

AUTORITA' DI BACINO REGIONALE

***PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO
IDROGEOLOGICO***

*Attività conoscitive propedeutiche alla redazione della
documentazione relativa alla valutazione del rischio da
frana (L.183/89 e 226/99)*

**Specifiche tecniche relative alle indagini in sito ed in
laboratorio, al monitoraggio, alle modalità di presentazione
dei risultati.**

Fisciano, 20.03.00

Nr. Rif. Aut. Bac. 99

INDICE

PARTE A - INDAGINI IN SITO IN TERRENI SCIOLTI

PARTE B - INDAGINI IN SITO IN ROCCE

PARTE C - PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

PARTE D - MONITORAGGIO

PARTE E - MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

PARTE F - ULTERIORI RIFERIMENTI TECNICO-NORMATIVI

PARTE A - INDAGINI IN SITO IN TERRENI SCIOLTI

A.1 - Sondaggi meccanici

A.2 - Perforazione a distruzione di nucleo

A.3 - Pozzetti

A.4 - Prelievo di campioni indisturbati

A.5 - Conservazione e trasporto dei campioni

A.6 - Stendimenti sismici a rifrazione

A.7 - Prova penetrometrica dinamica (SPT)

A.8 - Prova penetrometrica statica (CPT)

A.9 - Prove di permeabilità

A.1 - Sondaggi meccanici

I sondaggi meccanici dovranno essere eseguiti a carotaggio continuo o a distruzione di nucleo. Con essi si devono perseguire i seguenti fini:

- ricostruzione, con diverso livello di dettaglio ed affidabilità, della stratigrafia del sottosuolo mediante l'esame dei detriti di perforazione e/o del carotaggio continuo prodotto;
- prelievo di campioni indisturbati per la sperimentazione geotecnica di laboratorio;
- esecuzione di rilievi e prove.

La perforazione deve essere eseguita con attrezzature scelte a discrezione dell'Impresa ed approvate dalla D.L.

Il diametro minimo reso a fondo foro dovrà essere tale da garantire il prelievo di campioni intatti e l'esecuzione delle prove penetrometriche SPT fino a fondo foro. L'Impresa, a suo rischio, deve fissare il diametro iniziale ed i successivi, onde raggiungere le condizioni ora dette.

La profondità massima di ogni sondaggio verrà fissata dalla Direzione Lavori prima di iniziare il sondaggio; in base agli elementi posti in evidenza con il sondaggio stesso essa potrà essere modificata nel corso dell'esecuzione.

Nel corso del sondaggio sarà rilevata la stratigrafia del terreno attraversato; in essa dovranno comparire tutti gli elementi relativi ai campionamenti rimaneggiati ed indisturbati ed alle prove con pocket penetrometrico eseguite sulle carote appena prelevate.

Nel corso del sondaggio, all'inizio ed alla fine di ciascun turno di lavoro, dovrà essere misurato il livello d'acqua all'interno del foro di perforazione. Pertanto, bisognerà curare 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, nel caso non debba essere strumentato, verrà riempito con materiale di risulta, od altro reperito sul posto, ovvero con cementazione dello

stesso, se esplicitamente richiesto dal Direttore dei Lavori. Prima di riempire il foro l'Impresa dovrà avere il nulla osta della Direzione Lavori.

I sondaggi saranno valutati per metro di foro eseguito e misurato dal piano d'imposta della attrezzatura ed al momento stesso del raggiungimento della profondità massima.

Per la perforazione dovranno essere utilizzate sonde a rotazione (con testa idraulica) con argano a fune con requisiti idonei alle profondità massime da raggiungere, al tipo di prove da eseguire, ai campioni da prelevare ed all'accessibilità dei luoghi.

La Direzione Lavori dovrà quindi accertare, in relazione a quanto anzi detto, la compatibilità delle seguenti caratteristiche delle sonde:

- a) velocità di rotazione;
- b) coppia minima;
- c) corsa continua;
- d) spinta;
- e) tiro;
- f) pressione pompa.

L'Impresa dovrà disporre dei seguenti *utensili di perforazione*:

- a) carotiere semplice del diametro nominale esterno pari a 101÷146 mm e lunghezza utile pari a 150÷300 cm;
- b) carotiere doppio a corona sottile (T2, T6) con estrattore, del diametro nominale esterno maggiore o uguale a 100 mm;
- c) corone di perforazione in widia e/o diamantate;
- d) aste di perforazione con filettatura tronco-conica con diametro esterno maggiore o uguale a 50 mm.

Deve far parte del corredo della sonda la seguente *strumentazione*:

- a) scandaglio o filo graduato, per misurare la quota reale di fondo foro;
- b) sondina piezometrica elettrica;

- c) penetrometro tascabile con fondo scala maggiore o eguale a 5 kg/cm².

Le perforazioni dovranno avanzare a secco per quanto possibile, e dovranno essere impiegate le tubazioni necessarie per assicurare la stabilità del foro, ricorrendo all'impiego di fanghi bentonitici o di additivi sintetici soltanto se strettamente necessario, dopo averlo concordato con la D.L., al fine di evitare modifiche della permeabilità dei terreni in prossimità del foro, ed influenzare così i successivi rilievi della falda.

Prima di ogni campionamento o prova in foro o installazione di apparecchiatura dovrà essere accuratamente controllata la stabilità e la pulizia del foro di sondaggio.

A tal fine, prima di eseguire le suddette operazioni, bisognerà verificare con scandaglio che la quota del fondo foro non abbia subito variazioni a causa di franamenti o rifluimenti in colonna. L'eventuale pulizia del foro dovrà essere eseguita mediante l'uso di carotiere semplice.

Il diametro della perforazione dovrà essere scelto in modo da assicurare il prelievo di campioni intatti e l'esecuzione delle prove S.P.T. fino al fondo del foro, in corrispondenza del quale il diametro utile dovrà essere pari ad almeno 101 mm.

L'intera campionatura estratta nel corso dei sondaggi dovrà essere conservata in apposite cassette catalogatrici. Su ogni cassetta verranno riportate la denominazione del cantiere, il numero del sondaggio e le quote iniziale e finale del tratto di perforazione contenuto nella cassetta. Alle due estremità di ogni scomparto verranno riportate le quote del tratto contenuto nello scomparto stesso.

All'interno di ogni cassetta dovranno essere evidenziate le quote di eventuali campioni indisturbati o rimaneggiati prelevati per l'invio al laboratorio per l'esecuzione delle prove geotecniche e\o le quote di esecuzione delle prove in foro.

La campionatura estratta dovrà coprire l'intera lunghezza esplorata, ad eccezione dei tratti relativi ai campioni indisturbati, e verrà conservata in apposite cassette catalogatrici. La percentuale di carotaggio dovrà essere non inferiore al 75% nei tratti di terreni coesivi; nei tratti di terreni incoerenti verrà tollerata una percentuale non inferiore al 50%.

