si dovrà infatti tener presente che la bentonite diminuisce la resistenza complessiva della miscela cementizia, di conseguenza il suo impiego viene consigliato solo per le miscele cementizie impiegate per la formazione della guaina. L'Impresa dovrà accertare preventivamente che i materiali da impiegarsi siano disponibili in quantità sufficienti a coprire l'intero prevedibile fabbisogno per l'esecuzione delle colonne previste in progetto. Ogniquale volta si dovessero verificare variazioni nelle caratteristiche dei materiali, l'Impresa deve fornire le prove di accettabilità dei materiali previste dalla normativa o altrimenti richieste dalla D.L.. I prodotti commerciali che l'Impresa si propone di usare devono sempre e comunque essere sottoposti alla preventiva approvazione da parte della D.L..

5.4.3 Acciaio in profili tubolari per armatura

L'acciaio sarà di tipo S355 (rif. norma UNI EN 10210-1), caratterizzato dai valori delle proprietà riportati nella tabella sottostante.

Tabella 5.3- Caratteristiche meccaniche dell'acciaio costituente i profili tubolari per armatura.

caratteristica	simbolo	u.m.	valori
resistenza caratteristica a rottura	f_{tk}	N/mm ²	510
modulo elastico	E_s	N/mm ²	210000
tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	N/mm ²	355
resistenza di calcolo della sezione	f_{yd}	N/mm ²	338

I tubi saranno in acciaio trafilato, cioè non saldati longitudinalmente, con giunzioni a mezzo di manicotto filettato esterno; le caratteristiche delle giunzioni (filettatura, lunghezza e sezioni utili) dovranno consentire una trazione ammissibile almeno uguale all'80% del carico ammissibile a compressione (resistenza di calcolo della sezione). L'armatura tubolare metallica dovrà essere dotata di appositi distanziatori non metallici per assicurare il copriferro minimo.

5.5 Modalità esecutive

Il numero e la potenza delle attrezzature di perforazione e di iniezione dovranno essere adeguati a raggiungere le profondità di progetto, nonché a rispettare il programma cronologico di esecuzione dei lavori concordato con la D.L. Il metodo e le attrezzature di perforazione scelti dall'Impresa dovranno essere preventivamente sottoposti all'approvazione da parte della D.L..

5.5.1 Cronoprogramma dei lavori

L'ordine di esecuzione dei micropali dovrà garantire la non interferenza tra perforazioni ed iniezioni; inoltre, le perforazioni consecutive dovranno essere opportunamente distanziate, in modo da permettere lo smaltimento delle eventuali sovrappressioni interstiziali indotte nell'intorno di ciascun micropalo. Prima di iniziare il lavoro di trivellazione l'Impresa esecutrice deve presentare un programma cronologico di trivellazione dei pali, elaborato in modo tale da eliminare, o quanto meno minimizzare, gli effetti negativi della trivellazione sulle opere vicine e sui pali già realizzati, nel pieno rispetto delle indicazioni progettuali. Tale programma dovrà essere sottoposto all'approvazione della D.L.

5.5.2 Preparazione del piano di lavoro e dei tracciamenti

L'Impresa dovrà accertarsi che l'area di lavoro non sia attraversata da tubazioni, cavi elettrici o manufatti sotterranei che, se incontrati durante la perforazione, potrebbero recar danno al personale

di cantiere o a terzi. Se necessario, dovrà prevedere adattamenti da sottoporre preventivamente alla D.L.. Prima di iniziare i lavori, l'Impresa dovrà predisporre e presentare alla D.L. una pianta in cui siano indicate le posizioni di tutti i micropali, inclusi quelli eventuali di prova, contrassegnati con un numero progressivo. Prima di iniziare le perforazioni, l'Impresa dovrà indicare sul terreno la posizione dei micropali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun elemento. Su ciascun picchetto deve essere riportato il numero progressivo dell'elemento come risulta dalla pianta approvata. La quota del piano lavoro sarà scelta tenendo conto della quota del piano di posa della struttura di collegamento dei micropali e che questi, dopo la scapitozzatura, dovranno intestarsi per circa 3cm-50 cm nella struttura di collegamento.

