



CITTA' METROPOLITANA DI ROMA CAPITALE

Dipartimento III - "Programmazione della rete scolastica - edilizia scolastica"
Servizio 2 - Progettazione, Direzione Lavori, Manutenzione e Ristrutturazione Edilizia
Scolastica - Zona Nord

SERVIZI DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

ROMA - L.A. Caravillani - Piazza del Risorgimento, 46 b - Roma.

Lavori di miglioramento/consolidamento sismico in seguito alla O.S. n. 123/2016

**AFFIDAMENTO DEI SERVIZI TECNICI PER LA PROGETTAZIONE
DEFINITIVA, ACQUISIZIONE DEI NULLA OSTA/PARERI E DI
ESECUZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE**

Codici Progetto: C.I.A.: EN 18 0010 C.U.P.: F85B18005510003 C.I.G.: _____



Roma, li 03/06/19

**NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI DI
INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOTECNICHE E GEOFISICHE**

Il Responsabile Unico del Procedimento
(Ing. Giuseppe Cataldi)

Il Dirigente del Servizio
(Dott. Ing. Giuseppe Esposito)

V.le G. Ribotta, 41/43 - 00144 - Roma

Tel. 06.67664256 - Fax - 06.67664315

e-mail: ediliziascolasticanord@cittametropolitanaroma.gov.it

PEC :scuola@peccittametropolitanaroma.gov.it

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI DI INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOTECNICHE E GEOFISICHE

Premessa

Forma parte integrante del contratto di appalto, disciplinato dalle seguenti Norme Tecniche la dichiarazione dell'Impresa di aver preso conoscenza del programma di indagini, di riconoscerlo perfettamente realizzabile e di assumere infine piena responsabilità della sua esecuzione.

L'Impresa dovrà comunque eseguire le opere in ottemperanza alle Leggi, ai regolamenti vigenti ed alle prescrizioni delle autorità competenti in materia di lavori pubblici, in conformità agli ordini che la Direzione Lavori impartirà, sulla base delle direttive che il competente Ufficio dell'amministrazione Comunale ritenga di disporre.

In particolare l'Impresa è tenuta a fare riferimento al D.M.LL.PP. 11/03/88 e alla C.M.LL.PP. n.30483, 24/09/88 Serv. Tecnico Centrale del Ministero LL.PP., oltre ad osservare le "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche" – A.G.I. 1977 (Associazione Geotecnica Italiana) e succ. e le "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio" – A.G.I. 1/1994 (Associazione Geotecnica Italiana).

Pertanto fermo restando ogni altra responsabilità dell'Impresa ai termini di Legge, essa rimane unica e completa responsabile dell'esecuzione delle opere.

Le presenti Norme Tecniche determinano in modo prioritario le modalità di esecuzione e di valutazione delle indagini geotecniche; in altre parole, in caso di discrepanze o difformità tra Norma Tecnica e descrizione del prezzo contenuta nell'elenco prezzi, dovrà essere seguito quanto previsto nelle Norme Tecniche.

L'Impresa esecutrice si impegna a visitare preventivamente i siti considerando tutte le problematiche connesse con lo svolgimento a regole d'arte dei lavori di indagine.

L'Impresa dovrà nominare, dandone preventiva comunicazione alla Direzione Lavori, un responsabile tecnico di cantiere, esperto nelle lavorazioni previste, il quale dovrà essere costantemente presente in cantiere nel corso dei lavori e non sarà sostituibile se non per cause di forza maggiore, presiedendo al rilievo stratigrafico, di campionamento, prove in sito, ecc.

Una copia delle presenti Norme Tecniche dovrà essere consegnata al capocantiere e conservata in cantiere fino ai lavori ultimati. Qualsiasi deroga a quanto qui specificato dovrà essere preventivamente approvata dalla Direzione Lavori.

La quota del piano di campagna in corrispondenza di ciascun punto di indagine dovrà essere rilevata rispetto al livello del mare, riferendosi al caposaldo I.G.M. Tale quota dovrà sempre comparire sulle stratigrafie e sui grafici delle prove in sito.

L'ubicazione in cantiere delle singole verticali dovrà essere sempre controllabile dalla Direzione Lavori tramite picchetti contraddistinti con la sigla della verticale.

Tutto il materiale prelevato e non destinato al laboratorio sarà conservato in cantiere o depositato nei magazzini dell'Impresa – comunque in luogo facilmente ispezionabile, al riparo dagli agenti atmosferici e

da possibili danneggiamenti – a disposizione della D.L. e dei tecnici dell'Amministrazione per tutta la durata dell'appalto.

Le fustelle con i campioni destinati al laboratorio – conservate in locale fresco e coperto – saranno accuratamente imballate in casse ed inviate al laboratorio, al termine di ogni sondaggio. Imballaggio e trasporto saranno tali da evitare ogni disturbo ai campioni.

Giornalmente, l'Appaltatore deve consegnare alla Direzione Lavori un rapportino contenente le quantità di lavoro eseguite da ciascuna attrezzatura e l'elenco del personale e relative qualifiche operante in cantiere.

Al termine di ciascun sondaggio o prova, l'Appaltatore deve consegnare, in duplice copia, alla Direzione Lavori, la documentazione tecnica completa, in forma preliminare; una ulteriore copia deve essere spedita al laboratorio e/o ai consulenti della D.L. assieme ai campioni per le analisi.

Analogamente si procederà per le prove in sito, schemi di posa delle strumentazioni, ecc.

Art. 1 GENERALITA'

Le attrezzature di sondaggio quali la sonda, gli argani, le pompe, il numero delle aste e dei tubi di rivestimento, tutte le attrezzature di supporto, le attrezzature per prove in situ, prove penetrometriche, piezometriche, inclinometriche e speciali, i mezzi di trasporto delle attrezzature stesse dovranno essere del tipo idoneo al completamento di quanto previsto dal programma di lavoro in condizioni di sicurezza e nel rispetto delle regole dell'arte e di quanto indicato nelle norme e prescrizioni tecniche del presente Capitolato Speciale.

Durante l'esecuzione dei lavori sarà obbligo da parte dell'Impresa, garantire l'assistenza tecnica continua sul cantiere di un Geologo o Ingegnere. Alla misura dei lavori sarà provveduto in contraddittorio tra la Direzione dei Lavori e l'Impresa.

Ogni prezzo di tariffa rappresenta il valore del relativo lavoro compiuto. Tutti gli oneri generali e speciali stabiliti nella Tariffa e nel Capitolato restano indennizzabili a corpo e con la valutazione dei lavori in base ai prezzi di Elenco nei quali è tenuto conto di qualsiasi onere ed utile dell'Impresa.

L'Appaltatore, dovrà provvedere ad ottenere a propria cura e spese presso le competenti Autorità, tutti i permessi necessari per gli accessi presso le proprietà di terzi per l'esecuzione dei lavori ivi inclusa eventuale bonifica dai residuati bellici e ad assumere la responsabilità dei danni derivanti dalla esecuzione dei lavori stessi salvo quanto dovuto ad incuria e/o negligenza dell'Impresa.

Art. 2 PRESCAVO

Sarà obbligo dell'Impresa la realizzazione di uno scavo a mano per i primi 1,50 m di profondità (salvo diverse indicazioni della D.L.), per la verifica della non interferenza delle indagini con la rete dei sottoservizi, in ogni punto in cui si dovranno eseguire le indagini in oggetto.

Art. 3 INSTALLAZIONE DELL'ATTREZZATURA SU CIASCUN PUNTO DI PERFORAZIONE

Nell'installazione dell'attrezzatura, i punti di perforazione sono scelti dalla D.L. compatibilmente con gli scopi delle indagini e la situazione ambientale tale da non portare pregiudizio per l'incolumità delle persone e delle attrezzature, pertanto l'ubicazione dei sondaggi risultante dalla planimetria allegata è da

ritenersi puramente orientativa. La D.L. a suo insindacabile giudizio disporrà l'esatta ubicazione dei sondaggi in base ai risultati che saranno acquisiti nel corso dei lavori.

Nella voce di prezzo relativa all'installazione delle attrezzature sono compresi gli oneri per il trasporto, lo spostamento e l'installazione su tutti i punti di perforazione ed eventuali riperforazioni per successivi ritorni sullo stesso foro, l'eventuale scavo per la formazione di vasche per il recupero dei fanghi, l'approntamento di quanto necessario per l'idoneo approvvigionamento idrico ed il relativo scarico, il corretto piazzamento sulla verticale del punto di perforazione delle sonde ed il rilevamento della quota del punto di perforazione stesso.