Questa campionatura dovrà consentire la descrizione della natura dei terreni attraversati e dei loro caratteri strutturali, elemento questo molto importante nel caso in esame. Il sondaggio verrà quindi ritenuto valido soltanto se verranno rispettate queste due condizioni sul volume e sulla qualità della campionatura.

Nel corso delle perforazioni la D.L. potrà richiedere il prelievo di ***campioni rimaneggiati***. Questi 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 a grana fina e di circa 5 kg per quelli a grana grossa; per questi ultimi, in caso di spessori limitati, detta quantità potrà essere ridotta, in funzione della granulometria individuata. Nella scelta si avrà cura di eliminare le parti di campione alterate dalla azione del carotiere (corteccia, parti bruciate, tratti dilavati, ecc.).

Su tutta la campionatura e sui campioni indisturbati verranno eseguite misure di consistenza mediante penetrometro tascabile, limitatamente ai tratti in cui sono presenti terreni a grana fina e nei quali il disturbo a vista verrà valutato limitato; possibilmente queste misure verranno eseguite ogni mezzo metro.

Tutte le cassette catalogatrici verranno conservate in cantiere in un apposito locale. L'Impresa è tenuta a fornire l'assistenza della manodopera necessaria per la movimentazione delle cassette necessaria per l'esame della campionatura da parte della D.L..

L'Impresa è inoltre tenuta a trasportare tutti i campioni intatti ed i campioni rimaneggiati al laboratorio indicato dalla D.L. in accordo con il committente.

A.2 - Perforazione a distruzione di nucleo

Tale perforazione potrà essere eseguita per l'attraversamento di formazioni di cui non interessi una esatta conoscenza litostratigrafica o per il raggiungimento della quota necessaria prevista per l'esecuzione di prove in sito, per eventuali ritrivellazioni di foro, o per installazioni di strumentazioni.

Durante la perforazione potranno essere prelevati campioni del detrito uscente dal foro (cutting) mediante i quali potrà essere ricostruita una descrizione approssimata dei terreni attraversati.

La perforazione sarà condotta mediante utensili del tipo triconi o scarpelli di vario tipo, e le pareti del foro saranno sostenute con i procedimenti in precedenza esposti.

A.3 - Pozzetti

Nelle zone di difficile accesso per i mezzi meccanici, possono essere eseguiti pozzetti con scavo a mano per profondità medie di 2.5 m dal piano campagna e, salvo diverse disposizioni impartite dalla D.L., saranno ritombati utilizzando lo stesso materiale di risulta proveniente dalle operazioni di scavo. L'effettiva profondità di scavo unitamente alle modalità saranno stabilite di volta in volta dalla D.L..

A.4 - Prelievo di campioni indisturbati

Il prelievo di campioni di terreno indisturbato potrà essere effettuato negli strati coesivi e semicoesivi (limi sabbiosi - limi - argille) durante l'esecuzione dei sondaggi e degli scavi. In via orientativa si prevede l'impiego di campionatori tipo Mazier per terreni di elevata consistenza, e di campionatori a pareti sottili (Shelby) per terreni a media consistenza.

I contenitori o fustelle dovranno essere di acciaio inox o, subordinatamente, zincato o plastificato, a seconda del tipo di campionatore usato, e dovranno risultare in ottimo stato di conservazione prima di poter essere usate per il prelievo.

I campioni dovranno avere dimensioni minime pari a: diametro = 85 mm; lunghezza = 400 mm.

L'impresa dovrà disporre dei seguenti ***campionatori***, da utilizzare a seconda della necessità:

1. campionatore a pareti sottili (Shelby) costituito da testa con valvola a sfera con appositi sfiati, collegata ad un tubo che funge da campionatore durante la manovra e da contenitore per il trasporto, avente le seguenti dimensioni:
 - lunghezza maggiore o eguale a 500 mm;
 - diametro interno maggiore o eguale a 85 mm;
 - spessore del tubo minore o eguale a 2 mm;

2. campionatore a pistone infisso a pressione (Osterberg), avente le seguenti dimensioni:
 - lunghezza maggiore o eguale a 500 mm;
 - diametro interno maggiore o eguale a 85 mm;

3. campionatore a rotazione a doppia parete con scarpa avanzata tipo Mazier o Denison, da usare in terreni coesivi e molto consistenti, avente le seguenti dimensioni:
 - lunghezza maggiore o eguale a 500 mm;

- diametro interno maggiore o eguale a 85 mm.

Come detto i campioni saranno contenuti in fustelle metalliche, possibilmente in acciaio inossidabile, incorporate nei campionatori. Dette fustelle verranno restituite all'Impresa dopo l'esecuzione delle prove di laboratorio.

Il prelievo dei campioni indisturbati deve seguire la manovra di perforazione e precedere quella di infissione del rivestimento alla quota di prelievo: nel caso l'autosostentamento del foro nel tratto scoperto non sia assicurato neanche per il breve lasso di tempo necessario al prelievo, si rivestirà prima di campionare, avendo cura di fermare l'estremità inferiore del rivestimento metallico provvisorio 20 ÷ 30 cm più in alto della quota di inizio prelievo, ripulendo quindi il fondo foro.

Si deve inoltre evitare qualsiasi eccesso di pressione del fluido di perforazione nella fase di installazione dei rivestimenti. A tal fine la pressione del fluido a testa foro dovrà essere controllabile in ogni istante attraverso un manometro di basso fondo scala (10 kg/cm²).

Le due estremità dei campioni prelevati devono essere sigillate subito dopo il prelievo con uno strato di paraffina fusa e tappo di protezione.

I campioni indisturbati devono essere contraddistinti da etichette adesive inalterabili, applicate al contenitore (con incollaggio, nastro adesivo, ecc.) in modo da evitare il distacco accidentale, che indichino:

1. cantiere;
2. numero del sondaggio;
3. numero del campione;
4. profondità di prelievo;
5. tipo di campionatore;
6. data di prelievo;
7. parte alta e bassa del campione.

Per la caratterizzazione meccanica dei terreni è indispensabile il numero di campioni intatti previsti nel progetto dell'indagine. Pertanto l'Impresa dovrà adottare tutti gli accorgimenti necessari per raggiungere tale risultato. In particolare dovrà ripetere il prelievo anche se la prima volta l'operazione non darà risultati positivi.

Qualora, in casi particolarmente difficili, non si potessero ottenere le lunghezze prescritte, sarà opportuno ricorrere a doppia manovra con prelievo del campione in due fustelle consecutive. In tal caso la lunghezza minima, per ogni parte del campione, dovrà essere di 300 mm.

I campioni intatti verranno contabilizzati soltanto se di qualità tale da consentire l'esecuzione delle prove di laboratorio (classe Q5 ed, in casi limitati, classe Q4; *Raccomandazioni A.G.I.*). La qualità verrà giudicata dal Laboratorio all'atto dell'apertura.

