

CAPITOLATO SPECIALE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE

Premessa

Art. 1 - Caratteristiche e modalità di esecuzione della prestazione

Premessa

Nell'ambito della progettazione della Cassa di Espansione di Leccio si rende necessario acquisire informazioni sul sottosuolo mediante la realizzazione di indagini geotecniche e sismiche (comprehensive di analisi di laboratorio), come di seguito specificato.

1 SONDAGGI GEOTECNICI E PROVE PENETROMETRICHE

La prestazione richiesta consiste nell'eseguire nell'area di Leccio, destinata a cassa di espansione, quanto segue:

- a) n. 19 sondaggi a carotaggio continuo (profondità massima 32m), di cui 17 con profondità pari a 15 m e 2 con profondità pari a 32 m, su cui saranno effettuate prove Down Hole, per un totale di 319 m;
- b) prelievo di n. 43 campioni indisturbati;
- c) cassette catalogatrici:
 - c.1) fornitura di n. 65 cassette;
 - c.2) esecuzione di foto a colori su ciascuna di esse;
- d) n. 38 prove SPT;
- e) prove di permeabilità in foro di tipo Lefranc:
 - e.1) allestimento per esecuzione di n. 38 prove;
 - e.2) perforazione valutata in 38 ore complessive;
- f) piezometri a tubo aperto:
 - f.1) Installazione n. 17 piezometri;
 - f.2) posa del tubo per una lunghezza totale di 255 m;
- g) inserimento di tubazione PVC per prove Down Hole:
 - g.1) Inserimento di tubazione in n.2 perfori di sondaggio;
 - g.2) posa del tubo per una lunghezza totale di 64 m;
- h) fornitura n. 19 pozzetti di protezione ;
- i) n.8 prove penetrometriche (profondità 12m ciascuna), lunghezza totale 96 m di cui si stima:
 - i.1) 70% con CPTU
 - i.2) 30% con DPSH; le prove DPSH si eseguono a seguito di raggiungimento di condizioni di rifiuto della CPTU inferiori a 5 metri dal piano campagna, come proseguimento della prova nel medesimo foro fino al raggiungimento dei 12 m, ovvero fino a rifiuto di infissione alla punta della prova DPSH;

L'ubicazione dei punti di indagine dovrà essere concordata dall'affidatario con il Responsabile Unico del Procedimento e il Direttore dell'esecuzione, con particolare riferimento ai sondaggi in cui saranno effettuate le prove Down-Hole.

1.1 Modalità di esecuzione dei sondaggi

L'impresa nello svolgimento delle attività dovrà attenersi alle indicazioni della Stazione appaltante in merito alla dotazione tecnica, alle puntuali modalità di svolgimento dell'attività in parola ed al contenuto dei rapporti di indagine come meglio dettagliato.

Oneri specifici della Appaltatore

E' a carico dell'affidatario, e risulta compreso nei costi offerti, l'approvvigionamento idrico per l'esecuzione delle indagini, lo smaltimento di rifiuti e ogni altro onere derivante dall'esecuzione delle indagini.

E' inoltre a carico dell'affidatario, e risulta compreso nei costi offerti, quanto segue:

- l'individuazione dei sottoservizi presenti nelle aree di intervento, l'indennizzo di eventuali danni derivanti dall'intercettazione degli stessi nello svolgimento delle attività di indagine ed il relativo ripristino delle tubazioni e dei luoghi nelle condizioni iniziali.
- la rilevazione delle coordinate di ogni verticale di sondaggio mediante GPS;
- il posizionamento in corrispondenza di ciascun punto di sondaggio di un'asta verniciata con colori ad alta visibilità in legno o in metallo (sezione minima 25 cmq) sporgente dal piano campagna di almeno 1,5 ed infissa per almeno 0,5 m;
- la conservazione delle cassette in loco per un periodo di tempo non inferiore a 30 giorni dalla data di termine delle prestazioni ed il loro successivo smaltimento nei termini di legge.

Generalità

La finalità dei sondaggi è la ricostruzione del profilo litostratigrafico, sedimentologico, paleoambientale e geotecnico dei terreni attraversati; i terreni carotati opportunamente sistemati nelle cassette catalogatrici corredate di tutte le indicazioni sulle manovre e le prove eseguite, costituiscono il risultato materiale dell'attività di sondaggio e pertanto l'Appaltatore dovrà porre particolare cura nella preparazione e sistemazione delle cassette.

I sondaggi potranno essere caratterizzati da:

- il carotaggio integrale e rappresentativo del terreno attraversato
- il prelievo di campioni di terreno indisturbato
- l'esecuzione di prove SPT a fondo foro
- la determinazione del livello di falda
- la descrizione stratigrafica dei terreni in chiave geotecnica e sedimentologica
- l'installazione della tubazione in PVC per la realizzazione delle Prove DH.

Per quanto non espressamente previsto in questo Capitolato, si farà riferimento alle Modalità tecnologiche e Norme di misurazione (ANISIG) e alle Raccomandazioni sull'esecuzione delle indagini geotecniche (AGI).

Le perforazioni dovranno essere eseguite a secco, limitando l'uso di acqua solo per far fronte a oggettive difficoltà di avanzamento o per eseguire manovre all'interno del perforo per le quali non se ne possa prescindere l'uso.

Attrezzature di perforazione

I sondaggi dovranno essere realizzati a rotazione; la sonda di perforazione dovrà avere requisiti tecnici minimi tali da garantire l'operatività in terreni di natura alluvionale per profondità di indagine fino a 30 m dal piano campagna. Gli utensili di perforazione potranno essere:

- Carotieri semplici, con valvola di testa a sfera o a calice:
 1. Diametro nominale $\perp_{est} = 101 \div 146$ mm
 2. Lunghezza utile $l = 150 \div 300$ cm
- Carotiere doppio a corona sottile (T2, T6), con estrattore
 1. Diametro nominale $\perp_{est} \geq 100$ mm
- Carotiere triplo con portacampione interno estraibile ed apribile longitudinalmente (T6S), con estrattore e calice:
 1. Diametro nominale $\perp_{est} \geq 100$ mm

Dovranno essere disponibili utensili per l'eventuale pulizia del fondo foro e rivestimenti provvisori delle pareti del foro.

Dovranno inoltre far parte del corredo della sonda i seguenti strumenti:

- Scandaglio a filo graduato, per misura della quota reale di fondo foro
- Sondina piezometrica elettrica
- Penetrometro tascabile con fondo scala ≥ 5 Kg/cm²

- Vane Test

Modalità esecutive

L'operatore dovrà utilizzare tutti gli accorgimenti necessari per realizzare la massima percentuale di recupero che, comunque, non dovrà essere inferiore al 70%.

Il carotaggio sarà eseguito a secco, senza fluido di perforazione, se con carotiere semplice; con fluido di circolazione, se con carotieri doppi o tripli.

La perforazione deve essere seguita dal rivestimento provvisorio del foro solo in assenza di certo autosostentamento delle pareti con l'uso di fluido di circolazione. Il disturbo arrecato al terreno deve essere il minimo possibile.

La stabilità del fondo foro deve essere assicurata in ogni fase della lavorazione, con particolare attenzione nei casi in cui il terreno necessiti di un rivestimento provvisorio.

La quota del fondo foro deve essere misurata con scandaglio a filo graduato prima di ogni manovra di campionamento indisturbato e di prova SPT. Manovre di pulizia dovranno essere effettuate qualora si riscontrino una differenza di profondità, rispetto alla quota precedentemente raggiunta, superiore a 10 cm. La quota effettiva di inizio del campionamento o della prova e quella dell'avanzamento della perforazione raggiunta dovranno comunque essere annotate nella documentazione del sondaggio.

Il terreno carotato sarà estratto dal carotiere mediante spinta idraulica e recuperato in canaletta.

Il terreno attraversato e recuperato dovrà essere conservato in apposite cassette catalogatrici a scomparti, con separatori che contrassegnino i limiti di ciascuna manovra e ne riportino la quota inferiore e superiore, la posizione delle prove in foro e dei campioni.

Laddove richiesto il foro di sondaggio deve essere riempito dal fondo in risalita con bentonite e miscela cementizia composta da acqua e cemento negli ultimi due metri da piano campagna.

Descrizione dei terreni attraversati

L'Appaltatore compila una scheda stratigrafica del sondaggio completandola con gli elementi elencati di seguito:

- Dati generali e tecnici
- Coordinate geografiche rilevate mediante GPS
- Dati di perforazione
- Metodo di perforazione
- Attrezzature impiegate
- Diametro di perforazione
- Diametro del rivestimento
- Fluido di circolazione
- Quota testa foro
- Nominativo del compilatore
- Altri eventuali dati
- Descrizione stratigrafica (come di seguito specificata)

La descrizione di ogni strato di terreno attraversato dovrà comprendere:

- quota inferiore e superiore dello strato;
- composizione granulometrica (argilla, limo, sabbia, ghiaia) indicando per prima la frazione prevalente e quindi le altre presenti, in ordine corrispondente all'importanza percentuale;
- in presenza di ciottoli e trovanti si indicherà la dimensione massima degli elementi e quella media;
- densità stimata, nei terreni incoerenti (sciolti, mediamente densi, densi,...);
- consistenza dei terreni coesivi (inconsistente, mediamente consistente, consistente,...), valutata con l'ausilio di misure di campagna (Pocket Penetrometer, Vane Test, di cui si riportino i valori in numero adeguato);
- colore;
- la descrizione dell'ambiente sedimentario dei terreni attraversati durante il carotaggio;
- presenza di sostanze organiche.

E anche dovranno inoltre essere annotate tutte le osservazioni di perforazione, quali, ad esempio:

- livello della falda nel foro;
- tendenza a franare o a rifluire del foro;

- perdita parziale del fluido di circolazione;
- percentuale di recupero;
- velocità di avanzamento;
- presenza di falde in pressione.

Qualora si raggiungesse il substrato roccioso, durante l'avanzamento in questo, la descrizione dovrà comprendere, oltre a quanto già citato:

- natura, durezza, colore della superficie fresca ed eventuali tracce di alterazione;
- indicazioni della presenza di giunti, fratture e loro descrizione: eventuale riempimento, sua natura e spessore, scabrezza della superficie, disposizione giaciturale, eventuale cementazione e natura del cemento;
- R.Q.D. (Rock Quality Designation).

I terreni prelevati saranno fotografati a colori subito dopo essere stati riposti nella cassetta catalogatrice. Dalle foto si devono poter leggere le indicazioni identificative del sondaggio e le profondità di prelievo delle carote, per ciascuna manovra, la posizione delle prove in foro e dei campioni.

Tutte le schede stratigrafiche così compilate dovranno essere raccolte in una relazione tecnica che comprenda le indicazioni sul prelievo di campioni e prove di sondaggio in foro come di seguito specificato.

Durante la realizzazione dei sondaggi geognostici l'aggiudicatario dovrà individuare un geologo il quale dovrà produrre e sottoscrivere la documentazione della campagna eseguita come specificato per le singole voci sopra riportate. Il suddetto geologo, sarà il soggetto con il quale l'amministrazione si interfacerà per gli aspetti operativi.

Il nominativo di tale soggetto dovrà essere fornito prima dell'aggiudicazione definitiva.