5.5.3 Perforazione

In generale la perforazione dovrà essere condotta con modalità ed utensili tali da minimizzare il disturbo del terreno nell'intorno del foro e dei manufatti in elevazione situati immediatamente a valle della paratia. La perforazione potrà essere eseguita a distruzione di nucleo oppure a rotazione, o anche a rotopercolazione. In particolare, l'Impresa, a sua cura e spese, dovrà adottare tutti gli accorgimenti atti ad evitare il franamento delle pareti del foro, la contaminazione delle armature, l'interruzione e/o inglobamento di terreno nella guaina cementizia che solidarizza l'armatura al terreno circostante. La perforazione potrà avvenire con circolazione di fluido che raffreddi l'utensile di perforazione e asporti i detriti. Il tipo di fluido sarà scelto dall'Impresa in relazione alla propria esperienza e convenienza ed in relazione ai terreni da attraversare ed alle modalità esecutive che la stessa intende adottare in perforazione. Il fluido di perforazione potrà essere costituito da:

- aria;
- acqua;
- fanghi bentonitici;
- fanghi polimerici biodegradabili;
- schiume.

Al termine della perforazione il foro dovrà essere accuratamente pulito, asportando i detriti in sospensione e sedimentati a fondo foro, azionando il fluido di circolazione senza operare con l'utensile disgregatore. Infine, l'Impresa dovrà procedere, alla presenza della D.L., al controllo dell'inclinazione e della lunghezza del foro.

5.5.4 Posa dell'armatura

Completata la perforazione si provvederà a rimuovere i detriti presenti nel foro, o in sospensione nel fluido di perforazione, prolungando la circolazione del fluido stesso fino alla sua completa chiarificazione. L'armatura metallica dovrà essere posata al termine della perforazione di ciascun micropalo, senza soluzione di continuità. In caso contrario, la perforatrice dovrà restare in posizione fino alla successiva ripresa del lavoro e provvedere quindi alla pulizia del perforo, subito prima che inizino le operazioni di posa delle armature e di getto della miscela cementizia. Le teste dei tubi dovranno essere spianate secondo un piano perpendicolare all'asse, in modo da garantire la trasmissione degli sforzi di compressione attraverso il tubo, oltre che attraverso il manicotto. Il manicotto filettato dell'ultimo tubo posto in opera per ogni micropalo dovrà trovarsi compreso entro la struttura di collegamento. Esso dovrà essere rimosso al momento della scapitozzatura del micropalo e sostituito con altro manicotto sul quale dovranno essere saldate in officina le armature di collegamento alla trave di coronamento.

5.5.5 Formazione del fusto

La formazione del fusto con getto di calcestruzzo dovrà avvenire al termine delle operazioni di posa dell'armatura, senza soluzione di continuità (non dovrà trascorrere più di un'ora tra il termine della perforazione e l'inizio del getto). Le quantità di prodotti predisposti per l'iniezione dovranno essere esuberanti rispetto al volume teorico del micropalo, per compensare le eventuali dispersioni di miscela nei vuoti del manufatto. Per ogni nuovo foro, l'Impresa dovrà verificare il corretto funzionamento delle apparecchiature prima di iniziare l'iniezione della miscela cementizia.

5.5.6 Scapitozzatura

L'Impresa dovrà eseguire la scapitozzatura delle teste dei micropali in modo che:

- ciascun micropalo rimanga intestato nella struttura di collegamento per una profondità congrua;
- la superficie del terreno, dopo la scapitozzatura, risulti sostanzialmente pianeggiante.

Ove, al termine di tale operazione, la testa del micropalo risulti a quota inferiore di quella di progetto, sarà cura ed onere dell'Impresa procedere al ripristino del palo sino alla quota suddetta.