Art. 4 PERFORAZIONI A CAROTAGGIO CONTINUO

Le modalità di perforazione ed il diametro dei fori saranno tali da rendere minimo il disturbo dei terreni attraversati e da consentire, compatibilmente con la natura dei terreni, il prelievo di campioni rappresentativi di terreno rimaneggiato ed indisturbato.

Le pareti del foro saranno sostenute, a seconda delle esigenze, da normali fluidi di circolazione e rivestimenti provvisori e le perforazioni saranno eseguite mediante l'uso di carotieri doppi provvisti di corone Widia.

La Direzione Lavori potrà rifiutare l'uso di carotieri non idonei e l'uso dei carotieri semplici dovrà essere espressamente autorizzato dalla D.L. stessa.

Nei terreni coesivi la scarpa del carotiere dovrà essere di tipo avanzato. La posizione della scarpa ed il rateo di avanzamento dovranno essere scelti in modo da non portare disturbo ai materiali campionati.

Il diametro interno del carotaggio non dovrà essere inferiore a 95 mm e nel caso occorra rivestire le pareti del foro, il lavoro di alesatura e immissione del rivestimento sarà a completo carico dell'Impresa, mantenendo costante il diametro del carotaggio stesso.

L'uso di corone al diamante, quando necessarie, sarà compensato secondo la relativa voce d'elenco.

Le carote prelevate durante il corso della perforazione verranno conservate in apposite cassette catalogatrici, sulle quali verranno riportati il numero del sondaggio e le profondità del prelievo.

Nel corso del sondaggio sarà rilevata la stratigrafia del terreno attraversato; in essa dovranno comparire tutti gli elementi relativi ai campionamenti rimaneggiati e indisturbati ed una descrizione geotecnica visiva dei singoli strati attraversati, oltre alle eventuali note dell'operatore relative a perdite di circolazione, a rifluimenti in colonna, franamenti, ecc..

Nei terreni che lo consentono sarà necessario verificare le caratteristiche geotecniche con penetrometro tascabile e vane tester.

Nel corso del sondaggio, all'inizio ed alla fine di ogni turno di lavoro, verrà misurato il livello d'acqua nell'interno del foro avendo cura che il foro sia libero da eventuali materiali che impediscano alla falda di raggiungere, durante la notte, il livello statico.

Il sondaggio, una volta ultimato, verrà riempito con malta idraulica o cementizia.

I sondaggi saranno valutati a metro lineare di foro eseguito nel tipo di terreno o roccia descritto nella corrispondente voce di prezzo e sovrapprezzo.

Art. 5 PERFORAZIONE A DISTRUZIONE DI NUCLEO

I fori a distruzione di nucleo saranno realizzati per permettere l'esecuzione di prove e/o l'installazione di strumenti di vario genere e tipo. La loro realizzazione dovrà quindi essere sempre eseguita tenendo conto di quanto prescritto per le prove o gli strumenti per cui il foro viene realizzato. L'attrezzatura di perforazione è costituita da una sonda a rotazione completa di pompa per la circolazione dei fanghi e dispositivi per la loro preparazione; altre sonde proposte dall'impresa, il cui utilizzo sarà preventivamente comunicato alla D.L.

Il diametro di perforazione sarà di 70-150 mm, comunque da definire in funzione delle prove o degli strumenti da eseguire o installare nel foro.

Sono ammesse modalità di perforazione varie, comunque tali da garantire il sostentamento delle pareti del foro, il contenimento del fondo foro e la minimizzazione dei disturbi arrecati al terreno nei tratti di prova. Le modalità di prova o di installazione dipendono dal programma dei lavori. Per ciascun foro dovrà essere raccolta la seguente documentazione: informazioni generali, quota assoluta del punto d'indagine, nominativo del compilatore, attrezzatura impiegata, diametro di perforazione, diametro dell'eventuale rivestimento, dati relativi alle prove o all'installazione.

Tale perforazione sarà valutata a metro lineare di foro eseguito nel tipo di terreno o roccia descritto nella corrispondente voce di prezzo e sovrapprezzo.

Durante la perforazione dovranno essere prelevati campioni del detrito uscente dal foro (cutting) mediante i quali dovrà essere ricostruita un'approssimativa descrizione dei terreni attraversati, che verranno conservati in sacchetti di plastica.

Art. 6 CEMENTAZIONE DI PERFORO

La cementazione di perforo o di un tratto di questo che potrà rendersi necessaria in casi particolari previsti dal programma di lavoro, potrà essere eseguita sia durante la fase di trivellazione sia a foro ultimato immettendo miscele opportunamente dosate in funzione del grado di fessurazione riscontrata in fase di trivellazione.

La cementazione sarà ottenuta mediante riempimento di tutto il perforo fino ad una quota superiore di almeno ml 2,00 rispetto allo strato da contenere o bonificare iniettando miscele cementizie eventualmente additivate o miscele chimiche.

La cementazione sarà valutata per ogni metro lineare di foro riempito con un assorbimento di miscela non superiore a 2 (due) volte il volume teorico del tratto riempito. L'eventuale eccedenza sarà compensata a parte.

Art. 7 RILIEVO STRATIGRAFICO

Il geologo responsabile del cantiere compilerà una scheda stratigrafica del sondaggio completandola con gli elementi elencati nei successivi paragrafi.

- Dati generali e tecnici
- Date di perforazione
- Metodo di perforazione
- Attrezzatura impiegata

- Diametro di perforazione
- Diametro del rivestimento
- Fluido di circolazione
- Quota testa foro rispetto al livello marino
- Nominativo del compilatore
- Altri eventuali dati.
- Descrizione stratigrafica

La descrizione stratigrafica sarà compilata in modo tale da specificare per ciascuno strato quanto relativo ai punti sotto elencati:

- a) tipo di terreno;
- b) condizioni di umidità naturale;
- c) consistenza;
- d) colore;
- e) struttura;
- f) particolarità;
- g) litologia d'origine.

La scheda stratigrafica comprenderà inoltre delle osservazioni in merito al livello stabilizzato dell'acqua nel foro compatibilmente con le modalità esecutive del sondaggio e con la strumentazione installata. Le modalità di descrizione di seguito illustrate riguardano sia le terre sciolte che le rocce, includendo i termini tradizionali intermedi. Per ciascuno dei punti da descrivere, il compilatore della stratigrafia sceglierà dal testo del presente paragrafo le parti di interesse specifico, trascurando quanto non attinente, ma avendo cura di non tralasciare nessuno degli aspetti da considerare.

a) Tipo di terreno

La descrizione sarà conforme alle raccomandazioni AGI (1977). Si deve anche specificare il diametro massimo della ghiaia e quello dei ciottoli e dei blocchi e precisare il grado di uniformità della composizione granulometrica.

b) Condizioni di umidità naturale

Si deve descrivere la condizione propria del terreno naturale, escludendo quanto indotto dalla circolazione di fluido connesso, alle modalità di perforazione adottate.

c) Consistenza

Si distinguono terreni coesivi e semicoesivi, granulari e rocciosi. La consistenza dei terreni coesivi e semicoesivi sarà descritta misurando la resistenza al penetrometro tascabile sulla carota estratta e scortecciata con frequenza di una prova ogni 20- 30 cm, purché il materiale non sia evidentemente disturbato. Si distingueranno i terreni in: privi di consistenza (<0,25 kg/cmq), poco consistenti (0,25-0,5 kg/cmq), moderatamente consistenti (0,5 - 1,0 kg/cmq), consistenti (1,0 - 2,0 kg/cmq), molto consistenti (>2 kg/cmq).

Nel caso di terreni granulari si esprimerà la consistenza in termini di addensamento, funzione di NSPT, sciolto (0-4), poco condensato (4-10), moderatamente addensato (10-30), addensato (30-50), molto addensato (>50).

Nel caso di terreni rocciosi, si determinerà la percentuale di recupero modificata (R.Q.D.) dove il grado di alterazione non è intenso o elevato.

A necessario completamento nella descrizione della consistenza per terreni rocciosi e per definire l'applicabilità delle misure di R.Q.D., si definirà il grado di alterazione, con riferimento alla seguente terminologia: assente, debole, media, elevata, intensa.

d) Colore

Il colore sarà descritto scegliendo o combinando i seguenti termini quali rosa, rosso, viola, arancione, giallo, marrone, verde, grigio, nero, precisandone - se necessario - la tonalità e l'intensità. Si distinguerà il colore del terreno intatto e quello delle superfici di separazione (fratture, discontinuità), evidenziando le indicazioni sulla presenza di filtrazione idrica.

e) Struttura

Si definiranno gli elementi significativi della struttura di terreni rocciosi e non rocciosi, intendendo con struttura la presenza o l'assenza di discontinuità.

