

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 1 di 108

DISCIPLINA TECNICO – ESECUTIVA

TITOLO I.	ONERI DELL'APPALTATORE	3
Art 1.	Adempimenti preliminari.....	3
Art 2.	Oneri connessi alla conduzione dell'appalto.....	3
TITOLO II.	ESECUZIONE CONTRATTO – PARTE SPECIALE	7
Art 3.	Sviluppo lavori.....	7
Art 4.	Contabilità lavori.....	7
Art 5.	Lavoro festivo e notturno.....	7
Art 6.	Cause forza maggiore.....	8
Art 7.	Conto finale e collaudo.....	8
TITOLO III.	PERSONALE MEZZI ATTREZZATURE E MATERIALI	8
Art 8.	Personale e Mezzi.....	8
Art 9.	Materiali.....	8
Art 10.	Qualità dei materiali.....	9
TITOLO IV.	SONDAGGI A CAROTAGGIO - SPECIFICHE TECNICHE	14
Art 11.	Norme generali e finalita' delle indagini.....	14
Art 12.	Documentazione da allegare a lavori campionamenti e prove.....	14
Art 13.	Prescrizioni generali riguardanti i campioni ed i relativi certificati di prova.....	14
Art 14.	Controlli e sistemazioni esterne.....	15
Art 15.	Sondaggi geotecnici.....	15
Art 16.	Perforazione.....	16
Art 17.	Chiusura e sistemazione finale del foro.....	18
Art 18.	Cassette catalogatrici e carote.....	19
Art 19.	Fotografie a colori.....	19
Art 20.	Perforazione con registrazione dei parametri (Dac test).....	19
Art 21.	Perforazioni per indagini ambientali.....	20
Art 22.	Prelievo di campioni ad uso ambientale per analisi terre e rocce.....	21
Art 23.	Campionamento durante i sondaggi geotecnici.....	22
Art 24.	Prove geotecniche in foro di sondaggio.....	25
Art 25.	Standard penetration test (S.P.T.).....	26
Art 26.	Prove scissometriche (vane test).....	27
Art 27.	Prova di permeabilità Lefranc.....	29
Art 28.	Prova di permeabilità tipo Lugeon.....	30
Art 29.	Prova pressiométrica tipo menard (mpm).....	32
Art 30.	Campionamento acqua per analisi chimiche.....	36
Art 31.	Prova dilatometrica.....	36
Art 32.	Strumentazione geotecnica.....	38
Art 33.	Piezometro a tubo aperto in foro di sondaggio.....	39
Art 34.	Piezometro di Casagrande.....	40
Art 35.	Piezometri elettrici.....	42
Art 36.	Piezometro elettropneumatico.....	43
Art 37.	Installazione e letture di tubi inclinometrici.....	45
Art 38.	Installazione di tubi per prove geofisiche "down-hole".....	50
Art 39.	Installazione di tubi per prove geofisiche "cross-hole".....	51
Art 40.	Assestimetri.....	52
TITOLO V.	PROVE PENETROMETRICHE - SPECIFICHE TECNICHE	55
Art 41.	Prove penetrometriche dinamiche continue pesanti DPSH-SCPT.....	55
Art 42.	Prove penetrometriche statiche CPT.....	56
Art 43.	Prove penetrometriche dinamiche leggere (PDL) medie (PDM).....	58

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 2 di 108

Art 44.	Prova penetrometrica statica con punta elettrica (cpte)	58
Art 45.	Prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono (CPTU)	61
Art 46.	Prova penetrometrica dinamica continua (DPP)	64
Art 47.	Prova eseguita con dilatometro piatto tipo marchetti	65
Art 48.	Prova di carico su piastra	66
TITOLO VI.	ESECUZIONE DI INDAGINI GEOFISICHE - SPECIFICHE TECNICHE	69
Art 49.	Indagine sismica a rifrazione ad onde di taglio (onde sh)	69
Art 50.	Indagine sismica a riflessione ad onde di compressione	70
Art 51.	Indagine sismica a riflessione ad onde di taglio (sh).....	71
Art 52.	Prospezione sismica in foro di sondaggio (down-hole)	72
Art 53.	Prospezione sismica tra fori di sondaggio (cross-hole).....	73
Art 54.	Prova sismica attiva MASW	75
Art 55.	Re.mi. (refraction microtremor).....	75
Art 56.	Indagini di sismica passiva (hvsr).....	75
Art 57.	Sondaggio elettrico verticale (sev)	77
Art 58.	Tomografia elettrica	77
Art 59.	Prospezioni con georadar dalla superficie	79
Art 60.	Carotaggi geofisici	80
Art 61.	Montaggio in opera dei manufatti	81
TITOLO VII.	ESECUZIONE DI PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO - SPECIFICHE TECNICHE	82
Art 62.	Aspetti generali delle prove geotecniche di laboratorio.....	82
Art 63.	Identificazione dei campioni	83
Art 64.	Conservazione dei campioni	83
Art 65.	Modifiche al programma di prove	84
Art 66.	Rapporti con la direzione dei lavori	84
Art 67.	Normative di riferimento	84
Art 68.	Documentazione da fornire	84
Art 69.	Determinazione delle caratteristiche fisiche	85
Art 70.	Determinazione della massa volumica apparente (peso di volume naturale).....	86
Art 71.	Determinazione dei limiti di consistenza.....	86
Art 72.	Analisi granulometrica per vagliatura	87
Art 73.	Analisi granulometrica per sedimentazione.....	88
Art 74.	Determinazione della massa volumica reale (peso specifico dei grani).....	89
Art 75.	Prove edometriche.....	90
Art 76.	Determinazione del rigonfiamento libero.....	92
Art 77.	Prova di compressione monoassiale ad espansione laterale libera	93
Art 78.	Prova di compressione triassiale non consolidata – non drenata (uu).....	94
Art 79.	Prova di compressione triassiale consolidata isotropicamente – non drenata (ciu)	95
Art 80.	Prova di taglio diretto consolidata - drenata	97
Art 81.	Prove di costipamento	99
Art 82.	Prova CBR	100
Art 83.	Prova di permeabilità diretta con permeametro a carico idraulico costante.....	101
Art 84.	Documentazione delle prove di laboratorio	102
TITOLO VIII.	ESECUZIONE DI ANALISI DI LABORATORIO - SPECIFICHE TECNICHE.....	103
Art 85.	Generalità sulle Analisi di Laboratorio	103
Art 86.	Requisiti generali del laboratorio	103
Art 87.	Identificazione dei campioni	104
Art 88.	Conservazione dei campioni	104
Art 89.	Modifiche al programma di prove	105
Art 90.	Rapporti con la Direzione dei Lavori.....	105
Art 91.	Normative di riferimento	105
Art 92.	Documentazione da fornire	105
Art 93.	Determinazione delle caratteristiche fisiche	106
Art 94.	Documentazione delle analisi di laboratorio	107

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 3 di 108

TITOLO I. ONERI DELL'APPALTATORE

Art 1. Adempimenti preliminari

L'aggiudicatario, entro 30 (trenta) giorni dalla stipula del contratto, dovrà provvedere ad allestire sul territorio ad una distanza in linea d'aria non superiore a 80 km da Firenze, almeno n°1 sede operativa idonea a svolgere le funzioni di centro di coordinamento e pianificazione dei lavori.

La mancata dimostrazione di quanto richiesto entro il termine stabilito darà diritto a Publiacqua spa alla risoluzione del contratto e l'incameramento del deposito cauzionale.

L'Appaltatore ha l'obbligo di nominare il proprio Rappresentante, al quale sarà affidata la responsabilità tecnica dei lavori da eseguire, e comunicarne il nominativo a Publiacqua spa prima dell'inizio dei lavori e al più tardi cinque giorni prima della data di sottoscrizione del verbale di consegna lavori iniziale. Inoltre dovrà comunicare i nominativi dei Tecnici Assistenti ai lavori, l'elenco del personale operaio (con qualifica), il Responsabile del Servizio Prevenzione e Protezione. Ogni variazione dovrà prontamente essere notificata al REC e al Direttore Lavori.

Come meglio precisato all'art. 5 del presente CGA, il Rappresentante dell'Impresa e/o il Direttore Tecnico sarà il soggetto che nelle forme e nei metodi di seguito indicati, riceverà gli ordini e le comunicazioni riguardanti i lavori. Il Rappresentante dovrà essere persona gradita a Publiacqua spa.

L'Appaltatore dovrà inoltre trasmettere alla Direzione dei Lavori una lista completa del personale che opera sul cantiere, sia esso dipendente diretto dell'Impresa aggiudicataria, dipendente da Impresa sub-appaltatrice od operatore di mezzi noleggiati a caldo, se ed in quanto preventivamente autorizzati; tale lista dovrà essere continuamente aggiornata ed integrata in modo da rispettare fedelmente la presenza del personale operante sui cantieri.

L'impresa dovrà svolgere il normale lavoro, limitatamente alle urgenze richieste da Publiacqua, organizzandosi con i propri operatori senza poter richiedere compensi ulteriori a quelli previsti nell'elenco prezzi allegati.


Art 2. Oneri connessi alla conduzione dell'appalto

Sarà a totale ed esclusivo carico e spese dell'Appaltatore, dovendosi intendere interamente compensato con i prezzi di appalto, ogni altro onere sostenuto per consegnare i lavori compiuti ed eseguiti a perfetta regola d'arte.


Si ribadisce che, degli oneri e degli obblighi di cui ai commi sottostanti, si è tenuto conto nello stabilire i prezzi dell'elenco prezzi allegato, pertanto l'impresa non potrà al riguardo sollevare eccezioni alcune o avanzare domande per compensi particolari.

In particolare modo e a titolo non esaustivo, l'Appaltatore ha l'obbligo di:

- redigere per particolari ordini di lavoro e prima dell'inizio dei lavori eventuali proposte integrative per l'aggiornamento del Piano di sicurezza e di coordinamento.
- redigere un piano operativo di sicurezza per quanto attiene alle proprie scelte autonome ed alle relative responsabilità nell'organizzazione del cantiere e nell'esecuzione dei lavori.
- nominare il Responsabile dell'Appaltatore che dovrà essere professionalmente competente anche sulle problematiche della sicurezza e costantemente presente in tutte le fasi di lavoro; il Responsabile dell'Appaltatore dell'Impresa dovrà inoltre sovrintendere alla esecuzione dei lavori nel pieno rispetto del piano di sicurezza e delle disposizioni del Coordinatore per la Esecuzione dei lavori.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 4 di 108

- d) attuare i provvedimenti ordinari e straordinari per allontanare dagli scavi le acque di qualsiasi provenienza e per la posa in opera di eventuali sbadacchiature qualora gli scavi abbiano una profondità superiore a mt. 1,50 (D.P.R. 164/56);
- e) provvedere agli eventuali spostamenti temporanei ed al successivo riporto del materiale scavato ove ciò necessiti per lasciare libero il transito sia veicolare che pedonale;
- f) risarcire a terzi eventuali danni che avessero a verificarsi in conseguenza dei lavori in atto, ed assumersi gli oneri relativi alla loro riparazione ;
- g) provvedere alla manutenzione delle sovrastrutture stradali ovvero di tutte le opere eseguite fino al relativo collaudo;
- h) provvedere alla accurata segnalazione ed alla recinzione dei lavori, con barriere rigide del tipo a cancelletto con piedini, zincate, con fascia rifrangente di altezza cm. 20 monofacciale; all'applicazione della segnaletica di qualunque tipo, a scopo di sicurezza, in osservanza al nuovo Codice della Strada (DL. 30/4/1992 n°285 D.P.R. 16/12/1992 n° 495), alla idonea protezione della manodopera propria e di quella aziendale e delle stesse opere in corso di esecuzione o già ultimate dal traffico veicolare in prossimità degli scavi. Tutto ciò allo scopo di prevenire qualsiasi situazione di pericolo;
- i) provvedere alla fornitura e posa in opera della segnaletica verticale ed orizzontale provvisoria o fissa necessaria per le variazioni al traffico conseguenti ai lavori, ed inoltre al rifacimento della segnaletica orizzontale preesistente ai lavori, da eseguirsi dopo il ripristino della pavimentazione stradale;
- j) essere in grado di ricevere le comunicazioni ed i singoli ordinativi dei lavori da eseguire attraverso flussi informatici provenienti da PubliacquaSpA con le modalità indicate nel CGA
- k) effettuare le comunicazioni inerenti l'appalto stesso e rendicontare i lavori svolti sempre tramite flussi informatici concordati
- l) richiedere ed ottenere le autorizzazioni, prima della consegna dei lavori, per l'attività temporanea che utilizza macchinari ed impianti rumorosi in deroga ai limiti stabiliti dalla Legge 26/10/99 n. 447 "Legge Quadro sull'inquinamento acustico", nonché adempiere a proprio carico quanto disposto dalla Deliberazione del Consiglio Regionale Toscana n. 77 del 22.02.2000 e da i regolamenti comunali vigenti in merito a normative sul rumore";
- m) osservare le norme e prescrizioni dei contratti collettivi, delle Leggi e dei Regolamenti in vigore o che potranno essere emanati nel corso dell'appalto, relativi alla prevenzione degli infortuni sul lavoro, all'igiene del lavoro, alle assicurazioni contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali, all'assunzione obbligatoria al lavoro degli invalidi e dei reduci di guerra, alle previdenze varie per la disoccupazione involontaria, la tubercolosi, nonché la tutela, protezione ed assistenza dei lavoratori. L'Appaltatore dovrà in ogni momento ed a semplice richiesta di Publiacqua, dimostrare di aver provveduto a quanto sopra;
- n) applicare il contenuto dell'art. 36 della Legge 10.05.1970 n° 300, Statuto dei Lavoratori, ovvero attuare nei confronti dei lavoratori dipendenti, occupati nei lavori costituenti oggetto del presente capitolato - e se Cooperativa, anche nei confronti dei soci - condizioni normative e retributive non inferiori a quelle previste nei contratti collettivi di lavoro vigenti nelle località e nei tempi in cui si svolgono i lavori medesimi e con le eventuali integrazioni e modifiche che si verranno in seguito a verificare. L'Appaltatore è tenuto altresì ad applicare i contratti collettivi sopra indicati anche dopo la scadenza e fino alla loro sostituzione;
- o) adottare all'interno del cantiere recintato ed in prossimità dello stesso, tutti i provvedimenti e le cautele necessarie a garantire la vita e l'incolumità degli operai e delle persone addette ai lavori, dei terzi, nonché per evitare danni alle opere ed ai beni pubblici e privati . In tal caso Publiacqua resta sollevata da ogni responsabilità sia civile che penale, per eventuali danni arrecati a persone animali od a cose;
- p) provvedere alla custodia diurna e notturna dei cantieri ivi compresa la custodia dei materiali forniti da Publiacqua spa fino all'avvenuta posa in opera;
- q) provvedere, se richiesta, a tutte le spese di Contratto (bollo, registrazione, copie, stampa, ecc.) con la sola esclusione degli oneri fiscali, alle spese di bollo per la documentazione tecnico-contabile eventualmente prevista;
- r) l'Impresa dovrà predisporre tutta la documentazione necessaria per la presentazione, ottenimento e ritiro dei permessi ed autorizzazioni necessari all'esecuzione dei lavori da parte degli Enti preposti richiesti nei tempi e modi stabiliti dalla Stazione Appaltante incluso il pagamento della Tassa/Canone di Occupazione Suolo Pubblico e/o dei diritti di segreteria. Per effetto della sottoscrizione del Contratto, l'Appaltatore è autorizzato a presentare domanda di autorizzazione di occupazione di suolo pubblico in

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 5 di 108

nome e per conto di Publiacqua. A tal fine l'Appaltatore dovrà previamente comunicare a Publiacqua il nominativo del/dei soggetto/i dal medesimo abilitati a sottoscrivere le domande di autorizzazione.

E' previsto, con contabilizzazione separata, il rimborso dei costi sostenuti per la Tassa/Canone di Occupazione Suolo Pubblico e/o dei diritti di segreteria. Tra gli oneri a totale carico dell'Appaltatore sono compresi, invece, le spese di bollo e d'istruttoria relativi agli adempimenti di cui sopra (permessi, autorizzazioni etc.).

All'atto della richiesta dei permessi Publiacqua definisce il tempo occorrente per la realizzazione dell'opera relativa e quindi la durata massima pianificata dell'Occupazione del Suolo Pubblico.

- s) Predisporre e trasmettere tutta la documentazione necessaria agli enti preposti al controllo per la sicurezza dei cantieri; in particolare la ASL competente sul territorio deve essere regolarmente e tempestivamente informata circa lo stato di apertura e esecuzione dei lavori secondo i modi e procedure dallo stesso Ente dettati ed utilizzando le modalità operative informatiche in vigore ivi compresa la compatibilità con i flussi di informazione intercorrenti tra Appaltatore e Publiacqua.;
- t) provvedere alla assunzione di tutte le informazioni utili presso gli Enti proprietari e/o gestori di tali servizi, relative ai servizi collocati nel sottosuolo per evitare in corso d'opera eventuali danneggiamenti e/o incidenti;
- u) eseguire secondo la norma UNI 10576 gli scavi di assaggio per i lavori di sostituzione o rinnovo e sostituzione reti per verificare la posizione effettiva dei sottoservizi esistenti.;
- v) sostenere le spese per le operazioni di collaudo, escluso l'onorario per il collaudatore;
- w) provvedere all'apposizione, nell'ambito del cantiere, di appositi cartelli con l'indicazione dei lavori e di tutte le indicazioni che saranno prescritte dalla Direzione dei Lavori.
- x) L'Appaltatore deve altresì eseguire la costruzione di eventuali ponti di servizio, passerelle, accessi, ecc. e comunque tutte le opere provvisorie occorrenti per mantenere i passaggi pubblici e privati e la continuità dei corsi d'acqua;
- y) deve provvedere, a lavori ultimati ed entro il termine stabilito dalla Direzione lavori, allo sgombero di ogni opera provvisoria, dei detriti, dei macchinari, dei materiali non impiegati, ecc., allo smontaggio del cantiere provvedendo, anche alla spazzolatura della carreggiata stradale interessata dai lavori, e in previsione di temperature inferiori agli zero gradi centigradi, allo spargimento di sale per evitare il formarsi di ghiaccio sulla carreggiata stradale;
- z) provvedere a consegnare a Publiacqua il rilievo cartografico, in formato digitale, delle opere eseguite ed un esauriente documentazione fotografica. In alternativa potrà trasmettere mediante strumento informatico compatibile con il sistema GIS in uso in Publiacqua, il rilievo delle opere su cui è intervenuto ed il tracciato delle operazioni svolte.

A tale scopo, Publiacqua prima dell'inizio dei lavori, metterà a disposizione dell'Appaltatore la base cartografica in formato informatizzato, di preferenza file "Autocad" relativa al territorio oggetto dell'Appalto.


L'Appaltatore è tenuto a posizionare sulla base cartografica fornita da Publiacqua e su layer specificati, le opere realizzate o comunque per le quali si è proceduto ad intervento.

Per garantire la massima tempestività nell'aggiornamento del sistema informatico territoriale di Publiacqua ed il pieno controllo qualitativo dei rilievi, il file su cd o dvd oppure con sistema informatico, dovrà essere approntato e consegnato a Publiacqua dall'Appaltatore precedentemente all'emissione di ogni singolo SAL e costituirà parte integrante ed indifferibile della contabilità.

In caso di mancanza o incompletezza della documentazione sopra richiamata, non verrà proceduto alla contabilizzazione dell'ordinativo che non verrà inserito nello stato di avanzamento di competenza. Alla completa fine dei lavori, (CRE o collaudo) dovrà essere riassembleato il tutto in un documento informatico unitario e la mancata consegna del materiale, costituirà motivo per la mancata emissione del certificato di collaudo.

Qualora, dal rilievo effettuato in concomitanza all'esecuzione del lavoro ordinato emergano incongruenze o difformità rispetto quanto riportato nel data-base delle infrastrutture, l'Appaltatore è tenuto ad informare tempestivamente il responsabile di Publiacqua.


- aa) Il Direttore Lavori si riserva la facoltà di far accertare la corretta realizzazione delle lavorazioni di riempimento e ripristino a imprese specializzate selezionate da Publiacqua spa. Le prove, a carico dell'Appaltatore, dovranno essere effettuate in contraddittorio e alla presenza del Direttore Lavori o suo incaricato. Qualora i risultati delle prove evidenzino eventuali anomalie o discordanze rispetto a quanto ordinato si procederà secondo quanto stabilito nel presente Capitolato e nel Capitolato Generale applicando i relativi addebiti e sanzioni.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 6 di 108

- bb) adottare nell'esecuzione dei lavori, i D.P.I. richiesti obbligatoriamente dal Piano di Sicurezza e dalle norme vigenti in materia di igiene e sicurezza del lavoro. In particolare, **se del caso**, ottemperare a quanto previsto nel PSC all'art.1.1.5 e secondo quanto prescritto all'art.66 del D.Lgs 81/2008 "permesso di lavoro in luoghi confinati" e secondo quanto prescritto nel DPR 177/2011.
- cc) l'Appaltatore ha altresì l'obbligo di ottemperare a quanto stabilito dall'art. 118 del D.Lgs 163 del 12/04/2006 "**Codice dei contratti pubblici relativo ai lavori servizi e forniture**" ed in particolare:
- 1) presentare al Committente copia della documentazione dell'avvenuta denuncia agli Enti previdenziali;
 - 2) provvedere al collocamento completo dei cartelli di cantiere nei modi e quantità stabilite dalla Direzione Lavori.
- dd) Eseguire lavori speciali disagiati quali quelli compiuti sotto la pioggia o neve, eseguiti su ponti, in presenza di acqua, ecc., senza diritto ad ulteriori compensi;
- ee) l'Appaltatore ha l'obbligo di ottemperare a tutto quanto previsto nel piano di sicurezza predisposto dal Coordinatore per la Progettazione;
- ff) l'Appaltatore dovrà provvedere a segnalare alla Stazione Appaltante i lavori che possono presentare potenziali situazioni di pericolo svolti da altre imprese che operano per conto di terzi o di Publiacqua.
- gg) l'Appaltatore ha l'obbligo di dotare i propri dipendenti, impegnati nella realizzazione dell'opera, di tessera di riconoscimento con fotografia o altri modi idonei atti alla identificazione. Tale obbligo è esteso a tutte le Ditte subappaltatrici;
- hh) l'Appaltatore, ai sensi dell'art. 24 della L.R. 38 del 13.07.2007, ha l'obbligo di informare immediatamente la Stazione Appaltante di qualsiasi atto di intimidazione commesso nei suoi confronti nel corso del Contratto con la finalità di condizionarne la regolare e corretta esecuzione. La violazione di tale obbligo costituisce causa di risoluzione del Contratto;
- ii) l'Appaltatore ha l'obbligo di ottemperare a quanto stabilito dalla L.R. 38 del 13.07.2007.

Si intendono altresì comprese nel prezzo dei lavori e perciò a carico dell'Appaltatore:

- le spese per l'impianto, la manutenzione e l'illuminazione dei cantieri, con esclusione di quelle relative alla sicurezza nei cantieri stessi;
- le spese per trasporto di qualsiasi materiale o mezzo d'opera;
- le spese per attrezzi e opere provvisoriale e per quanto altro occorre alla esecuzione piena e perfetta dei lavori;
- le spese per le vie di accesso al cantiere compreso oneri per spostamenti vetture in sosta;
- le spese per idonei locali e per la necessaria attrezzatura da mettere a disposizione per l'ufficio di direzione lavori;
- le spese per passaggio, per occupazioni temporanee e per risarcimento di danni per abbattimento di piante, per depositi od estrazioni di materiali;
- le spese per la custodia e la buona conservazione delle opere fino al collaudo provvisorio;
- le spese di adeguamento del cantiere in osservanza del decreto legislativo n. 81/2008, e successive modificazioni;
- le spese per l'acquisizione delle certificazioni dei materiali e apparecchiature occorrenti per l'esecuzione dei lavori;

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 7 di 108

TITOLO II. ESECUZIONE CONTRATTO – PARTE SPECIALE

Art 3. Sviluppo lavori

I lavori commissionati da Publiacqua saranno di norma riconducibili alle seguenti lavorazioni:

- a) apposizione della segnaletica necessaria, secondo il Codice della Strada, per la delimitazione del cantiere e la regolazione del traffico;
- b) demolizione di sovrastrutture stradali di qualsiasi spessore e tipo, ove presente;
- c) esecuzione della fase geognostica
- d) rinterro degli scavi con materiali richiesti;
- e) ripristino delle pavimentazioni stradali di qualsiasi genere, ove pre-esistente;

I lavori dovranno essere, di norma, iniziati nel giorno indicato nell'ordinativo. Tutti i lavori dovranno essere completati nei termini stabiliti nell'ordinativo, ed in caso di inadempienza, l'Appaltatore sarà passibile delle penalità previste dal relativo articolo.

I ripristini dei manti stradali relativi a lavori eseguiti in carreggiata stradale, non dovranno comprendere il tappetino di usura in quanto questo dovrà essere realizzato dopo che sia trascorso un lasso di tempo ritenuto sufficiente da parte della Direzione Lavori o secondo disposizioni dell'ente proprietario della strada. Il tappeto relativo ai marciapiedi, deteriorati a seguito di interventi per allacciamenti o manutenzioni, va ricostituito nei tempi richiesti dall'Ente proprietario della strada, salvo diverse prescrizioni della Direzione Lavori.

Art 4. Contabilità lavori

La contabilità verrà tenuta con sistemi informatici nel rispetto dei principi desumibili dal Regolamento di cui al D.P.R. 05/10/2010 n°207 Titolo IX.

In ogni caso, su stampati informatici, verranno emessi il Libretto di Misura, il Registro di Contabilità, le Liste in Economia, il Sommario del Registro di Contabilità, lo Stato di Avanzamento Lavori ed il Certificato di Pagamento.

Ogni onere inerente e conseguente relativo agli atti contabili ed amministrativi tenuti dalla Direzione Lavori è a carico dell'Impresa.


Le osservazioni e le eventuali riserve dell'Appaltatore sui documenti contabili dovranno essere scritte, pena la decadenza, nei termini e nei modi stabiliti dal regolamento. L'Appaltatore, fatte valere nel modo suddetto le proprie ragioni durante il corso dei lavori, sarà tuttavia tenuto ad uniformarsi sempre alle disposizioni di PubliacquaSpA senza sospendere o ritardare l'esecuzione delle opere appaltate.

La rilevazione delle misure sarà effettuata in contraddittorio fra le parti.

Art 5. Lavoro festivo e notturno

Per lavoro notturno si intende quello eseguito esclusivamente tra le ore 22.00 e le ore 6.00 del giorno successivo, mentre per lavoro festivo si intende quello eseguito dalle ore 00,00 alle ore 24,00 della Domenica o della Festività.

Non saranno considerate applicabili altre percentuali di aumenti relativamente a lavori supplementari, straordinari, notturni e festivi.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 8 di 108

Art 6. Cause forza maggiore

I giorni di ritardo sul termine di esecuzione dei lavori dovuti a cause di forza maggiore, quando riconosciuti, saranno scontati agli effetti del calcolo delle penalità.

Sono cause di forza maggiore le seguenti:

- guerra, terremoti, calamità naturali, scioperi di categoria della durata singola superiore ad un giorno;
- giorni di pioggia o neve solo se caduta continuamente per almeno 7 (sette) ore consecutive della giornata considerata nell'arco compreso fra le ore 8,00 e le ore 18,00.

Le cause di forza maggiore saranno prese in considerazione solo se l'Appaltatore le comunicherà per iscritto entro e non oltre tre giorni dal loro evento.

Art 7. Conto finale e collaudo

Il conto finale sarà compilato entro 90 giorni dalla data di ultimazione dei lavori, quale risulta da apposito certificato del Direttore dei Lavori.

Sono a carico dell'appaltatore tutti gli oneri per fornire i mezzi, attrezzature e manodopera, necessari per le operazioni di collaudo, ivi comprese le prove tecniche sulle opere e gli esami di laboratorio sui materiali impiegati ove richiesti.

Qualora durante il collaudo venissero accertati difetti, l'Appaltatore sarà tenuto ad eseguire tutti i lavori che il Collaudatore riterrà necessari, nel tempo dallo stesso assegnato.

In presenza di difetti accertati l'organo di collaudo determinerà nell'emissione del certificato la somma che, in conseguenza dei riscontrati difetti, deve detrarsi dal credito dell'appaltatore, salvo il maggior onere che rimane comunque a carico dell'appaltatore

TITOLO III. PERSONALE MEZZI ATTREZZATURE E MATERIALI

Art 8. Personale e Mezzi


L'Appaltatore dovrà fornire al proprio personale i dispositivi di protezione previsti dalla D.Lgs 81/08 e dal Piano di Sicurezza e tutto ciò che Publiacqua potrà richiedere per la buona esecuzione dei lavori e l'incolumità degli addetti ai medesimi e dei terzi, per garantire l'integrità delle proprie opere e dei beni pubblici e privati.

Art 9. Materiali

L'Appaltatore è tenuto a sottoporre, prima dell'inizio del contratto ed ogni qualvolta Publiacqua lo riterrà opportuno, la lista dei fornitori dei materiali previsti corredati dalle specifiche tecniche di costruzione; la lista fornitori dovrà essere preventivamente approvata da Publiacqua.

L'Appaltatore, nel caso di fornitura a suo carico, dovrà fornire tutti i materiali conformi alle norme vigenti in materia.

I prodotti ed i componenti occorrenti per la costruzione delle opere, che provengono da forniture dell'Appaltatore, ad insindacabile giudizio della Direzione dei Lavori e del Servizio dell'Ente Appaltante, devono rispondere alle caratteristiche descritte nell'allegato elaborato tecnico al presente CSA ed idonee per le prestazioni di seguito indicate.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 9 di 108

Per tutto il materiale fornito dall'Appaltatore dovrà da questi essere allegata:

- Certificazione di conformità del Sistema di Qualità aziendale della ditta fornitrice. Tale certificazione, rilasciata da un Organismo di parte terza accreditato secondo la norma UNI CEI EN 45012, attesta che le Ditte fornitrici dei materiali e delle apparecchiature mantiene in relazione ad essi un Sistema Qualità aziendale ai sensi della norma UNI EN ISO 9001:2000;

La DL ha facoltà di ispezionare i depositi e magazzini dell'Appaltatore nonché i depositi dei fornitori segnalati dall'appaltatore per poter eseguire tutte le verifiche e le prove necessarie ad accertare la buona qualità dei materiali e la rispondenza a quanto richiesto e precisato nel presente Capitolato Speciale di Appalto.

I campioni di materiali accettati dalla DL saranno opportunamente sigillati e contrassegnati, in doppio esemplare con frequenza a campione e per alcune tipologie merceologiche, un esemplare potrà essere conservato nei magazzini dell'Appaltatore per tutta la durata del contratto e l'altro negli uffici della DL o dell'Ente Appaltante.

Si prevede di procedere con controlli a campione ed a rotazione su tutte le forniture di rilevanza e valore tecnico nonché sulle forniture di notevole numero e ripetizione secondo il seguente passo temporale:

1. preventivamente all'accettazione iniziale del materiale;
2. successivamente a cadenza semestrale/annuale.

L'Appaltatore sarà tenuto ad impiegare esclusivamente tali tipi di materiali, senza alternative di sorta, pena la rimozione a suo completo carico di quelli difformi eventualmente posti in opera ed il risarcimento di tutti i danni egli altri oneri da ciò conseguenti.

Qualora l'Appaltatore, nel corso dei lavori, decidesse di porre in opera materiali diversi da quelli già accettati, dovrà preventivamente sottoporli all'approvazione della DL secondo la procedura sopra esposta.

Nel corso dei lavori, la DL potrà eseguire, senza limitazione alcuna, prove e verifiche su tutti i materiali che verranno posti in opera, sia in stabilimento che a piè d'opera, nonché provvedendo al controllo mediante saggi e campionamenti di materiale già installato.

A tal fine si individua nella misura max del 5 % il numero di verifiche e/o saggi da effettuare a discrezione della DL per la gestione del controllo delle potenziali non conformità sul quantitativo complessivo del materiale approvvigionato in magazzino.

La DL ha facoltà affatto discrezionale di respingere le forniture, globalmente o per singole partite ed anche ordinare la sostituzione del fornitore, senza che per questo l'Appaltatore possa vantare alcun diritto ad indennità o risarcimenti.

Tutti gli oneri e le spese per le prove ed i collaudi eseguiti dalla DL sono a completo carico dell'Appaltatore.

Per i materiali forniti da Publiacqua, l'Appaltatore si impegna a controllare, all'atto del ricevimento, la rispondenza della qualità e lo stato di conservazione al fine di non pregiudicare la regolare esecuzione dei lavori. L'Appaltatore risponde della custodia, della conservazione e dell'impiego di materiali ricevuti sino al collaudo definitivo delle opere eseguite; risponde altresì della custodia e della conservazione del materiale esuberante sino alla sua restituzione.

L'Appaltatore solleva Publiacqua da ogni responsabilità per danni a cose o persone cagionati dai materiali che ha in consegna ed in particolare da quelli che non vengono custoditi in locali chiusi.


I materiali, da chiunque forniti, e le attrezzature devono essere caricati, trasportati e scaricati a piè d'opera a cura e spese dell'Appaltatore.

Art 10. Qualità dei materiali

Tutte le opere previste dal presente capitolato di appalto dovranno essere eseguite a perfetta regola d'arte e con materiali rispondenti alle specifiche tecniche di seguito riportate.

La qualità del materiale impiegato nell'esecuzione di dette opere dovrà rispondere, quando non diversamente specificato da norme o prescrizioni aziendali, ai requisiti richiesti dalle vigenti leggi e norme ufficiali in materia d'accettazione dei materiali e dalle norme della buona tecnica costruttiva.

Publiacqua, in corso d'opera e in ogni momento, potrà prelevare dai manufatti, campioni dei materiali adoperati per verificarne la perfetta corrispondenza con i tipi approvati.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 10 di 108

A) MATERIALI PER OPERE EDILI

- ACQUA:

Dovrà essere dolce, limpida, esente da tracce di cloruri o solfati, non inquinata da sostanze organiche o comunque dannose all'uso cui è destinata;

- LEGANTI IDRAULICI:

Dovranno corrispondere alle norme in vigore ed a quelle che potranno essere emanate durante il corso dei lavori; al momento dell'uso dovranno trovarsi in perfetto stato di conservazione. Il loro impiego nella preparazione di malte e calcestruzzi dovrà avvenire con l'osservanza delle migliori regole dell'arte;

- GHIAIE – GHIAIETTI – PIETRISCHETTI – SABBIE:

Da impiegarsi nella formazione dei calcestruzzi, escluse le pavimentazioni stradali. Dovranno corrispondere ai requisiti stabiliti dalle norme per l'esecuzione delle opere in conglomerato cementizio semplice ed armato, in vigore o che potranno essere emanate durante il corso dei lavori. Le dimensioni di massima non dovranno superare quelle compatibili per la struttura cui il calcestruzzo è destinato. Il Direttore dei Lavori ha in ogni caso ampia facoltà di respingere tutti quei materiali che per dimensioni, per forma, per costituzione petrografica, ecc. non fossero ritenuti idonei alla confezione dei calcestruzzi;

B) MATERIALI PER LAVORI STRADALI

- SABBIA PER IL RINFIANCO DELLE TUBAZIONI:

Dovrà provenire da cave fluviali o da frantumazione di materiali lapidei (polvere di cava), comunque assolutamente scevra da terra, argilla, materiali organici od altri componenti estranei alla propria natura silicea.

In particolare la sabbia dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- dimensione massima di mm. 6
- passante al setaccio 0,075 UNI ad umido inferiore al 10%
- indice di plasticità uguale a zero

- GHIAIA:

Dovrà provenire da cave fluviali ed essere costituita da materiale non gelivo, di natura compatta e resistente, con esclusione di qualsiasi materiale eterogeneo o comunque dannoso per l'impiego a cui è destinato. La perdita di massa alla prova Los Angeles non dovrà essere superiore al 25%

- PIETRISCHI – PIETRISCHETTI – GRANIGLIA:

Al pari della ghiaia, dovranno derivare da rocce non gelive aventi alta resistenza alla compressione, essere scevri da sabbia, polvere od altre sostanze eterogenee, inoltre dovranno essere formati da elementi aventi più facce a spigoli vivi, avere una perdita di massa alla prova Los Angeles non superiore al 25%;

- MISTO GRANULARE PROVENIENTE DA FRANTOI DI RECUPERO:

Nei riempimenti degli scavi, dove il progetto preveda l'utilizzo di inerti ricavati dalla lavorazione di materiali recuperabili provenienti da più fonti di approvvigionamento (demolizione opere edili, stradali etc.) l'Appaltatore, prima del loro utilizzo dovrà fornire alla Direzione dei Lavori apposita certificazione rilasciata dal fornitore che attesti la conformità dei suddetti materiali alle norme UNI di riferimento.


Dovrà essere costituito da una miscela di materiali granulari appartenenti alla classe A1 delle norme CNR-UNI 10006. Tale materiale potrà essere di provenienze diverse, in proporzioni che in ogni caso saranno stabilite attraverso una indagine preliminare di laboratorio della quale dovrà essere fornita idonea certificazione alla Direzione dei Lavori. La rispondenza alle caratteristiche di seguito dettagliate potrà essere verificata dalla Direzione dei Lavori, che avrà piena facoltà di pretendere la sostituzione delle parti non giudicate idonee.

- Caratteristiche del materiale da impiegare:

Il materiale posto in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione, dovrà rispondere alle seguenti caratteristiche:

1. l'aggregato non deve avere dimensioni superiori a mm 71, né forma appiattita, allungata o lenticolare;
2. la granulometria deve essere compresa nel seguente fuso ed avere andamento continuo e uniforme concorde a quello delle curve limiti:

serie crivelli e setacci UNI	mm.	Miscela passante % totale in peso
Crivello UNI 2334	71	100
Crivello UNI 2334	40	75 ÷ 100

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 11 di 108

Crivello UNI 2334	25	60 ÷ 87
Crivello UNI 2334	10	35 ÷ 67
Crivello UNI 2334	5	25 ÷ 55
Setaccio UNI 2332	2	15 ÷ 40
Setaccio UNI 2332	0,4	5 ÷ 22
Setaccio UNI 2332	0,075	2 ÷ 10

3. rapporto tra il passante al setaccio 0,075 ed il passante al setaccio 0,4 inferiore a 2/3;
4. perdita di massa alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature inferiore al 35%;
5. limite liquido della frazione passante al setaccio 0,4 non maggiore di 25;
6. indice di plasticità non maggiore di 6;
7. indice di portanza CBR dopo 4 giorni di immersione in acqua non minore di 50;
8. equivalente in sabbia misurato sulla frazione passante al setaccio 4 ASTM compreso tra 25 e 65, eseguito su campione prelevato dopo il costipamento.