5.6 Prove e controlli

Per ogni giorno di produzione sarà prelevato un cubetto di 7 (o 10) cm di lato, da sottoporre a prove di resistenza cubica a compressione. I valori di resistenza cubica dovranno rispettare i minimi richiesti dal progetto.

5.7 Tolleranze geometriche

I pali di qualsiasi tipo devono essere realizzati secondo la posizione e le dimensioni fissate nei disegni di progetto. Sono ammesse le tolleranze riportate di seguito, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto e/o richieste dalla D.L.

Tabella 5.5- Tolleranze geometriche e valori limite di riferimento da rispettare nell'esecuzione dei micropali

valore geometrico	valore limite di riferimento
diametro dell'utensile di perforazione	diametro di perforazione di progetto
coordinate planimetriche del micropalo	± 5 cm
scostamento dalla verticale	± 2%
lunghezza micropalo	± 10 cm
diametro micropalo	diametro di progetto
sezione armatura metallica	≥ sezione di progetto

La strumentazione e le modalità dei controlli necessari per la verifica delle tolleranze sopraindicate, dovranno essere sottoposte all'approvazione della Committente prima dell'inizio delle lavorazioni. L'Impresa è tenuta ad eseguire a sua cura e spese tutti i controlli e tutte le opere sostitutive e/o complementari che, a giudizio della Committente, si rendessero necessarie per ovviare all'esecuzione di micropali non conformi alle tolleranze prescritte.

5.8 Documentazione

Per ogni micropalo, l'Impresa deve compilare una scheda di lavorazione e consegnarla alla D.L. entro le 24 ore successive all'ultimazione del micropalo. Omissioni e ritardi nella fornitura delle schede possono costituire motivo per la D.L. di ordinare la sospensione dell'esecuzione dei micropali, senza che ciò dia titolo all'Impresa ad ottenere rimborsi di oneri o dilazioni di termini conseguenti alla sospensione. Nella scheda devono essere indicate le caratteristiche indicate in Tabella 5.6.

Tabella 5.6- Caratteristiche che l'Impresa è tenuta a riportare nella scheda di lavorazione di ciascun micropalo.

caratteristica	valore
numero del micropalo e posizione nell'ambito della palificata	
data di esecuzione del micropalo	
ora di inizio e termine della perforazione	
ora di inizio e termine del getto	
caratteristiche del fango di perforazione	
diametro e lunghezza del rivestimento metallico provvisorio	
profondità effettiva raggiunta dalla perforazione	
profondità effettiva all'atto della posa dell'armatura	
assorbimento effettivo di miscela	

6. PROVE DI CONTROLLO

Per i micropali, si dovrà verificare che ogni lotto posto in opera di armature metalliche, nonché di tubi di acciaio, dovrà essere accompagnato dai relativi certificati del fornitore ed essere conforme alle indicazione di progetto. In caso contrario il materiale non dovrà essere posto in opera.

Per quanto riguarda le malte e le miscele cementizie, possono provenire da impianti di preconfezionamento, oppure essere prodotte in cantiere da apposite centrali di betonaggio. In entrambi i casi è possibile realizzare gli stessi controlli riportati per le miscele di iniezione degli ancoraggi.

Nel caso si impieghino come fluidi di perforazione dei fanghi bentonitici, questi dovranno essere assoggettati ai medesimi controlli riportati al punto 5.3.1 e seguenti. Nel caso di impiego di schiume queste dovranno essere accompagnate dai relativi certificati forniti dai produttori, per ogni lotto impiegato. Le modalità di preparazione ed uso, dovranno essere preventivamente approvate dalla Direzione Lavori.

Il controllo della profondità dei prefiori verrà effettuato in doppio modo:

- a) in base alla lunghezza delle aste di perforazione immerse nel foro al termine della perforazione, con l'utensile appoggiato sul fondo;
- b) in base alla lunghezza dell'armatura.

6.1 PROVE DI CARICO SU MICROPALI

6.1.1 Generalità

In seguito vengono fornite le indicazioni tecniche generali per l'esecuzione di prove di carico su pali.