A.5 - Conservazione e trasporto dei campioni

Tutta la campionatura estratta dai sondaggi (campionatura rimaneggiata contenuta in cassette catalogatrici; campionatura rimaneggiata prelevata e contenuta in sacchetti o barattoli di plastica; campioni indisturbati) dovrà essere trasportata subito in apposito locale in cantiere attrezzato a cura dell'Impresa e disposta in modo da consentire l'esame da parte della D.L..

L'Impresa è tenuta a fornire l'assistenza della mano d'opera necessaria per la movimentazione delle cassette per l'esame anzidetto.

Ogni 15 giorni l'Impresa è tenuta a trasportare i campioni indisturbati e quelli rimaneggiati prelevati al Laboratorio indicato dalla D.L.

A.6 - Stendimenti sismici a rifrazione

Descrizione: Prospezione sismica a rifrazione per la costruzione stratigrafica dei terreni, consistente nel rilevamento dei tempi di arrivo delle onde P o S utilizzando sismografi ad alta precisione ed a segnale incrementale con almeno 6 o 12 canali, con energia di impulso fornita dall'impatto di massa battente e/o esplosivo, con lunghezze di 50 metri minimo e rilievo dei tempi di andata e ritorno con almeno tre registrazioni per ogni stendimento, comprensiva dell'interpretazione con il metodo PLUS-MINUS (delay-time) ed elaborazione dei dati con sezioni sismostratigrafiche alla scala almeno 1:500.

A.7 - Prova penetrometrica dinamica (SPT)

La prova viene eseguita nel corso di una perforazione con carattere discontinuo, ed in genere fino ad una profondità massima di 40 m dal boccaforo, consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di un campionatore a pareti grosse infisso a percussione secondo le modalità contenute nella normativa ASTM n° D1586/68: “*Standard Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soil*” e compresa nella Raccomandazione ISSMFE per la standardizzazione delle prove penetrometriche in Europa (1976).

L’attrezzatura è costituita da:

- campionatore “*Raymond*” apribile longitudinalmente e munito di valvola a sfera in sommità, avente le seguenti dimensioni:
- diametro esterno 2” (50.8 mm);
- diametro interno 1.4” (34.9 mm);
- lunghezza totale 711 mm;
- lunghezza utile 630 mm;
- qualora siano presenti nel terreno in esame ciottoli o elementi lapidei di notevoli dimensioni (terreni incoerenti ghiaiosi) è consentita la sostituzione della scarpa del campionatore con una punta conica dello stesso diametro ed angolo di apertura di 60°;
- massa battente del peso di 140 libbre (63.4 kg), con altezza di caduta pari a 30” (76 cm), montata su di un dispositivo automatico per lo sganciamento; la massa battente scorrerà lungo aste di collegamento al terminale di infissione aventi peso per metro lineare 6.5 kg (± 0.5 kg/m); entro il foro di sondaggio, ove le prove vengano eseguite a profondità superiori ai 10 m, andranno installati alcuni centratori di guida e di irrigidimento.

Dopo la pulizia del foro, avendo cura di evitare refluenti e franamenti delle sue pareti, si procede alla infissione del campionatore per 45 cm, registrando separatamente il

numero di colpi necessario all'avanzamento dei tre successivi tratti da 15 cm. Il ritmo della percussione dovrà essere compreso tra 10 e 25 colpi al minuto.

La prova viene sospesa se per un tratto di 15 cm il numero di colpi supera 50 (rifiuto). In tal caso viene annotato l'avanzamento effettuato con 50 colpi. L'affondamento del campionatore per effetto del peso proprio e delle aste fa parte integrante dei 45 cm di avanzamento richiesti.

Terminata la prova il campione raccolto viene descritto e conservato, debitamente sigillato, in un apposito contenitore.

Il risultato della prova è dato dal valore N_{SPT} pari alla somma dei colpi misurati nel 2° e 3° tratto (ultimi 30 cm).

A.8 - Prova penetrometrica statica (CPT)

L'attrezzatura di prova e le modalità esecutive saranno conformi a quanto specificato nel seguito.

L'impresa potrà proporre l'impiego di attrezzature con caratteristiche diverse, subordinandone l'uso all'approvazione della Direzione Lavori.

a) Attrezzatura

La prova consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni e caratteristiche standard, infissa a velocità costante nel terreno tramite un dispositivo di spinta che agisce alternativamente su una batteria di aste esterna e su una interna, alla cui estremità inferiore è connessa la punta.

Le attrezzature richieste sono le seguenti:

- dispositivo di spinta,

martinetto in grado di esercitare sulla duplice batteria di aste la spinta precisata nel programma delle indagini (10÷20 t). La corsa deve essere pari a 1 m. La velocità di infissione della batteria di aste sarà non superiore a 2 cm/s, costante nel corso della prova, indipendente della resistenza offerta dal terreno. Il dispositivo di spinta deve essere ancorato e/o zavorrato in forma tale da poter usufruire per intero della propria capacità di spinta totale.

- punta conica,

punta conica telescopica che possa essere entro certi limiti infissa indipendentemente dalla batteria di aste esterne cave, con le seguenti dimensioni:

- diametro di base del cono: 37.5 mm;
- angolo di apertura del cono: 60°.

La punta permetterà la misura di:

- resistenza alla punta q_c ;
- resistenza per attrito laterale f_s .

Il parametro f_s sarà relativo ad un manicotto con superficie laterale di 150÷200 cm².

- aste,

aste di tipo cavo, del diametro esterno di 36 mm;

astine interne a sezione piena, di diametro inferiore di 0.5÷1 mm rispetto a quello interno delle aste cave.

- dispositivo di misura,

un manometro con fondo scala massimo da 100 kg/cm² ed un fondo scala superiore, collegati in modo tale che il primo sia escluso automaticamente dal circuito oleodinamico in caso di pressioni troppo elevate.

La precisione di lettura deve essere contenuta entro i seguenti limiti massimi:

- 10% del valore misurato;
- 2% del valore fondo scala.

b) Tarature e controlli

Occorre verificare che all'intorno delle aste cave, quando collegate fra loro, non ci siano sporgenze in corrispondenza dell'estremità filettata.

Le aste interne a sezione piena devono scorrere senza attriti all'interno delle aste cave.

c) Metodologia di prova

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

La prova si eseguirà facendo avanzare le astine interne fino ad esaurire l'intera corsa della punta o della punta + manicotto, misurando la pressione di spinta nel primo e nel secondo caso; si faranno, quindi, avanzare le aste cave fino alla chiusura del telescopio,

misurando e annotando la pressione totale di spinta. Le misure di q_c ed f_s saranno discontinue, con annotazione ogni 2 cm di perforazione.

La prova sarà quindi eseguita fino al raggiungimento dei limiti strumentali di resistenza o fino alla profondità massima prevista dal programma delle indagini.

d) Documentazione

La documentazione preliminare comprenderà:

- informazioni generali;
- data di esecuzione;
- caratteristiche dell'attrezzatura,
- caratteristiche della punta;
- fotocopia delle tabelle di cantiere, con indicazione dei fattori moltiplicativi di interpretazione delle letture.