- **MISTO DI CAVA**

- 1) l'aggregato non deve avere dimensioni superiori a mm.71, né forma appiattita, allungata o lenticolare;
- 2) la granulometria deve essere compresa nel seguente fuso e avere andamento continuo e uniforme praticamente concorde a quello delle curve limiti:

Serie crivelli e setacci U.N.I. -	Miscela passante: % totale in peso
Crivello 71	100
Crivello 40	75-100
Crivello 25	60-87
Crivello 10	35-67
Crivello 5	25-55
Setaccio 2	15-40
Setaccio 0,4	7-22
Setaccio 0,075	2-10

- 3) la perdita di massa alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature deve essere inferiore al 30%;
- 4) l'equivalente in sabbia deve essere compreso tra 25 e 65. Per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso fra 25 e 35, la Direzione Lavori potrà chiedere in ogni caso (anche se la miscela contiene più del 60% in peso di elementi frantumati) che l'indice di portanza CBR saturo sia maggiore del 50%;
- 5) l'indice di plasticità deve essere minore o uguale a 6.

- **MISTO CEMENTATO**


Il misto cementato è una miscela composta da inerti lapidei, piccole quantità di cemento ed acqua, confezionata in idonei impianti centralizzati.

- **Caratteristiche dei materiali componenti la miscela:**

- 1) gli inerti possono provenire da frantumazione e/o da formazioni naturali;
- 2) la loro curva granulometrica deve rientrare nei seguenti fusi:

Apertura crivelli e setacci UNI	% di passante sul peso totale
Crivello mm.40	100
Crivello mm.25	65 – 100
Crivello mm.15	45 - 70
Crivello mm.10	35 - 60
Crivello mm.5	23 - 45
Setaccio mm.2	14 - 30
Setaccio mm.0,4	6 - 14
Setaccio mm.0,18	2 – 7

- 3) la quantità di cemento prevista deve essere compresa da 80 a 100 Kg RES 325 per ogni mc di miscela
- 4) la perdita di massa nella prova Los Angeles eseguita sull'aggregato, deve risultare non maggiore del 30%;
- 5) l'equivalente in sabbia dell'aggregato non deve essere minore di 35;

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 12 di 108

- 6) l'indice di plasticità deve essere uguale a zero (materiale non plastico). Il limite liquido non deve risultare maggiore di 25;
- 7) la resistenza a compressione eseguita su provini preparati secondo NORMA CNR n°29 dopo 7 giorni di stagionatura deve essere compresa fra 2,5 – 5,0 Newton/mm²;
- 8) la resistenza a trazione indiretta eseguita su provini preparati secondo NORMA CNR n°29 dopo 7 giorni di stagionatura deve essere maggiore di 0,25 Newton/mm²
- 9) Il materiale compattato deve raggiungere una densità pari al 95% della densità dei provini preparati per le prove di compressione e trazione.

- MALTA AREATA

Le caratteristiche della malta aerata dovranno essere:

1. confezionamento con aggregati selezionati, lavati, privi di sostanze organiche o reattive dannose;
2. assortimento granulometrico continuo ed equilibrato compreso tra mm. 0,00 a mm. 6,00;
3. elevata omogeneità dell'impasto con assenza di fenomeni di segregazione;
4. contenuto d'aria inglobata compreso tra il 20% ed il 30%;
5. massa volumica del materiale indurito compresa tra 1600 e 1800 Kg/m³;
6. resistenza a compressione dopo 28 giorni variabile tra 10 e 20 Kg/cm²
7. modulo di deformazione determinato al primo ciclo di carico mediante prova di carico su piastra secondo CNR n°142 maggiore di :
 - 80 N/mm² dopo un giorno;
 - 160 N/mm² dopo 2 giorni;
 - 350 N/mm² dopo 28 giorni

- BINDER (Strato di collegamento)

CARATTERISTICHE:

- 1) la miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di collegamento dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel seguente fuso:


Serie crivelli e setacci U.N.I.	Miscela passante: % totale in peso
Crivello 25	100
Crivello 15	65 - 100
Crivello 10	50 – 80
Crivello 5	30 - 60
Setaccio 2	20 - 45
Setaccio 0,4	7 - 25
Setaccio 0,18	5 – 15
Setaccio 0,07	4 - 8
- 2) Il tenore di bitume dovrà essere compreso tra il 4% ed il 5,5% riferito al peso di aggregati.
- 3) Il conglomerato bituminoso destinato alla formazione dello strato di collegamento dovrà avere i seguenti requisiti:
 - la stabilità Marshall eseguita a 60°C su provini costipati con 75 colpi di maglio per ogni faccia, dovrà risultare in ogni caso uguale o superiore a 900 Kg.
 - Il valore della rigidità Marshall , cioè il rapporto tra la stabilità misurata in Kg e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere in ogni caso superiore a 300.
 - Gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa tra 3 –7%.
- 4) La perdita di massa mediante prova Los Angeles secondo la NORMA CNR n°34 deve essere minore del 25%
- 5) L'equivalente in sabbia secondo la NORMA CNR n°27 deve essere maggiore di 55
- 6) La percentuale dei vuoti residui a rullatura terminata non dovrà essere superiore a 11%.

- TAPPETO (strato di usura)

CARATTERISTICHE

- 1) la miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di usura dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel seguente fuso:

Serie crivelli e setacci U.N.I.	Miscela passante: % totale in peso
Crivello 15	100
Crivello 10	70 - 100

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 13 di 108

Crivello 5	43 - 67
Crivello 2	25 - 45
Setaccio 0,4	12 - 24
Setaccio 0,18	7 - 15
Setaccio 0,075	6 - 11

- 2) Il tenore di bitume dovrà essere compreso tra il 4,5% ed il 6% riferito al peso totale degli aggregati.
- 3) Il conglomerato deve avere i seguenti requisiti:
 - il valore della stabilità Marshall (prova B.U.C.N.R. n°30 del 15 Marzo 1973) eseguita a 60°C su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia dovrà essere di almeno 100 N (1000 Kg).
 - Il valore della rigidità Marshall , cioè il rapporto tra stabilità misurata in Kg e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere in ogni caso superiore a 300.
 - La percentuale dei vuoti dei provini Marshall sempre nelle condizioni di impiego prescelte, deve essere compresa fra il 3% e 5%.
- 4) Elevatissima resistenza all'usura superficiale.
- 5) Sufficiente ruvidezza della superficie tale da non renderla scivolosa.
- 6) La percentuale dei vuoti residui a rullatura terminata dovrà essere compresa tra il 4% e 10%.
- 7) La perdita di massa mediante prova Los Angeles secondo la norma CNR n°34 deve essere min. del 20%.
- 8) L'equivalente in sabbia secondo la NORMA CNR n°27 deve essere maggiore di 55.

- TAPPETO DI USURA CON INERTI DI TIPO BASALTICO:

Dovranno essere di composizione costante, perfettamente omogenee, e stabilizzate all'atto dell'impiego; pezzatura spessore 0/10 – 0/15, con inerti del solo **tipo basaltico** di prima categoria. Inoltre dovrà presentare le seguenti caratteristiche:

- Marshall 900 kg,
- scorrimento 2/4 mm
- indice dei vuoti non superiore al 9%
- spessore cm 4

Tali caratteristiche dovranno obbligatoriamente essere verificate mediante analisi di campioni prelevati con carotaggi (n° 1 ogni 250 ml) ed eseguiti da laboratori autorizzati.

Conglomerato bituminoso chiuso per strato d'usura (tappeto 0/12 - 0/16), confezionato a caldo con graniglia di roccia basaltica non inferiori al 70%.

Gli aggreganti dovranno ottemperare alle "Norme per la accettazione dei pietrischi delle graniglie, della sabbia, degli additivi per costruzione stradale" emanate dal C.N.R. –

I pietrischi e le graniglie dovranno contenere una percentuale di roccia basaltica non inferiore al 70 % in peso –


La granulometria del conglomerato bituminoso dovrà presentare una curva compresa fra i limiti sottosegnati:

- aggregato passante al crivello da mm 16 (100%) –
- aggregato passante al crivello da mm 10 (70-90%) -
- aggregato passante al crivello da mm 5 (45-70%) –
- aggregato passante al crivello da mm 2 (25-45%) -
- aggregato passante al crivello da mm 0,400 (12-25%) -
- aggregato passante al crivello da mm 0,18 (7-15%) –
- aggregato passante al crivello da mm 0,075 (6-10%) –
- bitume 80-100 o 50-70 = 5,3-8,5% in peso degli inerti.

Indice dei vuoti residui inferiore al 6%.

Gli additivi (filler) devono provenire dalla frantumazione di roccia calcarea, sostituibili da cemento o da polvere di asfalto, in ogni caso dovranno passare per intero al setaccio da mm 0,075 (n 200 UNI 2332).

Spessore compreso e finito di cm. 4,00

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 14 di 108

TITOLO IV. SONDAGGI A CAROTAGGIO - SPECIFICHE TECNICHE

Art 11. Norme generali e finalita' delle indagini

In generale si tratta di eseguire indagini geognostiche e geotecniche comprese le prove, necessarie alla raccolta di dati occorrenti alla redazione di progetti, relazioni tecniche e ricerche di PUBLIACQUA spa.

Le specifiche tecniche riportate qui di seguito hanno carattere generale; per quanto non specificato si farà riferimento alle seguenti raccomandazioni:

- A.G.I. "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche";
- A.N.I.S.I.G. "Modalità tecnologiche e norme di misurazione e contabilizzazione per l'esecuzione di lavori di indagini geognostiche".

I macchinari di prova (trivelle, penetrometri ecc) devono essere di potenza adeguata ed attrezzati per le prestazioni da eseguire.

Qualora l'attrezzatura installata non fosse ritenuta idonea allo scopo, la Direzione dei Lavori ha facoltà di richiederne l'immediata sostituzione, sospendendo le indagini sino a sostituzione avvenuta, senza che l'impresa possa vantare alcun ulteriore compenso.

Le prove dovranno essere eseguite nei punti indicati dalla Direzione dei Lavori.

L'ubicazione dei punti di prova potrà essere variata in funzione delle maggiori conoscenze che si avranno durante la fase esecutiva delle indagini, senza che l'impresa possa vantare alcun ulteriore compenso.

L'installazione di macchinari di prova in luoghi diversi da quelli richiesti dal Direttore dei Lavori, e in assenza del consenso scritto della Direzione dei Lavori, comporterà la reinstallazione dei macchinari di prova e la riesecuzione delle prove previste senza che l'impresa possa vantare alcun ulteriore compenso.

Art 12. Documentazione da allegare a lavori campionamenti e prove

La documentazione del lavoro svolto dovrà essere progressivamente aggiornata nel corso dell'esecuzione dei lavori da parte del Responsabile dell'Appaltatore e sarà a disposizione e trasmessa giornalmente alla Direzione Lavori con le modalità che saranno da essa indicate.

La documentazione in forma definitiva sarà presentata non oltre 15 giorni naturali e consecutivi dal completamento dei lavori e sarà comprensiva di una pianta contenente l'esatta ubicazione delle prove eseguite.

I campioni destinati al laboratorio dovranno essere imballati con cura in casse il cui peso lordo non superi i **25 kg**, avendo cura di evitare danni nel corso del trasporto; i contenitori ed in particolare i campioni indisturbati dovranno essere adeguatamente imballati.

Essi saranno consegnati presso i laboratori geotecnico per la realizzazione delle relative prove.


I campioni per indagini ambientali prelevati dovranno essere sempre conservati con tutti gli accorgimenti necessari affinché non subiscano alterazioni in particolare, i campioni contenenti sostanze degradabili o volatili devono essere posti immediatamente in contenitori sigillati, in vetro o in polietilene ad alta resistenza, a seguito di specifica autorizzazione potranno essere addittivate sostanze conservanti non interferenti con le analisi previste.

I contenitori dei campioni dovranno essere conservati chiusi, al buio, al riparo da fonti di calore e se necessario in frigorifero, dovranno essere consegnati alla destinazione entro 3 giorni lavorativi dal prelievo.

La posizione e la quota planimetrica di ciascun punto di indagine saranno definite rispetto al rilievo planoaltimetrico progettuale.

La quota assoluta del piano campagna sarà trascritta sulla scheda stratigrafica per ciascuna indagine. In alternativa l'impresa provvederà a definire quota e posizione planimetrica di ciascun punto di indagine con riferimento a capisaldi indicati e concordati con la Direzione dei Lavori.

Art 13. Prescrizioni generali riguardanti i campioni ed i relativi certificati di prova

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 15 di 108

Per qualsiasi campione di materiale, prelevato per esami di laboratorio sia geotecnico che ambientale, dovrà essere redatto un regolare verbale sottoscritto dal Direttore dei Lavori. Nel verbale, il Direttore dei Lavori dovrà indicare il tipo di sigillo impiegato, in maniera da consentire la sua sicura identificazione.

Il laboratorio presso cui verranno eseguite le prove, dovrà accertare e precisare nel certificato che il campione è pervenuto con sigilli integri.

Al termine delle operazioni la ditta appaltatrice dovrà produrre la seguente documentazione:

- certificati di qualità relativi ai materiali di cui il direttore dei lavori ha autorizzato l'impiego;
- certificati di origine;
- certificati di indagini preventive;
- originale dei verbali di prelievo dei campioni inviati ai laboratori ufficiali;

Lo svolgimento delle operazioni di campionamento delle matrici ambientali, il prelievo, la formazione, il trasporto e la conservazione campioni per l'esecuzione delle analisi di laboratorio devono essere documentate nel dettaglio, con apposito verbale di prelievo contenente:

- codice identificativo del campione
- ubicazione del prelievo (riferimenti, indirizzo, catastale, geografici)
- condizioni meteo data e ora del campionamento
- metodo di campionamento e profondità del prelievo
- quantità del campione, descrizione della matrice stratigrafica e segnalazione di eventuali evidenze visive e/o olfattive
- indirizzo del laboratorio o della destinazione provvisoria
- identificativo e firma del prelevatore incaricato

I predetti documenti dovranno essere tutti trasmessi in copia alla Direzione dei Lavori perché siano allegati alla documentazione relativa ai lavori eseguiti e per la contabilizzazione degli stessi.

La documentazione comprenderà quanto sotto elencato:

- informazioni generali su denominazione, ubicazione e quota assoluta di ciascuna verticale;
- caratteristiche dell'attrezzatura di perforazione e delle modalità esecutive del foro;
- grafico di cantiere con i parametri misurati e registrati;
- copia dei certificati di taratura dei manometri non anteriori a mesi 6 alla data di esecuzione dei lavori;
- note ed osservazioni dell'operatore.

La documentazione definitiva comprenderà, oltre agli elementi sopracitati, i grafici di tutti i parametri registrati restituiti nella scala più idonea agli effetti interpretativi.

Art 14. Controlli e sistemazioni esterne

La lunghezza esatta delle batterie inserite nel foro sarà misurata e riportata sul giornale di cantiere o su una apposita tabella a cura del Responsabile dell'Appaltatore. La Direzione dei Lavori potrà in ogni momento chiedere la verifica della profondità raggiunta e la relativa lunghezza delle aste.


Quando il foro di prova deve essere ispezionabile o se in esso è stata installata strumentazione geotecnica, al fine di evitare manomissioni esterne e per permettere l'esecuzione dei controlli periodici e delle varie letture, si dovrà provvedere alla sistemazione della bocca del foro al piano campagna: si dovrà installare una flangia in ferro zincato con chiusura di sicurezza oppure, nel caso in cui la situazione locale lo richieda, si dovrà provvedere alla formazione di un adeguato pozzetto in muratura o di un conglomerato cementizio corredato di chiusino carrabile secondo le indicazioni della direzione dei lavori.

In nessun caso è previsto tralasciare il completo riempimento ed intasamento del foro di prova ed il completo ripristino dei luoghi che salvo diversa disposizione scritta del Direttore dei Lavori, sarà a cura e responsabilità dell'Appaltatore.

Art 15. Sondaggi geotecnici

Le perforazioni finalizzate all'esecuzione di *sondaggi geotecnici* sono caratterizzate dalle seguenti modalità esecutive:

- carotaggio integrale e rappresentativo del terreno attraversato, al fine di ricostruire il profilo stratigrafico mediante l'esame dei campioni estratti o "carote";
- prelievo di campioni indisturbati di terreno per la determinazione delle proprietà fisiche e meccaniche;

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 16 di 108

- prove in situ per la determinazione delle proprietà geotecniche;
- campionamento e rilievo del livello delle acque superficiali e sotterranee;
- descrizione stratigrafica in chiave geologica e geotecnica;
- annotazione di osservazioni atte alla caratterizzazione geotecnica del terreno.

Il dettaglio delle modalità esecutive, l'ubicazione e la profondità dei singoli sondaggi, le prove di laboratorio sui campioni indisturbati, le prove in situ e le relative quote saranno precisate, con disposizioni della direzione dei lavori e nel programma delle indagini.

Devono in ogni caso essere rispettate le norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione emanate con decreto del Ministero dei lavori pubblici dell' 11 marzo 1988.

Per perforazioni superiori a 30 m dovrà essere compilata, a norma della legge n. 464 del 4 agosto 1984, una dettagliata relazione, corredata dalla relativa documentazione, sui dati geologici e geofisici acquisiti.

L'attrezzatura di perforazione deve essere costituita da :

sonda a rotazione (testa idraulica) a tavola rotary, a mandrino, con la quale, tramite aste di perforazione montate su carotieri, si ottiene l'avanzamento nel terreno. I requisiti minimi sono indicati in tabella 1:

pompa con circuito supplementare per il rabbocco del fluido alla testa del foro;

impianto per la preparazione ed il recupero e la successiva decantazione di eventuali fanghi di circolazione;

corredo della sonda, completo di tutti gli accessori, necessari per l'esecuzione del lavoro a norma di specifica, e degli utensili per la riparazione dei guasti di ordinaria entità.

Tabella 1 - Requisiti minimi sonda di perforazione

Velocità di rotazione	0 - 500	rpm
Coppia massima	≥ 400	kg/m
Corsa continua	≥ 150	cm
Spinta	≥ 4000	kg
Tiro	≥ 4000	g
Pressione pompa (gruppo energia autonomo)	≥ 70	bar
Argano a fune	presente	- - -

Art 16. Perforazione

Perforazione a distruzione di nucleo

Questo tipo di perforazione può essere eseguita per l'attraversamento di spessori di cui non interessi un'esatta conoscenza stratigrafica, per l'installazione di strumentazione geotecnica, per l'eventuale riperforazione o per l'esecuzione di prove in situ a determinate profondità. Prelevando campioni del cutting estratto dal foro può essere ricostruita una descrizione indicativa dei terreni attraversati.

Gli utensili utilizzati possono essere:


- triconi o scalpelli di vario tipo;
- martello rotopercussore;
- punte distruttrici con eliche.

Per eseguire il foro è spesso necessario utilizzare fluidi di circolazione (acqua, fango o aria compressa) che vengono immessi nel foro in *circolazione diretta*, attraverso la batteria di aste, o in *circolazione inversa*, lungo le pareti del foro stesso. Il foro sarà sostenuto, a seconda delle esigenze, da tubo di rivestimento, da fluidi di circolazione o tramite la cementazione del foro stesso.

Perforazione a carotaggio continuo

Le modalità esecutive del sondaggio saranno tali da rendere minimo il disturbo dei terreni attraversati consentendo il prelievo continuo di materiale rappresentativo (carote). La tecnica di perforazione deve essere adattata alla tipologia e alla natura del terreno, mediante la scelta appropriata dell'apparecchiatura, del tubo carotiere, della corona, della velocità di avanzamento, della portata e della pressione dell'eventuale fluido di circolazione.

Tale carotaggio integrale e rappresentativo del terreno attraversato deve essere caratterizzato da una percentuale di recupero ≥ 85 % la percentuale di recupero sarà valutata insindacabilmente dalla Direzione dei

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 17 di 108

Lavori che verificherà che le caratteristiche (densità, resistenza, ecc.) del materiale recuperato, anche se parzialmente rimaneggiato, corrispondano a quelle dei campioni indisturbati che potranno essere prelevati a scopo di controllo.

In caso di recupero insufficiente l'impresa appaltatrice dovrà effettuare quanto necessario al raggiungimento della percentuale di recupero richiesta.

Con carotiere semplice (C.S.), il carotaggio sarà eseguito a secco o con fluidi di perforazione, compatibilmente con le caratteristiche di consistenza dei materiali in modo da ottenere una percentuale di recupero \geq all'85 %.

Con carotieri doppi-tripoli (T2, T6 etc.) saranno necessariamente utilizzati fluidi di circolazione, l'uso di carotieri doppi potrà avvenire soltanto in presenza di materiali compatti e non soggetti a dilavamento, in modo da ottenere una percentuale di recupero \geq all'85 %.

I carotieri saranno azionati ad aste; è ammesso, in alternativa, l'uso di sistemi "wire-line" purchè si ottenga la richiesta percentuale di carotaggio e non si producano dilavamenti e/o rammollimenti del materiale. Qualora richiesto, l'impresa desisterà dall'uso di sistemi "wire-line" per proseguire con il tradizionale sistema ad aste.

Nei terreni prelevati a secco, qualora l'espulsione della carota dal carotiere sia eseguita con pressione idraulica, dovranno essere impiegati tamponi a tenuta.

In terreni scistosi o comunque in ammassi molto fratturati dovranno essere utilizzati carotieri apribili (T6S).

L'eventuale impiego di corone speciali al diamante può essere effettuato in terreni e rocce con durezza da media a dure e/o molto abrasive.

Gli utensili di perforazione da utilizzare saranno comunque tali da consentire l'estrazione di tutto il materiale interessato dal sondaggio senza che avvengano fratturazioni e dilavamento.

Stabilizzazione del foro di sondaggio

Durante le fasi lavorative, per evitare franamenti delle pareti del foro, la perforazione deve essere eseguita impiegando una tubazione metallica di rivestimento provvisoria o utilizzando fango di tipo bentonitico o a polimeri.

Rivestimenti provvisori

La necessità della posa di tubi di rivestimento provvisorio nel foro di sondaggio sarà valutata dalla Direzione Lavori in base alle caratteristiche del terreno ed in base al grado di approssimazione necessario a soddisfare gli obiettivi dell'indagine. L'Appaltatore dovrà sempre e comunque rivestire per tutta la lunghezza del carotaggio in presenza di materiali sciolti o parzialmente consolidati ed in generale in tutte le situazioni ove esista la possibilità di franamenti delle pareti del foro stesso con la conseguenza di non poter attribuire ad una profondità certa il materiale carotato. Rivestire rappresenta il metodo più sicuro di stabilizzazione delle pareti, i rivestimenti saranno inoltre impiegati per fori nei quali si debbano eseguire prove sulle acque sotterranee.

Stabilizzazione con immissione di fanghi

I fanghi a base di bentonite esercitano un'efficace azione stabilizzante formando una sottile pellicola impermeabile, ed esercitando una pressione lungo le pareti del foro. Maggiore è la densità del fango e maggiore sarà l'efficacia della stabilizzazione.

Tale metodo non sarà utilizzato per fori e sondaggi destinati a misure e controlli sulle acque sotterranee salvo diversa disposizione del Direttore dei Lavori .

Stabilizzazione a mezzo di carico d'acqua

In assenza di falde artesiane o di gas, mantenendo il livello dell'acqua nel foro al di sopra del livello della falda freatica si potrà ottenere la stabilizzazione delle pareti del foro. Nei terreni non saturi però, l'acqua contenuta nel foro può causare uno squilibrio nelle pressioni interstiziali provocando possibili rigonfiamenti ed ammorbidimenti con il conseguente peggioramento della qualità e della percentuale di materiale carotato.

Stabilizzazione a mezzo di cementazione del foro


La cementazione del foro o di parte dello stesso può essere utile per l'attraversamento di intervalli molto fessurati o franosi, per la stabilizzazione e tamponamento delle pareti e per evitare infiltrazioni d'acqua non desiderate. La cementazione potrà avvenire sia in fase di perforazione che a sondaggio ultimato.

Il riempimento del foro avverrà fino ad una quota superiore di circa 2.00 m rispetto al tetto dello strato da contenere o bonificare.

Stabilità al fondo del foro

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

Il battente di fluido in colonna deve essere mantenuto prossimo alla bocca del foro, mediante rabbocchi progressivi, specialmente durante l'estrazione del carotiere e delle aste, per mantenerlo sempre più alto possibile l'estremità superiore del rivestimento da mantenersi pieno di fluido, potrà sporgere fino a 1.0 m dal piano di lavoro.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 18 di 108

L'estrazione degli utensili o dei campionatori deve avvenire con velocità iniziale molto bassa (1÷2 cm/sec), eventualmente intervallata da pause di attesa, al fine di ristabilire la pressione idrostatica del fluido sul fondo del foro. Ciò riguarda le fasi di estrazione del carotiere e delle fustelle dei campionatori ad infissione conclusa.

Non dovranno verificarsi Indesiderabili effetti di risucchio (effetto "pistone") causati dal brusco sollevamento della batteria di rivestimento, qualora occlusa all'estremità inferiore del terreno per insufficiente circolazione di fluido durante l'infissione.

La quota del fondo del foro sarà misurata con *scandaglio a filo graduato* prima di ogni manovra di campionamento indisturbato, di prova geotecnica SPT o prima dell'esecuzione di qualunque prova.

Apposite manovre di pulizia saranno eseguite quando la differenza tra quota raggiunta con la perforazione e quota misurata con scandaglio supererà le seguenti tolleranze:

- 7 cm, prima dell'uso di campionatori privi di pistone fisso o sganciabile meccanicamente e di prove SPT;
- 15 cm, prima dell'uso di campionatori con pistone fisso o sganciabile meccanicamente.

Nel caso si verificassero differenze eccessive si dovrà provvedere alla ripulitura del foro mediante l'eventuale estrazione dei materiali franati prima di effettuare la prova o il campionamento richiesti.

Campionamento in foro e prove geotecniche

In tutti i casi nei quali non si verificano repentini collassi del foro nel tratto non rivestito, il prelievo di campioni in foro o l'esecuzione di prove geotecniche SPT deve seguire la manovra di perforazione con carotiere, precedendo il rivestimento a fondo del foro, il quale sarà, se necessario, eseguito a campionamento/prova SPT ultimati.

Nei casi di cui sopra l'ultima manovra del carotiere oltrepasserà per lo stretto necessario la profondità raggiunta dalla testa dei rivestimenti, posti in precedenza. Se necessario l'ultima battuta di recupero del carotiere prima del campionamento o delle prove avrà una lunghezza inferiore a quella che si sarebbe potuta ottenere infiggendo completamente il carotiere. In ogni caso il carotiere non fuoriuscirà completamente dai rivestimenti salvo diversa disposizione del Direttore dei Lavori .

Controllo della lunghezza delle batterie inserite in foro

La lunghezza esatta delle batterie inserite nel foro sarà misurata e riportata sul giornale di cantiere o su una apposita tabella a cura del Responsabile dell'Appaltatore appositamente nominato dall'Appaltatore.

La Direzione dei Lavori potrà in ogni momento chiedere la verifica della profondità raggiunta e la relativa lunghezza delle aste.

Perforazione in materiali litoidi

La perforazione a carotaggio continuo di materiali litoidi verrà eseguita a mezzo di carotiere doppio T2 o similari, con diametro non inferiore a 85 cm, utilizzando acqua pulita come fluido di circolazione.

Prima di ogni operazione di carotaggio, l'operatore si accerterà dell'ottimo funzionamento del meccanismo che permette la rotazione autonoma del carotiere esterno.

L'uso di bentonite e/o polimeri sarà permesso solo in presenza di roccia molto fratturata e dietro autorizzazione della direzione dei lavori.

Strumenti di controllo e prova

Devono far parte del corredo della sonda i seguenti strumenti:

- scandaglio a filo graduato, per misura della quota reale di fondo del foro;
- freatimetro;
- penetrometro tascabile, fondo scala ≥ 5 kg/cm²;
- Vane Test, fondo scala 2 kg/cm².


Art 17. Chiusura e sistemazione finale del foro

Ogni foro, al termine delle indagini, deve essere richiuso procedendo al relativo riempimento.

L'intasamento si realizzerà con:

- iniezione di miscele cementizie;
- iniezione di miscele cementizie addizionate di bentonite o argilla;
- immissione di sabbia miscelati con boiaccia di cemento e/o argilla;
- inserimento di materiali di risulta miscelati con boiaccia di cemento e/o argilla.

L'inserimento della miscela nel foro di sondaggio sarà eseguito dal fondo, in risalita, con una batteria di tubi apposita o con manichetta flessibile o per gravità.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 19 di 108

In nessun caso è previsto tralasciare il completo riempimento ed intasamento del foro di sondaggio ed il completo ripristino dei luoghi che salvo diversa disposizione scritta del Direttore dei Lavori sarà a cura e responsabilità dell'Appaltatore.

Se richiesto dalla Direzione dei lavori, il foro di sondaggio sarà riempito con miscela cementizia costituita dai seguenti componenti nelle proporzioni elencate (in peso):

- acqua: 100;
- cemento: 30;
- bentonite: 5.

L'inserimento della miscela nel foro di sondaggio sarà eseguito dal fondo, in risalita, con una batteria di tubi appositamente o con manichetta flessibile.

Quando il foro di sondaggio deve essere ispezionabile o se in esso è stata installata strumentazione geotecnica, al fine di evitare manomissioni esterne e per permettere l'esecuzione dei controlli periodici e delle varie letture, si dovrà provvedere alla sistemazione della bocca del foro al piano campagna: si dovrà installare una flangia in ferro zincato con chiusura di sicurezza oppure, nel caso in cui la situazione locale lo richieda, si dovrà provvedere alla formazione di un adeguato pozzetto in muratura o di un conglomerato cementizio corredato di chiusino carrabile secondo le indicazioni della direzione dei lavori.

Art 18. Cassette catalogatrici e carote

Le carote estratte nel corso della perforazione verranno sistemate in apposite cassette catalogatrici (in legno, metallo o plastica), munite di scomparti divisorii e coperchio apribile a cerniera; tali cassette, di consistenza tale da essere trasportate ed impilate, hanno dimensioni di circa 1.0 x 0.6 x 0.15 m. Le carote coesive verranno scortecciate, le lapidee lavate.

Appositi setti separatori suddivideranno i recuperi delle singole manovre, recando indicate le quote rispetto al p.c.

Negli scomparti saranno inseriti blocchetti di legno o targhette adesive, a testimoniare gli spezzoni di carota prelevati ed asportati per il laboratorio, con le quote di inizio e di fine di tali prelievi.

Sul fondo di ogni scomparto, su richiesta della direzione dei lavori, deve essere posto un foglio di plastica trasparente (tipo polietilene) di dimensioni tali da poter essere anche risvoltato a coprire e proteggere le carote, una volta sistemate nella cassetta catalogatrice.

Sui bordi di ciascuna cassetta verranno riportate le quote delle carote rispetto al piano campagna e sui coperchi verranno applicate etichette adesive resistenti agli agenti atmosferici ed alle abrasioni contenenti i seguenti dati:

- committente;
- lavoro;
- sondaggio;
- numero della cassetta;
- quote (da m. a m.);
- data esecuzione.

Art 19. Fotografie a colori

Le singole cassette verranno fotografate con pellicola a colori o tramite fotocamera digitale entro 24 ore dal loro completamento. Si richiede la completa leggibilità di tutte le indicazioni esistenti sulla cassetta ed una visione chiara delle carote contenute.

Tale documentazione fotografica verrà allegata nella relazione descrittiva dei lavori finale o allo schema stratigrafico assieme agli eventuali negativi.


Art 20. Perforazione con registrazione dei parametri (Dac test)

Tale metodo permette di registrare in forma continua i principali parametri di perforazione, eseguita di norma a distruzione di nucleo, con il fine di riconoscere le caratteristiche stratigrafiche fondamentali del terreno, preferibilmente a partire da situazioni rese note dall'esecuzione di sondaggi di taratura.

Attrezzatura di perforazione e di misura

L'attrezzatura di perforazione e di misura deve essere costituita da:

- sonda a rotazione completa di pompa per la circolazione dei fanghi e dispositivi per la loro preparazione;

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 20 di 108

- altre sonde proposte dall'impresa, se approvate dalla direzione dei lavori;
- centralina elettronica per la misura, l'amplificazione e la registrazione dei seguenti parametri di perforazione:
 - a) spinta applicata all'utensile di perforazione (MPa);
 - b) velocità di avanzamento (m/h);
 - c) coppia di rotazione assorbita (MPa);
 - d) velocità di rotazione-coppia di rotazione assorbita (MPa);
 - e) pressione del fluido di circolazione (MPa).

Utensili di perforazione

Gli utensili di perforazione devono essere costituiti da :

- triconi;
- altri utensili proposti dall'impresa, se approvati dalla direzione dei lavori.

Il diametro di perforazione sarà di 60÷100 mm.

Modalità di perforazione

Sono ammesse modalità di perforazione varie, comunque tali da garantire il sostentamento delle pareti del foro, il contenimento del fondo del foro e la minimizzazione dei disturbi arrecati al terreno nei tratti di prova.

La perforazione deve essere eseguita, avendo cura, dopo qualche tentativo, di operare con la massima omogeneità.

In particolare, la spinta applicata all'utensile deve, se possibile, essere mantenuta costante per l'intera verticale di prova e dovrà essere tale da assicurare il superamento dei livelli più resistenti senza eccessiva perdita di leggibilità dei risultati negli strati meno resistenti.

E' necessario che il detrito di perforazione fuoriuscente dalla bocca del foro, nel caso di distruzione di nucleo, sia descritto con la migliore precisione possibile e campionato ad ogni cambio di aste.

Modalità di registrazione

La registrazione dei parametri avverrà con frequenza di un'operazione di memorizzazione per 1 cm di avanzamento dell'utensile o per 1 minuto primo, nel caso di velocità di avanzamento inferiori a 1 cm/minuto.

Nel caso la centralina sia in grado di registrare solo parte dei parametri elencati, sono da scegliersi quelli in cui ai punti a, b, c summenzionati, salvo diversa indicazione della direzione dei lavori.

La centralina visualizzerà i parametri misurati su apposito visore, e saranno stampati su carta o su file i grafici ottenuti; sarà inoltre misurata, registrata e visualizzata su visore o su file, la profondità raggiunta dalla prova.

Documentazione

La documentazione comprenderà quanto sotto elencato:

- informazioni generali su denominazione, ubicazione e quota assoluta di ciascuna verticale;
- caratteristiche dell'attrezzatura di perforazione e delle modalità esecutive del foro;
- grafico di cantiere con i parametri misurati e registrati;
- grafico elaborato con indicazione dell'energia assorbita per unità di volume perforato (Mj/mc) in funzione delle profondità;
- copia dei certificati di taratura dei manometri non anteriori a mesi 6 alla data di esecuzione dei lavori;
- note ed osservazioni dell'operatore.

La documentazione definitiva comprenderà, oltre agli elementi sopracitati, i grafici di tutti i parametri registrati restituiti nella scala più idonea agli effetti interpretativi.


Art 21. Perforazioni per indagini ambientali

I sondaggi di tipo ambientale per il prelievo di campioni di suolo, sottosuolo, materiale di riporto inquinato o rifiuti dovranno garantire il campionamento in continuo di tutto il terreno interessato dalla perforazione, garantendo il minimo disturbo del terreno stesso.

Oltre alle raccomandazioni già descritte, le operazioni di perforazione dovranno essere condotte a velocità ridotta per evitare il surriscaldamento del terreno e la volatilizzazione delle sostanze leggere e rigorosamente a secco, mantenendo le "battute" di dimensioni omogenee e non superiori a 50 cm.

Durante la perforazione, in particolare quando devono essere ricercati contaminanti volatili o termodegradabili, il terreno non deve subire surriscaldamento, pertanto la velocità di perforazione deve essere sempre moderata, in modo da limitare l'attrito tra suolo e l'attrezzo campionario limitando così il conseguente sviluppo di calore.

Al fine di evitare l'immissione di contaminanti di superficie in profondità, si dovranno sostenere le pareti del foro con tubazione di rivestimento provvisoria. Per l'inserimento di tale tubazione, non sarà possibile utilizzare acqua o fluidi di perforazione.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 21 di 108

E' necessario segnalare ogni venuta d'acqua di falda durante il corso della perforazione, registrando la quota di rinvenimento e la quota di stabilizzazione del livello statico.

In presenza di acquiferi multifalda, bisogna evitare il contatto tra le falde diverse con idonei accorgimenti tecnici. Per perforazioni di durata superiore alla giornata, si dovrà eseguire la misura del livello piezometrico ad interruzione e ripresa dei lavori e proteggere la bocca del foro da eventuali contaminazioni esterne.

Art 22. Prelievo di campioni ad uso ambientale per analisi terre e rocce

Nel caso di campionamento di terreni per saggi di tipo ambientale, i criteri da adottare devono garantire la determinazione della concentrazione delle sostanze inquinanti in strati omogenei di materiali e la separazione di materiali diversi che si distinguono per eventuali evidenze litologico-stratigrafiche, di inquinamento, caratteristiche organolettiche, chimico-fisiche ecc.

In generale per ottenere dei campioni rappresentativi che conservano fedelmente tutte le caratteristiche originarie, occorrerà rispettare le seguenti prescrizioni e metodologie.

Nel caso di piccole profondità è possibile prelevare campioni di terreno utilizzando semplici ausili meccanici e/o manuali, per profondità medie e medie consistenze dei terreni da attraversare potranno essere utilizzati mezzi meccanici tipo escavatori o penetrometri con cui procedere all'infissione di fustelle o carotieri, infine nel caso di profondità superiori a circa 5 m occorrerà procedere utilizzando attrezzature da perforazione specifiche per sondaggi geotecnici.

Qualunque sia la metodologia di perforazione adottata, in assenza di autorizzazione diversa e specifica del Direttore dei Lavori, tutte le operazioni devono essere sempre eseguite senza l'ausilio di fluidi o fanghi di perforazione.