Le prove di carico hanno principalmente lo scopo di:

- Accertare eventuali deficienze esecutive nel palo;
- Verificare i margini di sicurezza disponibili nei confronti della rottura del sistema palo-terreno;
- Valutare le caratteristiche di deformabilità del sistema palo-terreno.

Si definiscono:

- Prove di collaudo le prove effettuate su pali e micropali facenti parte della fondazione, dei quali non bisogna compromettere l'integrità; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova (P_{max}) è in generale pari a 1.5 volte il carico di esercizio (P_{es});
- Prove a carico limite le prove effettuate su pali e micropali appositamente predisposti all'esterno della palificata, spinte fino a carichi di rottura del sistema palo-terreno o prossimi ad essa; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova (P_{max}) è in generale pari a $2.5 \div 3$ volte il carico di esercizio (P_{es}).

6.1.2 Prove di carico assiale

Sui micropali 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. Il numero e l'ubicazione delle prove di verifica devono essere stabiliti in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del terreno di fondazione; in ogni caso il numero di prove non deve essere inferiore a 2 (numero di pali compreso tra 21 e 50). Il numero di prove di carico di verifica può essere ridotto se sono eseguite prove di carico dinamiche, da tarare con quelle statiche di progetto, e siano effettuati controlli non distruttivi su almeno il 50% dei pali.

6.1.3 Programma di carico

Il programma di carico sarà definito di volta in volta, in relazione alla finalità della prova, dal Progettista della stessa. Di norma si farà riferimento al seguente schema, che prevede 3 cicli di carico e scarico, da realizzarsi come di seguito specificato.

1° CICLO

a) Applicazione di "n" ($n \geq 4$) gradini di carico successivi, di entità pari a ΔP , fino a raggiungere l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE

b) In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:

- $t = 0$ (applicazione del carico)
- $t = 2'$
- $t = 4'$
- $t = 8'$
- $t = 15'$

si proseguirà quindi ogni 15' fino a raggiunta stabilizzazione, e comunque per non più di 2 ore. Il cedimento s è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la condizione tra due misure successive ($\delta t = 15'$): $s \leq 0.025$ mm.

c) Per il livello corrispondente a P_{es} il carico viene mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi si procede allo scarico mediante almeno 3 gradini, in corrispondenza dei quali si eseguono misure a:

- $t = 0$
- $t = 5'$
- $t = 10'$

– t = 15'

Allo scarico le letture verranno eseguite anche a:

– t = 30'

– t = 45'

– t = 60'

2° CICLO

a) Applicazione rapida di un carico di entità 1/3 dell'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE

b) Lettura dei cedimenti a t = 0, 1', 2', 4', 8', 15'

c) Scarico rapido e letture a t = 0 e 5'

d) Applicazione rapida di un carico di entità 2/3 Pes

e) Lettura dei cedimenti come in "b"

f) Scarico come in "c"

g) Applicazione rapida di un carico di entità pari a Pes

h) Lettura dei cedimenti come in "b"

i) Scarico con letture a t = 0, 5', 10', 15' e 30'

3° CICLO

a) Applicazione di "m" ($m \geq 9$) gradini di carico ΔP fino a raggiungere il carico P_{prova} (o P_{lim}) 1,5 e 2,5 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE

b) In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al 1° ciclo, punto "b".

c) Il carico P_{prova} , quando è $< P_{lim}$, sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi il palo sarà scaricato mediante almeno 3 gradini con misure a t = 0, t = 5' e t = 10' e t = 15'. A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a t = 60'.

Si considererà raggiunto il carico limite P_{lim} , e conseguentemente si interromperà la prova, allorquando misurando il cedimento s risulterà verificata una delle seguenti condizioni:

$$- s(P_{lim}) \geq 2 \cdot s(P_{lim} - \Delta P)$$

$$- s(P_{lim}) \geq 0.2 d + sel$$

ove: d = diametro del micropalo sel = cedimento elastico del micropalo