La documentazione definitiva comprenderà:

- informazioni generali;
- dati di esecuzione;
- grafici di q_c ed f_s in funzione della profondità;
- quota assoluta del punto di prova.

A.9 - Prove di permeabilità

Possono essere effettuate, a carico variabile, nei piezometri Casagrande. Si ricorda che per la corretta esecuzione delle prove è necessario che la tubazione del piezometro sia a tenuta idraulica in corrispondenza dei manicotti di giunzione.

Prima di eseguire la prova deve essere eseguita la misura del livello dell'acqua nei tubicini.

Le prove a carico variabile al di sotto del livello della falda possono essere eseguite abbassando il livello dell'acqua nei due tubicini di un'altezza nota e misurando la velocità di risalita del livello (*prove in risalita*), ovvero riempiendo i tubicini d'acqua per un'altezza nota e misurando la velocità di abbassamento del livello (*prova in abbassamento*). La scelta tra le due metodologie dipende dalla posizione del livello dell'acqua nei tubicini prima dell'esecuzione della prova, tenendo presente che il dislivello da realizzare non deve risultare inferiore al metro.

Per evitare la formazione di bolle d'aria l'immissione o il prelievo dell'acqua nel piezometro andrà eseguita attraverso uno solo dei due tubicini, controllando che nel secondo tubicino il livello raggiunga l'equilibrio.

Le misure del livello dell'acqua verranno eseguite ai seguenti tempi a partire dal raggiungimento del livello di inizio prova: 30'' - 1' - 2' - 5' - 10' - 20' - 40' - 60' - 2 ore. Due ulteriori misure verranno effettuate entro le 24 ore e dopo le 48 ore. Quest'ultima dovrà risultare prossima al livello dell'acqua misurato nei tubicini prima dell'inizio della prova; in caso contrario andranno eseguite ulteriori misure, con cadenza giornaliera, fino al raggiungimento di detta condizione.

Per ciascuna prova dovrà essere redatto un modulo nel quale siano indicati:

- sigla del piezometro;
- caratteristiche geometriche del piezometro (diametro del foro, lunghezza del filtro, profondità della cella rispetto al p.c. ed al filtro, diametro dei tubicini);
- data ed ora di inizio prova;
- nome dell'operatore;
- misura del livello dell'acqua nei tubicini prima dell'inizio della prova;

- risultati delle misure;
- coefficiente di permeabilità k calcolato con la seguente formula:

$$k = \ln \left\{ \left(\frac{h_i}{h_{i-1}} \right) \cdot \left[\frac{1}{(t_i - t_{i-1})} \right] \cdot \left(\frac{2a}{F} \right) \right\}$$

dove:

a = sezione del singolo tubicino del piezometro;

h_i = livello dell'acqua nei tubicini al tempo t_i rispetto alla posizione indisturbata;

h_{i-1} = livello dell'acqua nei tubicini al tempo t_{i-1} rispetto alla posizione indisturbata;

F = coefficiente di ingresso che, per lo schema adottato, vale:

$$F = 2\pi L / \ln (R_0 / R)$$

con:

L = altezza del filtro;

R = raggio del filtro;

R_0 = distanza dall'asse del piezometro alla quale si può assumere che la posizione della falda sia indisturbata.

PARTE B - INDAGINI IN SITO IN ROCCE

B.1 - Messa in sicurezza delle aree di indagine

B.2 - Predisposizione piattaforma sospesa

B.3 - Sondaggi meccanici

B.4 - Prelievo carote con doppio carotiere

B.1 - Messa in sicurezza delle zone di indagine

Le parti del fronte che saranno oggetto dell'indagine dovranno essere preventivamente messe in sicurezza, provvedendo alla rimozione dei volumi rocciosi pericolanti. L'operazione sarà eseguita da personale specializzato mediante l'impiego di leve, martinetti e/o allargatori idraulici. Se necessario le masse rocciose instabili dovranno essere frantumate mediante l'impiego di miscele espansive. Per la salvaguardia delle maestranze potrà rendersi necessario in casi particolari l'assistenza dell'elicottero.

B.2 - Predisposizione piattaforma sospesa

La piattaforma sospesa andrà posizionata sulla parete rocciosa in corrispondenza dei punti dai quali eseguire i sondaggi orizzontali e dovrà essere convenientemente ancorata alla roccia in modo da assicurare il contrasto per la perforazione. La voce comprende:

- Il montaggio dei contrappesi, dei cavi e dei meccanismi atti ad assicurare la movimentazione della piattaforma lungo la parete;
- il posizionamento della piattaforma sul punto da indagare;
- l'ancoraggio della piattaforma alla parete;
- il trasporto delle attrezzature necessarie all'indagine, già depositate a piè d'opera, fino al loro posizionamento sulla piattaforma (escluso l'eventuale uso di elicottero da compensare a parte, previa autorizzazione della D.L.);
- la manodopera specializzata per l'esecuzione delle operazioni precedenti;
- quant'altro necessario ad assicurare la buona riuscita e la sicurezza dei lavori.

B.3 - Sondaggi meccanici

I sondaggi meccanici previsti nel presente paragrafo sono di due tipi:

- in parete con carotiere normale e con andamento sub-orizzontale, dalla piattaforma sospesa, sulla quale sarà stata calata una macchina di peso e potenza limitata dotata di slitta agevolmente inclinabile (voce 5);
- dal piano campagna con carotiere e con andamento verticale attraverso la roccia e fino alle profondità previste in progetto con una macchina di peso e potenza adeguata.

Tutti i sondaggi dovranno essere eseguiti a carotaggio continuo al fine di ottenere i seguenti risultati:

- ricostruzione, con diverso livello di dettaglio ed affidabilità, della stratigrafia del sottosuolo mediante l'esame dei detriti di perforazione e/o del carotaggio continuo prodotto;
- prelievo di campioni indisturbati per la sperimentazione geotecnica di laboratorio;
- esecuzione di rilievi in foro (ispezione con sonda televisiva).

La perforazione deve essere eseguita con attrezzature scelte a discrezione dell'Impresa ed approvate dalla D.L.

Il diametro minimo reso a fondo foro dovrà essere tale da garantire il prelievo di campioni intatti. L'Impresa, a suo rischio, deve fissare il diametro iniziale ed i successivi, onde raggiungere le condizioni prescritte.

Nel corso del sondaggio sarà rilevata la stratigrafia delle formazioni attraversate; in essa dovranno comparire tutti gli elementi relativi ai campionamenti rimaneggiati ed indisturbati.

Il sondaggio, una volta ultimato verrà riempito con materiale di risulta, od altro reperito sul posto, ovvero con cementazione dello stesso, se esplicitamente richiesto dal D. L.. Prima di riempire il foro l'Impresa dovrà avere il nulla osta della D. L..

I sondaggi saranno valutati per metro di foro eseguito e misurati dal piano d'imposta della attrezzatura ed al momento stesso del raggiungimento della profondità massima.