Saranno quindi utilizzate o le metodologie di campionamento per le indagini geotecniche o in alternativa saranno utilizzate metodologie di campionamento ambientale in continuo mediante infissione a percussione e/o rotazione di apposito carotiere per indagini ambientali o apribile longitudinalmente o a doppio tubo con all'interno apposite fustelle interne in pvc. e/o con apposite aste. Nel caso di carotieri semplici occorrerà predisporre in cantiere attrezzatura a pistone per effettuare lo scarotamento con metodologia a secco.

Nel caso di materiali superficiali consistenti o sciolti tipo ghiaie o conglomerati cementati, potrà essere eseguito apposito preforo a distruzione per poi permettere l'infissione del campionatore alla quota desiderata. Nel caso di materiali sciolti occorrerà rivestire il preforo con tubazione provvisoria per evitare il franamento e il mescolamento di materiali provenienti da quote diverse da quella prevista per il campionamento.

Al fine di evitare perdite di prodotti volatili, i campioni prelevati saranno immediatamente sigillati, inoltre andrà descritte e segnalate oltre alla stratigrafia, eventuali evidenze visive e/o olfattive di inquinamento.

Particolare attenzione andrà posta nelle operazioni di decontaminazione delle attrezzature utilizzate. Più precisamente tutte le operazioni di prelievo dei campioni dovranno essere eseguite evitando la diffusione della contaminazione da e nell'ambiente circostante e nella matrice ambientale campionata (cross contamination).


Nel maneggiare i campioni sia durante il prelievo sia nel corso del confezionamento è comunque opportuno l'utilizzo di guanti monouso.

Il campione prelevato deve essere sempre conservato con tutti gli accorgimenti necessari affinché non subisca alterazioni in particolare, i campioni contenenti sostanze degradabili o volatili devono essere posti immediatamente in contenitori sigillati, in vetro o in polietilene ad alta resistenza, solo a seguito di specifica autorizzazione del Direttore dei Lavori potranno essere addittivate sostanze conservanti non interferenti con le analisi previste.

I contenitori dei campioni dovranno essere conservati chiusi, al buio, al riparo da fonti di calore e se necessario in frigorifero, prima di essere inviati al laboratorio di analisi nel più breve tempo possibile.

Lo svolgimento delle operazioni di campionamento, il prelievo, la formazione, il trasporto e la conservazione devono essere documentate nel dettaglio, con apposito verbale di prelievo contenente:

- codice identificativo del campione
- ubicazione del prelievo (riferimenti, indirizzo, catastale, geografici)
- condizioni meteo data e ora del campionamento
- metodo di campionamento e profondità del prelievo
- quantità del campione, descrizione della matrice stratigrafica e segnalazione di eventuali evidenze visive e/o olfattive
- indirizzo del laboratorio o della destinazione provvisoria
- identificativo e firma del prelevatore incaricato

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 22 di 108

Decontaminazione delle attrezzature per il prelievo

Gli strumenti e le attrezzature impiegate nelle operazioni devono garantire l'integrità delle caratteristiche delle matrici ambientali, dei materiali di riporto e la concentrazione delle sostanze contaminanti.

Le operazioni di prelievo dei campioni devono essere compiute evitando la diffusione della contaminazione nell'ambiente circostante e nella matrice ambientale campionata.

Occorre sia sempre verificata l'assenza di perdite di oli lubrificanti e di altre sostanze da parte dei macchinari e di tutte le attrezzature utilizzate durante il campionamento, nel caso di perdite è obbligatorio interrompere le operazioni per eseguire le riparazioni e per la verifica di assenza di contaminazioni nel terreno prelevato, occorre sempre documentare l'avvenuta verifica delle condizioni ottimali di campionamento con apposito verbale redatto dal prelevatore incaricato.

Per evitare contaminazioni, prima di effettuare il prelievo dovrà essere effettuata accurata pulizia di tutte le attrezzature utilizzate, rimuovendo sia internamente che esternamente, i materiali che potrebbero aderire alle pareti di carotiere, aste e fustelle; tali operazioni di pulizia potranno essere eseguite con getti di acqua ad alta pressione e se necessario con getti di vapore acqueo e/o solventi, nel caso dei solventi occorrerà specifica verifica della compatibilità degli stessi con le analisi in corso, per il lavaggio delle attrezzature dovranno essere previsti degli apprestamenti tecnici mobili atti al contenimento ed alla raccolta delle acque di lavaggio che saranno ubicati ad una distanza sufficiente dal foro in modo da non compromettere la rappresentatività del campionamenti.

Gli utensili utilizzati dovranno essere sempre decontaminati alla fine di ciascuna verticale.

In caso di pioggia è necessario garantire che il campione non sia modificato dal contatto con le acque meteoriche, pertanto si dovrà provvedere a rivestire e proteggere il perforo per impedire che le acque di dilavamento superficiali possano entrare in contatto con il terreno da campionare, contaminandolo e/o dilavando. Anche durante le operazioni di estrazione delle carote è necessario garantire che il campione non sia modificato e/o dilavato dal contatto con le acque meteoriche, in definitiva tutte le operazioni di prelievo possono essere eseguite solo nel caso si garantisca un'adeguata protezione delle attrezzature e delle aree su cui sono disposti i campioni.

Art 23. Campionamento durante i sondaggi geotecnici

Le modalità di campionamento possono prevedere il prelievo dei seguenti tipi di campioni:

- "campioni rimaneggiati"*, raccolto fra i testimoni del carotaggio di qualsiasi litologia;
- "campioni indisturbati"*, prelevato con campionatore a pistone, fune, rotativo, in terreni coesivi e semicoesivi;
- "spezzoni di carota lapidea"*, prelevati dal carotaggio in terreni rocciosi.

I campioni a) e b) devono assicurare una rappresentazione veridica della distribuzione granulometrica del terreno; i campioni b) e c) non devono subire deformazioni strutturali rilevanti conservando inalterati:


- contenuto d'acqua (solo b);
- peso di volume apparente;
- deformabilità;
- resistenza al taglio.

I campioni devono essere prelevati tenendo conto delle esigenze dell'indagine ovvero del grado di qualità richiesto e delle quantità necessarie per le prove di laboratorio.

I campioni rimaneggiati vengono prelevati dal materiale recuperato con il carotaggio; sono i campioni ottenuti con i normali utensili di perforazione e devono essere conservati ordinatamente nelle apposite cassette catalogatrici (campioni con grado di qualità Q1-Q2) oppure sigillati in sacchetti o barattoli di plastica a tenuta stagna per consentirne la conservazione e la misura del tenore di umidità (campioni con grado di qualità Q3); essi dovranno essere contraddistinti da un cartellino indelebile posto all'esterno del sacchetto o del barattolo, riportandone la data di prelievo, il nome del campione (rappresentato da lettere alfabetiche) e del sondaggio, nonché l'indicazione del cantiere. Tali dati dovranno essere riportati anche sulla stratigrafia del sondaggio.

La quantità necessaria per le prove di laboratorio è di circa 500 gr. per i terreni fini e di circa 5 kg per quelli grossolani. Nella scelta si avrà cura di evitare ed eliminare le parti di campione alterabile dall'azione del carotiere (corceccia, parti "bruciate", tratti dilavati, ecc.). Tali campioni devono essere rappresentativi della granulometria e del materiale prelevato.

Campioni indisturbati

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 23 di 108

Campioni recuperati con appositi utensili chiamati campionatori, scelti in base alle caratteristiche del terreno. Hanno un grado di qualità pari a Q4-Q5. I campionatori da utilizzare impiegano la fustella a pareti sottili in acciaio inox, nel rispetto dei seguenti parametri dimensionali:

- rapporto $L/D = 8$

- rapporto delle aree o coefficiente di parete:

$$c_p = \frac{D_{est}^2 - D_i^2}{D_i^2} \cdot 100 = 9 \div 13 \%$$

- coefficiente di spoglia interna:

$$c_i = \frac{D_i - D}{D} \cdot 100 = 0,0 \div 1,0 \text{ secondo necessità}$$

- diametro utile ≥ 85 mm

dove:

L = lunghezza utile della fustella

D_i = diametro interno della fustella

D_{est} = diametro esterno della fustella

D = diametro all'imboccatura della fustella.

La fustella deve essere preferibilmente in acciaio inossidabile e comunque priva di corrosione, liscia, priva di cordoli, non ovalizzata. Il prelievo dei campioni può essere eseguito, a seconda della compattezza del terreno, con l'uso dei seguenti strumenti, in tutti i casi subordinandone l'uso alla preventiva autorizzazione della direzione dei lavori:

- a.1) campionatore a pistone, tipo Osterberg;
- a.2) campionatore a fune, tipo RODIO - NENZI (RO-NE);
- a.3) campionatore rotativo a pareti sottili, tipo CRAPS;
- a.4) altri campionatori

(in tutti i casi subordinandone l'uso alla preventiva autorizzazione della direzione dei lavori).

Il campionatore Osterberg, a parete sottile, è il più comune dei tipi a pistone; può essere utilizzato con profitto in terreni a grana fine o coesivi, con consistenza da tenera a media ed aventi resistenza al taglio ≤ 20 t/mq, in relazione alla potenza della pompa utilizzata. Funziona anche in sabbie, fino a quelle mediamente addensate.

Il campionatore a fune con pistone agganciabile permette il campionamento in terreni la cui consistenza arresterebbe la fustella spinta idraulicamente. Sostituisce validamente il classico Shelby, avendone la stessa capacità penetrativa (utilizza la spinta meccanica della batteria di aste), con i vantaggi del pistone.

Il campionatore CRAPS, con scarpa sporgente e fustella a pareti sottili permette di campionare i terreni compatti a grana fine o coesivi, la cui consistenza arresterebbe l'infissione a pressione della fustella. Viene spinto e ruotato meccanicamente dalla batteria di aste.

I campionatori quali i tradizionali Shelby, Denison e Mazier, possono essere utilizzati solo in seguito alla preventiva autorizzazione da parte della direzione dei lavori e comunque sotto la completa responsabilità dell'impresa per quanto riguarda l'esito del campionamento. Altri tipi di campionatore possono essere presentati dall'impresa stessa, per essere sottoposti a preventivo esame da parte della direzione dei lavori.

Osservazioni aggiuntive


L'infissione del campionatore deve sempre avvenire in un'unica tratta.

I campionatori a pistone devono essere costruiti in modo da poter portare alla pressione atmosferica, a fine prelievo, la superficie di contatto tra la parte alta del campione ed il pistone.

Nel campionatore rotativo, la sporgenza della fustella dal carotiere esterno può essere regolata a priori fra 0,5 e 3 cm, ma deve poi rimanere costante durante ciascun prelievo.

Il prelievo di campioni indisturbati deve seguire la manovra di perforazione e precedere quella di rivestimento a quota; nel caso l'autosostentamento del foro nel tratto scoperto non esista anche 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 0,2 ÷ 0,5 m più in alto della quota di inizio prelievo, ripulendo quindi il fondo del foro.

Si deve inoltre evitare qualsiasi eccesso di pressione nel fluido di circolazione nella fase di installazione dei rivestimenti. A tal fine, la pressione del fluido alla testa del foro dovrà essere controllabile in ogni istante attraverso un manometro di basso fondo scala (10 bar) (da escludere nelle fasi di campionamento Osterberg, ove sono necessarie pressioni maggiori).

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 24 di 108

Campioni semidisturbati con campionatore a pressione/percussione

Il prelievo verrà eseguito con campionatore cosiddetto "a pareti grosse" con fustella di plastica inserita, diametro adeguato alla granulometria del terreno ed al diametro del foro, comunque avente diametro utile (del campione) non inferiore a 85 mm.

Se necessario il campionatore deve essere munito di cestello di ritenuta alla base. L'infissione avverrà a percussione o a pressione in base alla compattezza del terreno.

In alternativa a questo tipo di campionatore potrà essere richiesto l'impiego del campionatore rotativo a tripla parete e scarpa avanzata tipo Denison o Mazier aventi diametro utile (della carota) non inferiore a 70 mm.

Campioni indisturbati con campionatore a pistone stazionario e rotativo

La fustella da impiegare è sempre quella a pareti sottili, costituita da un cilindro di acciaio inox avente rapporto fra lunghezza utile e diametro utile pari a 8, nonché rapporto delle aree compreso fra 9 e 13. Il cilindro deve essere pulito, liscio, privo di cordoli e non ovalizzato. Il diametro utile sarà ≥ 85 mm.

Il più comune dei campionatori a pareti sottili con pistone è quello tipo Oersterberg che quando utilizzato con una buona pompa può prelevare campioni:

- in terreni coesivi aventi resistenza al taglio fino a 30 t/mq;
- in sabbie da sciolte a mediamente addensate.

Per terreni di compattezza superiore a quella di utilizzazione dell'Oersterberg, l'impresa impiegherà possibilmente il campionatore a pareti sottili a pistone trattenuto da fune, oppure quello a pareti sottili rotativo con scarpa avanzata, entrambi spinti meccanicamente dal "pull down" della sonda agente sulla batteria di aste.

Ove il campionatore rotativo sopra descritto non fosse disponibile, potrà essere impiegato il campionatore rotativo a tripla parete, tipo Danison, ma con scarpa migliorata.

I campionatori a pistone devono essere costruiti in modo da poter riportare alla pressione atmosferica, a fine prelievo, la superficie di contatto fra la parte alta del campione ed il pistone.

Nel campionatore rotativo la sporgenza della fustella del carotiere in rotazione esterno può essere scelta a priori fra 0.5 e 3-4 cm, ma deve poi rimanere costante durante il prelievo.

In terreni coesivi la scarpa (estremità inferiore) del rivestimento metallico provvisorio deve essere mantenuta $0.2 \div 0.5$ m più alta della quota di inizio prelievo. Inoltre si deve evitare qualsiasi eccesso di pressione nel fluido di perforazione, nella fase di installazione dei rivestimenti. A tal fine, la pressione del fluido alla testa del foro, dovrà essere controllabile in ogni istante attraverso un manometro di basso fondo scala (10 bar) (da escludere nelle fasi di campionamento con Oersterberg, ove sono necessarie pressioni ben più alte).

Spezzoni di carota lapidea e/o di strati cementati

In terreni cementati e rocciosi si prelevano dal carotaggio spezzoni di lunghezza ≥ 15 cm, purchè rappresentativi del tipo litologico perforato. Gli spezzoni di carota devono essere puliti, paraffinati ed inseriti in un involucro rigido di protezione (contenitori cilindrici di PVC); l'intercapedine tra la carota ed il cilindro verrà riempita con paraffina fusa che verrà impiegata anche per sigillare le due estremità. A maggiore protezione delle estremità verrà applicato nastro adesivo. Sui contenitori dovrà essere applicata una targhetta adesiva sulla quale viene indicato il cantiere di lavoro, il numero del sondaggio, la quota del prelievo, la data e il tipo di carotiere usato. Tali dati dovranno essere riportati anche sulla stratigrafia del sondaggio.

Indicazioni sul campione

I campioni devono essere contraddistinti da cartellini inalterabili, che indichino:


- 1) committente;
- 2) cantiere;
- 3) numero del sondaggio;
- 4) numero del campione;
- 5) profondità di prelievo;
- 6) tipo di campionatore impiegato;
- 7) data di prelievo;
- 8) parte alta (per campioni indisturbati e spezzoni di carota).

Il numero del campione, il tipo di campionatore usato ed il metodo di prelievo devono essere riportati sulla stratigrafia alla relativa quota; questi dati devono essere riportati anche nel caso di prelievi non riusciti.

Le due estremità dei campioni indisturbati devono essere sigillate subito dopo il prelievo con uno strato di paraffina fusa e tappo di protezione, previa accurata pulizia della testa e della coda del campione.

Imballaggio e trasporto dei campioni

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

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 25 di 108

Le cassette andranno collocate in un locale idoneo, protette dal sole e dalle intemperie, fino al momento della spedizione.

Le cassette dovranno contenere un massimo di 6 fustelle onde facilitarne il maneggio; saranno dotate di coperchio e maniglie. Sul coperchio si indicherà la parte alta.

Il trasporto verrà effettuato con tutte le precauzioni necessarie per evitare il danneggiamento dei campioni sotto la diretta responsabilità dell'impresa esecutrice.

Tabella 2. - Scheda riassuntiva dei tipi di campionatore secondo le "Raccomandazioni A.G.I."

Campionatori pesanti a percussione	Generalmente predisposti con astuccio interno di contenimento, talvolta con dispositivo di ritenuta alla base (estrattore, molla a cestello);
Campionatori a pareti sottili	Previsti generalmente per terreni coesivi a grana fine, poco o moderatamente consistenti. Il tubo di infissione, in acciaio di qualità, è impiegato anche come contenitore e pertanto deve essere resistente alla corrosione (acciaio inossidabile oppure zincato o cadmiato oppure termoplastificato). Rientrano tra i campionatori a parete sottile i campionatori a pistone e quelli a pressione idraulica (Shelby a pressione e Oersterberg, a pistone). Il campionatore Oersterberg è impiegato solo in terreni coesivi e semicoesivi teneri e medi;
Campionatori a rotazione (rotativi) a doppia o tripla parete con scarpa tagliente avanzata	Si impiegano in terreni coesivi di elevata consistenza nei quali non sia possibile l'infissione di campionatori a pressione o a pistone; il tubo interno non rotante, che funziona da contenitore, è spinto nel terreno mentre il tubo esterno, rotante e dotato di corona tagliente, asporta il terreno circostante; per un buon campionamento è indispensabile che la scarpa del tubo interno sporga rispetto alla scarpa del tubo rotante.

I campionatori a parete sottile con pistone ed i campionatori rotativi a doppia parete, sono costituiti da cilindri di acciaio inox sagomati a tagliente nella parte terminale e devono avere le seguenti dimensioni:

- diametro interno non inferiore a 85 mm;
- lunghezza utile \geq 60 cm.

Le dimensioni del campione rotativo a tripla parete devono essere:

- diametro interno \geq 65 mm;
- lunghezza da 60 a 100 cm.


I campionatori rotativi consistono in due tubi di acciaio uno rotante esterno ed uno fisso interno; quello a doppia parete ha anche la funzione diretta di contenitore per la spedizione dei campioni al laboratorio; quello a tripla parete ospita a tal fine un apposito cilindro di lamiera o in PVC. Il tubo esterno è fornito di una corona avvitata all'estremità inferiore, mentre quello interno è sagomato a tagliente e sporge da quello esterno di una quantità dipendente dalla consistenza del terreno da campionare.

I campionatori rotativi vengono fissati nel terreno per mezzo di rotazione e pressione, usando fluidi di circolazione, mentre i campionatori a parete sottile con pistone devono essere infissi a pressione ed in un'unica tratta.

Art 24. Prove geotecniche in foro di sondaggio

Le più comuni prove geotecniche da eseguire in foro di sondaggio sono le seguenti:

- Standard Penetration Test (S.P.T.)
- Prove scissometriche in foro (VANE TEST)
- Prove di permeabilità tipo Lefranc
- Prove di permeabilità tipo Lugeon
- Prova pressiométrica tipo Menard
- Campionamento per analisi
- Prova dilatometrica.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 26 di 108

Art 25. Standard penetration test (S.P.T.)

Questa prova consiste nell'infissione a percussione di una speciale punta conica o di un particolare campionatore a pareti grosse (*Campionatore Raymond – split spoon*), i quali consentono di valutare la resistenza meccanica del terreno alla penetrazione, in base al numero di colpi infissi da un apposito maglio per un dato avanzamento.

La normativa di riferimento per l'esecuzione di prove S.P.T. è la seguente:

- A.G.I. - Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche;
- ASTM D1586-67 (74); D1586-84. Standard Method for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soil";
- ISSMFE Techn. Committee (1988). Standard Penetration Test (SPT): International Reference Test procedure.

Attrezzatura

Le dimensioni del campionatore, il peso delle aste e del maglio, l'altezza di caduta dello stesso, vengono indicati nella normativa sopra citata.

Tali dati sono riassunti nella tabella che segue - Parametri per prove S.P.T.

Tubo campionatore apribile longitudinalmente:	$\varnothing_{est} = 50.8 \text{ mm}$; $\varnothing_{int} = 35 \text{ mm}$; L_{minima} (escluso tagliente principale) $> 457 \text{ mm}$; $L_{utile} = 630 \text{ mm}$; L_{scarpa} tagliente terminale (con rastremazione negli ultimi 19 mm) = 76 mm; il campionatore sarà munito di valvola a sfera alla sommità e aperture di scarico e sfiato
Massa battente	di peso 63,4 kg che cada da 75 cm di altezza
Aste collegate al campionatore	aventi peso per metro lineare 6.5 kg ($\pm 0.5 \text{ kg/ml}$). Le aste saranno diritte, ben avvitate in corrispondenza dei giunti e con flessione totale della batteria pronta per la prova $< 1^\circ/^\circ$.

La caduta del maglio deve essere libera; pertanto deve essere adottato un dispositivo di sganciamento automatico che svincoli il maglio dal cavo, o altro dispositivo di sollevamento all'altezza voluta.

Fra la testa di battuta in sommità delle aste ed il piano campagna deve essere installato almeno un centratore di guida ed irrigidimento delle aste stesse.

La differenza fra il diametro esterno delle aste e diametro interno della tubazione metallica provvisoria di rivestimento non deve superare di norma i 6 cm.

Qualora ciò avvenga devono essere predisposte, lungo la batteria delle aste ad intervalli di 3 m, opportune alette di irrigidimento, di dimensioni adeguate al diametro interno effettivo della tubazione di rivestimento provvisoria.


Metodologia di prova

La prova consiste nell'infingere nel terreno alla base del sondaggio il campionatore, per 3 tratti consecutivi, ciascuno di 15 cm, rilevando il numero di colpi (N) necessario per la penetrazione di ciascun tratto di 15 cm. Il valore di N_{spt} è dato dalla somma dei colpi ottenuti per il 2° e 3° tratto.

La prova viene sospesa quando il numero dei colpi N, per un tratto di 15 cm, supera 50. In tal caso si annota la penetrazione (in cm) ottenuta con 50 colpi: tale valore rappresenta il "Rifiuto".

Le fasi da seguire sono le seguenti:

- prima di eseguire la prova è necessario controllare con scandaglio la quota del fondo del foro, confrontandola con quella raggiunta con la manovra di perforazione o di pulizia precedentemente eseguita. Può risultare dal controllo che la quota misurata sia più alta per effetto di reflussi del fondo del foro o per decantazione di detriti in sospensione del fluido. Se tale differenza supera 7 cm la prova non può essere eseguita; si deve pertanto procedere ad un'ulteriore manovra di pulizia;
- calare a fondo del foro la batteria di prova. La quota di inizio della prova S.P.T. deve corrispondere a quella misurata mediante il controllo di cui sopra che, come detto, può coincidere con quella di perforazione o pulizia ma può anche essere (fino a 7 cm) superiore. L'eventuale affondamento del campionatore, per peso proprio e delle aste, deve essere annotato ma è già parte integrante dei 45 cm complessivi di infissione;
- procedere all'infissione contando ed annotando il numero dei colpi del maglio, fino ad un massimo di 50 colpi per ogni tratto di 15 cm. Il ritmo di percussione deve essere compreso tra i 10 ed i 30 colpi al minuto;
- ad estrazione avvenuta il campione prelevato viene misurato, descritto, trascurando l'eventuale parte alta costituita da detriti, sigillato in adatto contenitore e conservato a disposizione del Direttore dei Lavori o eventualmente inviato al laboratorio;
- in presenza di materiali molto compatti o ghiaie grossolane si adatterà la particolare punta conica.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 27 di 108

Documentazione

La documentazione preliminare e quella definitiva devono comprendere:

1) per ciascuna prova eseguita:

- quota della tubazione provvisoria di rivestimento del foro;
- quota raggiunta con la manovra di perforazione o pulizia;
- quota del fondo del foro controllata prima di iniziare la prova;
- penetrazione (per peso proprio e delle aste) del campionatore;
- N per infissione di ciascuno dei 3 tratti di 15 cm;
- eventuale "rifiuto";
- peso per metro lineare delle aste impiegate;
- lunghezza e descrizione geotecnica del campione estratto;
- tipo di campionatore (aperto o chiuso) impiegato.

2) per ciascuna verticale indagata:

- grafico Nspt in funzione della profondità.

Nel caso sia disponibile il dispositivo per la determinazione dell'energia trasmessa al campionatore, le caratteristiche del sistema di misure ed i risultati determinati saranno parte integrante della documentazione.

Art 26. Prove scissometriche (vane test)

La prova scissometrica misura la resistenza al taglio non drenata dei terreni coesivi saturi e la variazione di tale parametro rispetto alla profondità; si esegue inserendo nel terreno naturale una paletta con sezione a croce greca (*scissometro*), misurando lo sforzo torsionale che occorre applicare per portare a rottura il terreno stesso. Si applica a terreni coesivi, da teneri a mediamente compatti, con resistenza al taglio non drenata minore di 100 kN/m² (1 kg/cm²).

La prova può essere eseguita con apparecchiature da calare sul fondo di un sondaggio o foro preparatorio oppure tramite l'uso di attrezzature autopercoranti.

Normativa di riferimento:

- ASTM d 2573/78 - Standard Method for "Field vane Shear Test in Cohesive Soil".

Attrezzatura di perforazione

L'attrezzatura di perforazione a rotazione deve essere costituita da:

- sonda a rotazione completa di pompa per la circolazione dei fanghi e dispositivi per la loro preparazione;
- carotieri semplici o doppi;
- triconi;
- elica continua;
- paletta-scissometro;
- aste di collegamento;
- tubo di rivestimento;
- strumento di torsione;
- altri utensili proposti dall'impresa, se approvati dalla direzione dei lavori.

1) paletta-scissometro

E' costituita da 4 rettangoli di lamiera d'acciaio sottile uniti lungo uno dei lati maggiori; ha sezione trasversale a croce greca.

Le palette hanno diametro (inteso come diametro del cilindro ottenuto dalla rotazione della paletta) variabile da 45 a 100 mm.

L'altezza è pari a 2 volte il diametro.

La scelta del diametro di paletta da impiegare viene fatta in funzione della forza di torsione massima che dovrà essere applicata in base alla prevedibile resistenza del terreno da provare.


Per non disturbare il terreno in cui penetra, la paletta avrà sezione del ferro minore di 1/10 di quella del cilindro ottenuto dalla sua rotazione.

La paletta è collegata alla superficie mediante la batteria di aste d'acciaio.

2) aste di collegamento

Una batteria di aste d'acciaio collega la paletta con lo strumento di torsione in superficie.

Le aste debbono presentare elevate caratteristiche di rigidità a torsione e flessione affinché gli sforzi applicati all'estremità superiore vengano trasmessi integralmente a quella inferiore, cioè alla paletta.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 28 di 108

3) rivestimento

La batteria di tubi metallici di rivestimento assolve le seguenti funzioni:

- irrigidimento della batteria di aste tramite appositi anelli distanziatori che saranno interposti fra le aste del rivestimento, ogni 3 m. circa;
- reazione allo sforzo di torsione applicato in superficie;
- trasmissione della spinta verticale necessaria per infiggere tutto il dispositivo alla profondità voluta.

4) strumento di torsione

Lo strumento di torsione viene applicato all'estremità superiore della batteria di aste che collegano la paletta-scissometro ed è collegato (per la necessaria reazione) all'estremità della batteria di rivestimento; per mezzo di questo strumento si applicano e si misurano mediante un dinamometro gli sforzi di torsione necessari per portare il terreno alla rottura in corrispondenza della paletta.

Lo strumento di torsione deve possedere i seguenti requisiti:

- impermeabilità all'acqua;
- sensibilità migliore di 1/1000 dello sforzo massimo applicabile;
- indifferenza alle variazioni della temperatura ambiente.

Modalità di perforazione

Sono ammesse modalità di perforazione varie, comunque tali da garantire il sostentamento delle pareti del foro, il contenimento del fondo del foro e la minimizzazione dei disturbi arrecati al terreno nei tratti di prova. E' ammesso che la perforazione sia eseguita con l'inserimento diretto di tubazioni di rivestimento (\varnothing 107/127 mm) con circolazione di fluido, senza l'utilizzo dei carotieri.

Modalità esecutive

La velocità di rotazione della paletta deve essere di circa 0.1 *gradi/sec* (6°/min). Per ottenere tale velocità è necessario agire in superficie con una velocità tanto maggiore quanto maggiore è la profondità di esecuzione della prova. Ad es. a circa 30 m di profondità la velocità può essere raddoppiata a 0.2 *gradi/sec*.

Prove con estrazione dello strumento

Prima di calare la batteria di aste con scissometro, si misurerà la quota di fondo del foro con scandaglio a filo; se necessario il fondo del foro sarà ripulito secondo apposita manovra di perforazione con carotiere semplice (senza circolazione di fluido) o con attrezzo di lavaggio a fori radiali.

Si calerà quindi la batteria di prova, infiggendo la paletta-scissometro nel terreno senza applicare tensioni torsionali.

Si applicherà e si misurerà il momento torcente necessario per portare a rottura il terreno (resistenza al taglio di picco); dopo la rottura, si ruoterà per dieci giri completi la paletta-scissometro, misurando il momento torcente applicato (resistenza al taglio residua).

Si estrarrà la batteria di prova per riprendere la perforazione.

Prove senza continua estrazione dello strumento

Le prove con attrezzatura autoperforante ridurranno il numero delle estrazioni della paletta-scissometro a 1 per 4÷5 m di avanzamento.

Dopo un massimo di 5 m consecutivi essa dovrà venire estratta, verificando quanto di seguito:

- assenza di distorsioni nel tratto inferiore della batteria di prova;
- assenza di attriti tra astine e tubi di protezione;
- ingrassatura dei cuscinetti reggispinta e dell'alloggio protettivo della paletta-scissometro.


Si richiede che una sonda di perforazione sia sempre disponibile, in appoggio alla batteria autoperforante, per manovre di perforazione ausiliarie.

L'esecuzione delle prove scissometriche sarà eseguita come descritto al paragrafo precedente, con misura della resistenza al taglio di picco e residua.

Documentazione

La documentazione preliminare e definitiva comprenderà quanto sottoelencato:

- informazioni generali sulla denominazione, quota e ubicazione della verticale di prova;
- tipo di attrezzatura impiegata e sue caratteristiche;
- certificato di taratura del dispositivo di torsione;
- profondità relativa di ciascun intervallo di prova;
- schema geometrico del foro, completo di dimensioni, quote di rivestimento, metodi di pulizia, descrizioni di eventuali tratti carotati su richiesta della direzione dei lavori;
- dimensioni della paletta-scissometro, per ciascuna prova;
- letture allo strumento di torsione e/o grafici sforzo/deformazione (nel caso di registrazione con centralina elettronica);

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 29 di 108

- note ed osservazioni degli operatori.

Art 27. Prova di permeabilità Lefranc

La prova è destinata a misurare la conducibilità idrica del terreno; a seconda della geometria realizzata in corrispondenza del tratto di foro prescelto e quindi della direzione del flusso che si instaura durante la prova, la permeabilità misurata sarà quella orizzontale (K_h), quella verticale (K_v) o una media tra le due ($K_h \cdot K_v$). Si esegue misurando gli assorbimenti di acqua, facendo filtrare quest'ultima attraverso un tratto di foro predeterminato. E' una prova di permeabilità da eseguirsi in fase di avanzamento della perforazione in terreni non rocciosi, sotto falda o fuori falda, in quest'ultimo caso dopo avere saturato con acqua il terreno.

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

Per l'esecuzione della prova è necessario che le pareti del foro siano rivestite con tubo di rivestimento per tutto il tratto non interessato alla prova.

Modalità esecutive

La preparazione del tratto di terreno sarà effettuata secondo il tipo di schema prescelto del Direttore dei Lavori .

a) prova su fondo filtrante piano:

- perforazione con carotiere fino alla quota di prova;
- infiggere il rivestimento a secco negli ultimi 20-30 cm, per bloccare l'eventuale flusso dell'acqua;
- eseguire la pulizia del foro.

b) prova con filtro cilindrico:

- perforazione con carotiere fino alla quota di prova;
- rivestimento del foro fino alla quota raggiunta dalla perforazione, senza uso di fluido di circolazione almeno negli ultimi 100 cm di infissione;
- inserimento, nella colonna di rivestimento, di ghiaia molto lavata, fino a creare uno spessore di 60 cm dal fondo del foro (solo nel caso di terreni che tendono a franare o a rifluire);
- sollevamento della batteria di rivestimento di 50 cm, con solo tiro della sonda o comunque senza fluido di circolazione;
- misura ripetuta più volte del livello d'acqua nel foro.

c) determinazione del coefficiente di permeabilità verticale:

- sarà necessario utilizzare una seconda colonna di rivestimento, interna a quella di sondaggio, alla cui estremità viene avvitato un cilindro di acciaio a pareti sottili sagomato a tagliente (tipo fustella per campioni indisturbati) da poter infiggere a pressione a fondo del foro, per un tratto pari a circa 2 diametri; tutta la batteria interna, cilindro terminale compreso, deve essere a tenuta.

Per la determinazione della permeabilità al di sopra del livello della falda freatica, le prove da eseguirsi dovranno essere precedute da una fase di saturazione, da considerarsi conclusa quando si raggiunga, in condizioni di portata immessa costante, la stabilità del livello dell'acqua all'interno del foro. Tale fase di saturazione dovrà comunque avere una durata non inferiore a 30 minuti.

Metodo a carico idraulico variabile

Il metodo a carico idraulico variabile sarà eseguito mediante:

- riempimento con acqua fino alla estremità del rivestimento;
- misura del livello dell'acqua all'interno del tubo (senza ulteriori immissioni) a distanza di 15", 30", 1', 2', 4', 8', 15', 20', 25', 30', 45', 60' dall'inizio dell'abbassamento, fino all'esaurimento del medesimo o al raggiungimento del livello di falda.

Le prove a carico variabile al di sotto del livello della falda possono essere eseguite abbassando il livello dell'acqua nel foro di un'altezza nota e misurando la velocità di risalita del livello (prove di risalita), oppure riempiendo il foro d'acqua per un'altezza nota e misurando la velocità di abbassamento del livello (prova di abbassamento).

Il coefficiente di permeabilità K (m/s) può essere determinato utilizzando la seguente formula:


$$K = A / (F \cdot T)$$

dove:

A = area della sezione trasversale del foro al livello dell'acqua, cioè la sezione del rivestimento (m²)

F = fattore di forma che dipende dalla geometria della prova (m)

T = tempo di riequilibrio (basic time-lag) (s)

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 30 di 108

Il calcolo del fattore di forma F viene eseguito con la soluzione analitica indicata da Hvorslev (1951), scelta in base alla geometria della prova.

Per la determinazione di T si devono diagrammare i valori del rapporto h/h_0 , in scala logaritmica, con i corrispondenti valori di tempo t in scala decimale ($t = 0$ all'inizio della prova quando $h/h_0 = 1$, essendo h l'altezza misurata e h_0 l'altezza iniziale). Si traccia poi la retta che meglio collega i punti sperimentali diagrammati. In qualche caso, i punti sperimentali per valori di h/h_0 vicini ad 1 possono seguire una curva; ciò deve essere trascurato e la linea retta va tracciata attraverso i restanti punti. Si disegna quindi una retta parallela a quella precedente, ma che passa per l'origine degli assi ($h/h_0 = 1$; $t = 0$). Il valore del tempo t letto in corrispondenza del rapporto $h/h_0 = 0.37$ è il valore richiesto del tempo di riequilibrio T.

Metodo a carico idraulico costante

Il metodo a carico idraulico costante sarà eseguito mediante:

- immissione di acqua pulita nella batteria di rivestimento, fino alla determinazione di un carico idraulico costante, cui corrisponde una portata assorbita dal terreno costante e misurata;
- controllo della portata immessa a regime idraulico costante che sarà determinato con contaltri di sensibilità pari a 0.1 litri. La taratura del contaltri deve essere verificata in situ riempiendo un recipiente di volume noto e di capacità superiore a 100 litri;
- le condizioni di immissione a regime costante devono essere mantenute, senza variazione alcuna, per 10 - 20 min;
- a partire dal momento dell'interruzione della prova, si misureranno gli abbassamenti progressivi del livello dell'acqua all'interno del rivestimento a distanza di 15", 30", 1', 2', 4', 8', 15', proseguendo fino all'esaurimento dell'abbassamento o al raggiungimento del livello della falda.

La prova di abbassamento e la prova a carico costante possono essere eseguite anche nel terreno al di sopra del livello della falda. In tal caso però il terreno deve essere preventivamente saturato.

Il coefficiente di permeabilità K (m/s) viene determinato utilizzando la seguente formula:

$$K = \frac{Q}{F \cdot h}$$

dove:

Q = portata immessa o emunta (m^3 / sec)

F = fattore di forma che dipende dalla geometria della prova (m)

h = differenza di altezza del livello dell'acqua provocato dall'immissione o dall'emungimento (m)

Documentazione

La documentazione di ciascuna prova comprenderà:

- informazioni generali;
- schema geometrico della prova;
- livello di falda;
- tempo di saturazione (se eseguita);
- portata a regime;
- letture degli abbassamenti in relazione ai tempi progressivi.
- interpretazione dei dati ottenuti e calcolo della permeabilità

Art 28. Prova di permeabilità tipo Lugeon

La prova misura l'attitudine di un ammasso roccioso ad essere interessato da circolazione idrica; si eseguirà iniettando dell'acqua in pressione entro un tratto isolato di foro di sondaggio, perforato in terreni lapidei o litoidi, misurando i volumi assorbiti a diverse pressioni. Il tratto di foro isolato viene realizzato mediante tubo adduttore munito di otturatore ad espansione singolo o doppio.


Normativa di riferimento:

- Bollettino de Liaison des Laboratoires Routiers - Special N - Idraulica dei terreni. Aprile 1970.

Attrezzatura

L'esecuzione della prova richiede l'attrezzatura elencata di seguito:

- otturatore singolo, per prove in avanzamento, ad espansione idraulica o meccanica; – otturatore doppio, per prove in risalita, a membrana espandibile idraulicamente o ad azoto. Il tubo di collegamento dei due pistoncini espandibili avrà una superficie forata $A_f \geq 2 A_t$, essendo A_t la superficie della sezione cava del tubo;

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 31 di 108

- pompa centrifuga in grado di raggiungere pressioni di iniezione di 1 MPa;
- contaltri per la misura delle portate immesse, inserito nel circuito di mandata, con sensibilità di 0,1 litri;
- manometro per la misura della pressione di iniezione, con sensibilità di 0,5 atm e certificato di taratura non anteriore a 3 mesi;
- tubi di adduzione di tipo idraulico;
- eventuale circuito indipendente di misura delle pressioni, collegato alla camera isolata per la prova, con manometro tarato.