1.2 Prelievo di campioni e prove in foro di sondaggio

Tipi di campione

Il programma di lavoro potrà prevedere il prelievo dei seguenti tipi di campione:

- Rimaneggiato, raccolto fra i testimoni del carotaggio di qualsiasi litologia
- Indisturbato, prelevato con campionatore in terreni coesivi e semicoesivi
- Spezzoni di carota lapidea, prelevati da carotaggio in roccia

Indicazioni sul campione

I campioni devono essere contraddistinti da cartellini inalterabili che indichino:

- Cantiere
- Numero del sondaggio
- Numero del campione
- Profondità del prelievo
- Tipo di campionatore impiegato
- Data di prelievo
- Parte alta

Il numero del campione, il tipo di campionatore ed il metodo di prelievo devono essere riportati sulla stratigrafia alla relativa quota.

Prelievo, conservazione e trasporto dei campioni

Campioni rimaneggiati: verranno prelevati dal materiale recuperato con il carotaggio e sigillati in sacchetti o barattoli di plastica; la quantità necessaria per le prove di laboratorio è di circa 500 grammi per i terreni fini e di circa 5 Kg per quelli grossolani

Campioni indisturbati: per il prelievo si impiegherà la fustella a pareti sottili in acciaio inox con rapporto $L/D \approx 8$ (dove L è la lunghezza utile della fustella e D il diametro interno) e diametro utile ≥ 85 mm. Il prelievo dei campioni può essere eseguito con i seguenti strumenti:

- Campionatore a pareti sottili Shelby
- Campionatore a pistone, tipo Osterberg

- Altri campionatori (Denizon, Mazier), solo a seguito della autorizzazione della Committenza o della DD.LL.

L'infissione del campionatore deve sempre avvenire in un'unica tratta. Il prelievo deve seguire la manovra di perforazione e precedere quella di rivestimento.

Immediatamente dopo il prelievo, i campioni indisturbati saranno sigillati nello stesso contenitore (campionatore) usato per il prelievo, con uno strato di paraffina fusa e tappo di protezione.

Spezzoni di carota lapidea: avranno lunghezza ≥ 15 cm. Essi devono essere inseriti in involucro rigido di protezione e paraffinati.

I campioni destinati al laboratorio saranno sistemati in cassette con adeguati separatori ed imbottiture alle estremità, onde assorbire le inevitabili vibrazioni del trasporto.

1.3 prove in foro di sondaggio

Prove penetrometriche dinamiche in foro (S.P.T.)

La prova consiste nell'infissione di un campionatore (campionatore tipo Raymond), avente le seguenti dimensioni standard:

- Diametro esterno= 51 ± 1 mm
- Diametro interno= 35 ± 1 mm
- Lunghezza minima escluso tagliente principale ≥ 457 mm
- Lunghezza scarpa tagliente terminale, con rastremazione negli ultimi 19 mm: 76 ± 1 mm

Le aste da impiegare per la battitura dovranno avere caratteristiche conformi agli standard.

L'infissione avviene a percussione con una massa battente del peso di 63,5 kg, che cade liberamente da 76 cm di altezza.

L'attrezzatura deve essere dotata di dispositivo di sganciamento automatico del maglio che deve cadere liberamente, senza possibilità di attriti o freni.

La prova viene condotta registrando il numero di colpi (N1, N2, N3), necessario per infiggere il campionatore nel terreno, per tre tratti successivi di 15 cm ciascuno. Se con N1 = 50 colpi, l'avanzamento è minore di 15 cm, la prova viene sospesa e la si dichiara conclusa annotando l'avanzamento ottenuto. Se il tratto di avviamento viene invece superato la prova prosegue e si conteggiano separatamente N2 ed N3 sino al limite massimo, complessivo di $N2 + N3 = 100$ colpi, raggiunto il quale la prova viene sospesa e si dichiara conclusa, annotando l'avanzamento ottenuto.

Quando il campionatore si infigge per peso proprio, tale penetrazione deve essere segnalata e considerata parte dei 45 cm di infissione della prova.

Il materiale prelevato col campionatore deve essere descritto e conservato in un contenitore ermetico che ne mantenga inalterato il contenuto naturale d'acqua.

In presenza di ciottoli o frammenti di roccia, il campionatore potrà essere sostituito da una punta conica del diametro di 2" e angolo di apertura di 60° , inserita nella scarpa del campionatore stesso, previa autorizzazione del RUP o suoi delegati..

La documentazione della prova dovrà contenere:

- la quota raggiunta dalla scarpa del rivestimento metallico;
- la quota raggiunta dalla perforazione;
- eventuali manovre di pulizia;
- indicazione del numero di colpi necessari per l'infissione dei tre tratti di 15 cm;
- la descrizione della strumentazione usata;
- la descrizione del materiale recuperato e la percentuale di recupero;
- Grafico di N in funzione della profondità.

Prove di permeabilità in situ Tipo Lefranc

Definizione

Prova di permeabilità da eseguirsi in fase di avanzamento della perforazione in terreni non rocciosi sotto falda o fuori falda, in questo ultimo caso dopo aver saturato con acqua il terreno.

La prova, eseguita con le modalità di seguito specificate, è destinata a misurare la conducibilità idrica orizzontale del terreno; si esegue misurando gli assorbimenti d'acqua del terreno, facendo filtrare l'acqua attraverso un tratto di foro predeterminato.

Nel caso di terreni a conducibilità non elevata si esegue a carico idraulico variabile, a carico idraulico costante nel caso di elevata conducibilità.

Modalità esecutive

Le modalità esecutive di ciascuna prova saranno le seguenti:

- Perforazione con carotiere fino alla quota della prova;
- Rivestimento del foro fino alla quota raggiunta dalla perforazione, senza uso di fluido di circolazione almeno negli ultimi 100 cm di infissione;
- Inserimento della colonna di rivestimento di ghiaia molto lavata fino a creare uno spessore di 60 cm dal fondo foro;
- Sollevamento della batteria di rivestimento di 50 cm, con solo tiro della sonda o comunque senza fluido di circolazione;
- Misura ripetuta più volte del livello d'acqua nel foro;
- Nel caso di terreno fuori falda, immissione continua di acqua pulita nel foro per almeno 30 minuti;
- Esecuzione della prova, secondo il metodo indicato del committente o dalla DD.LL., come di seguito specificato:

Carico idraulico variabile

Riempimento con acqua fino alla estremità del rivestimento. Misura del livello dell'acqua all'interno del tubo (senza ulteriori immissioni) a distanza di 15'', 30'', 1', 2', 4', 8', 15', 30', 45', 60' dall'inizio dell'abbassamento, fino all'esaurimento del medesimo o al raggiungimento del livello di falda.

Carico idraulico costante

Immissione di acqua pulita nella batteria di rivestimento fino alla determinazione di un carico idraulico costante, cui corrisponde una portata assorbita del terreno costante nel tempo e misurata.

Il controllo della portata immessa a regime idraulico costante sarà determinata con conta litri di sensibilità pari a 0,1 litri. La taratura del conta litri deve essere effettuata in situ riempiendo un recipiente di volume noto e di capacità superiore a 100 litri.

Le condizioni di immissione a regime costante devono essere mantenute, senza variazione alcuna, per 10-20 minuti.

A partire dal momento dell'interruzione della prova, si misureranno gli abbassamenti progressivi del livello dell'acqua all'interno del rivestimento a distanza di 15'', 30'', 1', 2', 4', 8', 15' proseguendo fino all'esaurimento dell'abbassamento o al raggiungimento del livello di falda.

Il reperimento dell'acqua per l'esecuzione della prova è a totale carico della Ditta esecutrice.

Documentazione

La documentazione di ciascuna prova comprenderà:

- Informazioni generali
- Schema geometrico della prova
- Livello di falda
- Tempo di saturazione (se eseguita)
- Portata a regime
- Letture degli abbassamenti in relazione ai tempi progressivi.

1.4 Installazione di piezometro a tubo aperto nei fori di sondaggio

L'installazione di questo tipo di strumentazione consiste nel porre in opera entro un foro le cui pareti sono rivestite con una tubazione di manovra, una o più colonne in P.V.C. o metallo, opportunamente fessurate per la parte in falda e cieche per quella restante, rivestite con calza in tessuto non tessuto.

Una volta eseguita la pulizia del foro, vengono immessi i tubi piezometrici della lunghezza stabilita dal Direttore dell'Esecuzione del Contratto, quindi si provvede ad immettere materiale granulare fino a formare, nell'intercapedine tra piezometro e colonna di manovra, un filtro poroso.

Tale operazione va eseguita ritirando la colonna di manovra mano a mano che si procede con l'immissione dall'alto del materiale filtrante, curando di controllarne la quota con idonei sistemi di misura (cordelle metriche, etc.).

Al termine della formazione del filtro si procederà all'esecuzione di un tappo impermeabile formato generalmente da palled'argilla e bentonite o cemento opportunamente pestellate, onde isolare la zona filtrante dal resto del foro che verrà poi cementato, oppure riempito con materiale di risulta, secondo le indicazioni del Direttore dell'esecuzione del contratto.

Qualora il filtro sia posto ad una quota indicata dal Direttore dell'Esecuzione del Contratto, il tampone impermeabile dovrà essere eseguito sia nella parte inferiore che in quella superiore al filtro stesso. Lo spessore della zona filtrante verrà stabilito dal Direttore dell'esecuzione del contratto, quello del tampone dovrà avere uno spessore non inferiore a 60 cm, salvo diversa indicazione del Direttore dell'Esecuzione del Contratto.

In superficie si provvederà quindi ad eseguire un idoneo pozzetto metallico (flange) a protezione della strumentazione dotato di lucchetto di chiusura.

1.5 Sistemazioni dei fori di sondaggio per per indagini geofisiche

La posa in opera del tubo di rivestimento dovrà avvenire con una tubazione in materiale ad alta impedenza alle vibrazioni, in PVC o ABS con spessore minimo di 5mm di diametro interno minimo di 80 mm, necessario per l'effettuazione delle prove sismiche, dovrà effettuarsi con le seguenti modalità:

- lavaggio accurato del foro con acqua pulita e controllo della profondità;
- calo della tubazione nel foro; i tubi saranno giuntati con manicotti incollati, in modo da garantire la perfetta linearità interna e l'assenza di scalini nella tubazione, onde evitare problemi per l'inserimento dei geofoni tridimensionali per l'esecuzione delle prove sismiche in foro;
- cementazione dell'intercapedine foro-tubo.

La cementazione deve essere eseguita in modo da garantire la continuità del contatto terreno-tubazione su tutta la verticale per garantire registrazioni in P ed SH di qualità. Al fine di garantire una completa ed ottimale cementazione, la realizzazione della prova geofisica in foro dovrà essere effettuata non prima di 10 giorni dalla fine delle operazioni di cementazione del foro di sondaggio.

Una volta terminate le operazioni di rivestimento e cementazione, l'interno dei tubi deve essere lavato con acqua pulita e lasciato pieno d'acqua.

1.6 Prove penetrometriche statiche di tipo elettrico con piezocono (cptu)

La prova con piezocono viene eseguita con un'attrezzatura per prove penetrometriche statiche nella quale la punta elettrica è strumentata per la misura in forma continua di quanto sotto elencato:

- resistenza alla penetrazione statica q_c della punta conica e resistenza per attrito laterale f_s ;
- pressione idrostatica del terreno, inclusa la sovrappressione indotta dall'avanzamento della punta;
- dissipazione nel tempo della sovrappressione idrostatica indotta nel terreno, a quote predeterminate.

Attrezzatura

La prova si esegue infiggendo a velocità costante nel terreno una punta conica tramite un dispositivo di spinta che agisce su una batteria di aste cave, alla cui estremità inferiore è connessa la punta.