Per la perforazione dovranno essere utilizzate sonde a rotazione (con testa idraulica) con requisiti idonei alle profondità massime da raggiungere, ai campioni da prelevare ed all'accessibilità dei luoghi.

La D.L.. dovrà quindi accertare, in relazione a quanto detto, la compatibilità delle seguenti caratteristiche delle sonde:

- a) velocità di rotazione;
- b) coppia minima;
- c) corsa continua;
- d) spinta;
- e) tiro;
- f) pressione pompa.

L'Impresa dovrà disporre dei seguenti utensili di perforazione:

- a) carotiere semplice del diametro nominale esterno pari a 101÷146 mm e lunghezza utile pari a 150÷300 cm;
- b) carotiere doppio a corona sottile con estrattore, del diametro nominale esterno maggiore o uguale a 100 mm;
- c) corone di perforazione in widia e/o diamantate;
- d) aste di perforazione con filettatura tronco-conica con diametro esterno maggiore o uguale a 50 mm.

Deve far parte del corredo della sonda la seguente strumentazione:

- a) scandaglio o filo graduato, per misurare la quota reale di fondo foro;
- b) sondina piezometrica elettrica.

Le perforazioni dovranno avanzare a secco per quanto possibile; nell'attraversamento di eventuali coltri piroclastiche sciolte dovrà porsi attenzione alla stabilità del foro, impiegando se necessario tubazioni di rivestimento che si intendono compensate nel prezzo unitario della perforazione.

Prima di ogni campionamento o ispezione con sonda televisiva dovrà essere accuratamente controllata la stabilità e la pulizia del foro di sondaggio.

A tal fine, prima di eseguire le suddette operazioni, bisognerà verificare con scandaglio che la quota del fondo foro non abbia subito variazioni a causa di franamenti o rifluimenti in colonna. L'eventuale pulizia del foro dovrà essere eseguita mediante l'uso di carotiere semplice.

Il diametro della perforazione dovrà essere scelto in modo da assicurare il prelievo di campioni intatti e, laddove previsto, la movimentazione all'interno del foro della sonda televisiva; in tali circostanze il diametro utile dovrà essere pari ad almeno 101 mm.

L'intera campionatura estratta nel corso dei sondaggi dovrà essere conservata in apposite cassette catalogatrici. Su ogni cassetta verranno riportate la denominazione del cantiere, il numero del sondaggio e le quote iniziale e finale del tratto di perforazione contenuto nella cassetta. Alle due estremità di ogni scomparto verranno riportate le quote del tratto contenuto nello scomparto stesso.

All'interno di ogni cassetta dovranno essere evidenziate le quote di eventuali campioni indisturbati o rimaneggiati prelevati per l'invio al laboratorio per l'esecuzione delle prove geotecniche e/o le quote di esecuzione delle prove in foro.

La campionatura presente nelle cassette catalogatrici dovrà consentire la descrizione della natura dei terreni attraversati e, per quanto riguarda la roccia, il grado di fratturazione.

Il sondaggio verrà quindi ritenuto utile soltanto se verranno rispettate le precedenti prescrizioni.

Tutte le cassette catalogatrici verranno conservate in cantiere. L'Impresa è tenuta a fornire l'assistenza della manodopera necessaria per la movimentazione delle cassette necessaria per l'esame della campionatura da parte della D.L.. Successivamente una

parte significativa della campionatura dovrà essere conservata in appositi locali che verranno indicati all'Impresa al termine dei lavori.

L'Impresa è inoltre tenuta a trasportare tutti i campioni intatti ed i campioni rimaneggiati al laboratorio indicato dalla D.L..

B.4 - Prelievo carote con doppio carotiere

Durante la perforazione in orizzontale da piattaforma la D.L., visionando il materiale estratto, deciderà le profondità alle quali eseguire il campionamento della roccia con doppio carotiere e lo indicherà tempestivamente all'impresa. Le carote prelevate dovranno essere di buona qualità al fine di consentire le opportune valutazioni sul grado di fratturazione dell'ammasso.

PARTE C - PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Per le prove geotecniche di laboratorio si faccia riferimento alle Raccomandazioni fornite dall'Associazione Geotecnica Italiana, allegate alle presenti Specifiche Tecniche.

PARTE D - MONITORAGGIO

D.1 - Piezometri Casagrande

D.2 - Tubi inclinometrici

D.3 - Tubi spia

D.4 - Capisaldi e picchetti

D.5 - Tensiometri

D.6 - Estensimetri

D.1 - Piezometri Casagrande

a) Installazione

I piezometri vengono installati nel corpo di frana ed al di fuori di esso per rilevare la quota piezometrica della falda in corrispondenza della presa. Essa verrà dedotta misurando la profondità del livello dell'acqua nel piezometro rispetto al piano di campagna, e sottraendo tale profondità dalla quota di quest'ultimo.

Il piezometro è costituito da un filtro cilindrico (o più filtri sovrapposti, per aumentare la zona di captazione dell'acqua) collegato normalmente a due tubicini in PVC ciechi. I piezometri verranno installati in fori di sondaggio eseguiti a carotaggio continuo ovvero a distruzione di nucleo opportunamente eseguiti, alle profondità indicate dalla D.L. al termine della perforazione, sulla base di un profilo stratigrafico provvisorio.

L'installazione prevede una zona filtrante in corrispondenza di ogni cella, dell'altezza di 120 cm circa, ed un tappo impermeabile al di sotto ed al di sopra di ciascuna di esse. La zona filtrante ed i tappi impermeabili, contenuti tra le quote di posa dei piezometri, devono essere dimensionati in altezza in funzione della stratigrafia e dell'individuazione degli strati permeabili ed impermeabili.

Una volta stabilito il tratto di misura del piezometro è necessario eseguire le seguenti operazioni:

- lavare accuratamente il foro con acqua pulita;
- realizzare un tappo impermeabile con palline di bentonite compattate, con uno spessore minimo di 1 m e sino alla quota più bassa del tratto di misura stabilito (la predisposizione di tale tappo può essere omessa su esplicita richiesta della D.L. nel caso di installazione di un solo piezometro e\o nel caso di installazione a fondo sondaggio);
- controllare nuovamente la profondità del foro;
- versare nel foro una miscela di sabbia di idonea granulometria in relazione ai terreni presenti ed uniforme, fino ad ottenere uno strato di circa 50 cm (nei fori rivestiti sollevare lentamente la colonna di rivestimento fino a poco al di sotto della sommità dello strato di sabbia nel foro). Di questo materiale si deve fornire in precedenza un

campione per la determinazione della granulometria, che deve essere accettato dalla D.L. Come detto la granulometria della sabbia deve essere scelta tenendo conto della granulometria del terreno; generalmente può essere adottata una sabbia grossolana pulita con granulometria compresa nella fascia tra 0.1 ed 1 mm;

- saturare la sabbia, mantenendo il foro pieno d'acqua per 0.5 m a partire dall'estremità superiore della cella, compatibilmente con la permeabilità dei terreni;
- controllare la nuova profondità del foro;
- calare la cella porosa del piezometro fino a farlo poggiare sullo strato di sabbia, dopo averla saturata in precedenza a parte, collegando i tubicini di PVC fino alla superficie. La colonna dei tubicini deve essere a tenuta idraulica, per cui i manicotti tra i singoli tubi devono essere incollati e rivestiti di nastro gommato autoagglomerante;
- versare nel foro un volume di sabbia predeterminato in modo da riempire il foro stesso fino a circa 50 cm al di sopra dello strumento;
- effettuare una lettura al piezometro per accertare il suo corretto funzionamento;
- sigillare il foro mediante uno strato di spessore minimo pari a 1 m realizzato con palline di bentonite compattate (nei fori rivestiti sollevare gradualmente la colonna di rivestimento mentre si compiono le operazioni di sigillatura);
- controllare nuovamente il piezometro;
- riempire la restante parte del foro ritirando gradualmente la colonna di rivestimento.