- Stratificazione

Indicare i piani di strato visibili, precisandone la spaziatura media e l'intervallo di variazione tipico dello spessore degli strati stessi. Si indichi anche la presenza di eventuali strutture sedimentarie, quali stratificazione, laminazione, ecc.. Regolari alternanze di diversi tipi litologici potranno essere definite con il termine di "interstratificazione" precisando la media aritmetica dello spessore dei livelli e descrivendo il ritmo delle alternanze.

- Fratturazione

Si indicherà la spaziatura dei giunti utilizzando definizioni in accordo alla terminologia di seguito specificata: fratture molto ravvicinate, moderatamente ravvicinate, distanziate, molto distanziate. Si specificherà, se possibile, apertura e persistenza dei giunti.

- Scistosità, piani di taglio

Si indicherà la presenza, la spaziatura e le caratteristiche di scistosità o orientazione preferenziale, riconoscibile all'analisi visiva della roccia, dovuta a minerali lamellari o prismatici e di piani di taglio (in terreni coesivi, granulari o rocciosi).

- Strutture particolari

Si indicherà la presenza e le caratteristiche di strutture particolari legate a processi di alterazione o trasporto, quali la presenza di clasti in matrice soffice o isole di materiale poco alterato in matrice profondamente alterata, e simili.

f) Particolarità

Si dovranno indicare tutte le caratteristiche significative ai fini della schematizzazione geotecnica che non siano già inserite in qualcuno dei parametri descrittivi già elencati. Si segnali la presenza di: radici, manufatti, riporti, materiali di discarica, fossili o residui organici vegetali, sostanze deperibili, friabili, solubili, cementazione più o meno regolare e relativo grado.

g) Litologia d'origine

Il tipo litologico sarà definito nel caso dei clasti dei terreni granulari grossolani e nel caso di terreni da semilitoidi a rocciosi. Sarà cura del responsabile di cantiere indicare, sia pure per categorie principali, la corretta definizione, indicando per le varie rocce sedimentarie, intrusive, effusive e metamorfiche la tipologia litologica di appartenenza nei limiti di quanto desumibile dalla sola osservazione macroscopica di campagna del materiale. Nel caso di terreni sedimentari, si raccomanda l'impiego di una soluzione acquosa diluita al 5% di HCl per l'orientativa definizione della presenza di CaCO₃, come costituente principale o secondario della roccia. Oltre al tipo litologico, quando riconoscibile, potranno essere precisate, per tutti i terreni, informazioni sull'origine del terreno, distinguendo in modo particolare i terreni derivati da trasporto e sedimentazione del materiale, da quelli rimasti in sito, specificando se riconoscibili azioni fisico-chimiche di alterazione, sostituzione, cementazione.

- Altre registrazioni in corso di perforazione

Oltre alla registrazione della stratigrafia, il geologo responsabile di cantiere annoterà sinteticamente, nella documentazione del lavoro, ogni notizia utile o interessante circa: percentuale di recupero, velocità di avanzamento, perdite di fluido di circolazione, rifluimenti in colonna, manovre di campionamento o prova non condotta a termine, altro.

- Rilievo del livello stabilizzato dell'acqua nel foro

Nel corso della perforazione sarà rilevato in forma sistematica il livello dell'acqua nel foro, le misure saranno eseguite in particolare ogni mattina e ogni sera, prima di riprendere il lavoro, annotando: livello d'acqua nel foro rispetto al p.c., quota del fondo foro, quota della scarpa di rivestimento, data e ora della misura. Tali annotazioni devono comparire anche nella documentazione definitiva del lavoro.

- Riempimento dei fori di sondaggio con miscele cementizie

Il foro di sondaggio sarà riempito con miscela cementizia adeguata. L'inserimento della miscela sarà eseguito da fondo foro, in risalita, con una batteria di tubi apposita o manichetta flessibile.

Art. 8 PRELIEVO DI CAMPIONI DI TIPO INDISTURBATO

Il prelievo di campioni di terreno indisturbato potrà essere effettuato negli strati coesivi e semi coesivi (limo/sabbiosi- limi-argille) durante l'esecuzione dei sondaggi. In via orientativa si prevede l'impiego di campionatori tipo Denison o Mazier per terreni di elevata consistenza, di campionatori a pareti sottili (Shelby) per terreni a media consistenza, di campionatori a pistone tipo Osterberg per terreni a debole consistenza, o altri particolari campionatori. I contenitori o le fustelle potranno essere in plastica o di acciaio (inox o plastificato) a seconda del tipo di campionatore usato, e dovranno risultare in ottimo stato di conservazione prima di poter essere usati per il prelievo; esse dovranno avere le seguenti dimensioni:

- interno = 95 mm (minimo)
- spessore = 2/3 mm
- lunghezza utile = 60/90 cm

I prelievi saranno eseguiti dopo aver pulito il foro da eventuali detriti ed i campioni verranno sigillati con paraffina fusa o tappi particolari e contraddistinti con opportuna etichetta indelebile riportando il numero del sondaggio e la profondità iniziale e finale del prelievo e l'orientamento (alto/basso).

I prelievi di campioni indisturbati saranno valutati per ogni operazione di prelievo eseguita con idoneo campionatore.

Il prezzo stabilito per il prelievo non esclude il contemporaneo pagamento del prezzo di perforazione sul medesimo intervallo di profondità.

Modalità di prelievo di campioni indisturbati

Ogni campionamento deve essere preceduto dalle seguenti operazioni:

- adeguata stabilizzazione del foro mediante rivestimento provvisorio
- controllo della profondità dopo l'introduzione del campionatore
- ulteriore manovra di pulizia con metodi adeguati (da definirsi in ogni caso specifico), qualora si accertasse la presenza di detriti sul fondo foro per un'altezza incompatibile con la lunghezza del campionatore.
- ultimata l'infissione si dovrà estrarre il campione usando gli accorgimenti necessari per staccare il campione dal terreno e per ridurre il disturbo dovuto alla decompressione e al risucchio. Con i campionatori senza pistone o comunque a pistone non bloccabile, la pulizia del fondo foro prima del prelievo deve essere perfetta e cioè non devono essere presenti sul fondo del foro detriti e/o sedimenti che occupino uno spessore maggiore di 2-3 cm. In ogni caso, prima di far scendere a quota un campionatore, va controllata la presenza e lo spessore dei detriti a mezzo di apposita manovra di scandaglio. Si raccomanda l'accuratezza nell'esecuzione delle operazioni nella fase di discesa a quota del campionatore anche nel caso di campionatori del tipo a pistone fisso, tenuto conto che per essi la perfetta pulizia del fondo foro prima del prelievo è meno importante, in quanto il campionatore può essere spinto attraverso i detriti, fino alla quota voluta, prima di iniziare il prelievo.

In ogni caso, è necessario che le operazioni precedenti quella di campionamento e segnatamente:

- la manovra di "carotaggio" fino alla quota inizio campione;
- l'infissione dei rivestimenti fino alla stessa quota;
- l'eventuale manovra di pulizia del fondo foro;
- vengano condotte senza generare sforzi e sovrappressioni di fluido al fondo del foro tali da disturbare anche il terreno naturale sottostante.

In particolare:

- devono essere evitati rapidi movimenti assiali della batteria;
- deve essere mantenuta bassa (1-2 bar più del carico idrostatico) la pressione del fluido di circolazione.

Nel prelievo di campioni indisturbati sia a pressione che con i rotativi, la manovra di infissione del campionatore deve essere continua ed in unica tratta, cioè senza interruzioni, riprese, ecc.. Ne consegue fra l'altro che i campionatori "a percussione" non sono idonei al prelievo di campioni indisturbati. La scelta del tipo di campionatore per il prelievo dei campioni indisturbati deve sempre essere fatta sulla base dei seguenti due fattori:

- la consistenza del terreno;
- la presenza di inclusi o livelletti lapidei cementati, ecc.

Nel primo caso la priorità va data al campionatore a pistone Osterberg. Solo quando la consistenza del terreno è tale da non consentire l'infissione dell'Osterberg si passerà, previa autorizzazione del committente, ad un altro campionatore che nell'ordine di preferenza tecnica sarà sempre del tipo a pressione, pareti sottili e con pistone, per poi passare nel caso di terreni molto compatti al rotativo a pareti sottili.

Nel secondo caso deve essere giudicato in posto, dopo le prime esperienze, se inclusi e livelletti duri sono tali da rovinare la fustella a pareti sottili.