Le attrezzature richieste sono le seguenti:

Dispositivo di spinta

Martinetto idraulico in grado di esercitare sulla batteria di aste cave la spinta precisata nel programma delle indagini. La corsa deve essere pari a 1 m. La velocità di infissione della batteria di aste sarà di 2.0 cm/s (\pm 0.5 cm/s), costante nel corso della prova, indipendentemente dalla resistenza offerta dal terreno.

Il dispositivo di spinta deve essere ancorato e/o zavorrato in modo tale da poter usufruire per intero della propria capacità totale di spinta.

Piezocono

Punta conica fissa, interamente solidale con il movimento delle aste cave, con le seguenti dimensioni:

- diametro di base del cono: $\varnothing_{bc} = 34,8 \div 36,0$ mm.
- angolo di apertura del cono: 60°

La punta permetterà la misura di:

- resistenza alla punta q_c ;
- resistenza per attrito laterale f_s ;
- pressione interstiziale $u + Du$.

Il parametro f_s sarà relativo ad un manicotto di attrito liscio con le seguenti dimensioni:

- diametro $\varnothing_{ma} = \varnothing_{bc} + 0,35 \text{ mm}$;
- superficie laterale $A_{ma} = 147 \div 153 \text{ cm}^2$.

Il manicotto sarà posizionato subito sopra il cono.

Il parametro $u + Du$ (pressione neutra + sovrappressione interstiziale indotta) sarà misurato con filtro poroso intercambiabile, posto preferibilmente alla base del cono.

La punta di tipo elettrico è strumentata con celle di carico estensimetriche con i seguenti fondo scala:

- 5000 kg. per q_c ;
- 750 kg. per f_s .

Qualora necessario, l'Amministrazione si riserva di richiedere l'uso di punte con sensibilità massima diversa.

La punta sarà dotata di sensore inclinometrico per la misura della deviazione dalla verticale.

Il trasduttore di pressione deve essere a piccola variazione di volume, con fondo scala proporzionale alla pressione idrostatica prevedibile alla quota di fine prova prevista in programma; la misurazione della pressione deve avvenire in forma continua.

La sostituzione del filtro deve essere eseguita ad ogni estrazione della punta dal terreno.

Aste

Aste di tipo cavo del diametro esterno di 36 mm

Eventuali anelli allargatori devono essere posizionati ad almeno 100 cm dalla base del cono.

Dispositivo di misura

Oltre alle celle di carico estensimetriche della punta sono previsti:

- centralina elettronica per la ricezione e la trasmissione dei dati;
- registratore grafico di q_c , f_s , $u + Du$;
- registratore grafico o stampante numerica su carta per la registrazione della variazione della pressione interstiziale nel corso delle prove di dissipazione; la scelta della sequenza temporale di misura, o la velocità di scorrimento della carta devono poter essere adattabili alle più disparate velocità di dissipazione;
- visore per la lettura istantanea dei valori delle grandezze misurate, in forma digitale;
- registratore su nastro magnetico dei dati misurati;
- sincronizzatore della velocità di avanzamento punta/registratore grafico.

Attrezzature di disaerazione

Filtro poroso e cono devono essere perfettamente disaerati con l'uso di una delle sottoelencate metodologie:

- cella di disaerazione sotto vuoto con acqua distillata; disaerazione per bollitura, con immersione di filtro e cono per un periodo di tempo di sufficiente lunghezza, in funzione del tipo di filtro;
- contenitori sottovuoto con glicerina calda, con vibratore ad ultrasuoni per la disaerazione del filtro, il cono viene disareato tramite iniezione con siringa di glicerina.

Altre attrezzature, tipi di fluido e tecniche potranno essere proposti dall'impresa, subordinandone l'adozione all'approvazione dell'Amministrazione.

Tarature e controlli

Oltre ai sistematici controlli circa lo stato della punta e del manicotto (geometria, rugosità) e delle aste cave (rettilineità della batteria specie per quanto riguarda le 5 aste più vicine alla punta) debbono essere eseguiti i seguenti controlli:

- le guarnizioni fra i diversi elementi di un piezocono devono essere ispezionate con regolarità per accertarne le perfette condizioni e l'assenza di particelle di terreno.
- il piezocono deve essere compensato rispetto alle variazioni di temperatura.
- la precisione di misura, tenendo conto di tutte le possibili fonti di errore (attriti parassiti, errori nel dispositivo di registrazione, eccentricità del carico sul cono e sul manicotto, differenze di temperatura, ecc.) deve essere comunque inferiore ai seguenti limiti:

- 5 % del valore misurato;

- 1 % del valore di fondo scala.

Tale precisazione deve essere verificata in laboratorio e verificabile in cantiere. Nel primo caso i dati di taratura relativi ad ogni piezocono devono essere sempre disponibili in cantiere.

Operazioni preliminari

Montaggio del piezocono

Terminata la disaerazione del filtro e del cono, essi saranno inseriti in un guanto di gomma pieno di acqua disaerata, operando rigorosamente in immersione; il guanto di gomma non sarà rimosso all'inizio della prova, in quanto sarà l'attrito con il terreno a provvedere alla sua rottura ed asportazione.

Preforo

L'intervallo di profondità compreso fra il piano campagna e la superficie freatica deve essere preforato con puntazza o eventuale sonda a rotazione, inserendo se necessario nel foro un tubo di PVC (o simili) del diametro interno \varnothing 50 mm.

Stabilizzazione termica

Prima di iniziare la prova, la punta deve essere inserita nel preforo, in acqua di falda, e lasciata ferma per 10 minuti primi, per ottenere la stabilizzazione termica, ripetendo alla fine del 10' gli azzeramenti dei dispositivi di misura e registrazione.

Al termine della prova devono essere misurate e registrate eventuali derive di zero dei dispositivi; tali annotazioni finali devono fare parte integrante della documentazione provvisoria e definitiva della prova.

Metodologia di prova

Il penetrometro deve essere posizionato in modo tale da garantire la verticalità dell'applicazione del carico.

La prova si inizia alla base del tratto preforato, inserendo nel terreno il piezocono protetto dal guanto di gomma.

La prova sarà eseguita fino alla profondità definita dal programma delle indagini, o interrotta per rifiuto in uno dei seguenti casi:

- raggiungimento del fondo scala per uno dei sensori relativi a resistenza qc. fs o pressione interstiziale;
- raggiungimento della massima capacità di spinta del penetrometro;
- deviazione della punta della verticale di 10° , se repentina, o di 15° se progressiva.

Nel caso di rifiuto potrà essere richiesta la ripresa della prova dopo preforo a quota maggiore di 1 m rispetto a quella dell'interruzione della prova.

Alle quote indicate dal programma si eseguiranno le prove di dissipazione operando come di seguito indicato:

- arresto della penetrazione;
- scatto contemporaneo dei contasecondi e inizio della registrazione della variazione di pressione interstiziale;
- lettura al visore digitale dell'andamento della pressione interstiziale ai tempi 0.1 - 0.25 - 0.5 - 1 - 2 - 4 - 8 - 15 - 30 minuti primi; la lettura sarà registrata manualmente sul grafico.

La prova sarà considerata conclusa al 60% della dissipazione della sovrappressione indotta dalla punta.

Documentazione

La documentazione preliminare comprenderà:

- informazioni generali, con ubicazione rilevata mediante GPS;
- data di esecuzione;
- caratteristiche dell'attrezzatura;
- caratteristiche del piezocono;
- fotocopia dei grafici di cantiere con indicazione delle scale risultanti dalla prova su supporto magnetico CD/floppy ed in formato da concordare.

La documentazione definitiva comprenderà:

- informazioni generali, con ubicazione;
- data di esecuzione;
- grafici di q_c , f_s , $u + Du$, in funzione della profondità corretta in base ai dati inclinometrici ed alle eventuali derive; i grafici relativi alle prove di dissipazione avranno i tempi in ascissa, in scala logaritmica;
- certificato di taratura dei piezoconi impiegati.

1.7 Prove penetrometriche dinamiche continua superpesante (DPSH)

La prova penetrometrica dinamica continua consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica, avvitata all'estremità inferiore di una batteria di aste metalliche, mediante battitura con un maglio che cade liberamente da un'altezza costante; i colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza prefissata vengono annotati e costituiscono la resistenza del terreno alla penetrazione della punta conica.

Normative e specifiche di riferimento

- A.G.I. (1977) - *Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche*
- ISSMFE Technical Committee on Penetration Testing (1988) - Dynamic Probing (DP): International Reference Test Procedure

Secondo la terminologia ISSMFE, la prova descritta rientra nel tipo "superpesante" (DPSH = Dynamic Probing Super Heavy) in quanto il maglio pesa più di 60 kg.

La prova non è stata standardizzata dall'ASTM.

L'attrezzatura da utilizzarsi e le modalità esecutive dovranno essere conformi ad una delle due specifiche di riferimento citate, a discrezione della Direzione Lavori.

Caratteristiche delle attrezzature

L'attrezzatura conforme alle Raccomandazioni AGI (1977) dovrà consistere di:

- una batteria di aste interne (diametro = 34 mm), che devono avere un peso per metro lineare pari a 4.6 kg/m (± 0.5 kg/m), alla cui estremità inferiore è avvitata una punta conica avente diametro 50.8 mm, angolo di apertura di 60° e altezza complessiva di 73 mm; l'asta alla cui estremità inferiore è avvitata la punta conica deve essere perfettamente liscia e calibrata negli ultimi 50 cm; il massimo accorciamento della punta conica per usura non dovrà essere superiore a 5 mm;
- una batteria esterna di tubi metallici di rivestimento, del diametro ext. di 48 mm (diametro int. = 38mm) e del peso per metro lineare di 5.3 kg/m, alla cui estremità inferiore è avvitata una scarpa sagomata a tagliente; l'intercapedine tra il diametro interno della scarpa tagliente e il diametro delle aste interne non deve superare 0.2 ÷ 0.3 mm, mentre al di sopra della scarpa tale intercapedine deve aumentare rapidamente fino a 2 mm;
- dispositivo di infissione della punta, costituito da un maglio del peso di 73 kg, che cade liberamente da un'altezza di caduta di 0.75 m, e da una testa di battuta che dovrà avere un peso non superiore a 55 kg, avvitata alla sommità della batteria di aste;
- centratore tra la testa di battuta e il piano campagna, con funzioni di guida e irrigidimento.

L'attrezzatura conforme alla Procedura di Riferimento ISSMFE (1988) dovrà consistere di:

- una batteria di aste, del diametro di 32 ± 0.3 mm e del peso per metro lineare max. di 8 kg/m, alla cui estremità inferiore è avvitata una punta conica avente diametro 50.5 ± 0.5 mm ed angolo di apertura di 90°; l'altezza complessiva della punta conica deve essere di 126.3 mm, con una parte cilindrica al di sopra del cono di altezza pari al diametro della punta e una parte tronco-conica, al di sopra della parte cilindrica, anch'essa di altezza pari al diametro della punta;
- dispositivo di infissione della punta, costituito da un maglio del peso di 63.5 ± 0.5 kg che cade liberamente da un'altezza di caduta di 0.75 ± 0.02 m e da una testa di battuta, avvitata alla sommità della batteria di aste, del peso non superiore a 30 kg.