Nel caso si preveda la posa in opera di più piezometri a diverse profondità nello stesso foro, il diametro minimo utile dovrà essere di 110 mm.

I piezometri dovranno essere protetti con pozzetto realizzato in calcestruzzo, sino a profondità sufficiente ad evitare lo scalzamento ad opera delle acque superficiali e\o la manomissione, e con tubo esterno di protezione in acciaio munito di chiusino e lucchetto.

b) Misure

La misura verrà effettuata calando in entrambi i tubicini collegati alla cella la sonda elettrica, rilevando la profondità, rispetto al piano campagna, alla quale viene avvertito il segnale sonoro.

La misura dovrà essere approssimata al centimetro. Essa sarà assunta pari alla media delle misure nei due tubicini, sempre che fra queste la differenza risulti non maggiore ai 10 cm. Differenze più elevate devono essere segnalate alla Direzione lavori per gli opportuni provvedimenti..

In occasione di ciascuna misura deve essere verificata la integrità dei due tubicini calando preliminarmente uno scandaglio fino alla profondità della cella.

Le misure dovranno essere eseguite con cadenza giornaliera durante il periodo dei lavori di sondaggio, e saranno a carico dell'Impresa Esecutrice delle indagini; successivamente saranno eseguite con cadenza fissata dalla Direzione Lavori, e verranno compensate con l'apposita voce dell'Elenco Prezzi.

Per ogni misura dovrà essere redatto un apposito modulo in cui sono riportati:

- sigla del piezometro;
- data ed ora della misura;
- nome dell'operatore;
- risultati delle misure;
- eventuali osservazioni.

I risultati dovranno essere forniti sotto forma di tabelle e grafici, che rappresentino l'escursione della falda durante l'intero periodo di misura.

D.2 - Tubi inclinometrici

a) Installazione

Gli inclinometri vengono installati nel corpo di frana ed al di fuori di esso per rilevare gli spostamenti orizzontali di punti lungo la verticale della tubazione inclinometrica.

I tubi utilizzati per l'installazione dovranno essere in alluminio di ottima qualità e rispettare le tolleranze previste di spiratura.

Essi saranno collegati da opportuni manicotti, e sulla sezione circolare dovranno avere 4 scanalature a 90° per l'alloggio delle guide dello strumento di misura. Il primo elemento deve essere chiuso al fondo da un tappo semplice o dalla valvola di fondo, a seconda delle modalità di riempimento dell'intercapedine.

I tubi inclinometrici potranno essere installati in fori di sondaggio realizzati a carotaggio continuo ovvero in fori a distruzione appositamente eseguiti.

Il diametro del foro di sondaggio, per l'intero tratto di installazione della tubazione inclinometrica, dovrà essere non inferiore a 101 mm.

La sua lunghezza dovrà essere tale da attraversare completamente il corpo di frana e penetrare per almeno 4 ÷ 5 m nel sottostante terreno stabile, rispetto al quale verranno determinati gli spostamenti dei punti del sovrastante corpo di frana.

Prima di iniziare a calare i tubi nel foro di sondaggio lo stesso dovrà essere accuratamente pulito e quindi dovrà essere controllata la quota del fondo foro. I tubi, se in spezzoni della lunghezza di 3 metri, prima di essere calati dovranno essere assemblati a gruppi di due utilizzando gli appositi manicotti rivettati in almeno quattro punti per lato e quindi sigillati all'esterno con resine impermeabilizzanti e nastro adesivo gommatto.

Particolare attenzione va posta nell'assemblaggio della colonna, e soprattutto nel collegamento tra i singoli elementi e i manicotti di giunzione, in modo da evitare piegamenti e/o torsioni.

Nel calare la colonna dei tubi inclinometrici si dovranno disporre le coppie di guide in maniera tale da formare un angolo di 45° con la direzione di valle (massima pendenza).

Nel corso della discesa in foro la colonna di tubi inclinometrici deve essere sostenuta fuori falda, e bilanciata, sotto falda, al fine di evitare deformazioni.

Qualora la spinta idrostatica dell'acqua entro il foro contrasti l'inserimento della colonna, questa può essere appesantita con acqua o fango. In quest'ultimo caso, al termine dell'installazione si deve eseguire un accurato lavaggio interno della tubazione, sostituendo il fango con acqua pulita.

Congiuntamente alla colonna di tubi inclinometrici devono essere inseriti nel foro di sondaggio, tra la parete dello stesso e quella esterna dei tubi, almeno due tubicini per l'iniezione dal basso della miscela di cementazione. La miscela di cementazione, che dovrà integralmente riempire l'intercapedine tra tubazione e parete del foro di sondaggio, sarà preparata dosando in modo idoneo, tenuto conto del tipo di terreni interessati e della profondità di installazione della colonna di tubi, cemento, bentonite ed acqua. Le percentuali di questi componenti dovranno essere tali da realizzare una miscela con consistenza simile a quella del terreno, e comunque con resistenza finale non superiore ai 3 kg/cm².

La miscela andrà iniettata lentamente, a bassa pressione (ad esempio con una pompa a mano), dal fondo del foro per mezzo dei tubicini di plastica appositamente predisposti, accoppiati al tubo inclinometrico.

La composizione della miscela di iniezione dovrà essere indicata nella relazione di indagine e, nel caso di installazioni con profondità superiori a 50 m, dovranno essere prelevati campioni della miscela stessa in un numero di uno ogni 10 m.

Qualora siano presenti tubazioni di rivestimento, la loro estrazione va condotta senza alcun movimento di rotazione, per non danneggiare la colonna inclinometrica.

Ad installazione ultimata la colonna di tubi inclinometrici dovrà essere riempita d'acqua pulita, al fine di verificare l'adeguata impermeabilizzazione delle giunzioni.