Tarature

Il contaltri dovrà essere tarato in situ prima di iniziare le prove, riempiendo un contenitore di volume noto e superiore a 100 l.

Le perdite di carico nei tubi di adduzione, in assenza di un circuito indipendente di misura delle pressioni, saranno valutate in situ con il metodo di un tubo campione, posto orizzontalmente in superficie e collegato alla pompa con l'interposizione del manometro. Si calcolerà la perdita di carico corrispondente alla portata Q come

$$P_c = P/l$$

dove:

P_c = perdita di carico per metro lineare (MPa/m)

P = pressione al manometro (MPa)

l = lunghezza del tubo (m)

La prova sarà ripetuta per almeno 3 diversi valori della portata Q ottenendo una curva $P_c=f(Q)$.

Modalità esecutive

Esistono due tipologie di prove: la prima è realizzata durante la fase di avanzamento della perforazione, mentre la seconda si eseguirà a foro finito in risalita.

Prova in avanzamento con otturatore singolo

Se non diversamente richiesto dal committente o dalla direzione dei lavori, le prove si eseguiranno in avanzamento con otturatore singolo.

L'otturatore sarà calato nel foro dopo avere misurato il livello del fluido nel sondaggio con sonda piezometrica.

Il foro sarà privo di rivestimento; il fluido di perforazione sarà costituito da sola acqua priva di additivi.

L'otturatore sarà espanso fino ad isolare il tratto finale del foro per una lunghezza massima di 5 metri.

Si procederà ad iniettare nel tratto di prova, eseguendo 3 (o più) diversi gradini di pressione in salita e ripetendo gli stessi per i primi 2 m in discesa, misurando per ciascun gradino le portate assorbite che determinano la stabilizzazione dell'assorbimento raggiunto. Ciascun gradino di portata (a regime) sarà mantenuto per almeno 20 minuti in salita e discesa.

La scelta del valore dei gradini di pressione dipenderà dal tipo di ammasso roccioso e dagli specifici obiettivi progettuali delle prove, a discrezione del committente.

Non si supereranno comunque valori massimi di 1MPa, e solo nei casi di elevata resistenza meccanica della matrice rocciosa. In condizioni diverse è preferibile non superare pressioni di 0.3 MPa in rocce poco resistenti e di 0.5 MPa in rocce mediamente resistenti.

In condizioni di prova a scarsa profondità in rocce poco resistenti, solo litoidi o semilitoidi, si ammettono limiti massimi di pressione non superiori a 0.3 MPa.


Durante la prova si provvederà a mantenere il foro di sondaggio pieno di acqua, per osservare la perfetta tenuta idraulica dell'otturatore, resa evidente dall'assenza di variazioni di livello. Nel caso di perdite, la prova sarà interrotta e ripresa dopo i necessari interventi correttivi.

Qualora lo stato della roccia fosse tale da non assicurare la tenuta dell'otturatore, le prove saranno eseguite in avanzamento, previa cementazione e riperforazione del tratto di foro al di sopra della prova, in modo da creare una superficie adatta ad impedire perdite idriche.

Particolare cura deve avere la collocazione del manometro. Esso infatti deve essere installato direttamente sui tubi che sostengono il pistoncino, in modo da evitare le immane perdite di carico.

Il Responsabile dell'Appaltatore nominato dall'appaltatore è tenuto a registrare su appositi moduli i seguenti dati:

- numero e diametro del foro dove si esegue la prova;
- profondità del fondo del foro dal p.c.;
- profondità del pistoncino dal p.c.;
- diametro dei tubi di immissione d'acqua;
- profondità del livello della falda dal p.c.;
- altezza del manometro dal p.c.;
- eventuale cementazione eseguita.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 32 di 108

Durante l'esecuzione della prova si devono registrare per ogni gradino di pressione:

- il tempo e gli assorbimenti per arrivare a regime;
- il tempo e gli assorbimenti con portata a regime per letture effettuate ogni 2 minuti.

Si dovrà tracciare il grafico delle portate (l/min/m) in funzione delle pressioni in camera di iniezione (MPa), per ciascun gradino in andata e in ritorno; la pressione (p) sarà quella corretta:

$$p = p_m + w h - p_c$$

dove:

p_m = pressione letta al manometro

w = densità dell'acqua

h = distanza verticale tra il manometro ed il livello statico della falda

p_c = perdita di carico nel circuito

Prova in risalita con otturatore doppio

Se richiesto dalla direzione dei lavori, le prove potranno essere eseguite con otturatore doppio in risalita, con modalità identiche a quanto descritto al precedente paragrafo. Particolare cura dovrà essere posta nel garantire la tenuta del pistoncino ad espansione inferiore, il cui comportamento non può essere osservato durante la prova.

Per l'esecuzione di prove fino a 90 m di profondità devono essere utilizzate le seguenti attrezzature:

- doppio packer completo di linee idrauliche di alimentazione dei packers stessi e delle sezioni di prova;
- pompe idrauliche con pressione massima pari a 7 MPa;
- misuratori di flusso;
- manometri e trasduttori di pressione;

Nel foro di diametro \varnothing compreso tra 60 mm e 120 mm deve essere calato un doppio packer, collegato alla superficie mediante linee idrauliche o tramite azoto, che consente di isolare il tratto di foro interessato.

Si deve procedere quindi alle misure della pressione di iniezione (di regola con un manometro posto in testa alla tubazione di immissione), della portata immessa con contatori a mulinello e del tempo di durata della prova dopo il raggiungimento delle condizioni di regime.

Si devono inoltre effettuare prove con almeno 5 diversi valori di pressione di iniezione e ciascun valore della pressione deve essere mantenuto costante per circa 10 minuti, dopo il raggiungimento della stabilizzazione degli assorbimenti (regime di equilibrio).

Documentazione

La documentazione relativa a ciascuna prova comprenderà:

- informazioni generali con individuazione del sondaggio all'interno del quale è stata eseguita la prova;
- schema della geometria del foro, delle modalità di prova e posizione della cella filtrante;
- livello statico della falda;
- tabulato delle letture di cantiere (tempi, portate, pressioni al manometro);
- grafico della pressione effettiva in camera di prova;
- assorbimento per ciascun gradino espresso in *Unità Lugeon UL* (dove 1 UL = portata di 1 litro/min/m a 1 MPa);
- copia del certificato di taratura del manometro o del trasduttore di pressione, non anteriore di sei mesi alla data dei lavori.

Art 29. Prova pressiometrica tipo menard (mpm)

La prova, applicabile sia in terre (*pressioni max > 5MPa*) che in rocce (*pressioni max > 10MPa*), consiste nell'introdurre in un foro di sondaggio una sonda cilindrica e nel farla espandere radialmente contro le pareti del foro, misurando la conseguente deformazione volumetrica del terreno.


La prova viene eseguita in controllo di carico misurando la deformazione volumetrica corrispondente ad ogni incremento di carico.

Normative di riferimento:

ASTM D 4719 - 87 (1994) - Standard Test Method for Pressuremeter Testing in Soils

Sonda pressiometrica

E' una sonda cilindrica ad espansione idraulica, costituita da una cella di misura centrale e da due celle di guardia laterali; la cella centrale è riempita di acqua e viene messa in pressione tramite aria compressa; viene così fatta espandere radialmente in modo da poter misurarne la variazione di volume; le celle di guardia devono

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 33 di 108

impedire, durante l'esecuzione, eventuali deformazioni della cella di misura che non siano quelle radiali. La sonda potrà avere un diametro compreso tra 44 mm e 70 mm. La lunghezza complessiva della sonda (somma della cella di misura e delle celle di guardia) dovrà essere pari ad almeno 6 volte il diametro.

Le pareti della cella di misura sono costituite da una membrana interna di gomma e da un involucro deformabile esterno in grado di adattarsi alla forma progressivamente assunta dalle pareti del foro nel corso della prova.

La membrana potrà essere protetta da un involucro esterno a lamelle metalliche, nel caso di terreni granulari contenenti ghiaie, ciottoli o di rocce tenere.

Apparato di espansione

L'apparato di espansione delle celle deve permettere di variare il volume e la pressione all'interno delle stesse in forma del tutto regolabile e controllabile mediante la centralina di misura.

Tubi di connessione

I tubi di connessione delle celle devono essere in materiale plastico rigido. I tubicini della cella di misura saranno preferibilmente inseriti coassialmente nella tubazione che porta il gas alle celle di guardia, in modo da annullare le variazioni di volume nelle tubazioni relative alla cella di misura.

Centralina di misura

La centralina di misura deve includere un meccanismo per l'applicazione di incrementi controllati di pressione alla cella di misura ed un regolatore della pressione del gas nelle celle di guardia. I valori di pressione saranno letti tramite appositi manometri. Le variazioni di volume verranno lette in corrispondenza di tubicini graduati con risoluzione minima di 0.01 cm³, necessaria quando tali variazioni diventino inferiori a 0.5 cm³ per incrementi di pressione di 1 bar.

Calibrazioni e controlli

Prima di iniziare la prova, si procederà alla calibrazione del sistema determinando le perdite di pressione e le perdite di volume.

a) Perdite di pressione

Le perdite di pressione sono legate all'inerzia della membrana e delle eventuali alette metalliche di rinforzo. La calibrazione dovrà essere eseguita in superficie facendo espandere liberamente la sonda e misurando le pressioni necessarie alle diverse deformazioni volumetriche.

L'espansione dovrà avvenire con incrementi di pressione da 10 KPa, da mantenersi per 60 secondi, registrando le letture di volume al termine di tale tempo.

Le pressioni registrate durante la prova verranno corrette detraendo il valore di pressione necessario a deformare la sonda in aria al volume corrispondente.

b) Perdite di volume

Le perdite di volume, dovute alla elasticità dei tubi di collegamento e del serbatoio aria-acqua, saranno determinate in superficie, introducendo la sonda pressiometrica in un tubo di acciaio rigido e di grosso spessore, utilizzando per i collegamenti una lunghezza di tubi analoga a quella che verrà adottata nelle successive prove in situ; la membrana della sonda verrà dilatata contro il tubo metallico indeformabile, aumentando la pressione per gradi, fino ai valori presumibili delle successive misure in situ.

Particolare attenzione dovrà essere posta alla calibrazione del volume nel caso di prove in rocce tenere, dato che le variazioni di volume durante la prova sono molto piccole e dello stesso ordine di grandezza di quelle dovute all'elasticità del sistema.

Tale calibrazione permette di calcolare il volume iniziale della sonda alla pressione atmosferica V_0 [cm³], da impiegare nel calcolo del modulo pressiometrico:

$$V_0 = 0.25 * \pi * L_s * d_i^2 - V_i$$

dove:

L_s = lunghezza della cella centrale di misura [cm]


d_i = diametro interno del tubo di calibrazione [cm]

V_i = volume iniettato per portare la sonda a contatto con le pareti del tubo di calibrazione, individuato sul diagramma di calibrazione prolungando il tratto rettilineo sull'asse dei volumi [cm³]

Dal diagramma pressione/volume si ricaverà inoltre l'entità della correzione di volume V_c da applicare alle letture di volume, come descritto.

Preparazione del foro

La perforazione dovrà essere eseguita con tutti i possibili accorgimenti necessari per evitare disturbi delle pareti e del terreno circostante. Il tratto di foro da sottoporre a prova dovrà risultare uniforme, liscio, privo di gradini e

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 34 di 108

scavernamenti. Dovrà essere pertanto ricavato con utensile molto tagliente, senza riprese, in assenza o con un minimo di fluido di circolazione.

Nel caso di terreni, la prova dovrà essere eseguita appena terminata la manovra di perforazione; nel caso di rocce tenere, l'intervallo di tempo tra perforazione ed esecuzione della prova dovrà essere comunque il più ridotto possibile e preferibilmente contenuto in non più di poche ore.

Il diametro del foro deve essere calibrato correttamente, con il minimo eccesso possibile rispetto alla sonda nel rispetto della seguente espressione (ASTM D 4719 - 87 (1994)):

$$1.03 D_{pm} < \varnothing < 1.20 D_{pm}$$

dove:

Dpm = diametro della sonda pressiométrica

\varnothing = diametro del foro

Il metodo di perforazione utilizzato dovrà essere adattato alla natura del terreno in base all'esperienza del personale ed alla disponibilità di mezzi alternativi; nel caso il foro stia in parete, almeno a breve termine e con l'eventuale ausilio di fango bentonitico, i mezzi utilizzabili, a seconda della consistenza e della profondità da raggiungere, saranno i seguenti:

- campionatore a pareti sottili (con tagliente interno) infisso a pressione;
- elica elicoidale continua, azionata meccanicamente, in presenza di fango;
- carotiere a rotazione, con circolazione diretta di fango o in presenza di fango;
- utensile per distruzione a rotazione;

In caso di rocce molto fratturate o molto eterogenee si può utilizzare il metodo della cementazione e riperforazione.

La tecnica da utilizzarsi per la preparazione del foro dovrà essere sempre concordata con la Direzione dei Lavori. L'eventuale adozione di metodologie di perforazione diverse da quelle sopra indicate dovrà essere preventivamente autorizzata dalla direzione dei lavori.


Modalità esecutive

Le prove devono essere eseguite esclusivamente in avanzamento. Prima dell'inizio della prova deve essere noto il livello dell'acqua all'interno del foro.

Prima di posizionare la sonda pressiométrica, si procederà all'accurata lettura del volume della cella di misura alla pressione atmosferica. Tutti i circuiti saranno disaerati e i manometri azzerati con sonda a piano campagna. Il circuito per il controllo dei volumi sarà quindi chiuso e la sonda calata nel foro. La profondità della prova viene definita come quella corrispondente al punto medio della cella di misura. La pressione che deve essere mantenuta nelle celle di guardia durante la prova non dovrà mai superare quella agente nell'interno della cella di misura. Una volta posizionata la sonda, la pressione dovrà essere incrementata con uguali intervalli di carico. Si raccomandano almeno 10 incrementi di carico; i valori di ciascun incremento di carico dovranno essere stabiliti in accordo al progetto delle indagini o definiti nel corso della prova stessa, in accordo con la direzione dei lavori. La prova potrà essere conclusa quando l'espansione della cella nel corso di un incremento di carico diventa maggiore di circa 1/4 dell'originale volume della cella di misura oppure, come nel caso di prove in roccia, quando viene raggiunto il fondo scala della pressione applicabile. Le letture relative alle variazioni di volume della sonda (e quindi del terreno) dovranno essere effettuate dopo 30" e dopo 60" dall'inizio dell'applicazione di ogni incremento di carico.

Le misure dovranno essere registrate con una precisione pari allo 0.2% del volume della cella di misura (in condizioni di pressione atmosferica) e quelle di pressione con una precisione pari al 5% del valore della pressione limite. La prova non potrà essere eseguita se la deformazione iniziale della membrana risulta superiore a 300 cm³; ove ciò si verificasse, dovrà essere perforata una nuova tasca di prova, immediatamente al di sotto della precedente, con modalità e utensili tali da evitare il ripetersi del fenomeno. Salvo diversa disposizione da parte della direzione dei lavori o contenuta nel progetto delle indagini, dovrà essere eseguito un ciclo di scarico-ricarico in corrispondenza della fase pseudo-elastica della prova. Il ciclo di scarico-ricarico dovrà iniziare al termine del tratto pseudo-elastico della prova (quando gli incrementi nelle deformazioni diventano più che proporzionali rispetto agli incrementi di pressione) e dovrà comprendere almeno 3 gradini di scarico e 3 gradini di ricarica; la pressione minima del ciclo di scarico/ricarico sarà pari al 25% della pressione raggiunta all'inizio del ciclo e comunque non superiore al 50%. Una volta conclusa la prova, la sonda sarà depressurizzata e riportata in superficie.

Calcoli

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 35 di 108

La pressione effettivamente applicata alle pareti del foro dovrà essere determinata in accordo alla seguente espressione:

$$P = P_R + P_\delta - P_C$$

dove:

P_R = pressione letta al manometro

P_δ = correzione idrostatica, ottenuta moltiplicando il peso di volume del liquido di prova per la distanza tra il centro della sonda e l'unità di lettura in superficie

P_C = correzione di pressione

Il volume corretto sarà così determinato:

$$V = V_R - V_C$$

dove:

V_R = volume letto all'unità di misura

V_C = correzione di volume

Il modulo pressiométrico sarà così determinato:

$$E_P = 2(1 + \mu)(V_0 + V_m)\Delta P / \Delta V$$

dove:

μ = rapporto di Poisson

V_0 = volume della cella di misura alla pressione atmosferica

V_m = volume corretto nella parte centrale dell'incremento ΔV

$V = V_r - V_c$, per V_r = lettura da manometro e V_c = correzione volumetrica alla pressione corrispondente in base alla curva di calibrazione

$\Delta P = P_2 - P_1$ = incremento di pressione corretta nella parte centrale della porzione rettilinea della curva pressione-volume


$\Delta V = V_2 - V_1$ = incremento di volume nella parte centrale della porzione rettilinea della curva pressione-volume, corrispondente all'incremento di pressione ΔP

Dovranno essere sempre indicati gli intervalli di pressione (P_1, P_2) e volume (V_1, V_2) utilizzati per il calcolo del modulo pressiométrico.

Documentazione

La documentazione di ciascuna prova comprenderà:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore)
- n° del sondaggio;
- schema geometrico del foro di sondaggio, diametro di perforazione e di rivestimento, profondità del tubo di rivestimento;
- log stratigrafico del terreno nell'intervallo di prova;
- livello piezometrico;
- metodo e attrezzature utilizzate per la preparazione del foro;
- profondità della prova da p.c. (punto medio della cella di misura);
- caratteristiche e dimensioni della attrezzatura (in particolare sonda pressiométrica e membrana);
- curva di calibrazione per le perdite di volume;
- curva di calibrazione per le perdite di pressione;
- tabella con le letture volumetriche a 30" e a 60" dall'applicazione dell'incremento di pressione;
- curva di cantiere con i valori non corretti di pressione (KPa) e volume a 60" (cm^3);
- curva pressiométrica (valori corretti);
- curva di creep;
- determinazione di V_0 (volume iniziale) e P_0 (pressione iniziale);
- determinazione di V_f (volume di scorrimento o fluage) e P_f (pressione di scorrimento o fluage);
- calcolo del modulo pressiométrico con indicazione degli intervalli di pressione e volume utilizzati (nel caso di prova con ciclo di scarico-ricarico dovrà essere calcolato anche il modulo nell'asola disegnata dal ciclo eseguito);

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 36 di 108

- calcolo della pressione limite P_L , con indicazione del metodo utilizzato e relativo grafico;
- note su qualsiasi variazione rispetto alle modalità di prova descritte;
- descrizione del tempo atmosferico e della temperatura;
- copia dei certificati di taratura dei manometri, non anteriori di 6 mesi alla data di esecuzione dei lavori.

Art 30. Campionamento acqua per analisi chimiche

Il campionamento di provini di acqua dal foro di sondaggio è finalizzato alla realizzazione di analisi chimiche. Dopo aver terminato le operazioni di perforazione e dopo aver abbondantemente lavato il foro si cala una pompa sommersa. Dopo aver svuotato completamente il foro un paio di volte ed avvenuta la normale ricarica fino al livello di falda, si emunge acqua finché diventa chiara.

Si procede con il campionamento:

nella parte terminale del tubo di fuoriuscita dell'acqua sarà installato un tubo metallico di 10-20 cm di lunghezza il quale verrà "flambato" tramite fornellino/pistola a gas per tutta la durata del campionamento. Il campione prelevato, di circa 1/2-1 lt a seconda delle prove da effettuare, verrà immediatamente versato all'interno di bottiglie sterili, che saranno conservate in frigorifero fino alla consegna al laboratorio indicato dal committente, che avverrà entro il secondo giorno successivo al campionamento. Su ciascuna di esse dovrà essere riportato:

committente;

lavoro;

n. sondaggio;

n. campione e profondità di prelievo;

data ed ora del prelievo;

temperatura dell'acqua in uscita.

Art 31. Prova dilatometrica

La prova dilatometrica consiste nella determinazione delle caratteristiche di deformabilità di un ammasso roccioso all'interno di un foro di sondaggio ad una determinata profondità; la prova viene eseguita mediante l'espansione di una sonda dilatometrica dotata di una membrana di gomma dilatabile e di trasduttori lineari di spostamento per il rilievo delle deformazioni indotte.

La prova, se ripetuta ad intervalli regolari (ad es. 1, 2 o 5 m) lungo la verticale di sondaggio, permette di ricostruire la variazione delle caratteristiche di deformabilità dell'ammasso roccioso rispetto alla profondità. E' possibile inoltre determinare, nel piano perpendicolare all'asse del dilatometro, l'anisotropia delle caratteristiche di deformabilità dell'ammasso stesso.

La prova è particolarmente indicata in ammassi rocciosi fortemente fratturati o di modesta qualità, caratterizzati da uno scarso recupero di carotaggio e che non consentono il prelievo di campioni adatti all'esecuzione di specifiche prove di laboratorio.


Normative di riferimento:

ISRM Commission on Testing Methods (1987) - Suggested Methods for Deformability Determination Using a Flexible Dilatometer with Radial Displacement Measurements

Attrezzature

L'attrezzatura di prova sarà costituita da:

- tubo di calibrazione di proprietà elastiche note, con un diametro interno uguale a quello del foro di sondaggio e lunghezza simile alla lunghezza attiva della sonda;
- comparatore centesimale per la misura del diametro esterno della sonda dilatometrica, con una precisione non inferiore a ± 0.01 mm;
- sonda dilatometrica di diametro compreso tra 76 e 116 mm, della lunghezza di $1000 \div 1500$ mm, con una lunghezza efficace comunque compresa tra 5 e 15 volte il diametro; la sonda è costituita da un corpo cilindrico in acciaio ricoperto da una membrana in gomma rinforzata, in modo da poter essere inserita nel foro di sondaggio senza essere danneggiata, ma anche abbastanza flessibile in modo da trasmettere non meno del 90% della pressione idraulica applicata;
- argano per il posizionamento della sonda all'interno del foro; deve essere garantita la misura della profondità di esecuzione con una precisione di ± 5 cm; possono essere utilizzate anche le aste di perforazione oppure apposite aste di manovra;

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 37 di 108

- sorgente di pressione (bombola d'azoto o pompa ad olio idraulico) e cavi di collegamento in grado di riempire, gonfiare e sgonfiare la sonda e di applicare e mantenere il range di pressioni richiesto;
- sistema di regolazione della pressione, in grado di mantenere costante la pressione applicata;
- sistema per la misurazione degli spostamenti, in grado di determinare il diametro del foro con una precisione di 1 μm , costituito da almeno 3 trasduttori di spostamento aventi fondo scala non inferiore a 25 mm, alloggiati su piani diversi nella parte centrale della sonda, disposti in posizione diametrale a 60° (o 45° nel caso di 4 trasduttori) l'uno dall'altro e connessi mediante cavi elettrici ad un'unità di lettura superficiale;
- sistema per la misura della pressione, costituito da un trasduttore elettrico di pressione o da una coppia di manometri con diverso fondo scala (ad es. 1 MPa e 10 MPa), dotato di una precisione di lettura non inferiore a $\pm 2\%$ del range di pressione utilizzato per ogni prova;
- unità superficiale per la registrazione e l'elaborazione dei dati, collegata alla sonda dilatometrica, e dotata di display per la visualizzazione sia delle variazioni di diametro della membrana (uno per ciascun trasduttore) che della pressione di espansione della membrana.

Preparazione del foro

Il foro di prova dovrà essere realizzato con la massima cura per garantirne la stabilità delle pareti, dato che eventuali franamenti in fase di esecuzione della prova possono provocare il bloccaggio dell'attrezzatura all'interno del foro. Il diametro del foro dovrà essere adeguato all'attrezzatura impiegata e comunque non potrà essere più largo di 6 mm del diametro della sonda dilatometrica. Si raccomanda di controllare l'interno del foro di prova con una camera televisiva, in modo da individuare fessure aperte o cavità che potrebbero danneggiare la membrana flessibile.

In caso di necessità di sostenere le pareti del foro è ammesso un rivestimento sino alla sezione superiore di prova oppure la cementazione del foro: in questo ultimo caso il carico idraulico della malta cementizia non dovrà mai essere superiore a 3 m, in modo da evitare l'iniezione della stessa nell'ammasso roccioso; il foro cementato dovrà essere quindi riperforato a distruzione di nucleo rispettando le tolleranze sopra specificate.

Calibrazioni e controlli

L'attrezzatura completa dovrà essere controllata e calibrata prima di ogni serie di prove e comunque dopo ogni importante intervento, come ad es. la sostituzione della membrana. Le operazioni di calibrazione dovranno essere eseguite con una lunghezza delle tubazioni pari a quella che sarà impiegata per le prove.

Con la sonda inserita nel tubo di calibrazione dovrà essere applicata la pressione massima di prova e dovrà essere effettuato un controllo riguardante il mantenimento e le perdite della pressione. La pressione dovrà quindi essere rilasciata e di nuovo incrementata secondo il range da utilizzarsi nella prova reale, prevedendo almeno 5 intervalli di pressione (MPa) e leggendo le deformazioni (mm) corrispondenti (le letture di deformazione ai 3 trasduttori dovranno essere mediate). Dovrà quindi essere plottata una curva pressione/dilatazione media e la sua pendenza Mm (MPa/mm) dovrà essere confrontata con l'espansione teorica del cilindro ottenuta dalla teoria elastica. I valori di deformazione conseguenti allo schiacciamento della membrana così determinati dovranno essere sottratti alle deformazioni misurate in fase di prova.

La sonda dovrà poi essere gonfiata libera (senza confinamento) per determinare il fattore di correzione m per la rigidità della membrana (MPa/mm), ottenuta come la pendenza della curva pressione/dilatazione non confinata; i valori di pressione letti al manometro in fase di prova dovranno conseguentemente essere corretti per ricavare la pressione realmente applicata alle pareti del foro.

Il sistema di misura dello spostamento dovrà essere controllato indipendentemente con un micrometro: all'interno del range di misura, la precisione totale dell'attrezzatura dovrà essere costante.


Modalità esecutive

Dopo aver controllato che il diametro del foro rispetti la tolleranza sopra specificata, si dovrà introdurre nel foro la sonda dilatometrica portandola fino alla profondità stabilita: tale profondità dovrà essere misurata con una precisione di ± 5 cm e registrata.

La sonda dovrà quindi essere fatta espandere sotto una pressione appena sufficiente ad assicurarne il contatto permanente con la parete del foro, senza che avvengano scorrimenti: tale pressione di alloggiamento dovrà essere la pressione minima durante la prova.

La prova dovrà essere condotta con almeno 3 cicli di carico/scarico con pressione massima progressivamente crescente fino ad un valore massimo che dovrà essere il più elevato possibile, compatibilmente con la pressione operativa di sicurezza dell'attrezzatura di prova. In ogni ciclo la pressione dovrà essere aumentata in non meno di 5 incrementi approssimativamente costanti fino a raggiungere il valore massimo.

Ogni incremento di pressione deve essere mantenuto costante durante la lettura della pressione (MPa) e della corrispondente dilatazione del foro (mm). La presenza dei 3 trasduttori di spostamento a 120° permetterà la determinazione dei valori del modulo di deformazione in funzione della direzione.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 38 di 108

Raggiunto il valore massimo di pressione, si dovrà operare lo scarico portando la pressione al valore minimo di prova, leggendo le coppie pressione/dilatazione agli stessi intervalli di pressione utilizzati nella fase di carico. Al fine di evidenziare eventuali comportamenti viscosi della roccia, nell'ultimo ciclo di carico la pressione massima raggiunta dovrà essere mantenuta costante fino alla completa stabilizzazione delle deformazioni, con registrazione ad intervalli di tempo opportuni, comunque non superiori a 5 minuti.

Calcolo del modulo dilatometrico

Il modulo dilatometrico secante E_d (MPa) dovrà essere calcolato per ogni ciclo di prova, sia in fase di carico che di scarico, secondo la seguente espressione:

$$E_d = (1 + V_R) D \frac{\Delta P_i}{\Delta D}$$

dove:

- ΔP_i (MPa) = incremento di pressione all'interno del segmento considerato
- ΔD (m) = dilatazione (deformazione diametrale) media del foro corrispondente
- D (m) = diametro del foro di prova
- V_R = rapporto di Poisson dell'ammasso roccioso

In particolare per ciascun ciclo dovranno essere determinati i seguenti moduli:

- modulo di primo carico, calcolato in fase di carico tra la massima pressione applicata nel ciclo precedente e la massima pressione del ciclo considerato;
- modulo di scarico, calcolato in fase di scarico tra la pressione massima e la pressione minima del ciclo considerato;
- modulo di ricarico, calcolato in fase di carico tra la pressione minima del ciclo in esame e la pressione massima del ciclo precedente;
- modulo di deformazione, calcolato in fase di carico tra la pressione minima di prova e la pressione massima del ciclo considerato. I valori di deformabilità dovranno essere calcolati per ognuna delle tre direzioni di misura e, come media, determinata sulla base della deformazione media del foro.


Documentazione

La documentazione di ciascuna prova dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- caratteristiche della sonda, metodo, diametro di perforazione e tipo di fluido impiegato;
- localizzazione dei tratti di foro rivestiti o cementati;
- livello piezometrico della falda;
- profondità della sezione di misura;
- descrizione dell'ammasso roccioso nel tratto di prova, con particolare riguardo alle caratteristiche geomeccaniche delle discontinuità;
- caratteristiche della attrezzatura impiegata per la prova;
- metodo utilizzato per la calibrazione e risultati;
- tabelle con le letture registrate durante la prova, includendo i valori non corretti e quelli corretti;
- diagrammi pressione/dilatazione (deformazione diametrale) per ogni trasduttore;
- diagramma pressione/dilatazione media;
- diagramma polare (nel piano perpendicolare al foro) dei valori di dilatazione, in funzione della posizione del trasduttore e della pressione applicata;
- diagramma dilatazione/tempo a pressione costante relativo alla massima pressione applicata dei singoli trasduttori e della media dei trasduttori;
- schema di calcolo e relazioni matematiche per il calcolo dei moduli elastici e di deformabilità;
- tabelle riassuntive e grafici dei moduli elastici e di deformabilità calcolati;
- copia dei certificati di calibrazione del manometro o del trasduttore di pressione e dei trasduttori di spostamento di data non anteriore a sei mesi rispetto a quella di esecuzione dei lavori.

Art 32. Strumentazione geotecnica

Al termine della perforazione possono essere poste in opera particolari strumentazioni geotecniche quali:
Piezometri:

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 39 di 108

- a tubo aperto
- celle di Casagrande
- elettrici
- elettropneumatici

Tubi inclinometrici

Tubi per prove geofisiche Down-hole

Tubi per prove geofisiche Cross-Hole

Assestimetri

Art 33. Piezometro a tubo aperto in foro di sondaggio

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. La posizione dei tratti fessurati e la qualità dei materiali da impiegare sarà decisa dal Direttore dei Lavori dopo l'esame dei dati di perforazione. Il Direttore dei Lavori si riserva la possibilità di far eseguire ad altra Ditta, direttamente incaricata da INGEGNERIE TOSCANI, l'esecuzione di Logs elettrici stratigrafici per permettere una migliore individuazione e caratterizzazione di eventuali livelli acquiferi ed il conseguente posizionamento dei tratti filtrati. In questo caso i lavori saranno sospesi gratuitamente per le prime 24 ore a partire dal momento dell'effettiva disponibilità del perforo equivalenti al tempo necessario all'esecuzione dei Logs, tempi ulteriori e successivi alle prime 24 ore di sospensione dei lavori, saranno compensati con la voce in Elenco Prezzi relativa al noleggio di cantiere non attivo.

Viene, inoltre, presa in esame l'installazione di piezometri a tubo microfessurato (open-stand-pipe) ovvero per la posa di una batteria di tubi in PVC rigido; tali tubi hanno uno spessore di 2÷3 mm e diametro di 40÷80 mm (2"-4"); saranno 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 perforazione, si suppone abbia sede la falda d'acqua. Normalmente 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. 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, silicone, ecc. e nastrate in modo da garantire la perfetta tenuta. Il tratto finestrato 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.

L'impiego di questi piezometri è generalmente limitato al campo dei terreni uniformi permeabili o molto permeabili ($K > 10^{-5}$ m/sec), ma potranno essere installati anche in litologie diversa permeabilità a seconda delle necessità e delle disposizioni della committenza.

I materiali utilizzati per l'installazione di tubi piezometrici dovranno essere sempre sottoposti alla verifica ed all'approvazione scritta della Direzione dei lavori, dando comunicazione scritta e con sufficiente anticipo prima dell'installazione, dell'arrivo dei materiali in cantiere.

L'installazione di tubi piezometrici in materiale o con dimensioni diverse potrà essere effettuata ma dovrà comunque essere subordinata alla verifica ed all'approvazione scritta 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 dovrà essere perforato ad acqua con fanghi a polimeri degradabili o ad aria, e comunque saranno sempre l'utilizzate sostanze certificate con caratteristiche non inquinanti precedentemente comunicate ed approvate dal Direttore dei Lavori .

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 tappo di palline di bentonite e ghiaietto per stabilizzare il tetto della miscela plastica.

Installazione

L'installazione seguirà le seguenti fasi:

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 40 di 108

- 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 ($\varnothing = 1 - 4$ 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. e nastrate 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 ($\varnothing=1+4$ mm) pulita o materiale granulare pulito ($\varnothing=2+4$ 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 ($\varnothing= 1+2$ cm) in strati di 20 cm alternate a straterelli di ghiaietto di 2+3 cm, per lo spessore complessivo di 1m, 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"÷1/2") discesi al fondo del foro o utilizzando apposito tubicino (Rilsan) preassemblato esternamente al tubo in PVC. In alternativa e dietro autorizzazione dal Direttore dei Lavori 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 su 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 freatimetriche (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 fenestrato;
- quota assoluta del bordo superiore del pozzetto di protezione;
- tabella con valori delle letture eseguite fino alla consegna.

Art 34. Piezometro di Casagrande

E' uno strumento posto in opera in fori di sondaggio, finalizzato alla misura della pressione neutra dell'acqua in particolari intervalli di profondità. Presenta tempi di risposta relativamente brevi dato il piccolo volume di acqua contenuto nello strumento. Isolando il tratto di misura questo tipo di piezometro è indicato anche in corrispondenza di falde sospese minori; il suo impiego è limitato ai terreni con permeabilità medio-bassa ($K > 10^{-5}$ cm/sec).

Nei normali fori di sondaggio è possibile installare 1 o 2 celle piezometriche. Per una corretta installazione è comunque necessario che il foro stesso sia realizzato con l'ausilio di tubi di rivestimento.


Strumentazione

La verticale strumentale completa deve essere costituita dai seguenti elementi:

- cella o celle di Casagrande;
- tubi di misura e di spurgo e manicotti.

Cella piezometrica o Casagrande

La cella piezometrica deve essere composta da un filtro a candela e da un telaio. Il filtro, avente un diametro esterno di circa 55 mm e lunghezza compresa tra 100 e 500 mm, deve essere costituito da agglomerato di silice,

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 41 di 108

o materiale equivalente, con porosità compresa tra 0,2 e 0,6 mm; il telaio deve avere ad una estremità due raccordi da 1/2".

Tutti i materiali che costituiscono la cella piezometrica devono essere tali da evitare l'aggressione da parte della ruggine.

Tubi di misura e di spurgo

Ogni cella piezometrica deve essere munita di un tubo di misura e di un tubo di spurgo in PVC aventi le seguenti caratteristiche:

- diametro nominale 1/2";
- lunghezza degli spezzoni pari a 3m uniti tramite appositi manicotti;
- filetti: gas normale.

Le celle predisposte per la misura automatica della colonna d'acqua avranno uno dei due tubicini di diametro maggiorato (1.5" gas) per permettere l'inserimento all'interno della tubazione di un trasduttore di pressione elettrico. L'innesto tra la cella e la tubazione da 1.5" dovrà essere realizzato mediante apposito raccordo idraulico.


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

La qualità e le caratteristiche di tutti i materiali utilizzati dovranno essere preventivamente sottoposte a verifica della Direzione dei Lavori.

Modalità di installazione

Le modalità di installazione sono le seguenti:

- controllo della quota di fondo del foro con idoneo scandaglio;
- se richiesto, riempimento del foro con malta di cemento-bentonite-acqua (50-10-100 parti in peso), fino alla quota di 1.5 m al di sotto di quella prevista per l'installazione del piezometro, con ritiro progressivo del rivestimento;
- posa di un tappo impermeabile costituito da palline di bentonite ($\varnothing=1-2$ cm) preconfezionate, costipate con pestello, per lo spessore di 1 m, con ritiro ulteriore del rivestimento;
- abbondante lavaggio del foro con acqua pulita immessa dal fondo;
- controllo della profondità del foro;
- posa di uno strato (spessore 0.5 m) di materiale granulare pulito uniforme e saturo ($\varnothing =1-4$ mm), ritirando i rivestimenti; tale operazione deve avvenire con il foro pieno d'acqua;
- controllo della profondità del foro;
- discesa a quota del piezometro preventivamente saturato (mantenuto fino a quel momento in acqua pulita) collegando i tubi di andata e ritorno, assicurandosi della perfetta tenuta dei giunti mediante sigillanti idraulici;
- posa di sabbia pulita attorno e sopra il piezometro (0.5 m) con ritiro della colonna di rivestimento senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che il piezometro non risalga assieme ai rivestimenti e che in colonna sia sempre presente sabbia;
- posa di un tappo impermeabile di palline bentonitiche di circa 15 cm, costipate con pestello ad aste, con progressivo ritiro del rivestimento;
- posa di uno strato di 15 cm di ghiaia compattata con pestello;
- realizzazione di un ulteriore strato di 15 cm con palle di bentonite compattate tramite pestello;
- innalzamento graduale della colonna di rivestimento mentre si compiono le operazioni di sigillatura;
- cementazione del tratto di foro rimanente, come nel caso del primo riempimento, fino alla sommità (se non prevista l'installazione della seconda cella piezometrica), ritirando gradualmente la colonna di rivestimento;
- spurgo della cella con acqua pulita per almeno 20 minuti;
- protezione delle estremità dei tubi con tappi avvitati;
- posa di un pozzetto metallico con chiusura a lucchetto e chiave per la protezione dei terminali piezometrici. Le chiavi, identificate da un cartellino completo delle indicazioni del caso, saranno consegnate al direttore dei lavori. A protezione ulteriore del tubo metallico può essere posato un pozzetto in calcestruzzo di profondità sufficiente per evitare lo scalzamento ad opera delle acque superficiali e/o la manomissione. Qualora si preveda di installare all'interno della stessa perforazione due celle Casagrande a differenti profondità, deve essere eseguito un adeguato tappo impermeabile che consenta un completo isolamento fra le due celle piezometriche. Tale isolamento può essere realizzato con strati alternati di palline di bentonite e ghiaietto dello spessore di circa 10 cm per una lunghezza totale di almeno 3 m;
- 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, fino a completa stabilizzazione del livello dell'acqua nel foro; la misura del livello dovrà

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 42 di 108

essere eseguita in entrambi i tubi del piezometro, controllando così che il circuito e il filtro siano liberi da bolle d'aria o impurità che possano impedire il libero flusso dell'acqua; in caso di rilevamento di un livello dell'acqua non uguale nei due tubi, dovrà essere eseguito il lavaggio dei tubi; a questa fase di controllo dovrà presenziare la direzione dei lavori che successivamente prenderà in consegna il piezometro.