Al fine di ridurre l'attrito laterale sulle aste potrà essere consentito l'impiego di fango (possibile solo con l'utilizzo di aste cave) o del rivestimento, entrambi non previsti nella Procedura di Riferimento ISSMFE (1988).

Modalità esecutive

Nel caso venga utilizzata l'attrezzatura prevista dall'AGI (1977), la prova penetrometrica dinamica dovrà essere eseguita prevedendo le seguenti fasi:

- infissione della punta conica nel terreno per tratti consecutivi di 30 cm, misurando il numero di colpi necessari;
- dopo un'infissione della punta per una lunghezza variabile da un minimo di 30 cm ad un massimo di 150 cm, infissione del rivestimento rilevando il numero di colpi necessari;
- sospensione della prova quando il numero di colpi per infiggere la punta supera il valore di 100 (rifiuto alla penetrazione della punta).

Le due batterie (aste e rivestimento) devono essere reciprocamente libere per tutta la durata della prova; ciò può essere controllato ruotando frequentemente la batteria di aste. Nel caso di blocco delle due batterie, a seguito di infiltrazione di materiale nell'intercapedine, la prova dovrà essere sospesa e tale eventualità annotata nel rapporto di prova.

Se si dovesse incontrare rifiuto alla penetrazione del rivestimento (numero di colpi per l'infissione di 30 cm superiore a 100), la prova potrà essere proseguita, a patto che le aste siano in grado di ruotare liberamente all'interno del foro.

Nel caso venga utilizzata l'attrezzatura prevista dall'ISSMFE (1988), la prova penetrometrica dinamica dovrà essere eseguita prevedendo l'infissione della punta conica nel terreno per tratti consecutivi di 20 cm e misurando il numero di colpi necessari. La velocità di infissione deve essere compresa tra 15 e 30 colpi/minuto; ogni interruzione superiore a 5 minuti deve essere registrata. In questo caso l'utilizzo del rivestimento non è obbligatorio, anche se vivamente consigliato, a patto che, come nel caso precedente, le aste siano in grado di ruotare liberamente all'interno del foro: esse devono poter ruotare di almeno 1½ giri ogni metro di avanzamento e per profondità superiori a 10 m ogni 0.2 m di avanzamento.

Calcoli

Per garantire l'uniformità dei risultati di prove eseguite con diverse attrezzature e modalità, dovrà essere calcolata la resistenza alla penetrazione dinamica q_d (MPa), che tiene conto delle caratteristiche dimensionali e di peso dell'attrezzatura, in accordo alla seguente espressione:

$$q_d = \frac{M}{M + M'} * \frac{M g H}{A e} \quad [\text{MPa}]$$

dove: M = massa del maglio

M' = massa complessiva di testa di battuta, asta di guida del maglio, dispositivo di sgancio e colonna di aste

g = accelerazione di gravità

H = altezza di caduta del maglio

A = area della sezione trasversale della punta

e = penetrazione media per colpo (penetrazione di riferimento divisa per il n° di colpi)

Documentazione

La documentazione di prova dovrà comprendere:

- informazioni generali; ubicazione e numero della prova, quota (assoluta o relativa) di p.c.;
- profondità della falda;
- tipo di attrezzatura impiegata: tipo di penetrometro, dimensioni e apertura della punta conica, diametro delle aste e loro peso al metro lineare, diametro ext. e int. del rivestimento (se utilizzato), peso della guida e della testa di battuta, massa del maglio e altezza di caduta;
- penetrazione di riferimento (20 cm o 30 cm);
- tabella dei dati di resistenza alla punta (N20 o N30) e al rivestimento (se utilizzato), rilevati durante la prova;
- grafico della resistenza penetrometrica alla punta (N20 o N30) e al rivestimento (se utilizzato) in funzione della profondità;
- grafico della resistenza alla penetrazione dinamica q_d (MPa) in funzione della profondità;
- schema dettagliato (profondità, diametro, rivestimento, fluido, ecc.) dell'eventuale preforo;- ogni annotazione utile alla corretta interpretazione della prova.

Riferimento voce dettaglio economico: 1, 2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16

2 PROVE DOWN-HOLE

La prestazione richiesta consiste nell'eseguire nell'area di Leccio, destinata a cassa di espansione, quanto segue:

j) n. 2 prove Down-Hole nei sondaggi geognostici con profondità 32 m, lunghezza totale 64 m:

j.1) per ogni installazione

j.2) per ogni registrazione per una lunghezza totale di 64 m;

k) 500 m di linee elettriche, passo elettrodo 2 m, con tecnica tomografica, acquisizione in configurazione dipolo-dipolo e Wenner-Schlumberger, col metodo roll-along (sovrapposizione almeno 2/3) ed elaborazione 2D. La risoluzione del metodo deve permettere di discriminare efficacemente i contrasti di resistività esistenti nel sottosuolo fino a 12-15 m di profondità, evidenziando la presenza di eteropie verticali e/o orizzontali, la presenza di substrato roccioso, nonché la presenza nei primi 10 metri di profondità dal piano campagna di orizzonti o lenti grossolane (sabbie e ghiaie) possibile sede di fenomeni di filtrazione.

Per entrambe le attività l) e m) è richiesta la restituzione dei dati geofisici acquisiti ed elaborati, con indicazioni interpretative.

2.1 Modalità di esecuzione della prestazione delle Prove Down-hole

Lo scopo della prova consiste nel determinare la velocità di propagazione delle onde di volume di compressione (onde P) e di taglio (onde S), calcolando il tempo ad esse necessario per spostarsi dalla sorgente ai ricevitori, di cui è nota la distanza.

La prova consiste nel produrre, sulla superficie del terreno, sollecitazioni verticali (per onde di compressione P) ed orizzontali (per onde di taglio polarizzate orizzontalmente SH) mediante una sorgente meccanica, e nel registrare l'istante di primo arrivo del treno d'onde ad un sistema composto di una coppia di geofoni tridimensionali, alloggiati a profondità note nel foro di sondaggio appositamente strumentato. Conosciuta la distanza tra sorgente e ricevitori e determinato il tempo di propagazione, è possibile stimare in maniera accurata la distribuzione delle velocità sismiche P ed SH in corrispondenza della verticale di misura.

L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prove si deve comporre delle seguenti parti:

- sistema energizzante;
- sistema di ricezione;
- trigger;
- sistema di acquisizione dati.

I sistemi energizzanti delle onde SH devono essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali, ovvero con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione e/o di taglio polarizzate su piani orizzontali (ed eventualmente anche verticali).

Per generare le onde di compressione P, si utilizzeranno i metodi classici quali caduta di un grave, cannoncino, mazza, etc.. Dovranno comunque essere evitati sistemi in grado di generare vibrazioni e/o rimbalzi durante la generazione del segnale, in grado di inficiare la lettura del segnale per l'intero sismogramma richiesto.

Per generare le onde SH la sorgente è generalmente costituita da un parallelepipedo di legno e di forma tale da potere essere colpito lateralmente ad entrambe le estremità con una massa. E' importante che il parallelepipedo venga gravato di un carico statico addizionale in modo che possa rimanere aderente al terreno sia al momento in cui viene colpita sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venga in parte dispersa. Con questo dispositivo è possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità nella polarizzazione e con una generazione di onde P anch'esso trascurabile. Inoltre, data l'entità di energia generalmente prodotta, le deformazioni indotte nel terreno in prossimità della superficie sono inferiori a 10-2 % e decrescono con la profondità.

E' necessario un buon accoppiamento fra parallelepipedo e terreno cosa che si ottiene facilmente in terreni a granulometria fine, nel caso viceversa di presenza di terreni a granulometria più grossolana sarà necessario

approntare delle piazzole realizzando uno strato di materiale fine al contatto con il parallelepipedo energizzante. Sono da evitare come punti di energizzazione zone in cui affiorano rocce compatte e superfici bitumate.

Va tenuto conto che minore è la superficie di accoppiamento parallelepipedo - terreno, più pulito e ricco in alte frequenze sarà il segnale, d'altra parte soprattutto con superfici di contatto ridotte è necessario verificare che il parallelepipedo non si infossi nel terreno poiché in tal caso si produrrebbero onde di compressione.

Il sistema di ricezione si deve comporre di due (o più) ricevitori, ciascuno dei quali è costituito da un trasduttore di velocità orientato secondo le componenti di una terna cartesiana ortonormale e collocati all'interno di un unico contenitore (preferibilmente di forma cilindrica) di lunghezza non superiore ai 450 mm, in modo che uno dei tre trasduttori sia orientato secondo la lunghezza del contenitore (trasduttore verticale) e gli altri ad esso perpendicolari (trasduttori orizzontali). I trasduttori devono possedere appropriate caratteristiche di frequenza e sensitività tali da potere ricevere in maniera adeguata il treno d'onde prodotto dalla sorgente. La risposta in frequenza dei trasduttori non deve variare più del 5% su un campo di frequenze compreso tra metà e due volte la frequenza predominante del treno d'onde che si propaga all'interno del mezzo.

I ricevitori devono essere collegati, secondo la loro lunghezza, in modo di fissarne la distanza verticale (compresa tra 1 e 3 m) e l'orientazione relativa (in modo che i trasduttori orizzontali siano paralleli e concordi a due a due) e in modo tale da potere anche controllare dalla superficie l'orientazione assoluta.

Bisogna porre particolare attenzione al fatto che i sistemi previsti per mantenere costanti le distanze e per garantire l'isorientazione dei geofoni non producono interazione sismica tra i due sensori.

E' necessario adottare un adeguato sistema di ancoraggio per garantire un buon accoppiamento in foro tra i ricevitori e le pareti di rivestimento.

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la sorgente viene attivata, consentendo a un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato ad un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

L'attivazione del circuito per individuare l'istante di energizzazione deve, all'atto delle sollecitazioni ripetute, consentire una differenza di chiusura non superiore a 0.5 msec.

Il sistema di acquisizione dati deve essere di tipo multicanale in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica minima a 16 bit. Esso è collegato a ciascuno dei geofoni tridimensionali in foro ed al sensore del trigger e consente quindi di registrare in forma numerica e visualizzare come tracce su un apposito monitor le vibrazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger. Poiché è necessario eseguire la differenza tra traccia relativa alla battuta destra e quella alla battuta sinistra, è necessaria una strumentazione che preveda la funzione "inversione di polarità".

L'esecuzione della prova down-hole deve essere preceduta da una fase preparatoria durante la quale viene realizzato il foro in cui alloggiare i ricevitori e vengono preparati gli strumenti di energizzazione e di registrazione.