I campioni, immediatamente dopo il prelievo, dovranno essere paraffinati, sigillati con tappi ad espansione, stoccati in prossimità del cantiere e protetti da insolazione diretta.

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

Art. 9 FORNITURA DI CASSETTE CATALOGATRICI

I testimoni (campioni di terreno o carote), prelevati nel corso dei sondaggi, saranno custoditi in apposite cassette catalogatrici munite di setti divisorii e coperchio recanti l'indicazione del cantiere, il numero del sondaggio e profondità dal p.c. dei prelievi conservati.

L'uso delle cassette per il tempo di esecuzione delle indagini verrà compensato nella relativa voce di prezzo.

Art. 10 ESECUZIONE DI PROVE S.P.T.

Nel corso dei sondaggi, attraversando formazioni di terreno non coesivo (sabbie, sabbie con ghiaie) o strati non campionabili allo stato indisturbato (coesivi ma contenenti noduli o elementi lapidei) potranno eseguirsi prove di resistenza alla penetrazione con modalità dello "Standard Penetration Test" (S.P.T.).

Le prove verranno condotte con le modalità esecutive descritte dalle "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche" – A.G.I. 1977 (Associazione Geotecnica Italiana).

La prova verrà eseguita dopo aver pulito accuratamente il fondo fino alla quota di inizio prova ed accertando che non si verificano rifluimenti e franamenti prima della prova.

Operando in foro di sondaggio avente diametro 5" si disporranno opportuni distanziatori lungo la colonna delle aste per evitarne la flessione elastica durante la battitura.

Un numero di colpi superiore a 50 per singolo tratto di 15 cm di infissione testimonierà circa l'impossibilità di proseguire la prova. In tal caso verrà annotata la penetrazione con 50 colpi o più.

I valori di resistenza misurati verranno riportati, in funzione della profondità, nella stratigrafia del sondaggio.

Le prove S.P.T. saranno computate per ogni operazione completa eseguita.

Art. 11 INCLINOMETRI

La colonna inclinometrica è costituita da elementi di tubo in alluminio o PVC del diametro di circa 90 mm a quattro scanalature, della lunghezza di ml 3,00 giuntati tra di loro con manicotti speciali chiodati e corredata di valvola di fondo per la cementazione dell'intercapedine con il perforo in cui essa va installata.

Installazione

La colonna verrà installata in foro di sondaggio o in perforo a distruzione di nucleo di diametro non minore di 100 mm e non maggiore di 120 mm al fine di evitare una cementazione troppo rigida dell'intercapedine.

Una volta eseguito o pulito il foro si procederà all'installazione della colonna formata da spezzoni di tubo man mano collegati fra loro. Tutte le giunzioni della tubazione (tappo di fondo, manicotti) saranno sigillate con il mastice e fasciate col nastro adesivo.

Qualora la spinta idrostatica contrastasse l'infissione della colonna, questa potrà essere appesantita con spezzoni di tondino di ferro applicato all'esterno o riempita con acqua e fango. Estrema attenzione va posta nell'effettuare le manovre onde non tranciare i sistemi di collegamento dei vari spezzoni di tubo ed evitare piegamenti e torsioni dei tubi stessi.

Il riempimento dell'intercapedine fra il tubo inclinometrico e la parte del foro va eseguito iniettando attraverso la valvola di fondo una miscela di cemento, bentonite ed acqua. Qualora siano presenti colonne di rivestimento la loro estrazione andrà fatta evitandone la rotazione per non tranciare la colonna inclinometrica.

Se si è impiegato del fango per l'appesantimento del tubo inclinometrico durante il suo inserimento nel foro, si dovrà eseguire al termine dell'installazione un accurato lavaggio interno dal fondo sostituendo il fango con acqua pulita. Un pozzetto di ispezione va posto in opera alla sommità del tubo provvisto di idonea chiusura e sarà compensato con il relativo prezzo di elenco.

Rilievi inclinometrici

Al termine dell'installazione a perfetta regola d'arte delle colonne inclinometriche dietro autorizzazione della Direzione Lavori dovrà essere avviata una campagna di letture inclinometriche per ogni inclinometro installato, la campagna prevede n° 3 (tre) letture con passo 1,00 m da effettuarsi nell'arco di 90 giorni naturali e consecutivi, a partire dalla avvenuta perfetta cementazione del tubo inclinometrico. La data in cui si intende procedere per effettuare ogni singola lettura dovrà essere concordata con la Direzione Lavori.

L'eventuale presentazione di domande per le suddette autorizzazioni sarà curata dall'Appaltatore che provvederà a fornire tutta la documentazione tecnica necessaria (rilievi, planimetrie, eventuale studio delle deviazioni provvisorie del traffico, ecc.).

La misura consiste nel rilievo a diverse quote dell'inclinazione dell'asse della tubazione nei confronti della verticale.

Tali misure vengono eseguite mediante una sonda di misura rimovibile ("sonda inclinometrica") che monta all'interno una coppia di sensori tra loro ortogonali per la rilevazione delle componenti dell'inclinazione nei rispettivi piani di sensibilità.

La sonda per effettuare le misure è collegata alla centralina di misura portatile, che alimenta i sensori e acquisisce i dati fisici, mediante un cavo segnato (equivalente al passo dei rilevamenti).

Nota il passo delle misure (50 cm o 100 cm) e le componenti dell'inclinazione sui due piani ortogonali, si può ricavare l'assetto del tubo nello spazio. Questo, confrontato con l'assetto iniziale a seguito dell'installazione, fornisce gli spostamenti che il tubo ha subito nell'intervallo di tempo. Dalle componenti di spostamento rilevate dai due sensori si può derivare la direzione inclinometrica degli spostamenti (azimut).

È determinante, al fine di ottenere delle informazioni significative, che la colonna inclinometrica risulti incastrata al piede entro il substrato stabile per almeno qualche metro.

Art. 12 PIEZOMETRI E RILIEVO DI FALDA

Piezometro a tubo aperto

L'installazione di un piezometro ha come scopo quello di potere controllare il livello della falda o delle falde di acqua presenti nel terreno e di seguirne nel tempo le variazioni.

In seguito viene presa in esame l'installazione di piezometri a tubo microfessurato (open-stand-pipe) ovvero la posa di una batteria di tubi in PVC rigido; tali tubi hanno uno spessore di 1 · 2 mm e diametro di 40 · 80 mm (2" - 4"); vengono forniti in spezzoni ciechi o fessurati di lunghezza non superiore a 3 m con giunti filettati ben sigillanti; è necessario rivestire con calza geotessile il tratto ove, in base alla precedente perforazione, si suppone abbia sede la falda d'acqua. Il tratto fessurato, di lunghezza variabile, sarà realizzato alla distanza di 1 m dall'estremità inferiore del tubo piezometrico; la finestratura avrà apertura di 0.4 · 1.0 mm. Nel fondo sarà applicato l'apposito tappo di chiusura.

L'impiego di questi piezometri è generalmente limitato al campo dei terreni uniformi permeabili o molto permeabili ($K > 10^{-5}$ m/sec).

L'utilizzo di tubi piezometrici di materiali o dimensioni diversi da quelli descritti dovrà essere subordinato ad approvazione da parte della direzione dei lavori.

Preparazione del foro

Dopo aver controllato la quota di fondo del foro con scandaglio si esegue il lavaggio della perforazione con acqua pulita immessa dal fondo.

Il foro o il tratto di foro dove deve essere installato il tubo piezometrico deve essere perforato ad acqua oppure con fanghi a polimeri degradabili.

Se il piezometro non deve essere posato a fondo del foro, prima dell'installazione, il foro deve essere riempito, (ritirando man mano i rivestimenti) fino alla quota 0.5 · 1.5 m più in basso di quella di installazione del piezometro, con miscela cemento-bentonite-acqua in proporzioni tali che la consistenza della miscela, a presa avvenuta, sia simile a quella del terreno nella zona del piezometro.

Indicativamente una miscela costituita da 30 · 50 parti in peso di cemento, 6 · 10 di bentonite e 100 di acqua, può essere considerata adeguata nei terreni medi. Una volta avuta la presa, il foro deve essere accuratamente lavato con acqua pulita (previo degrado nel caso di presenza di fango a polimeri), interponendo se necessario un sottile tappo di palline di bentonite e ghiaietto per stabilizzare il tetto della miscela plastica.