Documentazione

La documentazione comprenderà, per ciascuna cella (o coppia) installata:

- informazioni generali;
- schema geometrico di installazione;
- quota assoluta dei terminali piezometrici;
- tabelle e grafici con letture piezometriche eseguite.

Art 35. Piezometri elettrici

Questi piezometri hanno la possibilità di controllo della deriva di zero del tipo elettrico o pneumatico.

Le caratteristiche tecniche di riferimento delle celle piezometriche da impiegarsi sono riportate in tabella.

Campo di misura	0÷10 bar
Risoluzione	0.1% fondo scala
Precisione	0.3% fondo scala
Pressione massima ammissibile	20 bar
Sovraccarico	30% fondo scala
Segnale elettrico in uscita	4 ÷ 20 mA
Temperatura d'esercizio	-10 - +55°C.
Materiale:	acciaio inox

Inoltre il piezometro elettrico avrà sensibilità pari allo 0.01 % del fondo scala, precisione pari allo 0.3% del fondo scala, deriva termica di zero inferiore all'1% del fondo scala (nel campo di compensazione); il campo di misura, fino ad un massimo di 20 bar, sarà stabilito dal progetto delle indagini o dalla direzione dei lavori.

Il cavo elettrico tra il piezometro e la superficie collegherà il terminale di misura, il quale sarà alloggiato in apposito pozzetto di protezione.

L'impresa dovrà preventivamente indicare alla direzione dei lavori il modello che intende utilizzare, specificandone le caratteristiche tecniche, per ottenere l'autorizzazione all'installazione.

La centralina elettronica di misura, elaborazione, memorizzazione e restituzione dati fornirà in modo continuo i valori numerici ed i grafici analogici ottenuti. Anche in questo caso l'impresa indicherà alla direzione dei lavori, il tipo e le caratteristiche dell'attrezzatura che intende impiegare per l'approvazione.

Preparazione del foro

La perforazione dovrà essere eseguita utilizzando, come fluido di circolazione, acqua oppure fango a polimeri degradabili. Non è permesso l'uso di fango bentonitico. Il foro o il tratto di foro dove deve essere installato il piezometro sarà essere perforato ad acqua o con polimeri degradabili o ad aria, comunque saranno sempre l'utilizzate sostanze certificate con caratteristiche non inquinanti precedentemente comunicate ed approvate dal Direttore dei Lavori .


Se il piezometro non deve essere posato a fondo del foro, il foro dovrà essere riempito, ritirando man mano il rivestimento fino ad una quota di 0.5 m più bassa di quella di installazione, con una miscela acqua-cemento-bentonite in proporzioni tali che la consistenza della miscela, a posa avvenuta, sia simile a quella del terreno nella zona del piezometro.

Una volta avutasì la presa, il foro deve essere accuratamente lavato con acqua pulita (previo degrado nel caso di presenza di fango a polimeri), realizzando una serie di tappi di 20 cm ciascuno di palline di bentonite alternati a ghiaietto, per stabilizzare il tetto della miscela plastica.

Al fine di evitare perdite di saturazione del piezometro durante le fasi di installazione, il foro dovrà essere mantenuto costantemente pieno d'acqua. Inoltre prima dell'inserimento nel foro il piezometro, contenuto in un sacchetto di geotessile riempito di sabbia e acqua, dovrà essere inserito in un secondo sacchetto impermeabile pieno d'acqua da rompere una volta immerso in acqua all'interno del foro. L'inserimento del piezometro nel sacchetto di geotessile e nel sacchetto impermeabile verrà realizzato all'interno di un contenitore pieno d'acqua.

Modalità di installazione

Le modalità di installazione saranno conformi a quanto indicato dal costruttore per il modello prescelto ed approvato dalla direzione dei lavori, fornendo a quest'ultima la relativa documentazione o copia di essa realizzata dalla casa costruttrice (manuale di uso e manutenzione).

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 43 di 108

L'impresa provvederà per intero all'installazione e messa in funzione (azionabile a richiesta) del sistema delle celle piezometriche-unità di misura e registrazione, quest'ultima debitamente alloggiata o protetta dagli agenti atmosferici, eseguendo frequenti letture per l'intera durata del cantiere.

In particolare si seguiranno le seguenti direttive:

- posa di uno spessore di 0.5 m di sabbia fine e pulita;
- discesa a quota del piezometro elettrico, inserito all'interno di un sacchetto di geotessile riempito di sabbia e acqua, e del cavo elettrico di collegamento;
- posa di sabbia attorno al piezometro e al di sopra per circa 0.5 m, ritirando man mano il rivestimento, senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che cella e cavi non risalgano assieme al rivestimento;
- posa di un tampone impermeabile dello spessore complessivo di 1 m, realizzato inserendo bentonite in palline ($\varnothing = 1 \div 2$ cm) in strati di 20 cm alternata a ghiaietto in strati di $2 \div 3$ cm, ritirando sempre man mano il rivestimento;
- riempimento del foro al di sopra del tampone impermeabile con una miscela plastica acqua-cemento-bentonite (con proporzioni in peso rispettivamente di 100, 30 e 5), calata attraverso apposite aste discese sul fondo del foro;
- sistemazione e protezione della estremità del foro con la realizzazione di un chiusino di protezione;
- esecuzione della prima lettura significativa.

Documentazione

La documentazione comprenderà per ciascuna cella installata:

- informazioni generali;
- log stratigrafico del sondaggio (se eseguito a carotaggio continuo);
- tipo e caratteristiche della cella piezometrica e dell'unità di misurazione;
- schema geometrico dell'installazione;
- quota assoluta dei terminali piezometrici;
- tabulazione e graficizzazione dei dati piezometrici raccolti per la durata del cantiere.

Art 36. Piezometro elettropneumatico


Tale strumento viene utilizzato in terreni di varia natura e granulometria; la sua installazione è utile quando necessita una risposta rapida alle variazioni delle pressioni neutre nel terreno. In definitiva il piezometro elettropneumatico può essere posto in opera in terreni con permeabilità da media a bassa ($K < 10^{-4}$ cm /sec). Per una corretta installazione è comunque necessario che il foro di sondaggio sia realizzato mediante l'utilizzo di tubi di rivestimento.

Strumentazione

Il piezometro è costituito da un telaio, un filtro, un diaframma, un trasduttore ed un cavo esterno. Se la pressione idrostatica che agisce sul diaframma viene bilanciata da un gas, il piezometro si dice pneumatico; se invece l'inflessione del diaframma viene misurata con estensimetri si dice elettrico.

Tabella 6. - Caratteristiche tecniche dei piezometri elettropneumatici

TRASDUTTORI DI PRESSIONE	
Campo di misura tipico	2 - 20 bar
Massimo sovraccarico	min. 1,5 volte il fondo scala
Precisione tipica	0,25 - 1% fondo scala
Risoluzione tipica	0,03% fondo scala
Segnale in uscita	tensione o corrente
Deriva termica (zero-span)	$\geq 0,03\% / ^\circ\text{C}$
Campo di temperatura	$0 \div 50^\circ\text{C}$
CARATTERISTICHE DEI FILTRI	
Materiale	acciaio inox sinterizzato, bronzo sinterizzato, ceramica, silice
Porosità tipica	0,2 - 0,6 μm
CARATTERISTICHE DEI CAVI	
Conduttori	rame stagnato
Isolamento tipico	PVC, PE, PT-FE
Carico di rottura	$\geq 100 \text{ Kg/cm}^2$

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 44 di 108

Schermatura	90% in calza di rame stagnato
Rigidità dielettrica	≥5000 V
Isolamento dei conduttori	≥1000 V
Guaine di protezione (interna ed esterna)	in funzione delle condizioni di installazione

Installazione

Prima dell'inizio della posa in opera devono essere eseguiti i seguenti controlli:

a) controllo visivo dell'integrità e del corretto montaggio dello strumento, con particolare riguardo al filtro ed alla connessione del cavo e del relativo terminale.

b) verifica del corretto funzionamento dello strumento.

Dopo aver eseguito i controlli di cui sopra, devono essere effettuate le seguenti operazioni preliminari alla posa:

1) preparazione del piezometro in un sacchetto di iuta, riempito con sabbia fine, e sistemazione dello strumento in un contenitore con acqua;

2) esecuzione di una lettura con centralina portatile;

3) preparazione del materiale per la formazione degli strati filtrante e di sigillatura.

Per lo strato filtrante devono essere utilizzati sabbia e ghiaia fine pulite ($\varnothing=1\div5$ mm).

Per la sigillatura si utilizzano palline di bentonite precompressa con diametro $\varnothing=1\div2$ cm e ghiaietto da 2÷3 cm.

Modalità esecutive

La posa in opera dei piezometri è eseguita secondo le seguenti specifiche:

a) lavaggio della perforazione con acqua dolce pulita;

b) realizzazione dello strato filtrante in sabbia per uno spessore di almeno 0,5 mm, compattando leggermente con apposito pestello e ritirando i rivestimenti. Tale operazione deve essere eseguita con il foro pieno d'acqua;

c) controllo della quota superiore dello strato di sabbia, mediante scandaglio;

d) posizionamento del piezometro nella perforazione alla quota prevista;

e) esecuzione di una lettura per controllare il corretto funzionamento del piezometro;

f) immissione di sabbia pulita attorno e sopra il piezometro per una altezza di circa 0,5 m, ritirando progressivamente i rivestimenti di perforazione, senza l'ausilio della rotazione e controllando che il piezometro non risalga con i rivestimenti;

g) controllo della quota superiore dello strato filtrante mediante apposito scandaglio;

h) formazione del tappo impermeabile costituito da palline di bentonite da 2÷3 cm di diametro, con spessore superiore a 1,00 m; ritiro progressivo dei rivestimenti di perforazione, non utilizzando la rotazione e compattando leggermente con pestello per evitare di danneggiare il cavo;

i) riempimento del tratto del foro compreso tra l'estremità superiore del tappo impermeabile e il piano campagna con miscela di cemento e bentonite (dosaggio a/c/b rispettivamente 100/50/10 in peso) ed altro materiale idoneo;

j) esecuzione di una lettura di controllo del buon funzionamento del piezometro.


Nei giorni successivi all'installazione di ogni piezometro devono essere eseguite alcune letture al fine di controllarne il corretto funzionamento e la stabilizzazione della pressione interstiziale. La misura deve essere effettuata connettendo il cavo alla centralina di lettura mediante l'apposito connettore.

Misure

Per la lettura dei trasduttori di pressione devono essere utilizzate centraline di lettura con le caratteristiche tecniche minime riportate nella tabella seguente o altre caratteristiche preventivamente autorizzate dal Direttore dei Lavori

Caratteristiche tecniche delle centraline di lettura dei piezometri elettropneumatici

Display	4 1/2 digits - LCD
Risoluzione	1 digit
Precisione tipica	% 2 digits
Coefficiente di deriva termica	≤ 0,3 digit /°C
Temperatura di utilizzo	0÷50°C
Grado minimo di protezione	IP64
Connettori	stagni IP65
Alimentazione	con batterie interne ricaricabili
Autonomia	min. 10 ore

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 45 di 108

Sul display della centralina deve essere visualizzata la misura in unità elettriche (L) da cui viene ricavata la profondità della falda (Z) mediante la seguente formula:

$$Z = P - \frac{L - F}{S}$$

dove:

- Z = profondità della falda dal p.c. (m)
- P = profondità in installazione del sensore piezometrico (m)
- L = lettura sul display centralina (unità elettriche)
- F = misura elettrica del trasduttore fuori acqua (unità elettriche/m)
- S = sensibilità del trasduttore (mV/m)

Si deve quindi fornire la quota assoluta rispetto al livello del mare corrispondente al valore della pressione interstiziale nel punto di misura. A tale scopo si deve usare la seguente relazione:

$$Q_{pa} = q_{cella} + (1 - O_{ff}) * K$$

dove:

- Q_{pa}= quota piezometrica assoluta rispetto al livello mare (m)
- q_{cella}= quota assoluta di installazione della cella piezometrica (m)
- l = lettura elettrica
- O_{ff}= offset pari all'ultimo controllo di zero effettuato (lettura elettrica)
- K= sensibilità dello strumento (m/lettura elettrica).

Documentazione

Per ogni piezometro installato dovranno essere riportate nel documento stratigrafico della perforazione tutte le informazioni sulla ubicazione e relative caratteristiche e sul livello piezometrico rilevato.

La documentazione comprenderà, per ciascuna cella installata:

- informazioni generali (profondità, quota bocca foro ecc.);
- tipo e caratteristiche della cella piezometrica e dell'unità di misurazione;
- schema geometrico dell'installazione;
- quota assoluta dei terminali piezometrici;
- tabulazioni dei dati piezometrici raccolti per la durata del cantiere.

Sistemazione esterna per qualsiasi tipo di piezometro

Per qualunque tipo di piezometro è fondamentale prevedere la sistemazione esterna della bocca di perforazione. E' necessario predisporre:

- pozzetto di protezione cementato in modo da evitare scalzamento provocato da eventuali percolazioni, scorrimento di acque superficiali e manomissioni da parte di malintenzionati;
- flangia esterna di protezione con chiusura a lucchetto;
- locale o cabina per la sistemazione della centralina di lettura dei dati per piezometri di tipo elettropneumatico.


Art 37. Installazione e letture di tubi inclinometrici

L'installazione di un tubo inclinometrico in un foro di sondaggio consente, attraverso misure ripetute nel tempo, la misura dello spostamento orizzontale del terreno lungo tutta la verticale. Tali misure vengono effettuate introducendo nel tubo una apposita sonda inclinometrica che, dotata di sensori servoaccelerometrici o potenziometrici di elevata precisione, consente di misurare l'inclinazione del tubo in corrispondenza di una determinata profondità.

I tubi inclinometrici sono caratterizzati da una sezione circolare, provvista di quattro scanalature o guide, con funzioni di guida per la sonda inclinometrica, con diametro esterno di 80÷90 mm e lunghezza non inferiore a 3,0 m.

Per l'accettazione della fornitura si richiede che:

- la spirality dei tubi sia inferiore a 0,5°/metro lineare;

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 46 di 108

- la perpendicolarità delle sezioni terminali dei tubi deve essere garantita con la tolleranza di 1°.
I tubi, realizzati in spezzoni di 3,0 m, sono assemblati mediante manicotti di giunzione, la cui lunghezza non deve essere inferiore a 300 mm e devono presentare le seguenti dimensioni:

- \varnothing_{int} guide manicotto $\approx \varnothing_{est}$ guide tubo (+ 0.1 mm. max);
- il gioco massimo di accoppiamento tra i tubi, dovuto ai soli manicotti, non dovrà comunque essere superiore a 1°/giunto.

I tubi inclinometrici possono essere realizzati nei seguenti materiali:

- alluminio (UNI 3569/66);
- ABS : installati in ambiente aggressivo (ambienti alcalini, presenza di correnti vaganti, ecc.) in luogo dei tubi in alluminio di spessore minimo non inferiore a 4 mm, il cui utilizzo tuttavia dovrà essere subordinato a preventiva autorizzazione da parte della direzione dei lavori.

Le caratteristiche dei tubi e dei manicotti di giunzione sono riportate nella tabella che segue.

Dimensioni	\varnothing_{int} guide = 80÷82 mm
Dimensioni	\varnothing_{est} guide = 86÷88 mm
Lunghezza tubi	3 m
Materiali	alluminio, vetroresina, ABS, PVC, o altro purché idoneo
Eventuali protezione	anodizzazione o verniciatura con vernici epossidiche
Angolo di spiratura max	1°/m
Perpendicolarità delle sezioni terminali	$\pm 1^\circ$
MANICOTTI DI GIUNZIONE	
Dimensioni	\varnothing_{int} guide = 87÷89 mm
Lunghezza	300 mm
Materiali	alluminio, vetro resina, ABS, PVC, o altro purché idoneo
Gioco massimo di accoppiamento tra i tubi, dovuto ai soli manicotti	$\pm 2^\circ$ /giunto

L'utilizzo di tubi in alluminio in ambiente aggressivo dovrà essere subordinato alla realizzazione di opportune protezioni (anodizzazioni o verniciatura con resine epossidiche); per tali ambienti aggressivi è comunque preferibile l'utilizzo di inclinometri in ABS. La qualità e le caratteristiche di tutti i materiali utilizzati dovranno essere preventivamente sottoposte a verifica ed autorizzazione della Direzione dei Lavori.

La cementazione dei tubi inclinometrici dovrà comunque sempre essere eseguita mediante l'utilizzo di cemento pozzolanico.

Normative e specifiche di riferimento:

- ASTM D 4622 - 86 (1993) - Standard Test Method for Rock Mass Monitoring Using Inclinometers


Sonda inclinometrica

La sonda inclinometrica utilizzata per le letture dovrà possedere le caratteristiche seguenti

Tipo di sonda	biassiale
Sensori	servoinclinometri
Passo tra le ruote	50 cm
Campo di misura	$\pm 14,5$, $\pm 30^\circ$
Connettore per giunzione al cavo	stagno (500 m)
Materiale	acciaio inox
Carrelli	basculanti a due ruote
Risoluzione	1" di grado

Cavo

Il cavo deve fornire l'alimentazione alla sonda e trasmettere i segnali rilevati, nonché garantirne il sostegno e permettere la determinazione della profondità di lettura. A questo scopo esso deve essere dotato di tacche di riferimento ogni 50 cm.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 47 di 108

Deve essere di tipo inestensibile con armatura interna in acciaio o Kevlar e deve avere la guaina esterna antiabrasione, con tacche di riferimento ogni mezzo metro, in accordo al passo tra le ruote della sonda. Inoltre deve essere provvisto alle estremità di connettori per la connessione alla sonda ed alla centralina di lettura.

Centralina di misura

La lettura delle inclinazioni rilevate dalla sonda devono essere eseguite per mezzo di una centralina portatile dotata di uno o due display su cui vengono visualizzati o i gradi dell'angolo di inclinazione rispetto alla verticale o le inclinazioni espresse in seno dell'angolo ($\sin \alpha$), amplificate di un fattore pari a 10.000 o 20.000, con coefficiente di deriva termica compreso tra 0,01 e 0,03% fondo scala/°C.

La centralina può registrare i dati in automatico (con un tempo scelto dall'operatore) o secondo l'impulso fornito dal comando manuale. L'elaborazione successiva verrà eseguita tramite personal computer.

Le caratteristiche della centralina di misura dovranno essere quelle riportate nella tabella seguente

Display	4 1/2 digits LCD
Risoluzione	1/10.000; 1/20.000
Precisione tipica	+2 digits; $\pm 0,3$ digit/°C
Lettura	10.000/20.000 sen α
Temperatura di utilizzo	0÷50°C
Alimentazione	batterie interne ricaricabili
Autonomia	10 ore
Protezioni	IP 64

Modalità di posa in opera dei tubi inclinometrici

La perforazione in cui verrà installato il tubo inclinometrico dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- diametro sufficiente all'inserimento del tubo inclinometrico che nella parte a massima sezione (manicotto con nastro di protezione) ha un diametro di circa 96 mm. A questa misura va aggiunto il diametro del tubetto di iniezione (Rilsan);

- deviazione globale dalla verticale max 1,5%.

Prima dell'installazione vera e propria dovrà essere controllato quanto segue:

- i tubi e manicotti non devono presentare lesioni o schiacciamenti dovuti al trasporto, soprattutto nelle parti terminali;

- le estremità dei tubi e dei manicotti non devono presentare sbavature che possano compromettere il buon accoppiamento dei tubi e lo scorrimento della sonda di misura;

- efficienza del tubo per l'iniezione di miscela di cementazione da applicare all'esterno della colonna inclinometrica;

- la composizione della miscela di cementazione deve essere costituita da acqua, cemento pozzolanico e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso;

- diametro delle punte del trapano, diametro e lunghezza dei rivetti, tipo e scadenza del collante, efficienza della morsa di sostegno;

- verifica della quota del fondo del foro.

La posa in opera dei tubi inclinometrici dovrà avvenire in accordo con le seguenti modalità:

a) lavare accuratamente la perforazione con acqua pulita e mantenere il foro pieno il più possibile di acqua e verificare la profondità con lo scandaglio;

b) preassemblare i tubi in spezzoni di 6,0 m, terminanti ad un estremo con un manicotto.

La realizzazione dei giunti dovrà avvenire nel modo seguente:

- inserire il manicotto sul tubo per metà della sua lunghezza;

- praticare i fori per i rivetti (4 per ogni tubo) 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 ed 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);

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 48 di 108

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, provvedendo, ad intervalli opportuni, a fissare al tubo inclinometrico i tubetti di iniezione;

i) completata la colonna, inserire all'interno del tubo inclinometrico un tubo di iniezione (se previsto) agganciato alla valvola di fondo a perdere; iniziare la cementazione che dovrà avvenire a bassa pressione ($P = 2$ atm) attraverso il tubo d'iniezione, osservando la risalita della miscela all'esterno del tubo (l'operazione si considera ultimata dopo avere osservato, per un congruo intervallo di tempo, la fuoriuscita di miscela in superficie). Un altro metodo possibile è l'iniezione di miscela dal fondo del foro attraverso un tubicino di plastica a perdere (Rilsan) che viene affiancato al tubo inclinometrico: l'iniezione deve essere effettuata lentamente con una bassa pressione. 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;

l) nella fase finale della cementazione si dovrà provvedere all'installazione attorno al tratto superiore del tubo inclinometrico di un tubo di protezione in acciaio o PVC pesante (diametro interno minimo $D = 0.12$ m. lunghezza $L = 1,0$ m. Il tubo sposterà di $10 \div 15$ cm. dalla sommità del tubo inclinometrico e sarà provvisto di un coperchio in acciaio con chiusura antigelo, dotato di lucchetto;

m) terminata la cementazione il tubo inclinometrico sarà accuratamente lavato con un attrezzo a fori radiali e acqua pulita; l'attrezzo dovrà essere dotato di pattini zigrinati per la pulizia delle guide e consentire un prolungato ed efficace lavaggio interno della colonna inclinometrica.

Collaudo del tubo inclinometrico e lettura iniziale di riferimento

Al termine delle operazioni di installazione e cementazione, non prima di $10 \div 15$ giorni dalla installazione del tubo, si dovrà verificare la funzionalità della tubazione inclinometrica attraverso il controllo della continuità e dell'allineamento degli spezzoni di tubo e la verifica della rispondenza dell'inclinazione e della spirality della tubazione alle specifiche di accettazione.

Le operazioni di collaudo e la lettura iniziale di riferimento che dovranno essere comunque effettuate dall'impresa appaltatrice, potranno essere eseguite dalla società incaricata del successivo monitoraggio, in contraddittorio con l'impresa ed alla presenza della Direzione dei lavori. La strumentazione necessaria per il collaudo della tubazione inclinometrica dovrà comprendere una sonda testimone per il controllo dell'integrità della tubazione, una sonda inclinometrica, con le caratteristiche tecniche già specificate per il controllo della verticalità ed una sonda spirality, a controllo meccanico o elettronico, che consenta la misura dell'azimut del tubo in ogni sezione con una sensibilità non inferiore a $0.1^\circ/m$.

Il controllo verrà eseguito calando nel foro una sonda testimone (di caratteristiche analoghe a quella da utilizzarsi per le successive misure), facendola scorrere lungo le quattro guide del tubo fino a fondo del foro. Il tubo inclinometrico verrà dichiarato idoneo se la sonda testimone sarà passata nelle quattro guide, senza incontrare ostacoli, sia in discesa che in risalita. In questa fase inoltre verrà scelta la guida di riferimento (guida 1), preferibilmente orientata secondo la probabile direzione di movimento, se ne misurerà l'azimut, e si numereranno le guide.


Successivamente dovranno essere verificate anche la verticalità e la spirality del tubo, che verrà dichiarato idoneo se la deviazione dalla verticale rilevata sarà inferiore al 2% e se la spirality totale sarà inferiore a $0.5^\circ/metro$ lineare.

Documentazione per posa di inclinometri

La documentazione comprenderà:

- informazioni generali;
- log stratigrafico del sondaggio;
- schema geometrico delle tubazioni installate;
- quota assoluta della testa del tubo;
- caratteristiche del tubo installato e del cemento usato nella miscela, insieme a composizione e quantità della stessa per quanto assorbita.

Manutenzione e gestione dei tubi

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 49 di 108

Periodicamente (almeno ogni 6 mesi) o se durante l'esecuzione delle misure ne emergesse la necessità, si deve procedere ad un calaggio dei tubi per rimuovere eventuali incrostazioni o depositi di materiale sul fondo. Il lavaggio deve essere effettuato con un tubo idoneo ad un getto di acqua a bassa pressione.

Inoltre si deve porre attenzione alla manutenzione della testa dei tubi, perché non subisca danneggiamenti per urti o schiacciamenti che precludano l'accesso della sonda o possano invalidare l'eventuale riferimento topografico realizzato alla testa del tubo.

Gestione delle letture inclinometriche

A circa 10-15 giorni dalla avvenuta presa della miscela cementizia, si eseguirà la lettura di "0" ovvero la taratura del tubo inclinometrico: le letture verranno eseguite su tutte e quattro le guide, ogni 0,5 m di tubo.

A richiesta e con frequenza semestrale verranno eseguite le altre letture d'esercizio.

La quota assoluta della testa del tubo inclinometrico deve essere rilevata mediante livellazione di precisione con frequenza almeno semestrale. Il rilievo deve essere ripetuto ogni qualvolta si effettuano operazioni di variazione di quota della testa del tubo.

L'esecuzione di una lettura deve essere eseguita registrando i valori letti al display della centralina quando la sonda inclinometrica si trova posizionata ad una profondità nota.

Questi valori dipendono dalla costante di misura della sonda e sono proporzionali all'inclinazione locale.

Le letture devono essere eseguite in tutte le quattro guide dei tubi: la prima eseguita con la ruota di riferimento nella guida 1, la seconda lettura nella guida 3, la terza nella guida 2 e la quarta nella 4, per cui, utilizzando sonde biassiali, le profondità saranno lette complessivamente in otto componenti (A1, A2, A3, A4; B1, B2, B3, B4).

Le letture devono essere eseguite secondo le seguenti modalità:

A. Lettura dall'alto

a) la sonda inclinometrica viene inserita nella guida 1, quindi calata lentamente a -0.5m del tubo fino alla stabilizzazione del valore visualizzato sul display per circa 10 minuti.

b) la sonda viene spostata nella successiva posizione di lettura, distante dalla precedente una quantità pari all'interasse dei carrelli, ovvero 0,50 m. Atteso qualche secondo per la stabilizzazione dei valori visualizzati, si digita il pulsante per la lettura.

c) le successive letture vengono proseguite fino al fondo-foro completando così il ciclo.

d) Con le stesse modalità, verranno eseguiti i cicli di letture nelle restanti guide nell'ordine 3-2-4.

B. Lettura dal basso

Per le letture dal basso la procedura è simile a quella descritta precedentemente, considerando che la prima lettura è quella al fondo e la sonda viene man mano sollevata ad intervalli di 0.5m.

Documentazione per letture ed elaborazione dati

Al termine dell'installazione e della prima serie di misure e comunque dopo ogni serie di misure entro 15 giorni dalla loro effettuazione dovrà essere consegnata alla direzione dei lavori la seguente documentazione:

– planimetria con ubicazione di ciascun tubo, schema della numerazione delle guide ed orientamento esatto della guida n.1 rispetto al Nord geografico (Valore di Azimut);

- misura di deviazione dalla verticale;

- misura della spiralatura;

– eventuali coefficienti di correlazione applicati alla strumentazione utilizzata in fase di rilevazione dati;

– lista dei dati originali rilevati con l'indicazione dello scostamento rispetto alla media teorica e degli spostamenti massimi e minimi;


– elaborazione dei dati rispetto alla lettura di riferimento, secondo il passo con cui è stata effettuata la misura stessa ed elencazione numerica, al decimo di millimetro, degli spostamenti assoluti, dei relativi azimut riferiti alla guida 2 e delle componenti di spostamento parziale lungo l'asse x (guida 1-3) e lungo l'asse y (guida 2-4);

– indicazione di eventuali coefficienti di correlazione applicati in fase di elaborazione per l'eliminazione degli errori sistematici;

– elaborazioni grafiche con disegni in linea continua ed in scala appropriata agli ordini di grandezza riscontrati degli spostamenti, dei relativi azimut e delle componenti di spostamento x e y.

Al termine dell'ultima serie di misure richieste (entro 30 giorni):

– elaborazioni grafiche comparative per ogni singolo tubo, con disegno in linea continua ed in scala appropriata agli ordini di grandezza riscontrati, riportanti contemporaneamente sui singoli elaborati le curve di spostamento, di azimut e delle componenti di spostamento lungo le direzioni x e y, di tutte le letture effettuate, in modo da evidenziare le eventuali differenze nel tempo.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 50 di 108

Art 38. 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 dovute 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;
- l) 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 sposterà di 10÷15 cm. dalla sommità del tubo per prove geofisiche e sarà provvisto di un coperchio in acciaio dotato di lucchetto;

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 51 di 108

m) terminata la cementazione il tubo di prova sarà accuratamente lavato con un attrezzo a fori radiali e acqua pulita;

n) 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.

Art 39. 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 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.

Prima dell'installazione vera e propria, 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.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 52 di 108

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 ($P = 2 \text{ atm}$) 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;
- l) 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 $\varnothing_{int} = 12 \text{ m}$, lunghezza $L = 1,00 \text{ m}$). 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;
- m) terminata la cementazione il tubo di prova sarà accuratamente lavato con un attrezzo a fori radiali e acqua pulita;
- n) 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 $0,07^\circ$. 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.

Art 40. Assestimetri

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 53 di 108

Questo tipo di strumentazione consente la misurazione di spostamenti verticali all'interno di un foro. Un tubo guida di acciaio inossidabile viene calato nel foro ed ancorato a varie profondità. Un sistema di lettura posto in superficie misura l'abbassamento tra la testa della colonna ed i punti di riferimento. L'allestimento più utilizzato è caratterizzato da una serie di punti magnetizzati ad alette sporgenti ancorati a differenti altezze.

Assestimetri a punti magnetizzati

Si tratta di uno strumento in grado di determinare cedimenti differenziali (sensibilità 1 mm) in corrispondenza di determinati punti strumentali lungo una verticale di sondaggio geognostico.

Attrezzatura

La strumentazione è costituita da:

- un tubo parete in PVC deformabile corrugato lungo la sua lunghezza ($\varnothing_{est} = 54$ mm, spessore 1 mm) avente ondulazioni ogni 10 mm, profonde 4 mm), filettato all'estremità e fornito generalmente in spezzoni di 1,00 m con una punta da avvitare nell'estremità inferiore;
- anelli magnetizzati installati coassialmente ed esternamente al tubo parete ($h = 58,5$ mm, $\varnothing_{est} = 90$ mm), e resi solidali al terreno circostante grazie a molle che permettono di raggiungere un diametro fino a 30 cm al fine di garantire un sicuro ammorsamento nel terreno;
- un tubo guida in duralluminio ($\varnothing_{est} = 31$ mm, $\varnothing_{int} = 20$ mm) in spezzoni di 1,5 m filettati alle estremità, fissato solo superiormente (onde garantirne verticalità e rettilineità) tramite un anello di sospensione ad un tubo di testa a sua volta fissato al terreno tramite apposita gabbia di ancoraggio.

Modalità esecutive e controlli

In cantiere prima dell'installazione devono essere eseguiti i seguenti controlli:

- controllo che i tubi ed i manicotti non presentino lesioni o schiacciamenti soprattutto nelle parti terminali;
 - controllo che le estremità dei tubi e dei manicotti non presentino sbavature tali da compromettere il buon accoppiamento di tubi e lo scorrimento della sonda di misura;
 - verifica dell'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione dalla valvola di fondo;
 - verifica del corretto montaggio della valvola di fondo;
 - controllo e preparazione dei componenti per la realizzazione della miscela di cementazione;
 - controllo degli utensili per l'installazione: diametro delle punte del trapano, rivetti, collante, etc.;
- verifica della quota del fondo del foro.

Ci si atterrà alle seguenti modalità esecutive:

- accoppiamento degli spezzoni tramite la filettatura;
- avvitemento della puntazza metallica all'estremità inferiore del tubo parete corrugato;
- inserimento di questo nel foro di sondaggio rivestito;
- inserimento del tubo guida all'interno del tubo parete e suo fissaggio superiore;
- graduale sollevamento del rivestimento del sondaggio con progressivo riempimento del foro con ghiaietto;
- posa in opera di uno strato di sabbia e sollevamento del rivestimento poco al di sopra (circa 30 cm) della quota prevista per il primo anello magnetico;
- controllo profondità foro;
- inserimento tramite apposito strumento guida del primo anello magnetico (le molle devono aderire al terreno al di sotto dell'estremità inferiore dei tubi di rivestimento);
- riempimento dell'intercapedine con palline di bentonite;
- sollevamento del rivestimento fino alla successiva posizione con riempimento del foro mediante sabbia;
- ripetizione successiva delle operazioni per tutti gli anelli previsti;
- realizzazione del blocco di ancoraggio al terreno e fissaggi definitivi, controllo preliminare della strumentazione.


Misure

La misurazione avviene tramite sondina manuale costituita a sua volta da un cavo metrato alla cui estremità è posizionato un puntale che emette un segnale acustico a contatto con il campo magnetico prodotto da ciascun anello:

Le letture vengono eseguite con le seguenti modalità:

- calaggio della sondina nel tubo guida svolgendo lentamente il cavo;
- nel momento dell'emissione del segnale acustico rialzare leggermente il cavo e riabbassarlo nuovamente annotando la quota relativa sul cavo;
- ripetere la misurazione per almeno 4 volte e mediare il risultato ottenuto (o comunque fino al raggiungimento di una precisione di +/-2 mm).

Documentazione

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 54 di 108

Al completamento delle operazioni dovranno essere riportate nel documento stratigrafico del sondaggio tutte le informazioni generali e le letture effettuate comprendenti:

- informazioni generali (profondità, quota boccaforo slm etc.);
- caratteristiche dei tubi installati;
- schema geometrico di installazione che indichi anche le quote assolute e relative degli anelli magnetici.

Inoltre:

- entro 15 giorni dall'installazione dell'assestometro, un grafico con l'esatta indicazione delle caratteristiche e delle misure del dispositivo installato, nonché una tabella con i dati relativi alla misura base;
- entro 15 giorni da ogni misura, gli stessi elaborati di cui al punto precedente più l'andamento degli assestamenti rilevati posti anche in diretto raffronto con i precedenti rilievi mediante tabelle e grafici.

Assestometro orizzontale a cella idraulica

L'assestometro orizzontale idrostatico è composto da un tubo flessibile, installato orizzontalmente, all'interno del quale viene inserita una sonda idrostatica piena di liquido le cui variazioni di altezza misurano i cedimenti del terreno in cui sono in opera e sono funzione della deformata del tubo stesso.

Attrezzatura

Il tubo flessibile da porre in situ avente diametro di 2" è costituito da polietilene ad alta densità.

La sonda di misura è costituita da un cilindro di acciaio ($\varnothing_{est} = 32$ mm) con trasduttore di pressione; viene collegata all'esterno con un cavo metrato in nylon riempito di liquido apposito (acqua distillata o soluzione di acqua distillata e etilenglicole).

Il cavo viene avvolto in apposito avvolgicavo all'interno del quale è posizionato il serbatoio del liquido nonché la centralina di misura.

Modalità esecutive e controlli

In cantiere prima dell'installazione devono essere eseguiti i seguenti controlli:

- controllo che i tubi ed i manicotti non presentino lesioni o schiacciamenti soprattutto nelle parti terminali;
- controllo che le estremità dei tubi e dei manicotti non presentino sbavature tali da compromettere il buon accoppiamento di tubi e lo scorrimento della sonda di misura;
- verifica dell'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione dalla valvola di fondo;
- verifica del corretto montaggio della valvola di fondo;
- controllo e preparazione dei componenti per la realizzazione della miscela di cementazione;
- controllo degli utensili per l'installazione: diametro delle punte del trapano, rivetti, collante, etc.;
- verifica della quota del fondo del foro.

Ci si atterrà alle seguenti modalità esecutive:

- preparazione di apposita trincea e suo livellamento;
- posizionamento del tubo orizzontalmente nel terreno;
- riempimento con materiale idoneo adatto (sabbia o altri) tale da garantire la deformazione uniforme al terreno circostante, una volta realizzata la sovrastruttura della quale si vogliono misurare i cedimenti ;
- realizzazione di due blocchetti in calcestruzzo alle estremità del tubo ai quali il tubo stesso viene vincolato, ma in modo da poter scorrere;
- messa in opera di tasselli di riferimento sui blocchetti;
- inserimento di tappi di protezione;
- rilievo topografico dei blocchetti di calcestruzzo e della sovrastruttura durante i vari stadi di costruzione.


Misure

Dopo avere eseguito il rilievo topografico dei blocchi di calcestruzzo e della sovrastruttura, una volta raggiunto l'equilibrio termico dell'insieme è necessario procedere alla calibratura del sistema attraverso apposita base di misura adiacente al foro del tubo assestometrico; ciò avviene inserendo la sonda in due fori aventi dislivello noto. Dopo avere inserito la sonda nel tubo, le misurazioni saranno eseguite a distanze regolari, predeterminate con il cavo metrato.