Le verticali inclinometriche dovranno essere protette con pozzetto realizzato in calcestruzzo sino a profondità sufficiente ad evitare lo scalzamento ad opera delle acque superficiali e/o la manomissione, e con tubo esterno di protezione in acciaio munito di chiusino e lucchetto. L'estremità superiore dei tubi inclinometrici dovrà essere chiusa con apposito tappo rimovibile e dovrà essere posta a 5 ÷ 10 cm dal bordo del tubo di protezione in acciaio.

b) Misure

La strumentazione di misura da utilizzare dovrà essere di elevata qualità, con registrazione automatica su supporto magnetico, costituita da sonda biassiale servo-accellerometrica, con letture di $1/25.000 \pm \theta\theta\theta$ (inclinazione della sonda rispetto alla verticale) sensibilità dell'2% ± 0.001 e precisione dello spostamento migliore di 2 mm su 25 m di tubo.

Prima della lettura di zero, ed eventualmente prima di ogni altra lettura se necessario, si dovrà procedere alla pulizia della tubazione inclinometrica con apposito spazzolone, per rimuovere eventuali residui di terreno accumulatisi nelle guide.

Prima della lettura di zero si dovrà procedere inoltre all'identificazione della guida di riferimento (di norma quella più prossima alla direzione di valle). Essa dovrà essere marcata in maniera indissolubile mediante una tacca ben visibile, eventualmente colorata da pittura indelebile. Detta guida dovrà essere orientata rispetto al Nord con l'ausilio della bussola. Le altre guide saranno numerate in senso orario a partire da quella di riferimento (*guida 1*).

Prima di procedere alla misura vera e propria dovrà essere rilevato ed annotato l'eventuale livello d'acqua presente nella tubazione inclinometrica.

Si dovrà poi calare la *falsa sonda*, per registrare ed annotare eventuali anomalie riscontrate nella salita e nella discesa. Con la *falsa sonda* devono essere eseguite esattamente tutte le operazioni che successivamente saranno eseguite con la sonda vera.

Nel caso di misure non automatiche, sul modulo di misura dovranno essere riportate:

- sigla dell'inclinometro misurato;
- numero della lettura (la prima lettura è indicata come misura zero);
- data della lettura;
- temperatura esterna e del fondo foro;
- nome dell'operatore;
- costante della sonda;
- eventuali osservazioni.

La misura verrà effettuata calando nel foro la sonda e rilevando l'inclinazione dei vari tratti ad intervallo di 1 m per rispetto alla verticale, comprendendo la misurazione su due guide opposte per complessivi quattro valori angolari per ogni livello o quota di lettura. Le letture sono condotte in risalita (la sonda viene portata alla massima profondità di lettura e, a partire da tale profondità, sono eseguite le letture sino ad 1 m dal boccaforo della tubazione).

Nella prima misura sarà necessario, al fine di verificare l'affidabilità del sistema e la ripetitività dei risultati, ripetere due o tre volte, a seconda del risultato, la misurazione.

Una volta calata la sonda alla profondità massima di lettura (tale profondità deve essere tale da mantenere il cavo ben teso) bisognerà attendere che si riequilibri la temperatura del sensore con quella all'interno del foro prima di iniziare la registrazione delle misure, rispettando il tempo necessario per la sonda adoperata. Nelle successive letture si potrà ridurre il tempo di attesa per il riequilibrio termico della sonda.

La lettura di zero andrà eseguita con riferimento ad entrambe le coppie di guide (1-3 e 2-4), in maniera tale da poter eseguire le misure con riferimento alla coppia 2-4 nel caso che, nel tempo, si renda impraticabile la coppia 1-3.

Le misure, riferite alla lettura di zero, dovranno essere elaborate a partire dal basso, assumendo che il tratto terminale dei tubi inclinometrici non sia soggetto a movimenti. Per la sola lettura di zero, inoltre, dovrà essere fornita l'elaborazione rispetto alla verticale, in maniera da valutare la verticalità della tubazione installata e la sua spiralatura.

In caso di movimenti rilevanti si dovrà misurare lo spostamento della testa della tubazione inclinometrica mediante misure topografiche.

I dati rilevati ed i risultati elaborati saranno forniti in tabelle e grafici su supporto cartaceo, collazionati in un'apposita relazione e disponibili su supporto magnetico in formato EXCEL, LOTUS, o AASCI.

Oltre alle misure eseguite, dovranno essere forniti i dati elaborati ed i seguenti tipi di rappresentazione degli stessi:

- componente x locale dello spostamento in funzione della profondità;

- componente y locale dello spostamento in funzione della profondità;
- spostamento in funzione della profondità;
- direzione dello spostamento rispetto al Nord;
- variazione componente x locale della inclinazione misurata in funzione della profondità;
- variazione componente y locale della inclinazione misurata in funzione della profondità.

La misura di zero potrà essere effettuata soltanto dopo la maturazione della miscela di cementazione iniettata tra foro e tubazione inclinometrica. La misura successiva verrà effettuata dopo 15 ÷ 20 giorni dalla precedente. Entrambe queste misure saranno a carico dell'Impresa Esecutrice delle indagini.

Le misure successive verranno compensate con l'apposita voce dell'Elenco Prezzi. La cadenza di tali misure verrà fissata dalla Direzione Lavori.

D.3 - Tubi spia

a) Installazione

Questo dispositivo viene utilizzato per individuare la posizione della superficie di scorrimento lungo una verticale.

Consiste in un tubo di plastica rigida del diametro di 40 mm, tappato inferiormente, che viene inserito all'interno di un foro di sondaggio eseguito a carotaggio continuo o a distruzione di nucleo, del diametro non inferiore agli 85 mm. L'intercapedine fra la parete esterna del tubo e quella del foro deve essere riempita con sabbia o con altro materiale idoneo.

La sua lunghezza deve essere tale da attraversare interamente il corpo di frana e penetrare per almeno 4 ÷ 5 m nel sottostante terreno stabile.

All'interno del tubo, al fondo dello stesso, viene posta un'asta metallica rigida (ad es. tondo di ferro per c.a.) del diametro di 16 mm e della lunghezza di 1.0 ÷ 1.5 m, con all'estremità superiore un apposito occhiello a cui viene fissato un cavetto di acciaio con rivestimento plastificato, graduato con passo di 50 cm, che raggiunge la testa del foro ed è qui fissato in un apposito pozzetto.

L'asta è libera di scorrere all'interno del tubo in PVC, ed il periodico sfilamento dell'asta consente di verificare l'integrità del tubo stesso; allorquando questo viene interrotto o piegato a seguito del movimento del corpo di frana, l'asta resta bloccata nel tratto inferiore rispetto la piegatura.

E' necessario disporre di una seconda asta metallica, identica alla precedente, che verrà utilizzata dall'alto come sonda.

b) Misure

A seguito degli spostamenti del corpo di frana rispetto al terreno sottostante, nel quale è ammorsato il tubo spia, questo si piega o si spezza. Ciò può essere rilevato facendo scorrere nel tubo l'asta metallica inferiore, poggiata sul fondo del tubo, tirando il cavetto metallico ad essa fissato, e calando nel tubo stesso dall'alto la seconda asta metallica.

Dalla media delle lunghezze del cavetto delle due aste rispetto alla testa del tubo si deduce la profondità della superficie di scorrimento.