Installazione

L'installazione seguirà le seguenti fasi:

- a) prima di estrarre il rivestimento provvisorio si laverà l'interno del foro con abbondante acqua pulita;
- b) posa di uno strato di spessore 0.5 m di sabbia grossa pulita ($\phi = 1 - 4$ mm);
- c) discesa a quota del piezometro assemblato secondo la sequenza di tratti ciechi e fenestrati prevista dalla direzione dei lavori. Nel caso di piezometri collegati a mezzo di tubi rigidi o semirigidi (PVC), comunque in spezzoni aggiuntabili senza filettatura, le giunzioni devono essere sigillate con teflon, loctite, ecc. ed innestate in modo da garantire la perfetta tenuta. Il tratto fenestrato dovrà essere protetto con geosintetico (tessuto non tessuto) e l'estremità inferiore del tubo sarà chiusa con apposito tappo di fondo. Le fessure avranno apertura ≤ 1 mm e la calza di geotessile avrà luce non superiore a 0.5 mm;
- d) posa di sabbia grossa ($\phi = 1 - 4$ mm) pulita o materiale granulare pulito ($\phi = 2 - 4$ mm) attorno al tubo fino a risalire di 1 m dall'estremità superiore del tratto fenestrato, ritirando man mano la colonna di rivestimento, senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che il piezometro non risalga assieme ai rivestimenti;
- e) posa del tappo impermeabile superiore, costituito da palline di bentonite preconfezionate ($\phi = 1 \cdot 2$ cm) in strati di 20 cm alternate a straterelli di ghiaietto di 2 · 3 cm, per lo spessore complessivo di 1 m, ritirando man mano i rivestimenti (senza l'ausilio della rotazione) e costipando sui livelli di ghiaietto;
- f) riempimento del foro al di sopra del tappo impermeabile superiore fino alla sommità mediante miscela plastica identica a quella già menzionata, colata attraverso una batteria di tubi sottili ($3/8" \cdot 1/2"$) discesi al fondo del foro o utilizzando apposito tubicino (Rilsan) preassemblato esternamente al tubo in PVC. In alternativa si potrà colmare il tratto superiore dell'intercapedine con materiale limo-argilloso o sabbioso. L'estremità superiore dei tubi sarà protetta con apposito tappo;
- g) sistemazione e protezione del piezometro con la creazione di pozzetto in lamiera verniciata, ben cementato nel terreno, munito di coperchio con lucchetto e chiavi che verranno consegnate al direttore dei lavori; nel caso di installazione in luoghi aperti al traffico veicolare o pedonale (strade, piazzali, marciapiedi), e solo su specifica richiesta della direzione dei lavori, in luogo del chiusino standard dovrà essere installato idoneo chiusino carrabile in ghisa, posto in opera a filo della pavimentazione esistente;
- h) spurgo, collaudo del piezometro ed esecuzione della prima lettura significativa, da considerarsi tale dopo aver eseguito almeno tre letture, la prima delle quali deve avvenire a non meno di due ore dalla realizzazione del piezometro e le successive a distanza di 24 ore l'una dall'altra; a questa fase dovrà presenziare la direzione dei lavori che successivamente prenderà in consegna il piezometro. Per la lettura del livello dell'acqua si utilizzeranno sondine freaticometriche (scandagli elettrici).

Documentazione

La documentazione relativa alla posa in opera di un tubo piezometrico deve comprendere:

- stratigrafia del foro di sondaggio;

- schema, tipo e posizione del piezometro installato;
- quote del tratto cieco e di quello finestrato;
- quota assoluta del bordo superiore del pozzetto di protezione;
- tabella con valori delle letture eseguite fino alla consegna.

Piezometro "tipo Casagrande"

Il piezometro è costituito da una punta filtrante che va localizzata in corrispondenza dello strato da esaminare, opportunamente isolata dagli strati contigui e da un collegamento fino al piano campagna costituito da n. 2 tubicini in PVC del diametro di 1/2" circa.

L'isolamento della punta viene realizzato mediante l'esecuzione di un tappo impermeabile in sfere di argilla o bentonite opportunamente pestellate, da uno strato filtrante di circa ml 1,5 ove viene posizionata la punta e da un ulteriore tappo impermeabile; il tratto di collegamento viene comunemente riempito con materiale di risulta.

La possibilità dello spurgo della cella da un lato e della doppia lettura del livello acquifero dell'altro, assicurano l'esattezza della misura.

In superficie si provvederà ad eseguire un idoneo pozzetto con chiusino per il contenimento della testa del piezometro. Tale chiusino verrà compensato con il relativo prezzo di elenco.

L'installazione del piezometro è compensato per ogni punta piezometrica e per ogni metro lineare di doppio tubo installato tra la quota del piano campagna ed il piezometro e comprende il rilievo di falda per ogni piezometro durante la durata del cantiere.

Preparazione del Foro

Il foro o il tratto di foro dove deve essere installata la cella piezometrica deve essere perforato ad acqua oppure con fanghi a polimeri degradabili.

In ogni caso, prima dell'installazione, il foro deve essere riempito (ritirando man mano i rivestimenti) fino ad una quota che sia di 0,5 m più bassa di quella di installazione del primo piezometro, con miscela cemento-bentonite-acqua in proporzioni tale che la consistenza della miscela, a presa avvenuta, sia simile a quella del terreno nella zona del piezometro. Indicativamente una miscela costituita da 30 parti di peso cemento, 6 di bentonite e 100 di acqua, può essere considerata adeguata nei terreni medi.

Ad avvenuto inizio della presa, il foro deve essere accuratamente lavato (previo degrado nel caso di presenza di fanghi a polimeri) con acqua pulita interponendo se necessario un sottile tappo di palline di bentonite e ghiaietto per stabilizzare il tetto della miscela plastica.

Installazione

L'installazione seguirà le seguenti fasi:

- a) posa di uno strato di spessore 0,5 m di sabbia grossa pulita (1-4 mm);
- b) discesa a quota del piezometro con i relativi tubi di collegamento alla superficie. Nel caso di piezometri collegati a mezzo di tubi rigidi o semirigidi (PVC), comunque in spezzoni aggiuntabili, le giunzioni devono essere sigillate con teflon, loctite, ecc., in modo da garantire la perfetta tenuta.
- c) posa di sabbia pulita attorno e sopra (0,5 m) il piezometro, ritirando man mano la colonna di rivestimento, senza l'ausilio della rotazione, con l'avvenenza di controllare che il piezometro non risalga assieme ai rivestimenti e che in colonna ci sia sempre un po' di sabbia.

- d) posa del tappo impermeabile superiore costituito da palline di bentonite preconfezionate (1-2 cm) in strati di 20 cm alternate a straterelli di ghiaietto di 2-3 cm, per lo spessore complessivo di 1 m, ritirando man mano i rivestimenti (senza ruotare) e costipando sui livelli di ghiaietto. il rivestimento viene man mano ritirato con la solita avvertenza. Nel caso di vicinanza alla quota di posa del secondo piezometro (ove prescritti) il tappo impermeabile può essere prolungato fino a 0,5 m al di sotto di tale quota; la posa del secondo piezometro avverrà ripetendo le operazioni a), b), c), d), precedentemente descritte.)
- e) Riempimento del foro al di sopra del tappo impermeabile superiore fino alla sommità, mediante miscela plastica identica a quella già menzionata, colata attraverso aste discese al fondo del foro. Va tenuto presente che in presenza di 2 piezometri, può risultare difficoltoso (e pericoloso per i tubetti di collegamento) l'inserimento di questa batteria di astine, per la presenza di numerosi tubi nel foro. Si deve pertanto provvedere all'installazione delle astine di immissione della miscela fino dalla fase di messa in opera del secondo piezometro.
- f) Sistemazione e protezione dell'estremità del (dei) piezometro (i) con la creazione di pozzetto a raso drenato al fine di evitare che eventuali acque superficiali penetrino nei tubicini del piezometro, ben cementato nel terreno, e munito di coperchio con lucchetto le cui chiavi verranno consegnate alla Direzione Lavori.
- g) Spurgo e collaudo del piezometro con la determinazione della prima lettura significativa a seguito dell'esecuzione di una serie di almeno tre letture, la prima delle quali deve avvenire a non meno di 2 ore dalla realizzazione del piezometro e le successive a distanza di 24 ore l'una dall'altra. A queste fasi dovrà presenziare la Direzione Lavori che prenderà successivamente in consegna il piezometro.

Art. 13 PROVE GEOFISICHE

Installazione di tubi per prove geofisiche "down-hole"

I tubi per prospezioni sismiche "down-hole" hanno sezione circolare, con le seguenti caratteristiche:

- spessore = 3 mm.
- diametro interno \varnothing int = 75-100 mm.