La prova si sviluppa secondo le seguenti fasi:

1. Dopo avere predisposto un opportuno piano d'appoggio la sorgente viene collocata sulla superficie in prossimità del foro ad una distanza dal centro in genere compresa tra 3 m e 7 m, da stabilire in proporzione alla profondità di acquisizione (offset in Figura 2B6) e orientata perpendicolarmente al raggio uscente dal foro. Per la produzione di onde P si energizza con massa battente, per la produzione di onde SH la sorgente (parallelepipedo, trave) viene fissata al terreno applicando sulla sua superficie un carico statico;
2. Il sistema, costituito dai due ricevitori (geofoni tridimensionali) equidistanti e con costante orientamento relativo viene calato alla profondità desiderata (1 m) collegandolo alla superficie mediante un sistema che ne consente l'orientamento assoluto dalla superficie;
3. Il sistema dei ricevitori viene orientato dalla superficie in modo tale che uno dei trasduttori orizzontali di ciascun ricevitore sia orientato parallelamente all'asse della sorgente e quindi alla direzione di polarizzazione delle onde S in modo da massimizzarne l'ampiezza di ricezione ai ricevitori. Quindi i ricevitori vengono fissati alle pareti del tubo;
4. Viene attivata la registrazione (pre-trigger) delle vibrazioni rilevate e dai trasduttori che costituiscono i ricevitori con un opportuno anticipo rispetto all'attivazione della sorgente. Tale fase può essere evitata nel caso che la strumentazione consenta la registrazione del segnale all'istante di time-break cioè all'attivazione del segnale;

5. Viene attivata la sorgente, producendo una sollecitazione che, attivando il trigger, si propaga dalla sorgente verso i ricevitori con vibrazioni di tipo P, in seguito (con energizzazione separata e distinta) si generano vibrazioni di tipo SH, dirette perpendicolarmente alla direzione di percussione e polarizzate sul piano orizzontale. Poiché si debbono ricavare onde SH, per l'ottenimento di una buona qualità dei dati, si debbono produrre alla sorgente due onde di polarità opposta e sommare le registrazioni di ogni singolo ricevitore, in modo da individuare meglio l'istante di primo arrivo (*metodo cross-over*). Detta operazione deve essere eseguita in campagna, in fase di acquisizione, se lo strumento prevede l'inversione di polarità. Può essere eseguita registrando separatamente i files battuta destra - battuta sinistra, ma in questo caso sarà necessario un bilanciamento spettrale prima di procedere alla differenza delle tracce;
6. Il tempo di registrazione deve essere pari ad 1 sec, mantenendo il miglior passo di campionamento possibile. Tale esigenza deriva dalla possibilità di utilizzare i dataset sismici acquisiti in assetto down-hole per estensioni delle indagini attraverso differenti modalità interpretative, come la tecnica sperimentale VSP (Vertical Seismic Profiling);
7. Viene riprodotta la sollecitazione e quindi ripetuta la prova ad una profondità inferiore (o superiore se si procede dal basso verso l'alto) di non più di 1 m, e comunque non meno di 40-50 cm, abbassando (o sollevando) i ricevitori;
8. Raggiunto il fondo (o la sommità) del foro, la prova viene ripetuta questa volta procedendo nel verso opposto ad intervalli di 4-5 m;

2.2 Elaborazione dati della prova Down-Hole

Per quanto riguarda l'interpretazione dei tracciati registrati durante la prova per la determinazione della velocità di propagazione delle onde sismiche, pur esistendo varie tecniche nel dominio del tempo e nel dominio della frequenza, viene preferita la modalità di elaborazione più semplice ed immediata, basata sulla ricostruzione delle dromocrone (in onde P ed SH) nel diagramma spazio-tempo e conseguente computo delle velocità mediate.

Per determinare il tempo di arrivo delle onde P ed SH ai ricevitori, si procede ad un'analisi visuale delle registrazioni delle vibrazioni rilevate dai trasduttori del ricevitore confrontate con il segnale di trigger (t_0) o inizio registrazione.

In linea di massima, il criterio di elaborazione dati si articola nelle seguenti fasi:

1. picking dei primi arrivi;
2. misura dei tempi di ricezione dei primi impulsi rilevati (t);
3. calcolo dei tempi verticali (t^*).

Il percorso delle onde sismiche dovrebbe essere verticale dalla sorgente al ricevitore, per cui l'energizzazione dovrebbe essere fatta il più vicino possibile al pozzo; questa necessità si scontra, comunque, con l'esigenza di allontanare la sorgente dal boccaforo per far in modo che i primi arrivi registrati nel sismogramma non siano dovuti al percorso fatto lungo la cementazione del foro alla velocità del cemento (rifrazione sul casing). La distanza sorgente-boccaforo va valutata caso per caso anche in relazione alla quantità di cemento utilizzata. Se, infatti, la quantità di boiaccia è più del doppio dell'interspazio foro-tubo, essa va aumentata. In genere tale distanza non è maggiore di tre metri, considerando anche il fatto che all'aumentare di questa aumenta la possibilità di avere primi arrivi rifratti e non diretti e di misurare, quindi una velocità orizzontale. I dati possono essere attendibili quando la profondità del geofono P è maggiore della distanza boccaforo-punto energizzante D.

2.3 Presentazione dei risultati della prova Down-Hole

In questo tipo di prova è fondamentale fornire non solo il risultato finale, cioè la velocità di propagazione delle onde P ed SH al variare della profondità, ma anche il dato grezzo che è stato misurato dai trasduttori dei ricevitori e il criterio di elaborazione e interpretazione adottato.

Quindi questo tipo di prova deve essere accompagnato da un **documento** comprendente:

1. *Una relazione generale in cui sono specificati:*

- a) obiettivi delle indagini e contesto geologico delle aree investigate;
- b) risultati delle indagini ed eventuali osservazioni. Devono essere riportate in particolare:
 - note in merito alla modalità di esecuzione della cementazione del foro e alla qualità della stessa in relazione alla prova DH;
 - rispondenza delle caratteristiche tecniche della prova DH a quelle previste; la lunghezza di registrazione, nonché tutte le altre caratteristiche tecniche di acquisizione, andranno chiaramente espresse in relazione.

2. Una relazione tecnica con documentazione, tabelle e grafici da cui risulti per ciascuna prova:

- a) la descrizione delle procedure eseguite e della strumentazione utilizzata;
- b) la strumentazione adottata;
- c) le profondità a cui sono state effettuate le prove e la distanza superficiale tra sorgente e centro del foro;
- d) la planimetria CTR in scala 1:5000, ove esistente, per un inquadramento di massima e per una visione più generale del sito di indagine e della prova down-hole. In alternativa sarà utilizzata una planimetria CTR in scala 1:10000;
- e) la planimetria su base CTR 1:2000 ingrandita in scala 1:1000 con l'ubicazione della prova down-hole fornendo anche le coordinate Gauss-Boaga del foro, al fine di agevolarne la georeferenziazione. Inoltre si richiede sulla planimetria anche il posizionamento del punto di energizzazione in superficie;
- f) i segnali registrati dai trasduttori dei ricevitori e il corrispondente segnale di trigger, specificando per ciascuno di essi la profondità di prova, la direzione relativa e assoluta dei trasduttori dei ricevitori e il ricevitore d'appartenenza; i segnali dovranno essere disponibili sia in forma cartacea, come grafici in cui sull'asse delle ascisse sia riportato il tempo (in *ms*) e sull'asse delle ordinate il segnale (in *mV*), sia in forma numerica su supporto CD; in alternativa alla stampa di tutti i sismogrammi relativi alle diverse profondità di misura sarà possibile allegare la stampa delle tracce assemblate attraverso apposito software di elaborazione geofisica, di cui andrà fornita una accurata descrizione delle caratteristiche in relazione; Sebbene sia richiesta una lunghezza di registrazione pari ad 1 secondo, il sismografo dovrà essere settato in visualizzazione con una lunghezza tale da permettere il chiaro riconoscimento del trend dei primi arrivi;
- g) una tabella che riporti i tempi d'arrivo originali e quelli corretti in funzione della profondità di misura;
- h) un diagramma che riporti le dromocrone ricavate, dove sull'asse delle ascisse è riportato il tempo di arrivo corretto (in *s*) e sull'asse delle ordinate la profondità di misura in funzione della profondità (in *m*), con indicazione dei segmenti interpolanti i punti di misura, dalla cui pendenza si ricava la velocità di propagazione (da riportare chiaramente);
- i) un diagramma ad istogrammi in cui vanno riportate le velocità calcolate (in *m/s*) in funzione della profondità (in *m*);
- l) la documentazione fotografica relativa alle fasi di esecuzione della prova down-hole. Sarà opportuno che risultino visibili gli strumenti di energizzazione e il contesto ambientale.
- m) è opportuno che in allegato alla relazione tecnica siano consegnati anche i dati di registrazione di campagna.
- n) alla relazione geologica, elaborato del progetto esecutivo, dovrà essere allegato il documento su citato.

2.4 Modalità di esecuzione della prestazione delle prove geoelettriche

La tomografia elettrica dovrà essere eseguita con una doppia configurazione, tipo **dipolo-dipolo** e **Wenner-Schlumberger**, e dovranno essere utilizzati non meno di 48 elettrodi con un passo di misura di **2 m**, per una profondità di investigazione di circa 12-15. Per la copertura delle stese si dovrà applicare la metodologia **roll-along**, con sovrapposizione di almeno 2/3 della linea per garantire la copertura totale di indagine.

Per l'interpretazione dei risultati dovranno essere utilizzati software tipo Resixip2di e Resixi2di o similari, ad elementi finiti e con inversione del modello. Al fine di consentire un controllo della validità dell'interpretazione, oltre alle resistività sintetiche dovranno essere restituite anche le resistività di campagna; dovrà essere riportato inoltre il fitting proprio del modello di inversione.

L'Amministrazione, mediante proprio personale tecnico, si riserva di verificare in loco, nel corso dell'esecuzione della prestazione, che la stessa sia svolta secondo le modalità indicate nel presente documento. Nel caso in cui riscontri delle difformità rispetto a quanto prescritto, l'aggiudicatario sarà tenuto ad uniformarsi alle indicazioni fornite.

Al termine delle operazioni di indagine, è onere dell'impresa il ripristino dei luoghi nelle condizioni iniziali e lo smaltimento di rifiuti, l'eliminazione di ogni residuo di lavorazione e l'indennizzo di eventuali danni in aree accessibili ai mezzi di trasporto e prive di vincoli, compreso l'onere dello spostamento da una postazione alla successiva e ogni altro onere derivante dall'esecuzione delle indagini.

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita dai seguenti componenti:

- georesistivimetro con millivoltmetro (sensibilità massima 0,1 mV), circuito di azzeramento dei potenziali spontanei e milliamperometro con scala 1 mA - 2 A (sensibilità 0,1 mA);
- generatore con almeno 1,5 kW di potenza (uscita 500 V);
- cavi elettrici di collegamento a 25 conduttori;
- almeno 48 elettrodi di corrente in acciaio cromato;

- elettrodi di tensione impolarizzabili;
- cavi di collegamento vari ed accessori.

2.5 Contenuto della documentazione delle prove geoelettriche

La documentazione da fornire alla stazione appaltante per ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- cartografia di base in scala adeguata con ubicazione delle prove eseguite e dei centri di misura, con indicazione degli azimut e della quota dei centri di misura;
- tabulazione dei valori di resistività apparente misurati;
- copia di tutti i dati raccolti in campagna, tra cui i file originali strumento e file convertiti;
- elaborazione tomografica a isolinee o a campiture di colore dei valori di resistività;
- relazione riassuntiva con descrizione dettagliata delle attrezzature impiegate, delle modalità operative e dei metodi di interpretazione. Per ogni sezione tomografica dovrà essere prodotta una interpretazione litologica dei vari orizzonti di resistività.

2.6 reinterpretazione dei risultati delle prove geoelettriche sulla base dei risultati dei sondaggi geotecnici

La prestazione da effettuare sarà la reinterpretazione dei risultati delle precedenti campagne geoelettriche sulla base dei risultati dei sondaggi geotecnici effettuati in questa fase.

In particolare si chiede di effettuare delle sezioni litostratigrafiche almeno in scala 1:500 delle seguenti linee geoelettriche:

Geoe20;

Geoe21

Geoe 26;

La stazione appaltante fornirà i dati di acquisizione di campagna ed i risultati di sintesi delle precedenti campagne geoelettriche e geotecniche effettuate nell'area di Leccio nel 2015.