La frequenza dei rilievi verrà fissata dalla Direzione Lavori in base alla cinematica del corpo di frana.

I risultati dei rilievi verranno riportati in appositi moduli nei quali verrà indicato il giorno, l'ora, il nome dell'operatore ed i risultati conseguiti per le due aste metalliche (libera - bloccata, ed in quest'ultimo caso le relative profondità).

D.4 - Caisaldi e picchetti

Sono costituiti da un pilastrino cilindrico di calcestruzzo di 10 cm di diametro e della lunghezza di circa 1 m nel quale, all'estremità superiore, viene annegato il supporto metallico del prisma ottico della stazione topografica. I pilastrini sono alloggiati nel terreno, per un tratto di 80÷100 cm, all'interno di un foro nel quale sono successivamente cementati.

D.5 - Tensiometri

I tensiometri vengono installati nel corpo di frana ed al di fuori di esso per misurare le pressioni neutre negative.

a) Installazione

- raggiungimento della profondità di installazione al netto della capsula (ca. 10 cm) con una perforazione a carotaggio continuo di diametro almeno pari a 40 mm;
- saturazione della capsula porosa del tensiometro tramite pompa a vuoto;
- assemblaggio delle varie parti costituenti il tensiometro (tubi di raccordo, capsula porosa, manometro) e riempimento dei tubi, della capsula porosa, del manometro e del serbatoio con soluzione acquosa di HCL (1% in volume) deaerata;
- verifica del corretto funzionamento del tensiometro prima della sua posa in opera;
- posa in opera del tensiometro con alloggiamento della capsula porosa a fondo foro per una profondità di ca. 10 cm in una perforazione \varnothing 20 mm;
- riempimento dell'intercapedine tra tensiometro e parete del sondaggio con lo stesso materiale proveniente dalla perforazione fino a ca. 20 cm dal piano di campagna;
- riempimento degli ultimi 20 cm di perforazione con miscela cemento-bentonite;
- posa in opera di pozzetto di protezione provvisto di lucchetto.

b) Misure

La misura dovrà essere approssimata al centesimo di bar (0.01 kg/cmq).

In occasione di ciascuna misura deve essere verificata la integrità dello strumento; deve essere, altresì, verificata la completa saturazione dei tubi di raccordo tra la capsula porosa ed il manometro. In caso contrario, si dovrà provvedere alla completa saturazione del sistema con ulteriore verifica della misura al manometro.

Le misure dovranno essere eseguite con cadenza fissata dalla Direzione Lavori. Per ogni misura dovrà essere redatto un apposito modulo nel quale devono essere riportati:

- sigla del tensiometro;

- data ed ora della misura;
- nome dell'operatore;
- risultato della misura;
- eventuali osservazioni.

I risultati dovranno essere forniti sotto forma di tabelle.

D.6 – Estensimetri

Tali strumenti andranno installati con a scopo di misura e controllo delle fratture e/o discontinuità presenti sul terreno.

Potranno essere predisposti sia per l'acquisizione manuale che per quella automatica (estensimetri con trasduttore) ed assicurare un campo di misura adeguato al campo di spostamenti relativi prevedibili.

Le estremità dell'estensimetro dovranno essere opportunamente ancorate al terreno o alla roccia mediante blocchi in calcestruzzo semplice o armato da disporre in zone stabili a cavallo delle fratture e/o discontinuità.

PARTE E - MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

Nel corso dei lavori l'Impresa è tenuta a consegnare i risultati via via acquisiti (stratigrafia, prove SPT, rilievi sulle falde, ecc.) con elaborati provvisori entro tre giorni dal completamento di ciascun sondaggio.

Al termine dei lavori l'Impresa è tenuta a consegnare una relazione, redatta e firmata dal Responsabile Tecnico dell'impresa, che illustrerà i risultati conseguiti, ed in particolare i seguenti punti:

- inquadramento dell'area di interesse;
- illustrazione del progetto d'indagine;
- descrizione dei procedimenti di indagine utilizzati;
- individuazione dei "tipi" di terreno riscontrati;
- stratigrafie delle verticali indagate, con risultati delle prove in sito;
- risultati dei rilievi sulle falde.

Sono da considerarsi parte integrante delle indagini geotecniche in sito, e dovranno essere inseriti nella relazione di indagine, i seguenti elaborati:

- collocazione geografica del sito di indagine a scala comunale
- ubicazione su cartografia, in scala adeguata, delle verticali di indagini effettuate, la cui ubicazione planimetrica dovrà essere ricavata sul campo con idonei strumenti topografici;
- stratigrafie di dettaglio dei sondaggi geotecnici da elaborare in base alla descrizione di classifiche (classifica granulometrica, prove SPT, risultati delle prove con il penetrometro tascabile per le rocce sciolte, indice RQD e stato di fratturazione per le rocce lapidee continue o fratturate) con le modalità descritte nelle raccomandazioni dell'AGI);
- elenco dei campioni consegnati al laboratorio;

- documentazione fotografica dei carotaggi continui eseguiti per ogni verticale indagata;
- schemi di installazione delle apparecchiature e/o strumentazioni installate e loro ubicazione lungo le verticali di indagine;
- collocazione sulle verticali di indagine delle prove condotte;
- restituzione con tabelle e grafici dei risultati delle prove e delle misure in sito (prove penetrometriche, rilievi sulla falda, etc..);
- sintesi con grafici e tabelle complessiva della sperimentazione in sito per ogni tipo di terreno di interesse.

Le informazioni di tipo cartografico dovranno essere riportate su cartografia di scala adeguata all'estensione delle fenomenologie di interesse ed opportunamente georeferenziate (riferimenti UTM o GAUSS-BOAGA).

Le copie degli elaborati grafici dovranno essere di standard qualitativo adeguato a consentire la loro eventuale successiva informatizzazione.

I dati relativi alle indagini geotecniche in sito dovranno essere forniti anche su supporto informatico, in formato AASCI, LOTUS o EXCEL.

Il rapporto finale sulle indagini deve essere consegnato entro 15 giorni dall'ultimazione delle operazioni di campagna, in almeno 5 copie più un originale riproducibile.

PARTE F – ULTERIORI RIFERIMENTI TECNICO-NORMATIVI

Per l'esecuzione delle indagini in sito, in particolare per quanto non esplicitamente previsto nel presente documento, si dovrà fare riferimento alle normative ed alle raccomandazioni vigenti, ed in particolare alle:

- *Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche* - Associazione Geotecnica Italiana (AGI) , 1977;
- *Annual Book of Standards American Society for Testing and Material (ASTM)* - vol. 04.08.1985, 1985;
- *Recommendations on Site Investigation Techniques* - International Society for Rock Mechanics (ISRM), 1975;
- *Basic Geotechnical Descriptions of Rock Masses* - International Society for Rock Mechanics (ISRM), 1980;
- *Geotechnical Manual for Slopes* - Geotechnical Control Office (GCO), 1984;
- *Guide to Site Investigation* - Geotechnical Control Office (GCO), 1984.