I tubi sono realizzati in PVC in spezzoni da 3 m. di lunghezza ed assemblati mediante filettatura a vite o eventuali manicotti di giunzione.

Modalità di installazione

La perforazione sarà eseguita con diametro sufficiente a permettere l'installazione nel foro del tubo completo dei tubi esterni di iniezione.

Nel corso della perforazione si avrà cura di evitare reflussi in colonna e decompressioni del terreno nell'intorno del foro.

I rivestimenti dovranno poter essere estratti con sola trazione senza rotazione.

Prima dell'installazione, dovranno essere eseguiti i seguenti controlli:

- controllare che i tubi ed i manicotti non presentino lesioni o schiacciate dovuti al trasporto, soprattutto nelle parti terminali;
- controllare che le estremità dei tubi e dei manicotti non presentino sbavature che possano compromettere il buon accoppiamento dei tubi stessi;

- verifica della disponibilità e dell'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione da applicare all'esterno della colonna;
- controllo e preparazione dei componenti per la realizzazione della miscela di cementazione che sarà composta da acqua, cemento e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso;
- controllo degli utensili per l'installazione; diametro delle punte del trapano, diametro e lunghezza dei rivetti, tipo e scadenza del collante, efficienza della morsa di sostegno.

La posa in opera dei tubi dovrà avvenire in accordo con le seguenti modalità (l'uso dei manicotti e dei rivetti è facoltativo):

- a) lavare accuratamente la perforazione con acqua pulita;
- b) preassemblare i tubi in spezzoni di 6,00 m, terminanti ad un estremo con un manicotto, nella forma seguente:
 - inserire il manicotto sul tubo per metà della sua lunghezza;
 - praticare i fori per i rivetti lungo generatrici equidistanti dalle guide e a circa 50 mm dall'estremità del manicotto;
 - mantenendo in posizione il manicotto mediante spine, introdurre l'altro tubo e forare; rimuovere il manicotto;
 - applicare un sottile strato di mastice sul tubo e all'interno del manicotto, attendere almeno 5 minuti;
 - infilare il primo tubo sul manicotto e chiodare con rivetti o serrare con nastro adesivo;
 - evitando bruschi movimenti che possano causare torsioni, fasciare abbondantemente con nastro autovulcanizzante.
- c) montare sul primo spezzone, già munito di manicotto, il tappo di fondo e fissare il tubo per l'iniezione;
- d) inserire il primo tubo predisposto nella perforazione (in terreni sotto falda riempire il tubo di acqua per contrastare la spinta di Archimede e favorirne l'affondamento);
- e) bloccare il tubo mediante l'apposita morsa in modo che dalla perforazione fuoriesca solamente il manicotto di giunzione;
- f) inserire lo spezzone successivo ed eseguire l'incollaggio, la rivettatura e la sigillatura del giunto;
- g) allentare la morsa e calare il tubo nel foro (riempendolo d'acqua se necessario) fissando nel contempo il tubo d'iniezione. Bloccare la colonna con la morsa quando fuoriesce solamente il manicotto;
- h) procedere di seguito fino al completamento della colonna annotando la lunghezza dei tratti di tubo e la posizione dei manicotti;
- i) completata la colonna, iniziare la cementazione che dovrà avvenire a bassa pressione ($P = 2$ atm) attraverso il tubo di iniezione, osservando la risalita della miscela all'esterno dei tubi. I rivestimenti di perforazione devono essere estratti, operando solo a trazione, non appena la miscela appare in superficie. Nella fase di estrazione dei rivestimenti il rabbocco di miscela potrà essere eseguito dalla testa del foro anziché attraverso il tubo di iniezione, per mantenere il livello costante a piano campagna.; qualora si noti l'abbassamento del livello della miscela il rabbocco dovrà continuare nei giorni successivi;
- j) nella fase finale della cementazione si dovrà provvedere all'installazione attorno al tratto superiore del tubo di prova di un tubo di protezione in acciaio o p.v.c. pesante (diametro interno minimo $\varnothing_{int} = 0,12$ m., lunghezza $L = 1,00$ m.)(Flangia). Il tubo sporgerà di $10 \div 15$ cm. dalla

sommità del tubo per prove geofisiche e sarà provvisto di un coperchio in acciaio dotato di lucchetto;

- k) terminata la cementazione il tubo di prova sarà accuratamente lavato con un attrezzo a fori radiali e acqua pulita;
- l) dopo il lavaggio e a presa avviata, si dovrà verificare la continuità e l'integrità del tubo che dovrà essere internamente liscio e privo di sporgenze.

Dispositivo di energizzazione

La direzione dei lavori può richiedere alla distanza di 2,00 m. dalla bocca del foro la realizzazione di un cubo in calcestruzzo di lato 50 cm., inserito nel terreno per 20 cm. e reso ben solidale con il medesimo.

A presa e indurimento avvenuti, tale cubo deve essere resistente alla percussione manuale con mazza da 10 kg. e privo di lesioni, fratture, fessure da ritiro.

In alternativa al cubo, sempre se richiesto, sarà realizzato un alloggiamento interrato in cls per l'uso di un percussore idraulico.

Documentazione

La documentazione comprenderà:

- informazioni generali;
- schema geometrico del tubo installato;
- quota assoluta della testa del tubo;
- caratteristiche del tubo installato;
- modalità, quantità e composizione della miscela iniettata nell'intercapedine;
- ubicazione e caratteristiche descrittive del dispositivo di energizzazione con date di esecuzione del getto.

Installazione di tubi per prove geofisiche "cross-hole"

I tubi per prove "cross-hole" hanno sezione circolare, con le seguenti caratteristiche:

- spessore = 3 mm;
- diametro interno $\varnothing_{int} = 90 \div 100$ mm.

I tubi sono realizzati in PVC in spezzoni da 3 m di lunghezza ed assemblati mediante filettatura a vite ed eventuali manicotti di giunzione.

Modalità di installazione

La perforazione sarà eseguita con diametro sufficiente a permettere l'installazione nel foro del tubo completo dei tubi esterni di iniezione.

Nel corso della perforazione si avrà cura di evitare reflussi in colonna e decompressioni del terreno nell'intorno del foro.

I rivestimenti dovranno poter essere estratti con sola trazione senza rotazione.

Prima dell'installazione, dovranno essere eseguiti i seguenti controlli:

- controllare che i tubi ed i manicotti non presentino lesioni o schiacciature dovuti al trasporto, soprattutto nelle parti terminali;

- controllare che le estremità dei tubi e dei manicotti non presentino sbavature che possano compromettere il buon accoppiamento dei tubi stessi;
- verifica della disponibilità e dell'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione da applicare all'esterno della colonna;
- controllo e preparazione dei componenti per la realizzazione della miscela di cementazione che sarà composta da acqua, cemento e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso;
- controllo degli utensili per l'installazione; diametro delle punte del trapano, diametro e lunghezza dei rivetti, tipo e scadenza del collante, efficienza della morsa di sostegno.

Prima dell'installazione vera e propria, dovranno essere eseguiti i seguenti controlli:

- controllare che i tubi ed i manicotti non presentino lesioni o schiacciature dovuti al trasporto, soprattutto nelle parti terminali;
- controllare che le estremità dei tubi e dei manicotti non presentino sbavature che possano compromettere il buon accoppiamento dei tubi stessi;
- verifica della disponibilità e dell'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione da applicare all'esterno della colonna;
- controllo e preparazione dei componenti per la realizzazione della miscela di cementazione che sarà composta da acqua, cemento e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso;
- controllo degli utensili per l'installazione: diametro delle punte del trapano, diametro e lunghezza dei rivetti, tipo e scadenza del collante, efficienza della morsa di sostegno.