Riferimento voce dettaglio economico: 17,18,19.

3. PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO

3.1 Generalità

Per l'esecuzione di tali prove si farà riferimento alle norme e raccomandazioni di seguito citate:

AGI 1994, ASTM D4318-00, D2487-00, C136-01, D1140-00, D2217-85, D422-63, D 2974 – 87, D4648-0, D2216-98, D854-02, CNR UNI 10010/64, CNR UNI 10013/64, CNR UNI 10014/64.

La prestazione richiesta consiste nell'eseguire analisi e prove di laboratorio terre su campioni indisturbati e rimaneggiati, provenienti dalla località di Prulli destinata a cassa di espansione e fornire i **certificati dei risultati** di tali analisi alla stazione appaltante. Sono previste, con diverse articolazioni, le seguenti analisi e prove sui n.62 campioni indisturbati:

l) n. 43 aperture di campioni indisturbati;

m) n. 43 fotografie ai campioni indisturbati;

n) n. 43 preparazione campione, quartatura, prelavaggio al setaccio;

o) n. 215 (43 × 5) granulometrie per setacciatura sui n.62 campioni con 5 vagli ciascuno (ASTM 4, 10, 40, 100, 200);

p) n. 43 granulometrie per sedimentazione;

q) n. 43 determinazioni del contenuto d'acqua naturale;

r) n. 43 determinazioni del peso di volume naturale;

s) n. 43 determinazioni dei limiti di Atterberg (LL, LP) alcuni campioni indisturbati ;

t) n. 43 prove di taglio diretto CD eseguita su tre provini nei campioni indisturbati;

u) n. 10 prove triassiali non consolidate, non drenate con saturazione preliminare, eseguita su tre provini (TX UU);

v) n. 33 Prove di Espansione Laterale Libera nei campioni indisturbati (ELL);

w) n. 43 prove edometriche (ED IL) nei campioni indisturbati.

L'Appaltatore nello svolgimento delle attività dovrà attenersi alle indicazioni della Stazione appaltante in merito alla dotazione tecnica, alle puntuali modalità di svolgimento dell'attività in parola ed al contenuto dei rapporti di indagine come meglio dettagliato:

Requisiti generali del laboratorio

L'attività del laboratorio di prova dovrà essere condotta in accordo alla norma UNI-CEI-EN 45001 - Criteri generali per il funzionamento di laboratori di prova (Marzo 1990) - con particolare riferimento al Punto 5 - Competenza tecnica.

In particolare il laboratorio di prova dovrà essere competente per l'esecuzione delle prove in programma, dovrà disporre di personale tecnico in numero sufficiente con adeguata formazione e aggiornamento facente capo ad un responsabile al quale dovrà fare riferimento la Committenza.

Le prove devono essere eseguite e certificate dai laboratori di cui all'art.59 del DPR 6.6.2001, n.380. I laboratori su indicati fanno parte dell'elenco depositato presso il Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture.

Apparecchiature di prova

Il laboratorio di prova deve essere fornito di tutte le apparecchiature necessarie per la corretta esecuzione delle prove in programma.

Tutte le apparecchiature devono essere conservate con cura e devono essere disponibili idonee procedure di manutenzione.

Identificazione dei campioni

Il laboratorio presso cui saranno effettuate le prove e le analisi geotecniche dovrà essere dotato di sistema per l'identificazione dei campioni e delle parti di campioni da sottoporre a prova. Al momento del ricevimento dei campioni si dovrà controllare la corrispondenza con le distinte o le stratigrafie di accompagnamento, segnalando immediatamente qualsiasi difformità alla Committenza.

Tutti i campioni e le relative porzioni da sottoporre a prova (provini) dovranno essere chiaramente certificati da una sigla o un codice che accompagnerà il campione o il provino in tutte le fasi dell'attività di laboratorio (conservazione, preparazione dei provini da sottoporre a prova, esecuzione delle prove, preparazione della documentazione di prova e del rapporto finale di prova); dovrà inoltre essere stabilita una corrispondenza tra il codice adottato dal laboratorio per l'identificazione dei campioni e dei provini e il sistema di identificazione utilizzato durante il prelievo in sito, in modo che i risultati delle prove di laboratorio siano sempre chiaramente attribuibili.

Conservazione dei campioni

I campioni consegnati al laboratorio dovranno essere conservati in modo da non alterarne le caratteristiche originarie.

All'atto della consegna si verificheranno le condizioni di sigillatura dei campioni e si segnaleranno tempestivamente alla Stazione appaltante eventuali danni alle fustelle che potrebbero aver alterato le condizioni originarie dei campioni (ovalizzazioni, deformazioni anomale, etc.),

Al termine delle attività di prova i campioni residui non sottoposti a prova dovranno essere conservati in ambiente ad atmosfera controllata e potranno essere avviati a discarica unitamente ai campioni ed ai provini sottoposti a prova, idoneamente conservati, solo previa autorizzazione dell'Amministrazione.

3.1 Apertura campioni ed esame preliminare

Campioni indisturbati

L'estrusione dalle fustelle di alloggiamento dovrà avvenire in modo da minimizzare il disturbo al campione: a tale proposito è consigliato l'utilizzo di un estrusore idraulico. In ogni caso l'estrusione dovrà avvenire con lentezza e continuità, evitando l'applicazione di sforzi eccessivi o l'azione di brusche manovre.

Dopo l'estrusione il campione sarà sottoposto a scorticatura e ripulitura delle estremità e si procederà alla descrizione geotecnica visivo-manuale del materiale campionato indicando natura, strutture, inclusioni, frammenti di conchiglie, resti organici, eventuale odore ed ogni altro elemento ritenuto significativo. La descrizione geotecnica visivo-manuale dovrà essere condotta in o allo standard ASTM 02488-93 (Standard Practice for Description and Identification of Soils - Manual Procedure).

Si effettuerà quindi una ripresa fotografica a colori del campione avendo cura che l'immagine risulti chiaramente leggibile; la foto riporterà la completa identificazione del campione e del suo alto.

Successivamente si procederà ove possibile alla esecuzione di prove speditive con penetrometro e scissometro tascabile ad intervalli regolari per la determinazione dello stato di consistenza.

Per ultimo si procederà alla selezione delle porzioni del campione da sottoporre a prova, avendo particolare cura di escludere dal confezionamento dei provini da sottoporre a prova le porzioni alterate per rammollimento o deformazione eccessiva, e di scegliere porzioni omogenee del campione per l'esecuzione di prove che richiedano la preparazione di una serie di provini.

La scelta delle porzioni di campione da sottoporre a prova assume particolare rilevanza la determinazione della stato di qualità del campione che dovrà in ogni caso essere indicata.

Al termine dell'esame sarà redatto un apposito modulo contenente tutte le osservazioni e misure, l'indicazione delle prove da eseguire e dei relativi provini, indicazioni sullo stato di qualità del campione e della fustella, le dimensioni della fustella e del campione estruso. Il modulo sarà corredato da documentazione fotografica del campione.

3,2 Caratteristiche fisiche

Determinazione del contenuto naturale d'acqua

La prova consiste nella determinazione del contenuto d'acqua di terreni, rocce e materiali simili.

Modalità di prova

La determinazione del contenuto naturale d'acqua, ottenuto per differenza tra peso del campione e il peso del campione essiccato in forno termostato a 105° ed espresso in percentuale rispetto al peso del campione essiccato, dovrà essere effettuata su campioni o porzioni di campioni che non no subito significative variazioni di umidità (rammolliti o essiccati) rispetto alle condizioni naturali.

Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere: certificazione completa del campione sottoposto a prova; la percentuale del contenuto d'acqua espresso alla prima cifra decimale con documentazione delle pesate eseguite;

Determinazione della massa volumica apparente (peso di volume naturale)

Generalità

La prova consiste nella determinazione della massa volumica apparente di un terreno. ottenuto rapporto tra la massa di un provino ed il suo volume.

Modalità di prova

La prova dovrà essere effettuata unicamente su provini indisturbati, avendo cura di non alterare in alcun modo le caratteristiche del campione durante il confezionamento del provino.

Per il confezionamento dei provini dovrà di norma essere impiegato un apposito tornietto da laboratorio, al fine di minimizzare il disturbo al campione; l'uso del tornietto potrà essere evitato per i campioni a bassa consistenza, per i quali è possibile l'infissione a pressione di una fustella tarata mediante impiego di un idoneo campionatore.

In nessun caso la fustella sarà infissa manualmente nel terreno da campionare.

Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere: identificazione completa del campione sottoposto a prova; documentazione delle pesate eseguite e delle dimensioni dei provini; e sulla eventuale disomogeneità del campione ed indicazione della porzione a cui si riferisce la determinazione;

Determinazione dei limiti di consistenza

La prova consiste nella determinazione del contenuto d'acqua per il quale avviene il passaggio dallo stato semiliquido allo stato plastico (limite di liquidità) e dallo stato plastico allo stato semisolido (limite di plasticità).

Modalità di prova

Prima dell'inizio della determinazione del limite liquido si procederà alla regolazione dell'altezza di caduta della Cucchiara di Casagrande, si controllerà lo stato di usura della Cucchiara e dell'utensile separatore e la regolarità della base, procedendo alla eventuale sostituzione delle parti usurate.

Per la determinazione del limite di liquidità si impiegherà di norma il metodo multipunto, con almeno tre punti di prova. Solo nel caso di quantità insufficienti di materiale si potrà adottare il metodo multipunto singolo, con esecuzione di almeno due determinazioni, e previo preventivo assenso dell'Amministrazione. Per quanto concerne il limite di plasticità, qualora il materiale non risultasse lavorabile, si riporterà le risultato l'indicazione "Non Plastico".

Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere: identificazione completa del campione sottoposto a prova; risultato delle determinazioni espresse come valori percentuali con indicazione della prima cifra decimale; documentazione delle pesate eseguite.

Analisi granulometrica per vagliatura

La prova consiste nella determinazione della distribuzione granulometrica di un campione di terreno sciolto trattenuto al setaccio ASTM n° 200.

Modalità di prova

L'analisi granulometrica per vagliatura si eseguirà in ogni caso per via umida, impiegando setacci della serie ASTM di diametro non inferiore ai 300 mm, scelti tra i seguenti termini in funzione della dimensione massima dei granuli: n° 200, n° 100, n° 60, n° 40, n° 20, n° 10, n° 4, 3/8", 3/4", 1", e 3". E' ammesso l'uso di serie di setacci equivalenti a quella sopra indicata.

Il quantitativo minimo da sottoporre a prova sarà stabilito sulla base delle dimensioni massime dei presenti in quantità significativa (non inferiore al 10%) secondo il seguente schema.

Massa minima da analizzare

Il campione da sottoporre ad analisi, una volta essiccato e pesato, verrà immerso in acqua fino al completo distacco della frazione fine dai granuli e la completa disgregazione dei grumi, favorendo la disgregazione mediante agitazione meccanica.

Successivamente, evitando qualsiasi perdita di materiale, si procederà alle operazioni di vagliatura favorendo il passaggio del materiale con getti d'acqua e con l'azione meccanica di un pennello molto morbido, avendo cura di non forzare il materiale tra le maglie dei setacci; l'operazione potrà essere conclusa solo quando l'acqua che fuoriesce dall'ultimo setaccio sia praticamente limpida.

Si procederà quindi all'essiccazione in forno termostato a 105° e alla determinazione delle masse trattenute da ciascun setaccio.