Documentazione

Al completamento delle operazioni dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- a) entro quindici giorni dall'installazione dell'assestometro, un grafico con l'esatta indicazione delle caratteristiche e delle misure del dispositivo installato, nonché una tabella con i dati relativi alla misura di base;
- b) entro quindici giorni da ogni misura, gli stessi elaborati di cui al punto precedente più gli elementi, in tabelle e grafici, degli assestamenti rilevati, posti anche in diretto raffronto con i precedenti rilievi.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 55 di 108

TITOLO V. PROVE PENETROMETRICHE - SPECIFICHE TECNICHE

Art 41. Prove penetrometriche dinamiche continue pesanti DPSH-SCPT

La prova consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica infissa nel terreno per battitura. La prova fornisce informazioni di tipo continuo poichè le misure della resistenza alla penetrazione vengono eseguite durante tutta l'infissione.

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

L'attrezzatura da utilizzarsi sarà conforme ad una delle due norme sopracitate per penetrometri dinamici di classe superpesante o comunque rientrerà nelle tolleranze elencate nel successivo paragrafo.

Le modalità esecutive non differiscono e sono specificate nel seguito.

Normativa di riferimento

A.G.I. Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.

ISSMFE Technical Committee on Penetration Testing (1988).

Dynamic Probing (DP): International Reference Test Procedure.

Attrezzatura

L'attrezzatura necessaria per la realizzazione di prove penetrometriche dinamiche SCPT secondo la **normativa AGI (1977)** è costituita da:

- Batteria di aste interne ad una seconda batteria di tubi esterni di rivestimento con scarpa sagomata a tagliente alla base:

- Diametro delle aste interne 32 mm
- Peso lineare delle aste interne 5,60 kg/m (± 0.5 kg/m)
- Lunghezza delle aste 1,50 m
- Massa delle aste 7 kg/m
- Diametro esterno delle aste 34 mm
- Diametro interno delle aste 18 mm
- Diametro esterno dei tubi di rivestimento 48 mm
- Diametro interno dei tubi di rivestimento 38 mm
- Peso lineare dei tubi di rivestimento 5,30 kg/m

L'intercapedine tra il diametro interno della scarpa tagliente e il diametro delle aste interne non deve superare $0,2 \div 0,3$ mm, mentre al di sopra della scarpa tale intercapedine deve aumentare rapidamente fino a 2 mm

- Punta conica collegata alla base delle aste interne:

angolo apertura: $\alpha = 60^\circ$

diametro base: $\varnothing_b = 51$ mm

altezza complessiva: $h = 70$ mm

L'asta alla cui estremità inferiore è avvitata la punta conica deve essere perfettamente liscia e calibrata negli ultimi 50 cm; il massimo accorciamento della punta conica per usura non dovrà essere superiore a 5 mm;

- Dispositivo di infissione con sollevamento e sganciamento automatico con le seguenti caratteristiche:

massa battente: $M = 72,50 \pm 0,50$ kg.

massa passiva $M_p = 0,7$ kg


altezza di caduta $h = 750 \pm 2$ mm.

Penetrazione standard 30 cm

centratore tra la testa di battuta e il piano campagna, con funzioni di guida e irrigidimento

L'altezza di caduta nel corso dell'infissione dei rivestimenti non è vincolante.

Al fine di ridurre l'attrito laterale sulle aste potrà essere consentito l'impiego di fango (possibile solo con l'utilizzo di aste cave) o del rivestimento.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 56 di 108

L'attrezzatura conforme alla procedura di riferimento ISSMFE (1988) per la realizzazione di prove penetrometriche dinamiche DPSH dovrà consistere di:

- Lunghezza delle aste 1,20 m
- Massa delle aste 6,20 kg/m
- Diametro esterno della batteria delle aste 32 ± 0,30 mm
- Diametro della punta conica 50,50 ± 0,50 mm
- Angolo di apertura della punta conica 90°
- Altezza complessiva della punta conica 26,3 mm, *(con una parte cilindrica al di sopra del cono di altezza pari al diametro della punta e una parte tronco-conica, al di sopra della parte cilindrica, anch'essa di altezza pari al diametro della punta;)*
- Peso della massa battente 63,0 ± 0,50 kg
- Massa passiva 0,70 kg
- Altezza di caduta 0,75 ± 0,02 m
- Penetrazione standard 20 cm
- Diametro esterno dei tubi di rivestimento 48 mm
- Diametro interno dei tubi di rivestimento 38 mm
- Peso lineare dei tubi di rivestimento 5,30 kg/m

Metodologia della prova

La prova consiste nell'infingere la punta conica nel terreno, per tratti consecutivi di 20 cm, misurando il numero di colpi (NPD) necessari.

Dopo 20 cm di penetrazione della punta viene infisso il rivestimento rilevando ancora il numero di colpi (NRV).

La prova viene sospesa per raggiunto rifiuto quando NPD o NRV superano il valore di 100.

Di norma le prove vengono iniziate alla quota del piano campagna.

La punta conica deve sporgere dal rivestimento non più di 20 cm. in qualsiasi fase della prova; ciò per evitare che attriti laterali sulle aste alterino i dati di resistenza NPD misurati.

Le due batterie, aste collegate alla punta e rivestimenti, devono essere reciprocamente libere per tutta la durata della prova. Nel caso di blocco delle due colonne, a seguito di infiltrazione di materiale nell'intercapedine, la prova dovrà essere sospesa; prima di rimuovere la batteria l'operatore deve mettere in atto tutti gli accorgimenti dettati dall'esperienza atti a sbloccare le colonne; ad esempio:

- iniezione di acqua in pressione nell'intercapedine;
- bloccaggio di una delle due colonne ed infissione o estrazione dell'altra;
- azione combinata dei due interventi sopra descritti.

Fra testa di battuta alla sommità della batteria ed il piano campagna deve essere installato almeno 1 centratore con funzioni di guida e di irrigidimento.

Documentazione

La documentazione deve comprendere, oltre alle informazioni generali:

- tabulazione dei dati rilevati per ciascuna prova (NPD ed NRV) per ciascuna verticale di prova;
- descrizione dettagliata delle caratteristiche dell'attrezzatura impiegata;
- grafico di NPD in funzione della profondità;
- grafico di NRV in funzione della profondità;
- altezza di caduta media del maglio durante l'infissione del rivestimento.

Art 42. Prove penetrometriche statiche CPT

Normativa di riferimento:

A.G.I. - Associazione Geotecnica Italiana (1977): Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.


ASTM D3441-86 "Deep, quasi-static, cone and friction cone penetration tests of soil".

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 rispondenti ad una delle norme sopracitate, subordinandone l'uso all'approvazione della direzione dei lavori.

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

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 57 di 108

alternativamente su una batteria di aste esterna e su una interna, alla cui estremità inferiore è connessa la punta.

Le attrezzature sono le seguenti:

1) Dispositivo di spinta

Martinetto idraulico in grado di esercitare sulla duplice batteria di aste la spinta precisata nel programma delle indagini (10÷20 t). munito di punta del tipo Begemann con manicotto per la misura dell'attrito laterale locale; è consentito l'uso di anello allargatore per diminuire l'attrito lungo tutta la batteria.

La corsa deve essere pari a 1,00 m. La velocità di infissione della batteria di aste sarà di 2 cm/s, costante nel corso della prova, indipendentemente dalla 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.

2) Punta conica

Punta conica telescopica, che possa essere entro certi limiti infissa indipendentemente dalla batteria di aste esterne a 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 cmq.

3) Aste

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

- astine interne a sezione piena, di diametro inferiore di 0,5÷1,0 mm. rispetto a quello interno delle aste cave.

4) Dispositivo di misura

Un manometro con fondo scala massimo da 100 kg/cmq ed uno con 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 di fondo scala.

Tarature e controlli

Occorre verificare che all'interno 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.

I manometri del dispositivo di misura devono essere corredati da un certificato di taratura rilasciato da un laboratorio ufficiale, non anteriore a due mesi dall'inizio della prova.

Metodologia di prova

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

La prova si eseguirà facendo avanzare le astine interne fino ad esaurire l'intera corsa della punta e 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 ed annotando la pressione totale di spinta.

Le misure q_c e f_s saranno discontinue, con annotazione ogni 20 cm di penetrazione.

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


Documentazione preliminare e definitiva

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;
- data di esecuzione;
- grafici di q_c e f_s in funzione della profondità;
- quota assoluta del punto di prova;
- certificati di taratura. non anteriori a 1 mese da quella dell'assunzione della prova

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 58 di 108

Art 43. Prove penetrometriche dinamiche leggere (PDL) medie (PDM)

La prova consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica, posta all'estremità di un'asta di acciaio, prolungabile con l'aggiunta di successive aste dotate di estremità filettate ed infissa nel terreno per battitura. Il valore della resistenza alla penetrazione è rappresentato dal numero di colpi battuti per ciascun affondamento di 10 cm.

Normativa di riferimento:

ISSMFE Technical Committee on Penetration Testing (1988) Secondo la terminologia ISSMFE, la prova descritta rientra nel tipo "medio-leggero" (DPL: Dynamic Probing Light, PDM: Dynamic Probing Medium) in base alla massa del maglio (M<10 kg: DPL, 10<M<40 kg: DPM).

Attrezzatura

Penetrometro semovente dotato di mast e piedini stabilizzanti per corretto posizionamento dell'attrezzatura.

Maglio	10 < Massa < 40 kg
Caduta	0.2 ± 0.01 m
Massa dell'asta di guida e testa di battuta	6 < m < 18 kg
Massa delle aste	2.8 < Ma < 6 kg
Lunghezza delle aste	1 m
Diametro esterno dell'asta	20 ± 0.2 < De < 32 ± 0.3 mm
Diametro interno dell'asta	6 ± 0.2 < Di < 9 ± 0.2 mm
Angolo apertura della punta	60°
Area di base della punta	16 cm ²

Controlli preliminari

Per realizzare correttamente tali prove è necessario effettuare un preciso piazzamento dell'attrezzatura sulla verticale da investigare. Per realizzare ciò, dopo aver sollevato il mast del penetrometro fino a portarne il telaio di base a contatto con il suolo, si procederà al posizionamento in perfetta verticalità agendo sui piedini stabilizzatori verificando l'assetto attraverso la livella biassiale.

Metodologia di prova

Effettuata l'installazione dell'attrezzatura, sollevare l'incudine solidale ai cilindri del mast ed alla testa d'infissione dell'altezza necessaria a poter introdurre la prima asta con punta conica precedentemente avvitata e la testina di battuta.

Collocare la prima asta nel centratore e, dopo averla posizionata verticalmente, abbassare il gruppo testa in modo che l'asta presenti una lunghezza libera per l'infissione di 30 cm circa.

Attivare il movimento del maglio e registrare il corrispondente numero di colpi per l'avanzamento di 10 cm dell'asta. Procedere nella stessa maniera contando e registrando il numero di colpi corrispondente ad un avanzamento di 10 cm.

Quando la prima asta sarà stata infissa per circa 80 cm procedere allo svitamento della testina di battuta, sollevare il gruppo testa e avvitare l'asta successiva.

Documentazione

La documentazione di prova comprenderà:


- informazioni generali, con ubicazione;
- data di esecuzione;
- informazioni sull'attrezzatura: peso del maglio, altezza di caduta, angolo e sezione della punta conica, diametro e peso delle aste;
- tabulati numerici con i numeri di colpi rispetto alle profondità;
- grafico profondità-numero di colpi effettuati per ciascun avanzamento di 10 cm.

Art 44. Prova penetrometrica statica con punta elettrica (cpte)

Generalità

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

Normative e raccomandazioni di riferimento:

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 59 di 108

ASTM D3441- 86 -"Deep, quasi-static, cone and friction cone penetration tests of soil". Associazione Geotecnica Italiana (1977) -"Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche". ISSMFE Technical Committee on Penetration Testing. Cone Penetration Testing (CPT). International Reference Test Procedure.

Attrezzatura

Le attrezzature richieste sono le seguenti:

- dispositivo di spinta;
- punta conica;
- aste;
- dispositivo di misura.

Dispositivo di spinta

L'attrezzatura penetrometrica statica a punta elettrica deve essere a comando idraulico con capacità di spinta non minore a 10 t.

La corsa deve essere pari a 1 m. La velocità di infissione della batteria di aste sarà di 2 cm/s (0,5 cm/s), costante nel corso della prova, indipendentemente dalla resistenza offerta dal terreno.

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

Punta penetrometrica

La punta conica fissa, interamente solidale con il movimento delle aste cave, deve avere le seguenti dimensioni:

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

La punta permetterà la misura di:

- resistenza alla punta qc ;
- resistenza per attrito laterale fs .

Il campo di misura della punta sarà compreso tra 0 e 5 t; in particolari casi può essere richiesto l'impiego di punte più sensibili (da 0 a 1 t).

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

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

Il manicotto sarà posizionato subito sopra il cono.

La punta di tipo elettrico sarà strumentata con celle di carico estensimetriche per la misura di fs e qc , con i seguenti fondo scala:

- 5000 kg per qc ;
- 750 kg per fs .

Qualora necessario la Committenza si riservano di richiedere l'uso di punte con sensibilità massima diversa.

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

Aste

Le aste di tipo cavo saranno del diametro esterno di 36 mm.

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

Dispositivo di misura


Oltre alle celle di carico estensimetriche della punta, saranno previsti:

- centralina elettronica per la ricezione e la trasmissione dei dati;
- registratore grafico;
- registratore su nastro magnetico (solo raccomandato);
- sincronizzatore velocità di avanzamento punta/registratore grafico analogico.

Tarature e controlli

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

- a) le guarnizioni fra i diversi elementi di una punta penetrometrica dovranno essere ispezionate con regolarità per accettarne le perfette condizioni e l'assenza di particelle di terreno;
- b) le punte elettriche dovranno essere compensate rispetto alle variazioni di temperatura;
- c) la precisione di misura, tenendo conto di tutte le possibili fonti di errore (attriti parassiti, errori nel dispositivo di registrazione, eccentricità del carico sul cono e sul manicotto, differenze di temperature, ecc.) dovrà essere comunque inferiore ai seguenti limiti:

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 60 di 108

- 5% del valore misurato;
- 1% del valore di fondo scala.

Prima di eseguire le prove penetrometriche l'Affidatario deve controllare il perfetto stato della punta, mediante apposite apparecchiature di controllo, il perfetto funzionamento dei dispositivi di amplificazione e registrazione dei dati; inoltre, per ogni punta impiegata, l'Affidatario deve consegnare alla Committenza un certificato attestante che la taratura della punta stessa sia stata effettuata in data non anteriore ad un mese da quella di esecuzione della prova.

Qualora eventi eccezionali possono aver alterato le caratteristiche della punta elettrica e comunque non oltre i 1000 m di effettiva penetrazione effettuata, l'Affidatario deve controllare, con le modalità approvate dalla Committenza, che la punta elettrica non sia andata fuori taratura, qualora ciò si verifichi si deve procedere ad una nuova taratura.

I dati di taratura delle punte impiegate devono essere mantenuti in cantiere a disposizione della Committenza.

Modalità esecutive

Prima di eseguire la prova deve essere accertata la perfetta verticalità della batteria del penetrometro e della adeguatezza dello zavorramento e/o ancoraggio in relazione alla capacità di spinta dell'attrezzatura.

Durante l'infissione della punta elettrica devono essere registrati separatamente e senza soluzioni di continuità i valori della resistenza alla punta (qc) e i valori della resistenza laterale e la deviazione della punta verticale.

E' opportuno che la taratura finale dei dispositivi di misura e registrazione sia effettuata dopo che i sensori della punta si siano equilibrati con la temperatura interna del terreno.

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

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

Al termine della prova ed ogni qualvolta la prova si interrompa, si dovrà rilevare lo sforzo totale applicato.

Quando la resistenza del terreno raggiunge un valore tale da impedire l'ulteriore avanzamento del penetrometro fino alla profondità prevista, ovvero nel caso che la deviazione della punta dalla verticale risulti superiore a 15° l'Affidatario deve sospendere la prova ed estrarre la batteria penetrometrica e, se richiesto dalla Committenza, deve procedere alla perforazione del terreno. La perforazione, di norma, deve essere realizzata utilizzando una tubazione provvisoria di rivestimento con diametro interno di 5055 mm e diametro esterno 7075 mm, che funge anche da tubazione guida.

Qualora si debba eseguire la perforazione con diametri maggiori di 75 mm, prima di riprendere la esecuzione della prova penetrometrica, deve essere inserita all'interno del foro una tubazione guida come sopra descritta.

La sospensione della prova, la estrazione della batteria penetrometrica, la perforazione del terreno e la ripresa della prova devono essere ripetute ogni qualvolta ciò si renda necessario per raggiungere la profondità stabilita dalla Committenza.

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;
- data di esecuzione;
- quota assoluta del punto di prova;
- certificati di taratura delle punte impiegate non anteriori a 1 mese da quella dell'assunzione della prova;
- grafici della resistenza della punta qc, dell'attrito laterale locale fs e del rapporto fs/qc calcolato fra valori misurati alla medesima profondità. Dovrà inoltre essere consegnato anche il grafico della deviazione della punta dalla verticale in funzione della profondità.

La profondità deve essere diagrammata in ordinata scala 1:100; i valori di qc, fs ed il rapporto fs/qc devono essere diagrammati in ascissa:

1 cm = 20 kg/cmq per qc;

1 cm = 1% per fs/qc %;

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 61 di 108

1 cm = 0,5 kg/cmq per fs.

Dovrà inoltre essere fornita una tabella digitale compatibile con ambiente windows di tutti i dati acquisiti da cui derivano i grafici redatti.

Art 45. Prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono (CPTU)

Generalità

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

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

Normative e raccomandazioni di riferimento:

ASTM D3441-86 -"Deep, quasi-static, cone and friction cone penetration tests of soil". Associazione Geotecnica Italiana (1977) -"Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche"

Attrezzatura

L'attrezzatura di spinta e le caratteristiche della punta devono essere le medesime previste per la prova penetrometrica eseguita con punta elettrica.

La punta deve essere corredata dall'elemento poroso completo di trasduttore e deve essere del tipo WISSA, FUGRO, ISMES, TORSTENSSON o analoghe.

L'Affidatario deve sostituire il filtro poroso con uno nuovo ad ogni estrazione della punta dal terreno. Il trasduttore di pressione deve essere "a bassa variazione di volume" e il suo fondo scala deve essere di norma 15 bar. Per prove profonde, oltre i 30 m, deve essere usato un trasduttore con fondo scala maggiore di 15 bar. Il fondo scala degli altri sensori (punta e attrito laterale) deve essere di norma rispettivamente 5 t e 750 kg, salvo diverse prescrizioni della Committenza.

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

- resistenza alla penetrazione statica qc della punta conica
- resistenza per attrito laterale fs;
- pressione idrostatica del terreno, pressione interstiziale u+u. inclusa la sovrappressione indotta dall'avanzamento della punta;
- dissipazione nel tempo della sovrappressione idrostatica indotta nel terreno, a quote predeterminate.

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

Dispositivo di spinta

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

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

Piezocono

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

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

La punta permetterà la misura di:


- resistenza alla punta qc;
- resistenza per attrito laterale fs;
- pressione interstiziale u + u.

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

- diametro $\varnothing_{ma} = \varnothing_{bc} + 0,35$ mm;
- superficie laterale $A_{ma} = 147 \div 153$ cm².

Il manicotto sarà posizionato subito sopra il cono.

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

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 62 di 108

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

- 5000 kg. per qc;
- 750 kg. per fs.

Qualora necessario, la direzione dei lavori si riserva di richiedere l'uso di punte con sensibilità massima diversa. La punta sarà dotata di sensore inclinometrico per la misura della deviazione dalla verticale.

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

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

Aste

Le aste di tipo cavo dovranno avere diametro esterno di 36 mm.

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

Dispositivo di misura

Oltre alle celle di carico estensimetriche della punta saranno previsti:

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

Attrezzatura di disaerazione

Filtro poroso e cono dovranno essere perfettamente disaerati con l'uso di una delle sotto elencate metodologie:

- cella di disaerazione sottovuoto con acqua distillata; disaerazione per bollitura, con immersione di filtro e cono per un periodo di tempo di sufficiente durata, in funzione del tipo di filtro;
- contenitore sottovuoto con glicerina calda, con vibratore ad ultrasuoni per la disaerazione del filtro; il cono verrà disaerato tramite iniezione con siringa di glicerina.

Altre attrezzature, tipi di fluido e tecniche potranno essere proposti dall'Affidatario dandone preventiva comunicazione alla Committenza.

Tarature e controlli

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

- a) le guarnizioni fra i diversi elementi di un piezocono devono essere ispezionate con regolarità per accertarne le perfette condizioni e l'assenza di particelle di terreno.
- b) il piezocono deve essere compensato rispetto alle variazioni di temperatura.
- c) la precisione di misura, tenendo conto di tutte le possibili fonti di errore (attriti parassiti, errori nel dispositivo di registrazione, eccentricità del carico sul cono e sul manicotto, differenze di temperatura, ecc.) deve essere comunque inferiore ai seguenti limiti:
 - 5 % del valore misurato;
 - 1 % del valore di fondo scala.

Tale precisazione deve essere verificata in laboratorio e verificabile in cantiere.

Nel primo caso i dati di taratura relativi ad ogni piezocono devono essere sempre disponibili in cantiere.


Montaggio del piezocono

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

Preforo

L'intervallo di profondità compreso fra il piano di campagna e la superficie freatica dovrà essere perforato con puntazza od eventuale sonda a rotazione, inserendo se necessario un tubo in PVC (o simili) del diametro interno 50 mm.

Stabilizzazione termica

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 63 di 108

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Modalità esecutive

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

L'elemento poroso del piezocono deve essere debitamente saturato prima di ogni prova, verificando inoltre che non vi siano bolle d'aria racchiuse nel condotto di adduzione al trasduttore e nella camera del trasduttore.

La punta deve essere quindi inserita nel contenitore pieno di acqua disaerata. Tale operazione deve essere ripetuta prima dell'inizio di ogni prova.

Successivamente la punta deve essere fatta avanzare nel terreno saturo fino alla profondità stabilita, registrando, insieme ai parametri misurati dalla punta elettrica, i valori della pressione interstiziale. La prova si inizierà alla base del tratto preforato, inserendo nel terreno il piezocono protetto dal guanto di gomma. La prova sarà quindi eseguita fino alla profondità definita dal programma delle indagini, o interrotta per rifiuto in uno dei seguenti casi:

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

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

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

- arresto della penetrazione della punta;
- scatto contemporaneo dei contasecondi e inizio della registrazione della variazione di pressione interstiziale;
- lettura al visore digitale dell'andamento della pressione interstiziale ai tempi 0,1 - 0,25 - 0,5 - 1 - 2 - 4 - 8 - 15 - 30 minuti primi; la lettura sarà registrata manualmente sul grafico.

La prova sarà considerata conclusa al 75% della dissipazione della sovrappressione indotta dalla punta.


A prova ultimata e ad avvenuta estrazione della punta l'Affidatario deve controllare se si sono verificate derive dello zero per effetto di sforzi eccentrici, urti, sovraccarichi, difetti elettrici, ecc.

L'eventuale nuovo valore di zero (e quindi l'eventuale deriva) deve essere indicato sui grafici e memorizzato nel caso di memoria magnetica, in modo da poterne tenere conto nella elaborazione dei dati.

Documentazione

La documentazione di cantiere da consegnare al termine di ciascuna verticale, deve comprendere:

- la planimetria in scala non inferiore a 1:5.000 recante l'ubicazione precisa di tutte le prove effettuate;
- il grafico della pressione interstiziale alle varie profondità;
- le tabelle con i dati numerici dei valori della pressione interstiziale in funzione del tempo durante le prove di dissipazione.
- informazioni generali, con ubicazione;
- data di esecuzione;
- caratteristiche dell'attrezzatura;

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 64 di 108

- caratteristiche del piezocono;
 - fotocopia dei grafici di cantiere con indicazione delle scale risultanti dalla prova su supporto magnetico CD/floppy ed in formato da concordare.
- Nella documentazione definitiva i grafici o tabelle di cantiere devono essere elaborati in modo tale che:
- informazioni generali, con ubicazione e data di esecuzione;
 - il grafico della pressione interstiziale rilevata durante la penetrazione alle varie profondità sia tracciato sul medesimo grafico in cui sono riportati i valori qc, fs e qc/fs in funzione della profondità e corretti in base ai dati inclinometrici ed alle eventuali derive;
 - per ogni prova di dissipazione eseguita ad una certa profondità venga tracciato sia un grafico dell'andamento della pressione interstiziale in funzione del logaritmo del tempo che, riportate in tabelle, le letture fatte ai diversi tempi.
 - certificato di taratura dei piezoconi impiegati
- La documentazione relativa ai dati acquisiti ed alle elaborazioni eseguite deve inoltre essere consegnata in formato digitale compatibile con ambiente windows oltre che cartaceo.
- La documentazione finale deve anche includere la geometria della punta con indicazione delle dimensioni e della posizione del filtro, delle sue caratteristiche (porosità e materiale), delle caratteristiche del trasduttore (fondo scala, tipo) e dell'area netta. Se vengono eseguiti prefiori devono inoltre essere precisate le caratteristiche degli stessi.
- Qualora l'attrezzatura disponesse di registratore digitale dei valori misurati, ove richiesto dalla Committenza, la documentazione definitiva deve essere completata con il tabulato delle misure, alle varie profondità (ogni 2 cm), corrette per inclinazione, derive, ecc.
- Il tabulato deve comprendere le seguenti colonne:
- qt cioè la qc corretta per l'influenza della pressione interstiziale per effetto dell'area netta;
 - U cioè la U totale misurata diminuita della U₀ corrispondente al carico idrostatico;
 - U/qt rapporto fra la U e la qt (qc corretta);
 - profondità.

Art 46. Prova penetrometrica dinamica continua (DPP)

Generalità

La prova consiste nell'infissione per battitura di una punta conica metallica nel terreno, contando il numero di colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza prestabilita.

Normative e raccomandazioni di riferimento:

Associazione Geotecnica Italiana (1977) - "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche". ISSMFE Technical Committee on Penetration Testing (1988) - "Dynamic Probing (DP): International Reference Test Procedure".

Attrezzatura

I penetrometri utilizzati saranno classificati secondo quanto proposto dall'ISSMFE in:

Tipo: Sigla di riferimento

Massa del maglio M (kg)

Leggero DPL ≤ 10

Medio DPM $10 < M < 40$

Pesante DPH $40 < M < 60$

Superpesante DPSH ≥ 60


Relativamente alle caratteristiche delle attrezzature di prova si rimanda agli standard proposti dall'ISSMFE ed a quelle dei penetrometri maggiormente diffusi in Italia, del tipo Emilia e Meardi – AGI. Tali caratteristiche dovranno in ogni caso essere preventivamente visionate dal Responsabile del Servizio/Contratto che potrà richiedere l'eventuale utilizzo di accorgimenti atti ad eliminare gli attriti lungo la batteria di aste, quali l'iniezione di fanghi o l'utilizzo di rivestimento.

Modalità esecutive

La prova consisterà nella infissione della punta conica nel terreno, per tratti consecutivi di 10/30 cm misurando il numero di colpi (Np) necessari.

Se ritenuto necessario dal Responsabile del Servizio dopo 10/30 cm di penetrazione della punta verrà infisso il rivestimento rilevando ancora il numero di colpi (Nr).

La prova verrà sospesa per raggiunto rifiuto quando Np o Nr superano il valore di 50/100 colpi per avanzamento.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 65 di 108

Di norma le prove verranno iniziate alla quota del piano campagna.

La punta conica dovrà sporgere dal rivestimento (nel caso se ne richieda l'utilizzo) non più di 20 cm in qualsiasi fase della prova; ciò per evitare che attriti laterali sulle aste alterino i dati di resistenza Nr misurati.

Le due batterie, aste collegate alla punta e rivestimenti, dovranno essere reciprocamente libere per tutta la durata della prova. Nel caso di blocco delle due colonne, a seguito di infiltrazioni di materiale nell'intercapedine, la prova dovrà essere sospesa; prima di estrarre la batteria l'esecutore deve mettere in atto tutti gli accorgimenti dettati dall'esperienza atti a sbloccare le due colonne. Ad esempio:

- iniezione di acqua in pressione nell'intercapedine;
- bloccaggio di una delle due colonne ed infissione o estrazione dell'altra;
- azione combinata dei due interventi sopra descritti.

Fra la testa di battuta alla sommità della batteria ed il piano campagna dovrà essere installato almeno n.1 centratore con funzioni di guida e di irrigidimento.

La prova è continua per tutta la profondità indagata.

Documentazione

La documentazione deve comprendere, oltre alle informazioni generali:

- tabulato dei dati rilevati per ciascuna prova (Np, Nr) su supporto cartaceo e digitale per ambiente windows
- descrizione dettagliata delle caratteristiche dell'attrezzatura impiegata;
- grafico di Np, Nr, Rpd (Resistenza dinamica calcolata con la "Formula olandese") in funzione della profondità;
- altezza di caduta media del maglio durante l'infissione del rivestimento (eventuale).

Art 47. Prova eseguita con dilatometro piatto tipo marchetti

Generalità

La prova consiste nell'infingere verticalmente nel terreno, mediante spinta statica, uno strumento di prova a lama, espandendo con del gas in pressione una membrana circolare situata su di un lato dello strumento e misurando le pressioni corrispondenti a due livelli di deformazione predeterminati della membrana.

Bibliografia tecnica di riferimento:

- Marchetti S. (1980) - "In situ tests by flat dilatometer", ASCE, J. Geotech. Eng. Div. GT3

Dispositivo di spinta

Può essere costituito da un penetrometro statico da 20 t di spinta effettiva, completo di batteria di aste (est = 36 mm) oppure dal dispositivo di spinta di una sonda da perforazione; in questo secondo caso si richiede che almeno 23 m delle aste, quelle connesse allo strumento di prova, abbiano est = 36 mm, mentre la rimanente parte può avere diametro superiore.

Il cavo elettrico di collegamento dello strumento con la superficie deve essere sempre interno alle aste est = 36 mm; può uscire in corrispondenza del raccordo tra aste est = 36 mm e quelle di perforazione di diametro superiore, tramite apposito giunto spaccato longitudinalmente ed essere fissato opportunamente all'esterno delle aste.

Attrezzatura originale Marchetti

L'attrezzatura dilatometrica sarà del tipo originale, coperta da brevetto, del tipo Marchetti, senza modifiche e dovrà comprendere:


- dilatometro tipo Marchetti (95 x 200 x 14 mm), con membrana metallica laterale espandibile per 1 mm al centro;
- centralina di misura tipo Marchetti;
- cavo elettropneumatico di collegamento del dilatometro con la centralina;
- bombola di gas azoto.

Accertamenti preliminari

Prima dell'esecuzione della prova si dovrà verificare che la lama di prova sia diritta, senza concavità o convessità maggiori di 0,5 mm rispetto al piano di riferimento.

La lama sarà collegata alle aste in modo da contenere la deviazione dell'asse entro 0,2 mm. La membrana dovrà essere liscia e regolare ed il metallo che la costituisce non deve essere snervato. Una volta collegata la lama ai tubi di adduzione gas alla centralina di misura ed alle bombole non si dovranno rilevare nel circuito perdite di pressione maggiori di 100 kPa/min .

Taratura

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 66 di 108

L'entità della deformazione della membrana in corrispondenza dei punti di misura A e B sarà misurata tramite il dispositivo di taratura. I segnali acustici relativi ai punti A e B dovranno cessare a deformazioni di 0,05 mm e 1,1 mm rispettivamente.

Membrane con caratteristiche diverse non saranno accettate e dovranno essere sostituite.

Le membrane nuove dovranno essere sottoposte a 20 cicli di carico e scarico con pressioni comprese entro i limiti indicati dal costruttore prima di essere impiegate in prove reali.

La taratura della membrana dovrà essere eseguita di nuovo al termine delle prove oppure ogni 5 verticali di prova.

Modalità di prova

La prova sarà eseguita da personale in possesso del patentino di abilitazione rilasciato dal costruttore.

Il dilatometro sarà spinto verticalmente nel terreno arrestando la penetrazione ad intervalli di 20 cm per l'esecuzione delle misure.

Durante l'infissione il segnale acustico (o audiovisivo) sarà sempre attivato e la valvola di sfiato dovrà essere aperta.

Raggiunta la quota di prova ed arrestata l'infissione si scaricano da ogni pressione le aste entro 15 secondi, si invia gas alla membrana misurando, tramite la centralina elettro- pneumatica di superficie:

- la pressione alla quale inizia il distacco della membrana (lettura A), da rilevarsi entro 20 secondi dalla immissione del gas;
- la pressione necessaria per espandere di 1 mm il centro della membrana (lettura B), da rilevarsi entro 30 secondi dalla lettura A.

Se richiesto verrà anche misurato ed annotato il valore C della pressione che agisce sulla membrana quando, durante lo scarico del gas (dapprima immesso per ottenere le letture A e B), la membrana viene a trovarsi di nuovo nella posizione di riposo; il tempo di scarico deve essere compreso in non oltre 30 sec. e la centralina essere dotata di valvola di sfiato regolabile per il controllo graduale della deformazione.

Tale ciclo di misure, salvo diverse prescrizioni, deve essere ripetuto ogni 20 cm.

La prova si intende conclusa quando il dilatometro ha raggiunto la profondità stabilita.

Qualora la natura del terreno impedisca l'infissione del dilatometro, si deve sospendere la prova e procedere all'approfondimento dello stesso dopo aver effettuato la perforazione del terreno secondo le modalità precisate alla voce IG.EP.C.203 per la profondità prescritta. La tubazione di rivestimento del foro deve avere diametro idoneo per permettere il passaggio del dilatometro.

In alternativa (fori molto profondi, operazioni da natante, etc..) la cella può essere infissa utilizzando l'attrezzatura di perforazione, con le relative aste.

Durante l'esecuzione della prova l'immissione del gas al dilatometro deve essere effettuata in modo da non causare apprezzabili cadute di pressione lungo il tubetto di collegamento.

Documentazione

Per ogni prova deve essere fornita la seguente documentazione:


- individuazione del punto di prova e della data di esecuzione;
- quote delle letture eseguite;
- valore di pressione di inizio dilatazione della membrana (lettura A);
- valore di pressione relativa alla dilatazione di 1 mm del centro della membrana (lettura B);
- eventuali annotazioni dell'operatore e data di esecuzione.

Le letture (A e B) devono essere elaborate e diagrammate in modo da ottenere i profili di:

- indice di materiale ID, correlato alla granulometria del materiale (sabbia, limo, argilla);
- modulo edometrico $M_o = 1/mv$;
- modulo dilatometrico E_d ;
- coesione non drenata c_u (nei soli terreni coesivi);
- angolo di attrito (solo nei terreni incoerenti);
- indice di spinta orizzontale k_d ;
- coefficienti di spinta orizzontale k_o ;
- grado di sovraconsolidazione.

Tutte le informazioni indicate devono essere anche riportate in apposita tabella conclusiva in formato digitale per software in ambiente windows.

Art 48. Prova di carico su piastra

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 67 di 108

Generalità

La prova consiste nel sovraccaricare con incrementi successivi e regolari una piastra rigida, circolare, poggiata sulla superficie del terreno misurando il cedimento corrispondente ad ogni gradino di carico.

Normative e raccomandazioni di riferimento:

CNR-BU N. 146 (14-12-1992) - "Determinazione dei moduli di deformazione M_d e M'_d mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare".

Attrezzatura

L'attrezzatura da impiegarsi è la sottoelencata:

- piastra circolare in acciaio, rigida, caratterizzata da:
 - spessore : $S_p \geq 20$ mm
 - diametro : $= 300 \pm 1$ mm
- martinetto di carico (idraulico o meccanico) di portata pari ad almeno 50 kN;
- dinamometro (meccanico o idraulico) di portata pari ad almeno 50 kN e sensibilità pari a 0,5 kN;
- scatola cilindrica metallica dotata al suo interno di una superficie piana di appoggio della punta del comparatore;
- cerniera sferica per il centramento del carico;
- prolunga costituita da più aste cilindriche avvitate tra loro;
- comparatori per la lettura dei cedimenti con sensibilità di 0,01 mm e capacità di lettura di almeno 10 mm;
- bracci snodabili porta comparatore con dispositivo a vite micrometrica per l'azzeramento del comparatore;
- trave rigida di sostegno dei bracci portacomparatori, di lunghezza pari a 2,5 m e con supporti alle estremità per l'appoggio al terreno;
- struttura fissa di contrasto il cui peso sia maggiore di 2 volte la forza massima totale da applicare sulla piastra, secondo il programma di prova;
- contasecondi, filo a piombo, livella a bolla, termometro con sensibilità di 1°C.

Preparazione del terreno

La piastra sarà poggiata su terreno con contenuto d'acqua naturale, non disturbato in forma alcuna, ripulito a mano da qualsiasi detrito, copertura o ciottolo sporgente.

Il terreno sarà, se necessario, regolarizzato con un sottile spessore di sabbia o altro materiale incoerente (tutto passante al setaccio da 2 mm), per ottenere una superficie piana e orizzontale.

Gli ultimi 1520 cm dello scavo eventualmente previsto devono essere eseguiti manualmente avendo cura di non calpestare l'area in cui deve essere eseguita la prova.

La orizzontalità della piastra, una volta posta sul piano di prova, sarà verificata con livella a bolla.

Assemblaggio

La prova può essere eseguita secondo due diverse modalità in funzione del numero di comparatori utilizzati per il rilievo dei cedimenti. La prova può essere eseguita secondo due diverse modalità in funzione del numero di comparatori utilizzati per il rilievo dei cedimenti.

1) Con 1 comparatore.

Bloccata la cerniera sferica, si applica sopra la piastra la scatola cilindrica sistemando al suo interno il comparatore con la punta appoggiata sull'apposita sede nella parte inferiore.

Il braccio porta comparatore viene fissato alla trave di sostegno i cui appoggi devono essere ubicati a distanza di almeno 1 m per la piastra e di 0,50 m per le ruote della struttura di contrasto.

Sopra la scatola cilindrica le altre attrezzature potranno essere posizionate secondo le seguenti combinazioni:

- martinetto → dinamometro → asta di prolunga;
- asta di prolunga → dinamometro → martinetto.

Nel primo caso la struttura di contrasto sarà a contatto con l'asta di prolunga, mentre nel secondo caso il contrasto poggerà direttamente sul martinetto.


2) Con 3 comparatori

Rispetto alla procedura precedente non viene utilizzata la scatola cilindrica e la cerniera sferica deve essere posizionata tra la struttura di contrasto e la prolunga.