La posa in opera dei tubi dovrà avvenire in accordo con le seguenti modalità (l'uso dei manicotti e dei rivetti è facoltativo):

- a) lavare accuratamente la perforazione con acqua pulita;
- b) preassemblare i tubi in spezzoni di 6,00 m, terminanti ad un estremo con un manicotto, nella forma seguente:
 - inserire il manicotto sul tubo per metà della sua lunghezza;
 - praticare i fori per i rivetti lungo generatrici equidistanti dalle guide e a circa 50 mm dall'estremità del manicotto;
 - mantenendo in posizione il manicotto mediante spine, introdurre l'altro tubo e forare;
 - rimuovere il manicotto;
 - applicare un sottile strato di mastice sul tubo e all'interno del manicotto, attendere almeno 5 minuti;
 - infilare il primo tubo sul manicotto e chiodare con rivetti;
 - evitando bruschi movimenti che possano causare torsioni, fasciare abbondantemente con nastro autovulcanizzante.
- c) montare sul primo spezzone, già munito di manicotto, il tappo di fondo e fissare il tubo per l'iniezione;
- d) inserire il primo tubo predisposto nella perforazione (in terreni sotto falda riempire il tubo di acqua per contrastare la spinta di Archimede e favorirne l'affondamento);
- e) bloccare il tubo mediante l'apposita morsa in modo che dalla perforazione fuoriesca solamente il manicotto di giunzione;
- f) inserire lo spezzone successivo ed eseguire l'incollaggio, la rivettatura e la sigillatura del giunto;

- g) allentare la morsa e calare il tubo nel foro (riempendolo d'acqua se necessario) fissando nel contempo il tubo d'iniezione. Bloccare la colonna con la morsa quando fuoriesce solamente il manicotto;
- h) procedere di seguito fino al completamento della colonna annotando la lunghezza dei tratti di tubo e la posizione dei manicotti;
- i) completata la colonna, iniziare la cementazione che dovrà avvenire a bassa pressione ($P = 2$ atm) attraverso il tubo d'iniezione, osservando la risalita della miscela all'esterno dei tubi. I rivestimenti di perforazione devono essere estratti, operando solo a trazione, non appena la miscela appare in superficie nella fase di estrazione dei rivestimenti il rabbocco di miscela potrà essere eseguito dalla testa del foro anziché attraverso il tubo di iniezione, per mantenere il livello costante a p.c.; qualora si noti l'abbassamento del livello della miscela il rabbocco dovrà continuare nei giorni successivi;
- j) Nella fase finale della cementazione si dovrà provvedere all'installazione attorno al tratto superiore del tubo di prova di un tubo di protezione in acciaio o p.v.c. pesante (diametro interno minimo $\varnothing_{int} = 12$ m., lunghezza $L = 1,00$ m.). Il tubo sporgerà di 10÷15 cm. dalla sommità del tubo per prove geofisiche e sarà provvisto di un coperchio in acciaio dotato di lucchetto;
- k) terminata la cementazione il tubo di prova sarà accuratamente lavato con un attrezzo a fori radiali e acqua pulita;
- l) dopo il lavaggio e a presa avviata, si dovrà verificare la continuità e l'integrità del tubo che dovrà essere internamente liscio e privo di sporgenze.

Controllo della verticalità

Al termine dell'installazione delle tubazioni per le misure, deve esserne verificata la verticalità, al fine di conoscere puntualmente l'effettiva distanza tra i fori eseguiti.

Per queste misure verrà utilizzata una sonda inclinometrica con 2 sensori ortogonali con sensibilità superiore a 0.07° . La sonda sarà del tipo a controllo azimutale e sarà calata con aste con connessione a baionetta; tale connessione è in grado di evitare modifiche dell'orientazione azimutale della sonda per l'intera durata della prova. Le misure verranno effettuate ogni metro e la loro restituzione grafica, che evidenzia la distanza in ogni punto della coppia di fori cross-hole, farà parte integrante della documentazione.

Documentazione

La documentazione comprenderà:

- informazioni generali;
- schema geometrico di ogni tubo installato;
- quota assoluta della testa del tubo;
- caratteristiche del tubo installato;
- modalità, quantità e composizione della miscela iniettata nell'intercapedine;
- rilievo inclinometrico della verticalità.

Prove sismiche passive "HVSr"

Le tecniche di sismica passiva si basano sulla misura e l'analisi del cosiddetto "rumore sismico ambientale" costituito da piccole vibrazioni del terreno (spostamenti dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-3} cm) che si possono osservare sperimentalmente in qualunque punto della superficie terrestre. Nel campo del rumore ambientale sono presenti sia onde di volume (onde P e S) che onde superficiali (onde di Love e

di Rayleigh). Il metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios), o HVNSR (Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratios) o "metodo di Nakamura", è una tecnica di registrazione a stazione singola che valuta sperimentalmente i rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e le componenti verticali (V) del segnale registrato, nell'ipotesi che la componente verticale non risenta degli effetti di amplificazione. Il risultato che si ottiene è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione. Le frequenze alle quali la curva H/V mostra dei massimi dipendono dalla sismostratigrafia del sottosuolo e sono funzione diretta della frequenza fondamentale di sito.

Il sistema di acquisizione utilizzato per le misure di microtremore a stazione singola si compone di un sensore a tre componenti (verticale, est-ovest e nord-sud) di frequenza naturale pari a 2 Hz, di un convertitore analogico digitale e di un sistema GPS.

Lo strumento di misura è posto a diretto contatto con il terreno e reso solidale con questo, curando la messa in bolla dei sensori. Le parti mobili della strumentazione sono poste al riparo da spostamenti d'aria, evitando il contatto con elementi mobili (fili d'erba, ecc.). È verificata la sufficiente distanza da edifici, alberi o strutture in elevazione, per evitare risentimenti di risonanze non dipendenti dalle geometrie del sottosuolo.

Documentazione fornita

La documentazione comprenderà:

- Indicazioni sui parametri di acquisizione;
- Curva H/V con deviazione standard in tutto l'intervallo di frequenze analizzato;
- Spettri delle singole componenti del moto (X, Y, Z) nello stesso intervallo di frequenze della curva H/V;
- Documentazione fotografica;
- Ubicazione della zona di indagine con l'indicazione del punto di indagine tramite planimetria di dettaglio;
- Sulla base delle frequenze di risonanza determinate sperimentalmente viene fornita una stima dello spessore della copertura responsabile dei possibili fenomeni di risonanza osservati.

Art. 14 PROVE PENETROMETRICHE

Prove penetrometriche dinamiche DPSH

La prova penetrometrica dinamica DPSH (Dynamic Probing Super Heavy) consiste nella misura, mediante penetrometro superpesante, della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard, infissa per battitura nel terreno per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione. Le informazioni che la prova fornisce sono di tipo continuo, poiché le misure di resistenza alla penetrazione sono eseguite durante tutta l'infissione. Il campo di utilizzo della prova comprende principalmente i terreni a granulometria grossolana, potendo altresì essere eseguita in pratica in tutti i tipi di terreno, coesivo o granulare. La prova fornisce una valutazione qualitativa del grado di addensamento e di consistenza dei terreni attraversati.

Le prove devono essere eseguite misurando il numero di colpi necessari per infiggere la punta conica nel terreno per tratti consecutivi di 20 cm (N20), a partire dal piano campagna.

Documentazione

La documentazione comprenderà:

- tabulazione dei dati rilevati (numero di colpi N20) per ciascuna verticale della prova;
- grafico del numero di colpi N20 in funzione della profondità;
- documentazione fotografica;
- ubicazione della zona di indagine con l'indicazione del punto di indagine tramite planimetria di dettaglio.

Prove penetrometriche statiche CPT

La prova penetrometrica statica CPT (Cone Penetration Test) consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni e caratteristiche standard, infissa nel terreno ad una velocità costante di 2 cm/s per mezzo di un martinetto idraulico che esercita la spinta su una batteria di aste cave alla cui estremità inferiore è collegata la punta. La punta di "tipo Begemann" è costituita da una parte conica terminale, attraverso la quale si misura la resistenza di punta R_p o q_c , e da un manicotto con cui è possibile misurare la resistenza di attrito laterale locale R_l o f_s . Le informazioni fornite dalla prova sono di tipo continuo, poiché le misure di resistenza alla penetrazione sono eseguite durante tutta l'infissione ed annotate ogni 20 cm. Il campo di utilizzo comprende principalmente i terreni a granulometria fine, potendo altresì essere eseguita praticamente in tutti i tipi di terreno, tranne in quelli ghiaiosi.

Le prove devono essere eseguite misurando i valori di resistenza alla punta e di attrito laterale restituiti da un manometro digitale collegato a celle di carico ed estensimetriche. Prima dell'esecuzione della prova, il penetrometro deve essere ancorato al terreno per mezzo di aste elicoidali che forniscono il contrasto necessario alla spinta operata dal pistone. Nella prima fase si misura la resistenza alla punta (R_p), nella seconda fase l'attrito totale ($R_t=R_p+R_l$) da cui si ricava l'attrito laterale ($R_l=R_t-R_p$). Tale sequenza viene ripetuta per ogni intervallo di 20 cm di penetrazione.

Documentazione

La documentazione comprenderà:

- tabulazione dei dati rilevati per ciascuna prova (R_p ed R_l) per ciascuna verticale di prova;
- grafico dell'andamento di R_p e R_l in funzione della profondità;
- documentazione fotografica;
- ubicazione della zona di indagine con l'indicazione del punto di indagine tramite corografia di dettaglio.