Il materiale analizzato dovrà essere classificato in accordo alle Raccomandazioni A.G.I. (1977) e, nel caso sia stata eseguita anche la determinazione dei limiti di consistenza, anche in accordo allo d ASTM D 2487-93 -Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classifica) e alla Classificazione delle terre CNR-UNI10006.

Analisi granulometrica per sedimentazione

La prova consiste nella determinazione della distribuzione granulometrica della frazione passante al setaccio ASTM n° 200 di un terreno.

Modalità di prova

L'analisi granulometrica per sedimentazione dovrà essere condotta effettuando letture della densità e della temperatura di una sospensione, preparata con 50 gr di materiale passante al setaccio ASTM n° 200, 125 ml di soluzione disperdente (esametafosfato di sodio in soluzione pari a 40g/L, confezionata non più di 30 gg prima della data di impiego) e acqua distillata fino ad ottenere un volume pari a 1000 ml, dopo 1', 2', 4', 8', 15', 30', 60', 120', 240', 480' e 1440' dal termine dell'agitazione preliminare; si precisa che l'analisi potrà considerarsi conclusa solo quando le densità della sospensione risulta prossima a quella dell'acqua pura (circa 48 ore per i terreni francamente argillosi)

Le letture di densità dovranno essere effettuate con densimetro calibrato di tipo ASTM 151 H o 152H.

Per tutta la durata dell'analisi si avrà cura di evitare qualsiasi vibrazione ai cilindri di prova ed eccessive variazioni di temperatura; a tale scopo potrà convenientemente impiegarsi una vasca termostata a 20°.

Il materiale analizzato dovrà essere classificato in accordo alle Raccomandazioni A.G.I. (1977) e, qualora sia stata eseguita anche la determinazione dei limiti di consistenza, anche in accordo allo Standard ASTM D 2487-93 -Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) e alla Classificazione delle terre CNR-UNI10006.

Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- quantità di materiale analizzato;
- data di preparazione della soluzione disperdente;
- tabella con indicazione della percentuale di materiale trattenuto in corrispondenza di ciascun diametro;
- diagramma semilogaritmico % -diametro;
- classificazione granulometrica del materiale analizzato;
- documentazione delle letture di densità e temperature eseguite.

Analisi granulometrica sedimenti fluviali

La prova si esegue mediante vagliatura a secco con crivelli e setacci. Qualora la componente passante al setaccio ASTM n° 200 sia percentualmente consistente si esegue per via umida. I sedimenti trattenuti dal crivello più grande (UNI 100) saranno misurati con calibro.

Il quantitativo di materiale da analizzare può arrivare fino a 300 kg.

La documentazione della prova sarà analoga a quella sopra descritta.

3.3 Caratteristiche meccaniche

Prove edometriche ad incremento controllato di carico

La prova edometrica consiste nella determinazione dell'entità e della velocità della consolidazione di terreni coesivi soggetti ad incrementi tensionali. La prova viene condotta ad incrementi di carico controllati (prova IL); nel corso della prova edometrica, oltre ai parametri normalmente calcolati, è possibile eseguire determinazioni dirette di permeabilità.

Modalità di Prova

La prova di compressione edometrica ad incrementi di carico controllati dovrà essere condotta su campioni cilindrici di diametro non inferiore a 50 mm e rapporto diametro/altezza compreso tra 2.5 e 6 preparati con apposito tornietto campionatore a partire da campioni indisturbati; per materiali poco consistenti si potrà infiggere l'anello portacampione a pressione direttamente nel campione da analizzare; in nessun caso sarà possibile infiggere a mano l'anello portacampione. L'altezza dei provini dovrà in ogni caso essere maggiore di 10 volte il diametro massimo delle particelle costituenti il materiale in prova. La preparazione del provino dovrà avvenire in ambiente ad umidità controllata in lo da evitare qualsiasi variazione al contenuto d'acqua iniziale.

Una volta inserito il terreno nell'anello portacampione si procederà al montaggio della cella edometrica inserendo le pietre porose inferiore e superiore e della carta da filtro tipo Whatman's n. 54 tra il terreno e le pietre porose. La carta da filtro non dovrà essere utilizzata nel caso di prove su argille molto consistenti.

Successivamente si posizionerà la cella edometrica sul telaio di carico applicando una pressione di serraggio pari a 5 kPa controllando le variazioni di altezza del provino e regolando la pressione iniziale per evitare rigonfiamenti o eccessive consolidazioni del provino.

Al fine di evitare rigonfiamenti del terreno in prova si procederà all'inserimento dell'acqua nella cella edometrica solo dopo aver raggiunto un carico verticale pari alla tensione geostatica esistente in sito.

La prova sarà condotta applicando la seguente successione di carico: 12 kPa, 25 kPa, 50 kPa, 100 kPa, 200 kPa, 400 kPa, 800 kPa, 1600 kPa. Per ciascun gradino di carico si procederà alla registrazione delle deformazioni secondo uno schema temporale in successione geometrica, tenendo il carico almeno per un tempo sufficiente all'individuazione del tempo di fine consolidazione (t_{100}); qualora il diagramma non consentisse una chiara individuazione del t_{100} il gradino di carico dovrà essere mantenuto per almeno 24 h.

Si procederà poi alla costruzione del diagramma deformazione verticale -logaritmo del carico totale ($\epsilon_v - \log \sigma'_v$), costruito impiegando i valori di cedimento corrispondenti ai t_{100} , in modo da rare l'andamento del processo di consolidazione. Qualora tale diagramma evidenziasse una pressione massima applicata insufficiente (assenza di tre punti allineati dopo la massima curvatura) si procederà all'applicazione di ulteriori incrementi di carico sino ad ottenere chiaramente la retta di pressione.

In seguito si eseguirà lo fase di scarico finale con esecuzione di almeno 2 gradini di scarico.

Durante l'esecuzione del ciclo di carico si eseguirà inoltre un ciclo di scarico ricarico a partire dalla tensione geostatica σ'_{vo} esistente in sito comprendente tre gradini di scarico e tre di ricarico. Ove richiesto si procederà anche alla determinazione dei valori del coefficiente di consolidazione verticale c_v del

coefficiente di permeabilità k e del coefficiente di consolidazione secondaria c_v in corrispondenza di livelli di carico indicati dall'Amministrazione

Documentazione

Documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- dimensioni iniziali e finali del provino;
- contenuto d'acqua iniziale e finale del provino;
- indice dei vuoti iniziale e finale del provino;
- peso di volume iniziale e finale del provino;
- grado di saturazione iniziale e finale del provino;
- tabella riassuntiva riportante i valori di deformazione verticale percentuale e di indice dei vuoti per ciascun livello di carico ed i valori del modulo edometrico nei tratti di carico;
- tabella con i valori di c_v , k e c_v ove richiesto;
- diagramma indice dei vuoti -logaritmo del carico verticale efficace ($e - \log \sigma'_{v1}$) costruito sulla base cedimenti corrispondenti ai t_{100} di fine consolidazione;
- diagramma logaritmo del carico -logaritmo del modulo edometrico;
- tabelle cedimento -tempo per ciascun gradino di carico o scarico;
- diagramma cedimento -logaritmo del tempo per tutti i gradini di carico;
- documentazione delle misure effettuate.

Prova di taglio diretto consolidata – drenata (con determinazione di resistenza residua ove richiesto)

La prova consiste nella determinazione dei parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate di campioni di terreno sottoposti a sollecitazioni di taglio.

Modalità di Prova

La prova sarà eseguita su tre provini cilindrici o a sezione quadrata di diametro o lato non inferiore 50 mm e rapporto diametro/altezza compreso tra 2 e 2,5 preparati con apposito tornietto campionario a partire da campioni indisturbati; per materiali poco consistenti si potrà infiggere a pressione direttamente nel campione da analizzare apposita fustella calibrata; in nessun caso sarà possibile infiggere a mano la fustella. L'altezza dei provini dovrà in ogni caso essere maggiore di 6 volte il diametro massimo delle particelle costituenti il materiale in prova. Particolare importanza assume la preparazione delle facce terminali dei provini che dovranno essere perfettamente piane e perpendicolari all'asse dei provini. La preparazione del provino dovrà avvenire in ambiente ad umidità controllata in modo da evitare qualsiasi variazione al contenuto d'acqua iniziale.

La prova si articola nelle due distinte fasi di consolidazione e di taglio.

Fase di consolidazione: nella fase di consolidazione viene gradualmente incrementato il carico assiale applicato al provino fino al raggiungimento della pressione di consolidazione indicata dall'Amministrazione per ciascun provino. Durante la fase di consolidazione si monitoreranno le deformazioni assiali in funzione del tempo, in modo da poter stabilire la fine della fase di consolidazione primaria prima di ciascun incremento di carico, in analogia a quanto indicato per le prove edometriche ad incrementi di carico controllati. I valori delle deformazioni assiali in funzione del tempo relativi all'ultimo gradino di carico saranno registrati e diagrammati in funzione del logaritmo o della radice quadrata del tempo per la determinazione del t_{100} di fine consolidazione assunto come parametro base per il calcolo della velocità di rottura.

Fase di rottura: nella fase di rottura verrà gradualmente incrementato il carico orizzontale fino ad ottenere deformazioni orizzontali non inferiori al 20% del diametro iniziale del provino.

Al fine di evitare l'insorgere di sovrappressioni idrauliche conseguenti l'incremento tensionale, la velocità di deformazione v_r sarà stabilita sulla base del t_{100} di fine consolidazione e dello scorrimento orizzontale atteso a rottura O_r secondo la seguente equazione:

$$v_r = O_r / (10 * t_{100})$$

Per quanto riguarda i valori dello scorrimento a rottura, funzione del tipo di materiale in prova, si forniscono i seguenti valori indicativi:

Scorrimento a rottura

Tipo di terreno	Scorrimento a rottura (mm)
argille tenere	8
argille sovraconsolidate	2 ÷ 5
argille molto sovraconsolidate	1 ÷ 2

sabbie

1 ÷ 5

Durante la fase di rottura si monitoreranno e si registreranno ad opportuni intervalli temporali i valori di spostamento orizzontale, deformazione verticale e resistenza al taglio.

Ove indicato, al termine della fase di rottura si procederà alla determinazione della **resistenza residua** effettuando almeno cinque cicli completi di andata e ritorno della scatola di taglio fino a fondo corsa alla medesima velocità di scorrimento adottata per la determinazione della resistenza di picco (procedura completa), controllando in ogni caso che si sia raggiunta la completa stabilizzazione della curva resistenza al taglio -scorrimento orizzontale.

La resistenza residua può essere determinata anche attraverso l'esecuzione di 5 cicli di taglio veloci, condotti a velocità di scorrimento compresa tra 1 e 2 mm/min. fino a deformazioni del 20% per ciascun ciclo, e di un ciclo di taglio finale con misura della resistenza al taglio in funzione dello scorrimento orizzontale, condotto alla medesima velocità di scorrimento adottata per la determinazione della resistenza di picco (procedura semplificata).

Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione e dei provini sottoposti a prova;
- dimensioni iniziali dei provini;
- peso di volume naturale, contenuto d'acqua e grado di saturazione iniziale e finale dei provini;
- tabella con la progressione di carico adottata in fase di consolidazione per ciascun provino;
- tabella con i valori della variazione di altezza e dei relativi tempi di acquisizione durante la fase di consolidazione per ciascun provino;
- diagramma deformazione verticale-logaritmo del tempo, o in alternativa deformazione verticale - radice quadrata del tempo per ciascun provino;
- valore del tempo di fine consolidazione t_{100} di ciascun provino;
- altezza dei provini al termine della fase di consolidazione; .velocità di deformazione adottata nella fase di rottura;
- tabella di sintesi con i valori di resistenza al taglio, scorrimento orizzontale e deformazione verticale registrati per ciascun provino in fase di rottura;
- diagramma resistenza al taglio -scorrimento orizzontale per ciascun provino;
- diagramma deformazione verticale -scorrimento orizzontale per ciascun provino;
- eventuale diagramma cumulato resistenza al taglio -scorrimento orizzontale per la determinazione della resistenza residua;
- valori della resistenza al taglio e dello scorrimento orizzontale a rottura per ciascun provino;
- eventuali valori della resistenza al taglio residua e del relativo scorrimento orizzontale per ciascun provino;
- rappresentazione dello stato di sollecitazione a rottura ed eventualmente allo stato residuo di tutti i provini sottoposti a prova espresso in termini di sforzi efficaci nel piano σ/τ con indicazione dell'involuppo di rottura;
- indicazione del valore di resistenza al taglio di picco ed eventualmente residua del campione esaminato espresso in termini di tensioni efficaci dai parametri c' e ϕ' ;
- documentazione delle misure effettuate.

Prova di compressione triassiale non consolidata - non drenata (Txuu)

La prova consiste nella determinazione della resistenza al taglio non drenata, espressa in termini di tensioni totali, e della relazione sollecitazione-deformazione di terreni coesivi sottoposti a condizioni di sollecitazione triassiale.

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 2850 - 95 - Standard Test Method for Unconsolidated, Undrained Compressive Strength of Cohesive Soils in Triaxial Compression.

Modalità di prova

La prova sarà eseguita su tre provini cilindrici, di diametro non inferiore a 35 mm e rapporto altezza/diametro compreso tra 2 e 2.5, preparati con apposito tornietto campionario a partire da campioni indisturbati; per materiali poco consistenti si potrà infiggere a pressione, direttamente nel campione da analizzare apposita fustella calibrata; in nessun caso sarà possibile infiggere a mano la fustella. Il diametro dei provini dovrà in ogni caso essere maggiore di 6 volte il diametro massimo delle particelle costituenti il materiale in prova. Particolare importanza assume la preparazione delle facce terminali dei provini che dovranno essere perfettamente piane e perpendicolari all'asse dei provini. La preparazione del provino dovrà avvenire in ambiente ad umidità controllata, in modo da evitare qualsiasi variazione al contenuto d'acqua iniziale.

La prova sarà condotta senza saturazione preliminare adottando tre diversi valori della tensione di confinamento (tensione di cella) stabiliti dalla direzione dei lavori. La fase di compressione assiale sarà condotta adottando velocità di deformazioni comprese tra 0.3 e 1%/ min. in funzione delle caratteristiche di plasticità del materiale e sarà in ogni caso protratta sino al raggiungimento di valori della deformazione assiale non inferiori al 15 %.

Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione e dei provini sottoposti a prova;
- dimensioni dei provini;
- peso di volume naturale;
- contenuto d'acqua iniziale dei provini;
- velocità di deformazione adottata;
- valore della pressione di cella adottata per ciascun provino;
- tabella di sintesi con i valori di sforzo deviatorico e deformazione assiale registrati per ciascun provino;
- diagramma dello sforzo deviatorico - deformazione assiale per ciascun provino;
- valori dello sforzo deviatorico e della deformazione assiale a rottura per ciascun provino;
- rappresentazione dello stato di sforzo a rottura, espresso in termini di sforzi totali nel piano σ/τ a mezzo cerchi di Mohr, con indicazione dell'involuppo di rottura;
- indicazione del valore di resistenza al taglio del campione esaminato, espresso in termini di tensioni totali dal parametro c_u ;
- documentazione delle misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo (bilancia, comparatori millesimali o trasduttori lineari di spostamento, anelli dinamometrici o trasduttori di carico; manometri o trasduttori di pressione), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

Prova di compressione con espansione laterale libera (ELL).

La prova consiste nella determinazione della resistenza a compressione monoassiale in assenza di confinamento laterale di terreni coesivi e fornisce un valore approssimato della resistenza non drenata espressa in termini di tensioni totali. La prova sarà eseguita su almeno due provini dello stesso campione.

Modalità di prova

La prova sarà eseguita su provini cilindrici di diametro non inferiore a 35 mm e rapporto altezza/diametro compreso tra 2 e 2,5 preparati con apposito tornietto campionario a partire da campioni indisturbati; per materiali poco consistenti si potrà infiggere a pressione direttamente nel campione da analizzare apposita fustella calibrata; in nessun caso sarà possibile infiggere a mano la fustella.

Il diametro dei provini dovrà in ogni caso essere maggiore di 6 volte il diametro massimo delle particelle costituenti il materiale in prova. Particolare importanza assume la preparazione delle facce terminali del provino che dovranno essere perfettamente piane e perpendicolari all'asse del provino. La preparazione del provino dovrà avvenire in ambiente ad umidità controllata in modo da evitare qualsiasi variazione al contenuto d'acqua iniziale.

Il provino così preparato sarà posizionato nella pressa di carico previa lubrificazione delle piastre di carico, al fine di evitare attriti tra le estremità del provino e le piastre di carico; in tale fase si avrà cura di centrare perfettamente il provino rispetto alle piastre di carico.

La velocità di deformazione adottata nella prova dovrà essere compresa tra 0,5 e 2 %/min.; durante l'applicazione del carico si procederà alla registrazione ad intervalli di tempo regolari del carico applicato e della corrispondente deformazione assiale, in modo da avere almeno 15 coppie di valori.

La prova dovrà in ogni caso essere protratta sino ad ottenere una deformazione assiale pari ad almeno il 15%.
La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- dimensioni del provino;
- peso di volume naturale;
- contenuto d'acqua iniziale;
- velocità di deformazione adottata;
- carico di rottura e corrispondente deformazione assiale;
- tabella di sintesi con i valori di carico e deformazione assiale registrati;
- diagramma carico assiale -deformazione assiale;
- documentazione delle misure effettuate.

Riferimento voce dettaglio economico: 20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31.

Al termine delle attività si dovrà consegnare alla Regione Toscana - Settore Genio Civile Valdarno Superiore sede di Firenze, Via San Gallo, 34/A (riferimenti Geol. Francesco Vannini tel. 0554387122, francesco.vannini@regione.toscana.it) tutti i rapporti di indagine richiesti, debitamente firmati, timbrati e datati, in **originale** dai tecnici responsabili della loro redazione. Tale documentazione dovrà essere prodotta, in **n. 2 copie cartacee a colori, e n.2 copia su CD rom dei files firmati digitalmente** dai soggetti responsabili.

La prestazione risulterà pertanto ultimata con la consegna di tutta la documentazione di cui sopra e con lo smaltimento delle cassette catalogatrici, come descritto al comma 1, “Oneri specifici della ditta”.

Art. 2 – Termini, Avvio dell'esecuzione, sospensione e ultimazione dell'esecuzione

1. La prestazione deve essere terminata entro 90 dal giorno successivo alla stipula del contratto.

2. Il Responsabile unico del procedimento svolge le funzioni di *direttore dell'esecuzione* del contratto e al termine delle prestazioni effettua i necessari accertamenti e rilascia idoneo certificato attestante l'avvenuta ultimazione delle prestazioni. Dal rilascio del certificato di avvenuta ultimazione delle prestazioni prendono avvio le attività per la verifica di conformità per il rilascio del *Certificato di regolare esecuzione*.

3. Per l'eventuale sospensione dell'esecuzione della prestazione da parte dell'Amministrazione si applica l'art. 107 del D.Lgs. 50/2016.

4. L'esecutore che per cause a lui non imputabili non sia in grado di ultimare le prestazioni nel termine fissato può richiederne la proroga ai sensi dell'art. 107, comma 5, del D.Lgs. 50/2016.

Art. 3 – Obbligo di impresa ai sensi dell'art. 24, comma 1, L.R. 38/2007

1. Ai sensi dell'art. 24, comma 1, L.R. 38/2007 la Società ha l'obbligo di informare immediatamente l'Amministrazione di qualsiasi atto di intimidazione commesso nei suoi confronti nel corso del contratto con la finalità di condizionarne la regolare e corretta esecuzione.

Art. 4 - Importo stimato

1. L'importo complessivo dell'appalto è stimato in 74.727,20 Euro, oltre Iva nei termini di legge. Trattandosi di prestazioni a misura, la corresponsione integrale del corrispettivo contrattuale non è garantita, ma dipenderà dalle effettive prestazioni richieste dall'Amministrazione e svolte dall'operatore economico durante il periodo di validità contrattuale.

- per l'espletamento del presente appalto non sono rilevabili rischi interferenti per i quali sia necessario adottare specifiche misure di sicurezza, e che pertanto non risulta necessario prevedere la

predisposizione del “Documento Unico di Valutazione dei Rischi da Interferenze” – DUVRI e non sussistono di conseguenza costi della sicurezza di cui all’art. 23, comma 15, del D.Lgs. 50/2016.
La relativa spesa è a carico del capitolo 1116 della contabilità speciale n. 6010.

Art. 5 – Attività di coordinamento, direzione e controllo tecnico-contabile

Il coordinamento, la direzione ed il controllo tecnico-contabile dell’esecuzione del contratto sono svolte dal direttore dell’esecuzione del contratto, in modo da assicurare la regolare esecuzione nei tempi stabiliti e in conformità alle prescrizioni contenute nei documenti contrattuali. L’attività di direzione e controllo del direttore dell’esecuzione del contratto, per quanto non espressamente previsto nel presente paragrafo, è disciplinata dal decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 7 marzo 2018, n. 49 (Regolamento recante: Approvazione delle linee guida sulle modalità di svolgimento delle funzioni del direttore dei lavori e del direttore dell’esecuzione).

Il direttore dell’esecuzione impartisce all’esecutore tutte le disposizioni e le istruzioni operative necessarie tramite ordini di servizio, cui l’esecutore è tenuto ad uniformarsi.

Art. 6 – Certificato di regolare esecuzione

1. Ai sensi dell’art. 102, comma 2, del D.Lgs. 50/2016, le prestazioni contrattuali sono soggette a verifica di conformità, per certificare che l’oggetto del contratto in termini di prestazioni, obiettivi e caratteristiche tecniche, economiche e qualitative sia stato realizzato ed eseguito nel rispetto delle previsioni contrattuali e delle pattuizioni concordate in sede di affidamento.

2. Il *Direttore dell’esecuzione* effettua la verifica di conformità entro 30 giorni dal verbale di ultimazione delle prestazioni, salvo proroga in caso di necessità di svolgimento di ulteriori attività per la verifica. Il Responsabile unico del procedimento rilascia il *Certificato di regolare esecuzione* (autorizzativo anche del pagamento della prestazione) e comunica alla Società l’avvenuto rilascio di tale Certificato secondo le modalità previste all’art. 10 del Contratto.

3. Successivamente all’emissione del *Certificato di regolare esecuzione* l’Amministrazione procede allo svincolo definitivo della garanzia definitiva prestata dall’esecutore a garanzia del mancato o inesatto adempimento delle obbligazioni dedotte in contratto.

Il Dirigente responsabile

Ing Gennarino Costabile