I tre comparatori, per mezzo di appositi bracci, devono essere disposti a 120° sul perimetro della piastra, a circa 5 mm dal bordo.

Modalità esecutive

Assemblata l'attrezzatura, si eseguirà la prova previa l'applicazione di un carico di assestamento di almeno 0,02 N/mm² comprendente il peso dell'apparecchiatura gravante sulla superficie di prova.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 68 di 108

Azzerato/i il/i comparatore/i, si porta il carico a 0,05 N/mm² effettuando la prima lettura e applicando successivi incrementi di carico non appena il cedimento, corrispondente ad un determinato carico, risulti inferiore a 0,02 mm/minuto.

Nel caso in cui il cedimento sia maggiore di 0,02 mm/minuto si dovrà mantenere lo stesso carico per un ulteriore intervallo di tempo e rileggere i/il valori/e ai/i comparatori/e fino al raggiungimento della condizione precedentemente citata.

Nel caso di impiego di tre comparatori deve essere presa in considerazione la media delle tre letture effettuata per ciascun livello di carico.

La prova sarà eseguita con un solo ciclo di carico se interessa determinare unicamente il modulo Md (indicativo della portanza) mentre se è necessario definire il grado di costipamento dello strato in esame occorre eseguire un secondo ciclo di carico per la determinazione del modulo M'd.

a) Primo ciclo

Si dovrà seguire il seguente schema operativo:

- per terreni di sottofondo e per strati di rilevato: incrementi di carico di 0,05 N/mm² fino ad una pressione massima di 0,2 N/mm²;
- per strati di fondazione e per strati di base: incrementi di carico di 0,1 N/mm² fino a pressioni massime rispettivamente di 0,35 e 0,45 N/mm².

Raggiunta la pressione massima si esegue lo scarico:

- completo se occorre determinare solo il modulo Md;
- fino alla pressione di 0,05 N/mm² se occorre determinare anche il modulo M'd e quindi eseguire il secondo ciclo di carico dopo avere rilevato il cedimento residuo.

b) Secondo ciclo

Si dovrà seguire il seguente schema operativo:

- per terreni di sottofondo e per strati di rilevato: incrementi di carico di 0,05 N/mm² fino alla pressione massima di 0,15 N/mm²;
- per strati di fondazione e per strati di base: incrementi di carico di 0,1 N/mm² fino alle pressioni massime rispettivamente di 0,25 e 0,35 N/mm².

Al termine della prova deve essere prelevato un campione rimaneggiato di terreno in prossimità del punto di prova allo scopo di determinarne le caratteristiche fisiche con particolare riferimento all'umidità.

In corrispondenza di terreni di sottofondo dovrà essere verificata la natura del terreno per uno spessore di 50 cm al fine di controllare l'eventuale presenza di ciottoli o blocchi di dimensioni > 10 cm al di sotto della piastra di prova. In caso positivo la prova dovrà essere ripetuta in un altro posto. In corrispondenza di strati di fondazione o di base la dimensione massima dell'aggregato nel punto di prova non deve superare 10 cm.

I moduli di deformazione Md e M'd dovranno essere calcolati nei seguenti intervalli di carico:

- per terreni di sottofondo e strati di rilevato: tra 0,05 e 0,15 N/mm²;
- per strati di fondazione: tra 0,15 e 0,25 N/mm²;
- per strati di base: tra 0,25 e 0,35 N/mm².

Documentazione

La documentazione da fornire comprenderà, per ciascuna prova:


- informazioni generali (cantiere, n° prova, profondità, diametro piastra, data);
- fotocopia delle tabelle con letture di cantiere del/i comparatore/i, per ciascun gradino di carico;
- diagramma carichi-cedimenti;
- modulo di deformazione Md (M'd) (N/mm²) calcolato nell'intervallo di pressione da considerare in accordo alla formula:

$$M d = \Delta p / \Delta s * D$$

dove:

- Δp = incremento di carico unitario (N/mm²);
- Δs = cedimento corrispondente all'incremento di carico (mm);
- D = diametro della piastra (mm).

certificato di taratura del dinamometro di misura non anteriore di 3 mesi la data di inizio prove.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 69 di 108

TITOLO VI. ESECUZIONE DI INDAGINI GEOFISICHE - SPECIFICHE TECNICHE

Art 49. Indagine sismica a rifrazione ad onde di taglio (onde sh)

Generalità

L'indagine sismica a rifrazione consiste nella registrazione dei tempi di arrivo delle onde di taglio (SH), create allo scopo tramite opportuna energizzazione, e rifratte dalle superfici di discontinuità fisica del sottosuolo. La registrazione si realizza attraverso uno stendimento di geofoni orizzontali disposti a intervalli regolari lungo il profilo da indagare. L'equidistanza tra i geofoni e il loro numero dipendono dal dettaglio e dal target (profondità di indagine richiesta).

La misura dei tempi di arrivo delle onde SH ai diversi geofoni permette di ricostruire l'andamento e la profondità degli orizzonti rifrattori presenti nel sottosuolo e, nel caso di misura anche delle onde di compression (P), di calcolare le caratteristiche elastiche dinamiche dei terreni e degli ammassi rocciosi investigati.

Caratteristiche delle attrezzature

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita da almeno:

sismografo a 24 canali, con possibilità di stack degli impulsi sismici, filtri analogici e digitali programmabili (filtri attivi tipo high pass, band pass e band reject), guadagno verticale del segnale (in ampiezza) e sensibilità tra 6 e 92 decibel, registrazione dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita minimo a 16 bit;

- 24 geofoni orizzontali a frequenza propria variabile tra 8 e 14 Hz;
- sistema di energizzazione adeguato alla lunghezza dei tiri da realizzare; potrà essere costituito da:
 - martello strumentato agente lateralmente su un blocco adeguatamente ancorato (per attrito radente) al terreno;
 - energizzatori oleopneumatici e/o gravimetrici trainati e/o trasportati (pendoli) che producono onde di taglio polarizzate sul piano orizzontale;

È necessario che il tipo di energizzatore utilizzato permetta dopo qualche stack (massimo 5) di determinare inconfutabilmente i primi arrivi su tutti i ricevitori dell'allineamento.

Modalità esecutive

La "copertura" dei tiri sullo stendimento dovrà essere tale da consentire una corretta e dettagliata ricostruzione del campo di velocità locale fino alle profondità stabilite dal progetto delle indagini o dalla Direzione Lavori ed in ogni caso dovranno essere ogni 3, 4 stazioni riceventi; nel caso in cui non sia prevista una elaborazione tomografica i tiri dovranno essere anche esterni allo stendimento di almeno 2 posizioni per ogni estremo.

Per la corretta determinazione delle onde di taglio, qualora non si disponesse di specifici sensori, sarà necessario realizzare per ogni punto di energizzazione anche la registrazione coniugata (rovesciata di 180° sul piano orizzontale rispetto alla direzione individuata dallo stendimento) in tal modo sarà possibile determinare correttamente l'arrivo dell'onda di taglio (dove si avrà inversione di fase) sul sismogramma.

Generalmente per ogni stendimento la profondità massima raggiunta dalla prospezione sismica è funzione sia delle velocità sismiche dei singoli strati sia della lunghezza dei tiri sismici.

Indicativamente la profondità massima indagata è circa 1/4 -1/5 della lunghezza dei tiri sismici e per ottenere dei risultati ottimali occorre mantenere il target della ricerca entro i 2/3 della profondità massima indagata.

Tale indicazione è adeguata sia per l'elaborazione sismica di tipo ordinario che tomografica.


La spaziatura delle stazioni geofoniche è funzione del dettaglio che si vuole ottenere in particolare nella sismica tomografica: indicativamente la spaziatura intergeofonica può variare tra 1/4 ed 1/5 della profondità del target.

se si ha a disposizione un sismografo a 48 canali verranno realizzati tiri nella stessa posizione

L'elaborazione dei dati dovrà essere realizzata mediante software ad elevata valenza diagnostica in grado di fornire i valori dei parametri di velocità, relativi ai rifrattori individuati, per ogni stazione geofonica (ad esempio software che utilizzi il metodo "GRM" - Generalized Reciprocal Method, Palmer '80).

Elaborazione tomografica dei dati

Se richiesto dal progetto delle indagini, l'elaborazione dovrà essere sviluppata tramite un'analisi con modellazione del sottosuolo su base anisotropica, la quale dovrà fornire, previa elaborazione con metodologie iterative R.T.C. (Ray Tracing Curvilineo) e algoritmi di ricostruzione tomografica (ad esempio con l'impiego di algoritmi ART -Algebraic Reconstruction Technique, SIRT -Simultaneous Iterative Reconstruction Technique o

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 70 di 108

ILST -Iterative Least Square Technique), il campo delle velocità del sottosuolo ad elevata densità di informazioni: le celle unitarie, di forma rettangolare, potranno avere dimensioni orizzontali (asse x) e verticali (asse z) pari a, rispettivamente, $1/3 \div 1/5$ e $1/5 \div 1/10$ della spaziatura tra i geofoni.

Documentazione

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- sismogrammi originali su supporto cartaceo e/o digitale;
- profili sismostratigrafici in scala adeguata con indicati i valori di velocità delle onde di taglio (VS) calcolati per intervalli omogenei;
- elaborazione a isolinee o a campiture di colore delle velocità delle onde di taglio (VS) in caso di elaborazione tomografica;
- relazione conclusiva, elaborata in base ai risultati delle indagini svolte in cui saranno indicate le strumentazioni utilizzate, le metodologie operative, gli algoritmi di calcolo impiegati, tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi, procedure applicate, le risultanze finali ed interpretative;
- documentazione fotografica.

Art 50. Indagine sismica a riflessione ad onde di compressione

Generalità

L'indagine sismica a riflessione consiste nell' energizzazione del sottosuolo e nella registrazione degli arrivi delle onde di compressione (onde P) riflesse, in corrispondenza di geofoni verticali disposti secondo un allineamento con interassi tra i geofoni e lunghezza totale dello stendimento tali da permettere una adeguata profondità di indagine.

La misura dei tempi di arrivo delle onde P ai diversi geofoni permette di ricostruire l'andamento e la profondità delle diverse discontinuità sismiche che costituiscono delle superfici riflettenti.

Caratteristiche delle attrezzature

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

- sismografo minimo a 24 canali, con possibilità di stack degli impulsi sismici, filtri analogici e digitali programmabili (filtri attivi tipo high pass, band pass e band reject), guadagno verticale del segnale (in ampiezza) e sensibilità tra 6 e 92 decibel, registrazione dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita minimo a 16 bit;
- minimo 24 geofoni verticali a frequenza propria variabile tra 25 e 100 Hz;

Sistema di energizzazione adeguato alla profondità di indagine che potrà essere costituito da:

- martello strumentato lasciato cadere con violenza su una piastra metallica appoggiata al suolo
- cannoncino sismico
- energizzatori oleopneumatici e/o gravimetrici trainati e/o trasportati

Modalità esecutive

Il rilievo sismico a riflessione dovrà essere eseguito per mezzo di stese lineari con geofoni posti ad intervalli regolari scelti in relazione alla profondità dell'obiettivo da raggiungere. In generale l'interdistanza tra i geofoni dovrà essere pari a 0,5, 1, 2,5, 5, 10 o 20 metri.


I punti di origine dell'energia dovranno essere ubicati o nel centro di simmetria del gruppo di registrazione (metodologia "Split Spread") oppure ad un estremo dello stendimento (metodologia "End On") o infine in posizione distanziata dai due punti precedenti fino ad un massimo di 30-50 metri dalla stesa ed in direzione parallela alla stesastessa.

L'indagine e l'elaborazione dei dati dovranno garantire una "copertura multipla" minima del 1200%.

La prospezione sismica a riflessione dovrà essere realizzata secondo criteri di "stacking orizzontale" mediante copertura multipla di stendimenti in ragione variabile da un minimo del 1200% secondo gli indirizzi e la finalità dell'indagine.

L'insieme dei dati acquisiti dovrà essere organicamente elaborato, mediante software dotati di alta valenza risolutiva, attuando nel modo più rigoroso le fasi sequenziali del procedimento analitico.

- Correzioni statiche
- Muting
- Analisi spettrale
- Filtraggi sia nel dominio dei tempi che in quello delle frequenze con filtri variabili
- FK filter sia in velocità che polinomiali

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 71 di 108

- Analisi di velocità (Normal Move Out)
- Deconvoluzione
- Stacking
- Correzioni statiche residue
- Migrazione

Documentazione

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- sismogrammi in originale su supporto magnetico o disco ottico delle registrazioni di campagna;
- sismosezioni dei tempi (ms) in ordinate e delle distanze (m) in ascisse della elaborazione finale di ogni linea sismica a riflessione;
- sismosezioni delle profondità (m) in ordinate e delle distanze (m) in ascisse della elaborazione finale di ogni linea sismica a riflessione;
- relazione conclusiva con indicate le metodologie impiegate, gli algoritmi e i criteri di calcolo ed elaborazione adottati con commenti sulle risultanze ottenute e correlazione con le informazioni di natura geologica dell'area in esame;
- documentazione fotografica.

Art 51. Indagine sismica a riflessione ad onde di taglio (sh)

Generalità

L'indagine sismica a riflessione consiste nell' energizzazione del sottosuolo e nella registrazione degli arrivi delle onde di taglio (onde SH) riflesse, in corrispondenza di geofoni orizzontali disposti secondo un allineamento con interassi tra i geofoni e lunghezza totale dello stendimento tali da permettere una adeguata profondità di indagine.

La misura dei tempi di arrivo delle onde SH ai diversi geofoni permette di ricostruire l'andamento e la profondità delle diverse discontinuità sismiche che costituiscono delle superfici riflettenti.

Caratteristiche delle attrezzature

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

- sismografo minimo a 24 canali, con possibilità di stack degli impulsi sismici, filtri analogici e digitali programmabili (filtri attivi tipo high pass, band pass e band reject), guadagno verticale del segnale (in ampiezza) e sensibilità tra 6 e 92 decibel, registrazione dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita minimo a 16 bit;
- minimo 24 geofoni orizzontali a frequenza propria variabile tra 8 e 14 Hz;

Sistema di energizzazione adeguato alla profondità di indagine che potrà essere costituito da:

- martello strumentato agente lateralmente su un blocco adeguatamente ancorato (per attrito radente) al terreno;
- energizzatori oleopneumatici e/o gravimetrici trainati e/o trasportati (pendoli) che producono onde di taglio polarizzate sul piano orizzontale.

Modalità esecutive


Il rilievo sismico a riflessione dovrà essere eseguito per mezzo di stese lineari con geofoni posti ad intervalli regolari scelti in relazione alla profondità dell'obiettivo da raggiungere. In generale l'interdistanza tra i geofoni dovrà essere pari a 0,5, 1, 2,5, 5, 10 o 20 metri.

I punti di origine dell'energia dovranno essere ubicati o nel centro di simmetria del gruppo di registrazione (metodologia "Split Spread") oppure ad un estremo dello stendimento (metodologia "End On") o infine in posizione distanziata dai due punti precedenti fino ad un massimo di 30-50 metri dalla stesa ed in direzione parallela alla stesa stessa.

L'indagine e l'elaborazione dei dati dovranno garantire una "copertura multipla" minima del 1200%. La prospezione sismica a riflessione dovrà essere realizzata secondo criteri di "stacking orizzontale" mediante copertura multipla di stendimenti in ragione variabile da un minimo del 1200% secondo gli indirizzi e la finalità dell'indagine.

L'insieme dei dati acquisiti dovrà essere organicamente elaborato, mediante software dotati di alta valenza risolutiva, attuando nel modo più rigoroso le fasi sequenziali del procedimento analitico.

- Correzioni statiche
- Muting
- Analisi spettrale

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 72 di 108

- Filtraggi sia nel dominio dei tempi che in quello delle frequenze con filtri variabili
- FK filter sia in velocità che polinomiali
- Analisi di velocità (Normal Move Out)
- Deconvoluzione
- Stacking
- Correzioni statiche residue
- Migrazione

Documentazione

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- sismogrammi in originale su supporto magnetico o disco ottico delle registrazioni di campagna;
- sismosezioni dei tempi (ms) in ordinate e delle distanze (m) in ascisse della elaborazione finale di ogni linea sismica a riflessione;
- sismosezioni delle profondità (m) in ordinate e delle distanze (m) in ascisse della elaborazione finale di ogni linea sismica a riflessione;
- relazione conclusiva con indicate le metodologie impiegate, gli algoritmi e i criteri di calcolo ed elaborazione adottati con commenti sulle risultanze ottenute e correlazione con le informazioni di natura geologica dell'area in esame;
- documentazione fotografica.

Art 52. Prospezione sismica in foro di sondaggio (down-hole)

Generalità


La prova consiste nella misurazione dei tempi di arrivo di impulsi sismici generati in superficie ad uno o più ricevitori posti all'interno di un foro di sondaggio verticale, adeguatamente rivestito con apposita tubazione in PVC o ABS con spessore >3 mm da assemblare mediante filettatura M/F oppure con manicotti di giunzione incollati; tale rivestimento dovrà essere cementato al terreno incassante mediante opportuna miscela cementizia.

La prova consente la misura diretta delle velocità di propagazione VP delle onde di compressione (onde P) e VS delle onde di taglio (onde SH) utili alla determinazione dei parametri elastici dei terreni in condizioni dinamiche.

Caratteristiche delle attrezzature

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

- sistema di energizzazione (per onde di compressione P) costituito da:
 - martello strumentato lasciato cadere con violenza su una piastra metallica appoggiata al suolo
 - cannoncino sismico
 - energizzatori oleopneumatici e/o gravimetrici trainati e/o trasportati
- sistema di energizzazione (per onde di taglio SH) costituito da una massa battente manovrata a mano, pneumaticamente o oleopneumaticamente agente a percussione sul piano orizzontale in modo coniugato (180°) su un'incudine di legno o di altro materiale, ben saldo al terreno solo per attrito radente e posto nelle adiacenze della testa foro;
- geofoni da foro tridimensionali, a frequenza compresa fra 8 e 14 Hz, e di diametro minore o uguale a 70 mm, da calare nel foro a profondità prefissate, in grado di registrare i tempi di arrivo delle onde di compressione e di taglio; ogni ricevitore deve potere essere reso solidale con la tubazione di rivestimento del foro tramite un dispositivo di bloccaggio meccanico, pneumatico e/o elettrico. In caso si utilizzi un solo ricevitore, questo potrà essere anche:
 - a doppia terna ovvero costituito da due terne cartesiane ortogonali di ricevitori spaziate fra loro di un metro (1 Verticale e 2 Orizzontali)
 - costituito da 3 o più geofoni orizzontali (1 Verticale 3 o più geofoni Orizzontali) disposti sul piano orizzontale ad angoli variabili (60° se 3 geofoni orizzontali – 45° de 4 geofoni orizzontali)
- sismografo registratore con un numero di canali uguale o superiore al numero di ricevitori utilizzati, in grado di realizzare campionature di segnali tra 0.025 e 2 millisecondi e dotato di filtri high pass, band pass e band reject, di "Automatic Gain Control" e di convertitori A/D del segnale campionato ad almeno 16 bit;
- apposito software per l'elaborazione dei dati, in grado di fornire i valori di velocità delle onde di compressione e di taglio per ogni stazione di misura impiegando interattivamente algoritmi di calcolo adeguati (es. ART, SIRT, e ILSP) previo controllo dei tragitti dei raggi sismici (Ray Tracing Curvilineo).

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 73 di 108

Modalità esecutive

Le modalità di esecuzione della prova dovranno essere le seguenti:

- posizionamento e bloccaggio degli energizzatori delle onde di compressione e di taglio in prossimità della bocca pozzo (a qualche metro di distanza dai 2 – 5 m).
- posizionamento e bloccaggio del ricevitore a fondo foro;
- generazione di un impulso di taglio normale e coniugato con relativa registrazione dei tempi di arrivo delle onde di taglio per verifica dei parametri di acquisizione (record time). Durante questo test si deve riconoscere chiaramente l'arrivo delle onde di taglio mediante inversione di polarità del segnale acquisito. Stabiliti gli esatti parametri di acquisizione si procede con la registrazione nel seguente modo:
- energizzazione delle onde di compressione e registrazione del file relativo
- energizzazione delle onde di taglio e registrazione del file relativo
- riposizionamento del ricevitore 1 metro (o quanto stabilito dalla DL) più superficiale rispetto a fondo foro e ripetizione delle energizzazioni di compressione e di taglio come sopra
- ripetizione delle medesime operazioni lungo tutta la verticale d'indagine .

Le misure saranno relative all'intervallo di profondità e avranno frequenza non inferiore a 1 misura ogni metro di sondaggio.

Documentazione

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- la quota assoluta o relativa della testa della tubazione di misura;
- sismogrammi in originale delle registrazioni di campagna su supporto magnetico;
- relazione conclusiva, elaborata in base ai risultati delle indagini svolte in cui saranno indicati:
- gli algoritmi di calcolo impiegati, tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi;
- diagrafie riportanti:
 - stratigrafia del sondaggio;
 - tempi di arrivo delle onde di compressione e di taglio;
 - velocità delle onde di compressione e di taglio per ogni stazione;
 - intervallari delle onde di compressione e di taglio;
 - coefficiente di Poisson dinamico;
 - modulo di elasticità dinamico;
 - modulo di taglio dinamico;
 - modulo di compressibilità dinamico;
 - tracce sismografiche onde di compressione;
 - tracce sismografiche onde di taglio;

Art 53. Prospezione sismica tra fori di sondaggio (cross-hole)

Generalità

La prova consiste nella misurazione dei tempi di arrivo di impulsi sismici generati in profondità all'interno di un foro di sondaggio verticale ad un ricevitore posto all'interno di un secondo foro di sondaggio verticale. I fori, paralleli e adeguatamente rivestiti con apposita tubazione, dovranno essere ad una distanza reciproca compresa tra 3 e 8 m.

La prova consente la misura diretta delle velocità di propagazione VP delle onde di compressione (onde P) e VS delle onde di taglio (onde Sv) e la determinazione dei parametri elastici dei terreni in condizioni dinamiche.


Normative e specifiche di riferimento

- ISRM -"Suggested methods for seismic testing within and between boreholes", 1988

Caratteristiche delle attrezzature

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

- sistema di energizzazione per onde di compressione di tipo pneumatico, oleodinamico elettrico o a capsula esplodente
- sistema di energizzazione per onde di taglio oleodinamico che possa produrre energia polarizzata ed invertibile sul piano verticale, in grado di fornire energia in quantità sufficiente alla generazione di impulsi in modo che risultino leggibili; è onere e responsabilità dell'Impresa dimensionare correttamente il sistema di energizzazione, in funzione della natura e delle caratteristiche dei terreni e che sono da considerarsi noti, in quanto le misure sono successive alla perforazione dei sondaggi entro i quali si eseguono le stesse.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 74 di 108

N.B. l'energizzatore deve contenere al proprio interno un dispositivo di controllo del T"0" ovvero deve trasmettere al ricevitore oltre che l'impulso del T"0" anche una traccia sismografica che permetterà di eliminare gli eventuali errori del T"0" stesso. Se così non fosse sarà necessario realizzare il Cross-hole fra tre sondaggi e non più fra due.

- Uno o più geofoni da foro tridimensionali, a frequenza compresa fra 8 e 14 Hz, di diametro minore o uguale a 70 mm, da calare nel foro a profondità prefissate, in grado di registrare i tempi di arrivo delle onde di compressione e di taglio; ogni ricevitore deve potere essere reso solidale con la tubazione di rivestimento del foro tramite un dispositivo di bloccaggio meccanico, pneumatico e/o elettrico;
- sismografo registratore con un numero di canali uguale o superiore al numero di ricevitori utilizzati, in grado di realizzare campionature di segnali tra 0.025 e 2 millisecondi e dotato di filtri high pass, band pass e band reject, di "Automatic Gain Control" e di convertitori A/D del segnale campionato ad almeno 16 bit;
- apposito software per l'elaborazione dei dati, in grado di fornire i valori di velocità delle onde di compressione e di taglio per ogni stazione di misura impiegando iterativamente algoritmi di calcolo adeguati (es. ART, SIRT, e ILSP), previo controllo dei tragitti dei raggi sismici (Ray Tracing Curvilineo).

Modalità esecutive

Le modalità di esecuzione della prova dovranno essere le seguenti:

- posizionamento e bloccaggio di sorgente (in un foro) e ricevitore (nell'altro foro) in corrispondenza della prima coppia di posizioni coniugate, in accordo con il progetto delle indagini; sorgente e ricevitore dovranno essere posizionati alla medesima profondità, in modo da realizzare un percorso delle onde ipoteticamente orizzontale;
 - generazione dell'impulso (è ammessa anche la somma di più impulsi) e registrazione dei tempi di arrivo delle onde di compressione;
 - generazione dell'impulso (è ammessa anche la somma di più impulsi) e registrazione dei tempi di arrivo delle onde di taglio polarizzate sul piano verticale in direzione alto (o basso);
 - generazione dell'impulso (è ammessa anche la somma di più impulsi) e registrazione dei tempi di arrivo delle onde di taglio polarizzate sul piano verticale in direzione basso (o alto);
 - ripetizione delle medesime operazioni per ciascuna coppia di punti coniugati lungo le due verticali d'indagine.
- Le misure saranno relative all'intervallo di profondità e avranno frequenza stabilita dalla DL (solitamente 1 misura ogni metro).


È necessario altresì procedere con la misura della verticalità dei sondaggi stessi ovvero bisogna stabilire esattamente la distanza reciproca esistente fra i due (o più) sondaggi alle varie quote di misura delle onde di compressione e di taglio.

Per queste misure verrà utilizzata una sonda inclinometrica con 2 sensori ortogonali con sensibilità superiore a 0.07 gradi. La sonda sarà del tipo a controllo azimutale o sarà calata con aste con connessione a baionetta, in grado di evitare modifiche dell'orientazione azimutale della sonda per l'intera profondità. Le misure verranno effettuate ogni 1 ÷ 2 m 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 di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- le modalità esecutive del foro;
- lo schema geometrico di ogni tubazione installata;
- la quota assoluta o relativa della testa della tubazione di misura;
- le caratteristiche della tubazione installata;
- modalità di iniezione, quantità e composizione della miscela iniettata nell'intercapedine;
- grafici e tabulati del rilievo della verticalità presentati in modo che risulti facilmente determinabile la distanza fra i fori alle diverse profondità;
- sismogrammi in originale delle registrazioni di campagna su supporto magnetico;
- relazione conclusiva, elaborata in base ai risultati delle indagini svolte in cui saranno indicati:
- gli algoritmi di calcolo impiegati, tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi;
- diagrafie riportanti:
 - stratigrafie dei sondaggi;
 - tempi di arrivo delle onde di compressione e di taglio;
 - velocità delle onde di compressione e di taglio nella sezione compresa tra i due fori;
 - coefficiente di Poisson dinamico;
 - modulo di elasticità dinamico;
 - modulo di taglio dinamico;

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 75 di 108

- modulo di compressibilità dinamico;
- tracce sismografiche onde di compressione;
- tracce sismografiche onde di taglio;
- misure inclinometriche;
- risultanze finali ed interpretative.

Art 54. Prova sismica attiva MASW

Prova sismica attiva MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave) per la determinazione di curve di dispersione delle 20.1.8.1.a onde superficiali di tipo Rayleigh generate con idonei sistemi e registrate con 12-24 geofoni verticali aventi diverso periodo di oscillazione (10 Hz, 4.5 Hz) disposti secondo geometria lineare ed "offset" non inferiore a 3 volte il G-spacing e collegati ad un sismografo multicanale a memoria incrementale. Compreso l'analisi dei dati nel dominio F-K (frequency-wave number) per la determinazione di curve di dispersione delle onde superficiali di tipo Rayleigh redatti in grafici Vfase-Hz, l'inversione del modello di rigidità del sottosuolo fino al raggiungimento del miglior "fitting" tra i dati sperimentali e quelli teorici. Dovrà essere fornita la relazione riepilogativa contenente: le procedure di esecuzione della prova, grafici di acquisizione (serie temporali), V fase-Hz, la restituzione di profili Vs del sottosuolo con documentazione fotografica dell'approntamento ed installazione della attrezzatura in ciascuna linea di sondaggio sismico MASW

Art 55. Re.mi. (refraction microtremor)

Il termine Refraction Microtremor non deriva dal principio fisico su cui è basato il metodo, ma dalla possibilità di utilizzare stendimenti lineari, normalmente utilizzati in indagini di sismica a rifrazione in onde P. Prima di passare alla descrizione delle modalità operative del metodo è necessario sottolineare che tale metodo è considerato in maniera molto controversa dalla comunità scientifica e che la sua adozione non è consigliata. Ciononostante tale metodo è talvolta divenuto prassi professionale soprattutto in ambiente urbano. Qualora tale approccio sia applicato, si raccomanda comunque fortemente di associarlo a misure attive.

Trattandosi di una tecnica passiva, quindi pensata per estendere la stima delle curve di dispersione a una frequenza più bassa, per le stesse ragioni di cui sopra, dovrebbe essere impiegata utilizzando sensori a frequenza propria inferiore o uguale a 4.5 Hz ed andrebbero adottati tempi di acquisizione lunghi con registrazioni ripetute (maggior tempo possibile consentito dal sismografo). Si sottolinea che ciò è in contrasto con le raccomandazioni tecniche indicate talvolta a livello commerciale.

A differenza delle tecniche basate sull'analisi dello spettro f-k, in questo caso è assolutamente necessario soddisfare la condizione di "omnidirezionalità" delle sorgenti, cioè si suppone che il rumore ambientale provenga sostanzialmente da tutte le direzioni. Tale assunzione è raramente verificata nella realtà.


Come per le prove per onde superficiali di tipo attivo, le metodologie più diffuse per l'elaborazione sono l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda) e .-p (frequenza angolare-lentezza) per identificare gli eventi associabili alle onde di Rayleigh. La prassi prevede che in questi casi, anziché i massimi di energia, vengano identificati sullo spettro i punti di transizione tra l'area ad energia maggiore ed il rumore incoerente di fondo. Questo serve a mitigare l'effetto dei segnali che si propagano non in linea con lo stendimento di misura e che producono una sovrastima delle velocità.

Per questo motivo tale tecnica risulta più soggettiva rispetto alle misure attive e alle misure passive con array bidimensionali. Inoltre fornisce risultati errati qualora il rumore provenga da una direzione preferenziale.

Per essere sicuri dell'attendibilità della prova occorrerebbe realizzare contestualmente un array bidimensionale e verificare la direzionalità del rumore. Questo non è quasi mai possibile (per ragioni di spazio) ed è molto dispendioso in termini di tempo. In quest'ottica è buona norma eseguire contestualmente una prova di tipo attivo (ad esempio di tipo MASW) sfruttando l'analogia tra gli schemi di acquisizione (si tratta sostanzialmente dello stesso stendimento). In questo modo è possibile verificare l'attendibilità di una prova RE.MI. almeno per la banda di frequenze in cui la curva stimata con una prova attiva si sovrappone a quella stimata con il RE.MI.

Art 56. Indagini di sismica passiva (hvsr)

Generalità

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 76 di 108

La metodologia, chiamata anche tecnica Nakamura (1989), è stata introdotta da Nogoshi e Igarashi (1971) sulla base di studi precedenti.

Questa tecnica si basa essenzialmente sul rapporto spettrale H/V di rumore ambientale (seismic noise) e permette di valutare gli effetti locali di sito.

La tecnica proposta da Nakamura assume che i microtremori (il cosiddetto rumore di fondo registrabile in qualunque momento posizionando un sensore sismico sul terreno) consistano principalmente di un tipo di onde superficiali, le onde di Rayleigh, che si propagano in un singolo strato sovrastante su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito.

Caratteristiche delle attrezzature

La misura prevede la registrazione, senza utilizzo di alcun strumento di energizzazione del terreno, del microtremore sismico ambientale nel dominio del tempo, sulle tre componenti dello spazio attraverso il posizionamento di adeguati strumenti sismometrici costituiti da sensori tridimensionali. La strumentazione di acquisizione presenta le seguenti specifiche:

- trasduttori tricomponenti (N-S, E-W, verticale) a bassa frequenza (< 1-2 Hz);
- amplificatori;
- digitalizzatore;
- frequenza di campionamento: > 50 Hz;
- convertitore A/D (analogico digitale) a 24 bit;
- durata registrazione: >15 minuti;
- collegamento al tempo GPS per la referenziazione temporale.

Modalità esecutive

Come accennato l'installazione lo strumento di misura dovrà essere orientato secondo le direzioni geografiche (E e W) e dovrà essere dotato di bolla sferica per il posizionamento mentre l'accoppiamento con la superficie dovrà essere diretto o assicurato con piedini o puntazze in terreni morbidi. Bisognerà altresì fare attenzione alla presenza di radici, sottoservizi, vicinanza edifici, vento ecc., in quanto creano disturbo nel segnale H/V inducendo una forte perturbazione a bassa frequenza.

Per uno studio di risposta di sito è consigliabile effettuare almeno tre misure ognuna di almeno 15-20 minuti per punto, possibilmente in tempi diversi durante la giornata, da cui derivare il valore di frequenza di risonanza.

Elaborazione dei dati

L'elaborazione dei dati raccolti deve impiegare un software in grado di consentire la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo mediante la tecnica dei rapporti spettrali secondo le linee guida del progetto europeo SESAME (Site EffectS assessment using Ambient Excitations, 2005).

Il processing dei dati verte sul rapporto spettrale tra il segnale del sensore verticale e quelli orizzontali operando su finestre di selezione del segnale che dovranno essere non meno di 10 per un segnale complessivo utile non inferiore a 200-400 secondi.

I principali passi del processing sono i seguenti:

1. FFT (incluso il tapering);
2. operatore di smoothing (Konno & Ohmachi);
3. merging dei componenti orizzontali;
4. H/V Spectral Ratio per ogni finestra utilizzata (>10);
5. media degli spettri H/V;
6. valutazione della deviazione standard.

Le risultanze dell'elaborazione sono presentate mediante graficazione dei rapporti spettrali H/V delle varie componenti indicando il massimo del rapporto HVSR nel valore di f_0 – Frequenza/e di risonanza e la sua deviazione standard.


Documentazione

Il certificato finale della prova presenta:

- i criteri di attendibilità della misura;
- i criteri di validità del picco di f_0 ;
- i valori di soglia delle condizioni di stabilità;
- l'analisi dei criteri in particolare con verifica rispetto alla frequenza del sensore ed alla presenza di rumore di origine industriale;
- l'interpretazione di f_0 e dello spettro H/V nei termini di caratteristiche del sito.

Per gli scopi e finalità dell'indagine le misure HVSR offrono la possibilità di determinare:

- valutazione dell'omogeneità del sito rispetto alle frequenze di risonanza;
- spessori della coltre di copertura.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 77 di 108

Art 57. Sondaggio elettrico verticale (sev)

Generalità

L'indagine geoelettrica consiste nell'immettere una corrente continua nel terreno tramite due elettrodi A e B (AB = dipolo di corrente o di intensità) e nel misurare la caduta di potenziale, dovuta alla resistenza del terreno al passaggio della corrente elettrica, in corrispondenza di due elettrodi M ed N (MN = dipolo di misura o di potenziale). Attraverso la determinazione della resistività del terreno, l'indagine consente di ricostruire indirettamente il profilo litostratigrafico del terreno.

Gli elettrodi saranno allineati (M ed N in posizione interna, A e B esterni) e simmetricamente disposti rispetto ad un centro, eccetto che nel caso di dispositivo dipolo dipolo, in cui la coppia di elettrodi AB sarà esterna alla coppia MN. Il modello monodimensionale che si ricaverà dall'elaborazione dei dati è da intendersi affidabile in assenza di significative variazioni topografiche.

Nella configurazione Schlumberger, gli elettrodi di tensione M ed N dovranno essere mantenuti ad una distanza fissa, mentre gli elettrodi di corrente A e B dovranno essere allontanati progressivamente di una certa distanza dal centro geometrico dello stendimento.

Nella configurazione Wenner, i quattro elettrodi dovranno essere tra loro equidistanti; dopo ogni misura, l'equidistanza verrà aumentata.

Nella configurazione dipolo-dipolo gli elettrodi dovranno costituire due coppie separate (AB ed MN) che verranno reciprocamente allontanate tra loro.

Caratteristiche delle attrezzature

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

- georesistivometro con millivoltmetro (sensibilità massima 0.1 mV), circuito di azzeramento dei potenziali spontanei e milliamperometro con scala 1 mA - 2 A (sensibilità 0.1 mA);
- generatore di potenza sufficiente all'indagine;
- batteria di energizzazione con pile a secco e/o ricaricabile;
- cavi elettrici ad alto isolamento montati su rulli spalleggiabili;
- elettrodi di corrente in acciaio;
- elettrodi di tensione impolarizzabili, in rame o ceramica;
- apparecchi di ricetrasmisione;
- cavi di collegamento ed accessori.

Modalità esecutive

Le esatte modalità di configurazione in fase di prova saranno in ogni caso preventivamente concordate con la Direzione Lavori, comunque dovranno essere eseguite un minimo di 8 misure per modulo logaritmico.

In caso di acqua di falda affiorante o subaffiorante, se ne preleveranno alcuni campioni per la definizione in sito della conducibilità. Prima di ogni misura dovrà inoltre essere verificato il valore della resistenza di contatto con il terreno per gli elettrodi AB; si verificherà anche l'eventuale dispersione dei cavi, misurata applicando tensione agli stessi a circuito aperto.

Il valore della differenza di potenziale tra gli elettrodi MN prima della prova dovrà essere verificato e dovrà risultare pari a zero.


Documentazione

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- cartografia di base in scala adeguata con ubicazione delle prove eseguite e dei centri di misura, con indicazione degli azimut e della quota dei centri di misura;
- tabulazione dei valori di resistività apparente misurati;
- curve di resistività apparente in grafici bilogaritmici;
- copia di tutti i dati raccolti in campagna;
- relazione riassuntiva con descrizione dettagliata delle attrezzature impiegate, delle modalità operative, dei metodi di interpretazione e comprensiva della resistività elettrica alle diverse profondità e delle unità elettrostratigrafiche evidenziate.

Art 58. Tomografia elettrica

Generalità

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 78 di 108

La tomografia elettrica consiste nella caratterizzazione geoelettrica e dimensionale, con elevato dettaglio, delle strutture presenti lungo sezioni bidimensionali. Può essere quindi utilizzata, con le stesse modalità operative, sia per la risoluzione di problematiche legate al primo sottosuolo (presenza e definizione geometrica di manufatti) che per la definizione di strutture geologiche fino a diverse decine di metri di profondità.