Art. 15 PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO E RAPPORTO DELLE INDAGINI

Altre prove non elencate nel presente elaborato, se richieste, saranno eseguite secondo quanto prescritto nella letteratura e raccomandazioni tecniche correnti.

Sui campioni indisturbati prelevati in fase di sondaggi diretti, saranno effettuate le analisi e le prove previste in progetto o altrimenti disposte dalla D.L.

Le risultanze delle analisi e delle prove geotecniche dovranno essere riportate in una apposita relazione.

Tale elaborato, a firma di un Geologo o di un Ingegnere, dovrà comprendere:

- descrizione dei campioni esaminati;

- certificazioni delle prove a mezzo appositi stampati, dai quali si evincano le curve caratteristiche e di parametri determinati;
- un quadro riepilogativo di tutte le indagini, dal quale sinteticamente si possano rilevare le caratteristiche fisico/meccaniche dei campioni esaminati;
- una relazione esplicativa delle modalità seguite durante le analisi e le prove, ed illustrativa dei risultati ottenuti.

Nella stessa relazione dovrà essere inserita una nota sullo stato di conservazione dei campioni pervenuti in laboratorio, in fustelle o contenitori.

Le prove dovranno essere effettuate facendo riferimento alle - "Raccomandazioni sulle prove di laboratorio" -A.G.I., 1994 - e alle prove C.N.R., U.N.I.

Art. 16 NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

La valutazione dei lavori sarà effettuata in contraddittorio tra la D.L. e l'Impresa aggiudicataria dell'appalto sulla base delle voci di elenco prezzi relative.

Ciascun prezzo include tutte le operazioni previste nelle norme tecniche ma che possono non essere specificate nella enunciazione delle singole voci di elenco prezzi: si fa riferimento in particolare a:

- sopralluoghi preliminari;
- indagini ed accertamenti delle canalizzazioni dei PP. SS. Con appositi scavi a mano;
- ricerca preesistenze di ogni natura nel sottosuolo;
- occupazione delle aree;
- pagamento dei danni ai proprietari;
- formazione e manutenzione delle piste di accesso e delle piazzole per i punti di indagine;
- eventuali bonifiche da residuati bellici;
- fornitura di materiali di consumo (carburanti, lubrificanti, fanghi (ecc.);
- fornitura dell'acqua necessaria alle perforazioni, allontanamento delle acque di risulta;
- l'esecuzione dal pozzetto o la fornitura della vasca di recupero delle acque di circolazione e quant'altro
- occorre necessario per l'esecuzione del carotaggio alla profondità indicata dalla committente Amministrazione;
- l'approntamento delle attrezzature di sondaggio;
- il trasporto in andata e ritorno delle attrezzature di perforazione e di supporto delle stesse (autobotte, pompe, ecc.) e del personale dalla sede al cantiere e viceversa.

Art. 17 RAPPORTO FINALE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE, PROVE E ANALISI DI LABORATORIO, RAPPORTI E RELAZIONI TECNICHE

Altre prove diverse da quelle sopra descritte, se richieste, saranno eseguite secondo quanto prescritto nella letteratura e raccomandazioni tecniche correnti. In particolare, per quanto non esplicitamente descritto nel presente elaborato, si potrà fare riferimento alle seguenti pubblicazioni tecnico-scientifiche:

M. Lanzini, S.A. Rabottino (2004) Stratigrafie. Descrizione, problematiche e linee guida per l'compilazione di stratigrafie geognostiche - Dario Flaccovio Ed., Palermo
M. Tanzini (2002) l'indagine geotecnica. Caratterizzazione geotecnica delle terre e delle rocce attraverso prove di laboratorio - Dario

Flaccovio Ed., Palermo S. Lombardo, F. Martoro, G. Venturini (2004) Schema di contratto e Capitolato Speciale d'appalto per indagini geognostiche e geotecniche - Dario Flaccovio Ed., Palermo.

Al termine dell'indagine in sito è onere dell'Impresa redigere un elaborato conclusivo comprendente l'elencazione di tutti i risultati conseguiti nell'esecuzione della campagna con allegati:

- stralcio dalla Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 con ubicazione esatta del sito o dei siti di indagine;
- planimetrie con l'esatta ubicazione dei sondaggi;
- particolare dell'ubicazione sondaggi (scala 1:200 con indicazione della quota del p.c.);
- stratigrafie sondaggi (scala 1:200);
- risultati delle prove in situ (comprese tutte le schede, i grafici e le elaborazioni intermedie) con indicazioni del sondaggio, della litologia, della profondità di riferimento per ciascuna prova;
- fotografie a colori delle cassette catalogatrici contenenti le carote prelevate.

Tale elaborato riporterà per ogni singolo sondaggio quanto segue:

- a) Committente;
- b) Impresa esecutrice;
- c) località di cantiere;
- d) numero progressivo del sondaggio;
- e) data inizio e fine esecuzione;
- f) diametro foro iniziale e finale;
- g) nomi del sondatore, degli aiutanti, del compilatore;
- h) coordinate del sondaggio riferita al caposaldo I.G.M.;
- i) quota sondaggio in valore assoluto e relativo;
- j) spessore degli strati attraversati;
- k) rappresentazione simbolica delle litologie (norme AGI 1977);
- l) descrizione geolitologica dei terreni nei seguenti aspetti fisici con il seguente ordine:
 - litologia;
 - colore;
 - stato di consistenza grado di addensamento e di alterazione;
 - inclusi di varia natura;
 - dimensioni e consistenza rispettiva;
- m) profondità di ciascuna manifestazione acquifera incontrata da semplici perdite a livelli freatici con indicazione delle quote massima e minima rilevata nel sondaggio fino a stabilizzazione;
- n) presenze di cavità;
- o) percentuale di carotaggio e qualità della roccia (R.Q.D.);
- p) profondità e lunghezza dei campioni indisturbati, profondità di prelievo dei campioni disturbati;
- q) dati di resistenza alla compressione rilevati dal Pocket Penetrometer;
- r) profondità e valori rilevati da prove in foro (S.P.T. ecc.);
- s) caratteristiche del carotiere, metodologia di perforazione adottate e velocità di avanzamento;
- t) franamenti;
- u) perdite di acqua di circolazione o di fanghi;
- v) metodi di stabilizzazione del foro se adottati.

Si indicherà inoltre:

- 1) inclinazione del sondaggio rispetto alla verticale e al suo orientamento;

- 2) metodi di perforazione impiegati nei diversi tratti;
- 3) tipo, costruttore e caratteristiche dell'attrezzatura di perforazione dei carotiere e del campionatore;
- 4) profondità del livello dell'acqua misurata all'inizio ed alla fine di ogni turno di lavoro nel foro di sondaggio;
- 5) rappresentazione schematica del tipo piezometro installato e relativa profondità, comprensivo di prima lettura della piezometrica;
- 6) rappresentazione schematica del tubo inclinometrico installato e relativa profondità.;
- 7) accadimenti particolari e condizioni meteorologiche;
- 8) località di deposito dei campioni, persona Ente o laboratorio di consegna, data di consegna.

Al rapporto finale dovrà essere allegata la corrispondente relazione sulle prove geotecniche di laboratorio di cui all'art. 15.

Dati, notizie ed elaborati suddetti, giornalmente aggiornati, devono essere conservati in cantiere a disposizione della Direzione Lavori e dei suoi consulenti per gli opportuni rilievi e controlli.

Art. 18 CONSEGNA ELABORATI

A conclusione della campagna di indagini le imprese dovranno produrre un rapporto illustrativo delle indagini effettuate comprensivo di allegati, certificati di prova, e tabulati e database delle misurazioni originali di campagna, delle prove di laboratorio e delle prove in situ.

Tutti gli elaborati prodotti inerenti la relazione sulle indagini in sito, le prove geofisiche e i rilievi inclinometrici, dovranno essere consegnati alla Committente in n° 3 copie cartacee e n° 1 su supporto magnetico, secondo le seguenti specifiche:

- con files compatibili Microsoft Office (Word, Excel, Access) e Adobe acrobat;
- disegni e restituzione rilievi su files compatibili AUTOCAD e su file grafico (TIF, JPG, PDF o equivalente);
- fotografie su file grafico (TIF, JPG, o equivalente).

Le riproduzioni digitali degli elaborati cartacei realizzate mediante scansione dovranno contenere anche la firma del redattore. Gli elaborati non dovranno contenere clausole di non riproducibilità.