Le misure sono effettuate con strumentazioni automatiche secondo le diverse configurazioni elettrodiche tradizionali (Schlumberger, Wenner, Dipolo-dipolo, ecc). L'innovazione rispetto ai profili di resistività è rappresentata dalla possibilità di effettuare un grande numero di misure in tempi brevi e dalla successiva elaborazione con programmi di inversione bidimensionale. Tale tecnica consente inoltre di operare anche in presenza di terreni morfologicamente irregolari (topografia) previo rilievo delle quote relative tra gli elettrodi; tale informazione sarà poi presa in

considerazione in fase di elaborazione dei dati.

Caratteristiche delle attrezzature

L'attrezzatura d'acquisizione dati dovrà essere costituita da:

- georesistivometro digitale in grado di eseguire, via software, le seguenti operazioni principali:

- misura e memorizzazione della resistenza di contatto degli elettrodi;
- misura, memorizzazione e azzeramento dei potenziali spontanei;
- esecuzione di ripetuti cicli di misura e calcolo della "deviazione standard";
- possibilità di impostare cicli di misura di durata diversa;
- risoluzione delle misure di 30 nV;
- memorizzazione delle misure costituite ognuna dai valori di: resistività, dV, I, dev. Stand. e geometria elettrodi;
- unità di controllo e gestione degli elettrodi (fino a 254);
- cavo multicanale dotato di elettrodi definiti "intelligenti" (smart electrodes) in quanto dotati di una elettronica interna che ne consente l'utilizzo sia come elettrodi di corrente che di potenziale, oppure cavo multicanale con elettrodi comuni in acciaio inox, rame o ottone per gli strumenti con elettronica totalmente interna alla macchina.

La potenza immessa dal trasmettitore dovrà essere commisurata alla profondità massima da raggiungere; Infine la strumentazione dovrà consentire l'impostazione di almeno 4 finestre temporali per la misura della caricabilità (PI).

Modalità esecutive

La tomografia elettrica potrà essere eseguita con una configurazione elettrodica adeguata agli scopi del lavoro (Wenner, dipolo-dipolo, Schlumberger, o altra): in particolare la scelta del dispositivo elettrodico da utilizzare dovrà essere operata da in funzione dell'obiettivo dell'indagine e del contesto di lavoro (ad es. urbano o aperta campagna).

In ogni caso le resistenze di contatto agli elettrodi dovranno essere verificate prima di iniziare le misure e mantenute tra loro omogenee e le più basse possibili.

Dovranno comunque essere utilizzati stendimenti base composti da min. 32 elettrodi equispaziati regolarmente lungo il profilo da indagare, con passo che potrà essere compreso tra 0.5 e 40 metri in funzione del dettaglio e della profondità dell'indagine. E' chiaro che le dimensioni degli elettrodi dovranno variare in funzione delle distanze interelettrodiche in maniera tale da ricadere sempre nella condizione di sorgente puntiforme in relazione all'estensione dello stendimento. In particolare la profondità di indagine prevista sarà calcolata considerando un rapporto di circa 5 a 1 tra lunghezza stendimento e profondità (ad esempio per dispositivi elettrodici tipo Wenner).

Il ricoprimento tra due basi contigue verrà acquisito secondo la modalità del "roll along", ripetuta secondo passo regolare con spostamenti successivi di una porzione (1/3 o 1/4) dello stendimento iniziale.


L'elaborazione dei dati procederà secondo due fasi successive:

- ricostruzione di "pseudosezioni" di resistività / caricabilità, previo filtraggio / pulizia tramite l'utilizzo di software di "contouring";
- calcolo dei valori di resistività reale tramite inversione bidimensionale e sviluppo di un adeguato modello di distribuzione della resistività del sottosuolo mediante software di inversione ad elementi finiti e/o distinti, che dovrà essere in grado di applicare l'eventuale correzione topografica.

Documentazione

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- planimetrie in scala 1:2.000, 1:5.000 con ubicazione di tutte le stazioni e stese elettriche;
- listati di: voltaggio, corrente, deviazione standard e resistività apparente,ensione della batteria di energizzazione, per ogni singola misura;
- pseudosezioni di resistività per ogni base unitaria;

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 79 di 108

- copia dei rapporti giornalieri delle operazioni di campagna;
- risultati dell'inversione e modellizzazione dei dati unitamente al completo data base utilizzato per la valutazione geoelettrica e il calcolo della distribuzione della resistività;
- copia di tutti i dati di campagna e di elaborazione su CD per PC Windows.
- relazione riassuntiva con descrizione dettagliata delle attrezzature impiegate, delle modalità operative e dei metodi di interpretazione.

Art 59. Prospezioni con georadar dalla superficie

Generalità

La metodologia detta Georadar o G.P.R. (Ground Penetrating Radar) è una tipologia di indagine di tipo geofisico indiretta che trova impiego in ambiti ingegneristici, geologici ed archeologici.

Il georadar basa il proprio principio sull'emissione di onde elettromagnetiche. Il sistema è costituito da una trasmittente (antenna), che genera le onde elettromagnetiche immesse nel terreno o in un qualsiasi materiale da investigare, e da un ricevitore.

Quando l'onda emessa, attraversando un mezzo, incontra una discontinuità (che può essere la superficie di separazione di due diversi materiali) parte delle onde continua a penetrare il mezzo e parte viene riflessa. La quantità di energia che viene riflessa dipende dal coefficiente di riflessione e dalle impedenze dei mezzi attraversati.

L'impedenza è funzione della costante dielettrica, della conducibilità e della permittività magnetica, che sono pertanto i parametri che regolano la trasmissione di un'onda elettromagnetica in un qualsiasi mezzo.

Le frequenze delle antenne georadar sono generalmente comprese tra circa 30 MHz e 3 GHz. In linea di principio, ad antenne di alta frequenza si associa un maggior assorbimento del segnale, una minore penetrazione nel materiale ma un maggior dettaglio. Ad antenne con frequenza più bassa si associa una maggiore penetrazione e un minor dettaglio rispetto alle alte frequenze.

Per la ricerca dei sottoservizi di solito si utilizzano frequenze comprese tra 200 a 900 MHz, privilegiando le frequenze di 400-500 MHz che consentono una buona penetrazione ed un discreto dettaglio. Per le analisi su strutture e nel campo delle indagini del cemento armato, si privilegiano le antenne ad alta frequenza, da 900 fino a 1500 MHz.

In particolare per l'esecuzione di singole sezioni di indagine longitudinali e trasversali ai fini della localizzazione e mappatura di sottoservizi esistenti la strumentazione di indagine dovrà essere dotata di array di antenne multifrequenza munite di sensori a media (400 – 600 MHz) e/o bassa (200 – 400 MHz) frequenza secondo le necessita dell'indagine e con unità di registrazione dati. A riguardo della capacità risolutiva, in considerazione delle caratteristiche dello strumento e delle antenne da utilizzare, si indica come capacità risolutiva minima per oggetti, cavità e sottoservizi:

- 10 cm di diametro entro il primo metro di profondità dal p.c.;
- 20 cm di diametro entro i due metri di profondità dal p.c.;
- 40/50 cm di diametro entro i tre metri di profondità dal p.c.;

Caratteristiche delle attrezzature

dovranno avere come dotazione di proprietà almeno le seguenti attrezzature:

- Unità di controllo del Georadar alimentata da batteria
- Antenna collegata all'unità di controllo
- Eventuale collegamento tra computer Notebook e unità di controllo, nel caso in cui questo non faccia parte della stessa unità

Modalità esecutive

Calibrazione dello strumento


Fase di acquisizione

Elaborazione dati

Documentazione

A conclusione dell'indagine dovranno essere forniti:

1) una relazione tecnica contenente una sintesi relativa alla ricerca bibliografica, alla costruzione della cartografia di base, alla strumentazione impiegata, ai punti fede di riferimento ed alla referenziazione delle linee di scansione per la ricerca di servizi; ai risultati relativamente ai sottoservizi ed altre anomalie rilevate nonché relativamente alla classificazione dei servizi rilevati, alla geometria, natura e profondità, mediante il confronto tra informazioni acquisite preliminarmente e le informazioni ottenute dalle prospezioni G.P.R. Dovranno essere

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 80 di 108

inoltre indicate eventuali altre anomalie rilevate con la prospezione G.P.R., con particolare attenzione alla presenza di manufatti e cavità;

2) elaborati grafici consistenti in una planimetria di insieme in scala 1:500 o 1:1000; una planimetria di dettaglio 1:200 di aree significative (da concordare con uff.Progettazione/D.L.); una sezione schematica con scala longitudinale 1:200 e verticale 1:100, che evidenzia l'ubicazione spaziale dei servizi, con traccia, profondità e natura, ove possibile. Per ogni sottoservizio rilevato sarà indicato lo sviluppo planimetrico e altimetrico (profondità dal p.c.), nonché un'indicazione di massima sul diametro e/o dimensione di ingombro del sottoservizio stesso. I dati numerici relativi agli allegati grafici saranno forniti alla stazione appaltante sotto forma di CD ROM o altro supporto da concordare con uff.Progettazione/D.L. Per ogni caposaldo utilizzato dovrà essere fornita una monografia completa di fotografie, coordinate, e descrizione.

Indagine si intende comprensiva di rilievo celerimetrico di dettaglio e quotatura dei relativi sottoservizi visibili dalla superficie e delle sezioni di indagine G.P.R. rispetto a capisaldi locali, con apposizione di capisaldi in numero sufficiente e/o concordato con i tecnici della Committenza.

"La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- rilievo topografico della superficie indagata e degli estremi delle strisciate eseguite;
- planimetria in scala adeguata con ubicazione delle strisciate eseguite;
- radargramma di campagna, elaborato a diverse intensità cromatiche, con le distanze (m) in ascisse e i tempi di ascolto (ns) in ordinate;
- radargramma filtrato e interpretazione in funzione delle costanti dielettriche dei mezzi attraversati, con le distanze (m) in ascisse e le profondità (m) in ordinate;
- relazione riassuntiva con descrizione dettagliata delle attrezzature impiegate, delle modalità operative, dei metodi di interpretazione e dei risultati dell'indagine.

Art 60. Carotaggi geofisici

Generalità

L'esecuzione di carotaggi geofisici in foro di sondaggio permette di definire alcuni specifici parametri fisici fondamentali per la ricostruzione stratigrafica e per la definizione delle caratteristiche fisiche dei litotipi campionati. I carotaggi geofisici consentono, nell'ambito dei pozzi per acqua ad esempio, l'individuazione sia dei livelli potenzialmente produttivi dal punto di vista idrico sia dei livelli impermeabili, che svolgono funzione di separazione delle diverse falde idriche sotterranee.

Caratteristiche delle attrezzature


L'equipaggiamento per l'esecuzione dei logs geofisici appare complesso e molto vario in funzione delle varie tipologie di acquisizione ed in funzione della profondità da raggiungere. La strumentazione base, attualmente, si compone delle seguenti parti: una o più sonde da introdurre nel pozzo, un rullo con sistema di svolgimento/riavvolgimento del cavo (mono o pluricanale) di collegamento con la superficie con motore elettrico ed un PC portatile con software per l'acquisizione, registrazione ed interpretazione del segnale. Le sonde che generalmente vengono utilizzate sono così suddivise:

- –sonda gamma-ray/caliper
- –sonda PS-resistivity
- –sonda resistivity 16"/64"/Lateral
- –sonda temperatura/conducibilità
- –sonda sonic fullwave

Modalità esecutive

I carotaggi geofisici sono solitamente svolti in condizioni di foro scoperto e colmato di fango, la presenza di tubazioni di rivestimento sia metalliche che in P.V.C. preclude l'esecuzione dei carotaggi elettrici convenzionali mentre consente l'esecuzione di rilevazione dell'emissione gamma naturale o indotta. I dati sono acquisiti in formato digitale con sistema di trasmissione dati sonda-superficie con doppio processore combinato con un sistema di modulazione, così da permettere la visualizzazione in continuo delle diagrafie con possibilità di variare sia il passo di campionamento sia la velocità di acquisizione dei dati.

Per la maggior parte dei parametri (resistività, gamma, caliper, sonico e televiewer), l'acquisizione avviene in fase di risalita mentre si è soliti utilizzare la discesa per i parametri relativi alle caratteristiche del fluido presente in foro (temperatura e resistività del fluido). Il passo di campionamento è generalmente di 10-20 cm ma può essere variato in funzione della lunghezza del tratto investigato con i carotaggi (50 cm per carotaggi di 800-

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 81 di 108

1.000 m). La velocità di acquisizione dei dati dipende dal tipo di parametro che si sta misurando e dal tipo di strumentazione. In media la velocità di movimentazione della sonda varia da minimi di 3 m/min (per le sonde sonic fullwave) ad massimi di 7-9 m/ min per tutte le altre sonde. Generalmente le sonde non devono essere provviste di centratori ad esclusione della sonda sonic fullwave che, in condizioni di foro rivestito, richiede una perfetta aderenza alla parete onde evitare la dispersione delle onde.

Elaborazione delle misure

L'elaborazione dei dati avviene mediante software specifici che permettono la visualizzazione e l'interpretazione simultanea dei dati acquisiti. I moderni software di interpretazione forniscono direttamente i valori dei vari parametri acquisiti già corretti in funzione dell'effettivo diametro di perforazione. In linea generale, dai parametri gamma-ray, resistivity 16"/64"/Lateral, PS-resistivity e temperatura/conducibilità, attraverso un'interpretazione qualitativa si ricostruisce la successione stratigrafica attraversata dalla perforazione con un dettaglio corrispondente al passo di campionamento utilizzato nella fase di acquisizione. Attraverso dei sistemi di calcolo sperimentali, utilizzando sempre i medesimi parametri sopra elencati, è peraltro possibile risalire alla stima dei principali parametri idrodinamici dell'acquifero come la percentuale di argilla, la resistività dell'acqua di strato, la porosità di strato e l'indicazione della permeabilità. Dall'elaborazione qualitativa della curva caliper è possibile fare una stima del grado di fratturazione della roccia attraversata dalla perforazione o una stima volumetrica di eventuali scavarnamenti o restringimenti del foro, in caso di fori tubati l'analisi della curva caliper fornisce indicazioni circa la presenza di anomalie e/o lesioni lungo la colonna. Dall'interpretazione dei logs sonici (generalmente con modulo fullwave), è invece possibile risalire al valore della velocità delle onde P, S del materiale attraversato dalla perforazione, consentendo di ricavare informazioni sulla posizione, estensione e grado di fratturazione della roccia, sulla porosità, sulla qualità della cementazione delle pareti dei pozzi e di derivare i parametri elastici delle rocce (coeff. Poisson e modulo di Young).

Documentazione


Il Rapporto finale prevede la descrizione complessiva delle operazioni svolte, la definizione delle caratteristiche generali della strumentazione utilizzata (specifiche tecniche, range operativi ed incertezza delle misure) ed i risultati dell'interpretazione qualitativa e quantitativa dei dati acquisiti. Generalmente al rapporto è allegato un'elaborato grafico contenente le diagrafie dei vari parametri acquisiti affiancate, talvolta, dalla colonna stratigrafica interpretativa e, in caso di pozzi per acqua dallo schema di tubaggio. Unitamente al rapporto è fornito il tabulato delle misure effettuate con il relativo passo di campionamento.

Art 61. Montaggio in opera dei manufatti

Quando non meglio indicato nell'elenco delle voci o in singole specifiche, il fissaggio delle strutture e manufatti forniti dovrà essere eseguito con le modalità che rispondano alle migliori regole della tecnica e comunque secondo le prescrizioni della Direzione Lavori.

Ove è previsto il fissaggio con malta di cemento, dovranno essere impiegati i prodotti più adatti all'uso specifico (*cementi a presa rapida, modificati con aggiunta di polimeri, malte speciali pronte ecc.*) senza alcun compenso aggiuntivo sui prezzi unitari.

Per il fissaggio con bullonerie e tasselli a espansione verranno di regola utilizzati prodotti inossidabili, di forma, resistenza e dimensioni adeguate. Se necessario dovranno essere impiegati tasselli chimici o fissaggi anche con resine speciali senza alcun compenso aggiuntivo ai prezzi unitari.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 82 di 108

TITOLO VII. ESECUZIONE DI PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO - SPECIFICHE TECNICHE

Art 62. Aspetti generali delle prove geotecniche di laboratorio

Le prove di laboratorio saranno eseguite sui campioni generalmente estratti durante sondaggi geognostici, per ricavare un valore puntuale e preciso di parametri rappresentativi dello stato fisico e del comportamento geomeccanico del terreno.

La Committenza e la Direzione Lavori potranno richiedere di eseguire prove di laboratorio su campioni provenienti da qualunque cantiere di INGEGNERIE TOSCANI srl ed anche su campioni prelevati da ditte diverse dalla Ditta Appaltatrice.

La Committenza e la Direzione Lavori potranno altresì disporre l'esecuzione di prove di laboratorio geotecniche e geomeccaniche anche ad imprese diverse dalla Ditta Appaltatrice senza che l'Appaltatore possa trarne argomento e ragione per vantare diritti o chiedere compensi ed indennizzi di qualsiasi specie.

Le prove di laboratorio si possono suddividere in tre categorie in base alle finalità:

- le prove di classificazione per l'identificazione dei geomateriali analizzati;
- le prove edometriche per la definizione della storia e dello stato tensionale del deposito;
- le prove triassiali e di taglio diretto per la determinazione dei parametri di resistenza e della resistenza di taglio non drenata.

Tutte le specifiche e le modalità esecutive delle prove di laboratorio, non espressamente richiamate e definite all'interno del Capitolato Speciale d'appalto, dovranno comunque essere eseguite nel rispetto della normativa e delle raccomandazioni geotecniche in modo che in ogni caso sia rispettata la regola dell'arte.

Requisiti generali del laboratorio

L'attività del laboratorio di prova dovrà essere condotta in accordo alla norma UNI-CEI-EN 45001 – Criteri generali per il funzionamento di laboratori di prova.

Il laboratorio di prova dovrà essere competente per l'esecuzione delle prove in programma; il personale tecnico sarà in numero sufficiente, avrà adeguata formazione ed aggiornamento documentabili e farà capo ad un responsabile di laboratorio.

Locali di prova

L'ambiente in cui le prove vengono eseguite non deve in alcun modo invalidarne i risultati né influenzare le misure: i locali di prova dovranno essere opportunamente protetti da condizioni anomale quali temperatura, polveri, umidità, vapori, vibrazioni, disturbi o interferenze elettromagnetiche; dovranno inoltre essere sufficientemente spaziosi e dotati di apparecchiature e sorgenti di alimentazione adeguate.

Per quanto riguarda ambienti particolari quali camera umida di conservazione o zona di preparazione provini e assemblaggio delle prove, i locali dovranno essere dotati di strumentazione di controllo e condizionamento ambientale.

L'accesso alle zone di prova dovrà essere controllato e regolato da procedure.


Apparecchiature di prova

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

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

Per le apparecchiature di prova principali dovrà essere disponibile un sistema di registrazione in cui sia riportato:

- il nome dell'apparecchiatura;
- il nome del fabbricante, l'identificazione del tipo ed il numero di serie;
- la data di acquisizione e la data di messa in servizio;
- lo stato al momento del ricevimento;
- le operazioni di manutenzione eseguite;
- i danni subiti e le riparazioni eseguite;
- copia del certificato di taratura di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 83 di 108

Una copia delle schede di registrazione delle apparecchiature da utilizzare nell'ambito della Commessa dovrà essere consegnata a richiesta alla Direzione dei lavori prima dell'inizio dell'attività di prova. Gli strumenti di misura e le apparecchiature di prova dovranno essere sottoposte a taratura secondo un programma temporale adeguato al carico di lavoro del laboratorio, e comunque ad intervalli non superiori ai sei mesi. La taratura degli strumenti di misura e di prova dovrà essere effettuata in modo da garantire la riferibilità delle misure effettuate alla catena metrologica internazionale. Copia dei certificati di taratura delle apparecchiature e degli strumenti di misura utilizzati per l'esecuzione delle prove, di data non anteriore di sei mesi la data di prova, dovrà accompagnare il rapporto di prova emesso dal laboratorio a conclusione dell'incarico.

Art 63. Identificazione dei campioni

Sarà necessario presentare alla direzione dei lavori l'elenco delle procedure e delle verifiche eseguite dal laboratorio per l'identificazione dei campioni e delle parti di campioni da sottoporre a prova. Al momento del ricevimento dei campioni si dovrà controllare la corrispondenza con le distinte o le stratigrafie di accompagnamento, segnalando immediatamente qualsiasi difformità alla direzione dei lavori.

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

Prima dell'inizio delle attività di laboratorio dovrà essere redatta e trasmessa alla direzione dei lavori una scheda contenente:

- la località di prelievo;
- il numero del sondaggio o del pozzetto esplorativo;
- la profondità di prelievo;
- il codice adottato nel corso del campionamento;
- il codice identificativo del campione o del provino adottato in laboratorio;
- il programma di prove indicato dalla società;
- il programma temporale di attuazione.

Art 64. Conservazione dei campioni

I campioni consegnati al laboratorio dovranno essere conservati in modo da non alterarne le caratteristiche naturali. All'atto della consegna si verificheranno le condizioni di sigillatura dei campioni e si segnaleranno tempestivamente alla direzione dei lavori eventuali danni alle fustelle che potrebbero aver alterato le condizioni originarie dei campioni (ovalizzazioni, deformazioni anomale, etc.).

I campioni dovranno essere conservati in cella umidificata a temperatura ed umidità controllata in modo da garantire il mantenimento dei seguenti parametri ambientali:


- temperatura : $20^{\circ} \pm 2^{\circ}$
- umidità relativa > 95%

Al termine delle attività di prova, i campioni residui non sottoposti a prova dovranno essere conservati in ambiente ad atmosfera controllata e potranno essere avviati a discarica, unitamente ai campioni ed ai provini sottoposti a prova, idoneamente conservati, solo previa autorizzazione scritta della Direzione dei lavori o, salvo diverse indicazioni, dopo 1 anno dalla consegna del rapporto di fine dei lavori.

In tutte le fasi dell'attività di laboratorio, i campioni e le relative porzioni da sottoporre a prova dovranno essere trattati e manipolati in modo di minimizzare il disturbo ad essi arrecato e di alterarne il meno possibile le caratteristiche e le proprietà naturali che devono essere determinate o investigate.

In particolare si dovrà avere la massima cura per evitare di:

- alterare significativamente il contenuto d'acqua;
- modificare la struttura del terreno;
- applicare sollecitazioni tali da alterare lo stato tensionale residuo;
- modificare la composizione granulometrica del terreno.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 84 di 108

Risulta di conseguenza necessario che le operazioni di apertura, descrizione, selezione dei materiali e preparazione dei provini siano effettuati in ambienti con temperatura intorno ai 20° ed umidità non inferiore al 75%, meglio se ad atmosfera controllata; in ogni caso le condizioni ambientali della zona di preparazione dei provini devono essere tali da assicurare variazioni del contenuto d'acqua non superiori all'1 %.

In linea di principio, l'inizio delle analisi o prove programmate dovrà immediatamente seguire l'apertura dei campioni; nel caso in cui l'inizio delle attività di prova debba essere necessariamente procrastinato, i provini già confezionati, opportunamente siglati e sigillati, dovranno essere conservati nel locale ad atmosfera controllata utilizzato per la conservazione dei campioni. Durante le fasi di montaggio e di avvio delle prove dovrà essere garantito il mantenimento delle condizioni originarie dei campioni, segnalando le eventuali variazioni connesse alle procedure di prova ed evitando ogni tipo di modificazione incontrollata.

Art 65. Modifiche al programma di prove

Le prove di laboratorio dovranno essere eseguite secondo il programma contenuto nel progetto delle indagini e nelle eventuali indicazioni integrative fornite dalla direzione dei lavori. Se tuttavia in fase di apertura dei campioni si dovessero riscontrare incongruenze tra il tipo di materiale campionato e le prove indicate in programma o qualora la qualità del campione rendesse poco attendibili i risultati delle prove previste (eccessivo rammollimento, essiccazione, deformazione evidente), il laboratorio interromperà il programma di prova e comunicherà immediatamente per scritto alla direzione dei lavori gli inconvenienti riscontrati in modo da adeguare il programma di prove alla effettiva qualità e tipologia dei campioni disponibili.

A tale proposito il laboratorio dovrà comunicare anticipatamente al Direttore dei lavori il programma temporale delle attività, in modo che gli sia possibile presenziare all'apertura dei campioni, al fine di concordare eventuali modifiche al programma di prove.

In nessun caso il laboratorio potrà proseguire nel programma di prove o modificare il programma di prove senza la preventiva autorizzazione della Direzione dei lavori.

Art 66. Rapporti con la direzione dei lavori

Il Responsabile del Laboratorio manterrà i contatti con la Direzione dei lavori. Dovrà inoltre comunicare qualsiasi problema o inconveniente che dovesse insorgere durante l'effettuazione delle prove in programma e si farà carico di trasmettere settimanalmente un rapporto comprendente lo stato di avanzamento dell'attività di laboratorio, ogni variazione rispetto al programma temporale trasmesso inizialmente ed i risultati delle prove già eseguite, anche in bozza. In tutta la corrispondenza si dovrà fare riferimento allo schema adottato per la scheda sinottica inizialmente trasmessa alla direzione dei lavori.

In caso di controversie o di perplessità relative alle modalità operative del laboratorio, la direzione dei lavori si riserva la facoltà di richiedere l'esame di alcuni campioni o l'esecuzione di alcune prove di controllo e verifica da effettuarsi presso un laboratorio di sua fiducia.


Art 67. Normative di riferimento

Le prove saranno eseguite, salvo diversa indicazione, in accordo agli standard di prova indicati. L'eventuale esecuzione delle prove secondo standard o normative alternative a quelle indicate nelle presenti norme tecniche dovrà in ogni caso essere preventivamente autorizzato dalla direzione dei lavori. In ogni caso la normativa di riferimento seguita per l'esecuzione delle prove dovrà essere indicata nel rapporto di prova.

Art 68. Documentazione da fornire

Alla consegna dei certificati di prova dovrà essere fornita anche una sintesi che riporterà i risultati principali ottenuti dalle singole prove. Tale sintesi, espressa in un quadro riepilogativo generale, dovrà contenere:

- la sigla identificativa del campione e la profondità di prelievo;
- le percentuali delle diverse frazioni granulometriche;
- i valori dei limiti di consistenza e dell'indice di plasticità;

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 85 di 108

- le classificazioni AGI, USCS e CNR-UNI 10006;
- il contenuto d'acqua e il peso di volume naturale;
- i valori ottenuti dalle prove di taglio diretto e dalle prove triassiali;
- i valori di modulo edometrico, permeabilità, coefficiente di consolidazione verticale e coefficiente di consolidazione secondaria per una determinata pressione di riferimento.

Il rapporto finale di ciascuna prova dovrà comprendere almeno le seguenti informazioni:

- il nome e l'indirizzo del laboratorio di prova;
- l'identificazione univoca del rapporto di prova, di ciascuna sua pagina e del numero totale delle pagine;
- il nome ed indirizzo del committente;
- l'identificazione dei campioni;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di prova;
- lo standard di riferimento seguito per l'esecuzione delle prove;
- tutte le misure, gli esami e i loro risultati, corredati di tabelle, grafici, disegni e fotografie e tutte le anomalie individuate;
- la firma del responsabile del rapporto di prova e la data di emissione.

I risultati di tutti i calcoli e le determinazioni eseguite dovranno essere espressi in opportune unità SI, con relative multipli o sottomultipli.

Art 69. Determinazione delle caratteristiche fisiche

Descrizione del campione e di tutte le caratteristiche fisiche con informazioni sul tipo di campionatore e sulle condizioni del campione. Nel caso di campioni indisturbati saranno allegate foto con colorimetro dopo averlo scortecciato e misure con torvane o pocket penetrometer.

Apertura e descrizione geotecnica di campioni indisturbati

L'estrusione dalle fustelle o cassette di alloggiamento dovrà avvenire in modo da minimizzare il disturbo arrecato al campione tramite l'utilizzo di un estrusore idraulico.


L'estrusione del campione dovrà avvenire con lentezza e continuità, evitando l'applicazione di sforzi eccessivi o l'esecuzione di brusche manovre.

Dopo l'estrusione il campione sarà sottoposto a scorticatura e ripulitura delle estremità e si procederà alla descrizione geotecnica visivo-manuale del materiale, indicando natura, colore, strutture, inclusioni, frammenti di conchiglie, resti organici, eventuale odore ed ogni altro elemento ritenuto significativo. La descrizione geotecnica visivo-manuale dovrà essere condotta in accordo allo standard ASTM D2488-93 (Standard Practice for Description and Identification of Soils - Visual-Manual Procedure). Si effettuerà quindi una ripresa fotografica a colori del campione, avendo cura che l'immagine risulti nitida e chiaramente leggibile; la foto comprenderà anche una scala colorimetrica e una scala metrica di riferimento e riporterà la completa identificazione del campione e del suo alto.

Successivamente si procederà, ove possibile, all'esecuzione di prove speditive con penetrometro e scissometro tascabile ad intervalli regolari, per la determinazione dello stato di consistenza del materiale campionato. Da ultimo si procederà alla selezione delle porzioni del campione da sottoporre a prova, avendo particolare cura di escludere, dal confezionamento dei provini da sottoporre a prova, le porzioni disturbate per rammollimento o deformazione eccessiva, e di scegliere porzioni omogenee del campione per l'esecuzione di prove che richiedano la preparazione di una serie di provini. Nella scelta delle porzioni di campione da sottoporre a prova assume particolare rilevanza la valutazione dello stato di qualità del campione che dovrà in ogni caso essere indicata. Al termine dell'esame sarà redatto un apposito modulo contenente tutte le osservazioni e le misure condotte, l'indicazione delle prove da eseguire e dei relativi provini, le indicazioni sullo stato di qualità del campione e della fustella, le dimensioni della fustella e del campione estruso. Il modulo sarà corredato dalla documentazione fotografica del campione.

Apertura e descrizione geotecnica di campioni rimaneggiati

L'estrazione di un campione rimaneggiato dal contenitore di alloggiamento (sacchetto, barattolo, vasetto, etc.) sarà seguita dalla descrizione geotecnica visivo-manuale del materiale, condotta in accordo allo standard ASTM D2488-93 (Standard Practice for Description and Identification of Soils – Visual-Manual Procedure). Il materiale campionato sarà sottoposto a ripresa fotografica a colori, avendo cura che l'immagine risulti nitida e chiaramente leggibile; la foto comprenderà anche una scala colorimetrica e una scala metrica di riferimento e riporterà la completa identificazione del campione.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 86 di 108

Al termine delle operazioni, si procederà alla redazione di un modulo contenente la descrizione geotecnica del campione, l'indicazione delle prove da eseguire e l'eventuale documentazione fotografica.

Determinazione del contenuto naturale d'acqua

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

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 2216 – 92 – Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock

Modalità di prova

La determinazione del contenuto naturale d'acqua, ottenuto per differenza tra peso del campione umido e peso del campione essiccato in forno termostato a 105° ed espresso in percentuale rispetto al peso del campione essiccato, dovrà essere effettuata su campioni o porzioni di campioni che non abbiano subito significative variazioni di umidità (rammolliti o essiccati), rispetto alle condizioni naturali.

Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- valore percentuale del contenuto d'acqua espresso alla prima cifra decimale;
- documentazione delle pesate eseguite;
- note sulla eventuale disomogeneità del campione ed indicazione della porzione a cui si riferisce la determinazione;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, termostato), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

Art 70. Determinazione della massa volumica apparente (peso di volume naturale)

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

Normative e specifiche di riferimento:

BS 1377 (1990) – Methods of test for soils for civil engineering purposes – Part 2: Classification tests.

Modalità di prova

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

Per il confezionamento dei provini dovrà di norma essere impiegato un apposito tornietto da laboratorio, al fine di minimizzare il disturbo al campione; l'uso del tornietto potrà essere evitato per terreni a bassa consistenza, per i quali è possibile l'infissione a pressione di una fustella tarata mediante l'impiego di un idoneo campionatore. In nessun caso la fustella sarà infissa manualmente nel terreno da campionare.

Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- risultato della determinazione espresso in unità SI con definizione della seconda cifra decimale;
- documentazione delle pesate eseguite e delle dimensioni dei provini;
- note sulla eventuale disomogeneità del campione ed indicazione della porzione a cui si riferisce la determinazione;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia), non anteriore di sei mesi alla data di prova.


Art 71. Determinazione dei limiti di consistenza

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

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 4318 – 84 – Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

Modalità di prova

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 87 di 108

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

Le tolleranze dimensionali da rispettare sono le seguenti:

- altezza di caduta: 10 ± 0.2 mm;
- profondità del solco di usura sulla cucchiara: < 0.1 mm;
- larghezza della punta del solcatore: 2 ± 0.1 mm;
- profondità della punta del solcatore: 8 ± 0.1 mm;
- diametro dell'impronta di impatto sulla base < 10 mm.

Per la determinazione del limite di liquidità si impiegherà di norma il metodo multipunto, con almeno tre punti di prova. Solo nel caso di quantità insufficienti di materiale si potrà adottare il metodo a punto singolo, con esecuzione di almeno due determinazioni, e previo preventivo assenso della direzione dei lavori.

Per quanto concerne il limite di plasticità, qualora il materiale non risultasse lavorabile, si riporterà come risultato l'indicazione "Non Plastico" .

Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- risultato delle determinazioni espresse come valori percentuali con indicazione della prima cifra decimale;
- documentazione delle pesate eseguite;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, termostato), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

Determinazione del limite di ritiro

La prova consiste nella determinazione del quantitativo d'acqua necessario per saturare un campione di terreno coesivo precedentemente essiccato in forno.

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 427 – 93 – Test Method for Shrinkage Factors of Soils by the Mercury Method

Tenuto conto della tossicità del mercurio utilizzato nel metodo è consentito l'uso dello standard alternativo ASTM D 4943 – 95.

Modalità di prova

La determinazione del limite di ritiro dovrà essere condotta effettuando almeno due misure del contenuto d'acqua a volume costante su provini omogenei.

Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- risultato espresso come valore percentuale con indicazione della prima cifra decimale, calcolato come media delle due determinazioni effettuate;
- documentazione delle pesate eseguite;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, termostato), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

Art 72. Analisi granulometrica per vagliatura

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

Normative e specifiche di riferimento:


ASTM D 422 – 63 (90) – Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils;

ASTM D 421 – 85 (93) – Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soils Constants

Modalità di prova

L'analisi granulometrica per vagliatura si eseguirà in ogni caso per via umida, impiegando setacci e vagli della serie ASTM di diametro non inferiore ai 300 mm, scelti tra i seguenti termini in funzione della dimensione massima dei granuli: n° 200, n° 100, n° 60, n° 40, n° 20, n° 10, n° 4, 3/8", 3/4", 1", 1.5", 2" e 3". E' ammesso l'uso di serie di setacci equivalenti a quella sopra indicata.

Prima dell'esecuzione dell'analisi granulometrica si dovrà procedere ad un controllo dell'integrità dei setacci, sostituendo immediatamente i setacci lesionati.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 88 di 108

Il campione da sottoporre ad analisi, una volta essiccato e pesato, verrà immerso in acqua fino al completo distacco della frazione fine dai granuli e la completa disgregazione dei grumi, favorendo l'operazione mediante agitazione meccanica. Successivamente, evitando qualsiasi perdita di materiale, si procederà alle operazioni di setacciatura favorendo il passaggio del materiale con getti d'acqua e con l'azione meccanica di un pennello molto morbido, avendo cura di non forzare il materiale tra le maglie dei setacci; l'operazione di lavaggio potrà essere conclusa solo quando l'acqua che fuoriesce dall'ultimo setaccio sia perfettamente limpida.

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

Il materiale analizzato dovrà essere classificato in accordo alle raccomandazioni A.G.I. (1977) e, qualora sia stata eseguita anche la determinazione dei limiti di consistenza, anche in accordo allo Standard ASTM D 2487-93 – Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) e alla Classificazione delle terre CNR-UNI 10006.

Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- diametro massimo del campione analizzato;
- quantità di materiale analizzato;
- tabella con indicazione della percentuale di materiale trattenuto a ciascun setaccio;
- diagramma semilogaritmico % di trattenuto – diametro;
- classificazione granulometrica del materiale analizzato;
- documentazione delle pesate eseguite;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, termostato), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

Determinazione del passante o trattenuto ad un singolo vaglio

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 1140 - 92 - Standard Test Method for Amount of Material in Soils Finer Than the No. 200 (75-µm) Sieve;

ASTM D 422 - 63 (90) - Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils;

ASTM D 421 - 85 (93) - Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soils Constants.

Modalità di prova

Il quantitativo minimo di materiale da sottoporre ad analisi dovrà essere stabilito in funzione delle dimensioni massime dei granuli costituenti il campione in esame, in analogia a quanto indicato in Tab. 23 e a quanto riportato nelle specifiche di riferimento.

Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:


- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- diametro massimo del campione analizzato;
- quantità di materiale analizzato;
- percentuale di materiale trattenuto o passante al setaccio impiegato, espresso con la prima cifra decimale, riferita alla massa complessiva del materiale analizzato;
- documentazione delle pesate eseguite;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, termostato), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

Art 73. Analisi granulometrica per sedimentazione

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

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 422 – 63 (90) – Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils;

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 89 di 108

ASTM D 421 – 85 (93) – Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soils Constants.

Modalità di prova

L'analisi granulometrica per sedimentazione dovrà essere condotta effettuando letture della densità e della temperatura di una sospensione, preparata con 50 gr di materiale passante al setaccio ASTM n° 200, 125 ml di soluzione disperdente (esametafosfato di sodio in soluzione pari a 40g/L, confezionata non più di 30 gg prima della data di impiego) e acqua distillata fino ad ottenere un volume pari a 1000 ml, dopo 1', 2', 4', 8', 15', 30', 60', 120', 240', 480' e 1440' dal termine dell'agitazione preliminare; si precisa che l'analisi potrà considerarsi conclusa solo quando la densità della sospensione risulta prossima a quella dell'acqua pura (circa 48 ore per i terreni francamente argillosi). Le letture di densità dovranno essere effettuate con densimetro calibrato di tipo ASTM 151H o 152H.

Per tutta la durata dell'analisi si avrà cura di evitare qualsiasi vibrazione ai cilindri di prova ed eccessive variazioni di temperatura; a tale scopo potrà convenientemente impiegarsi una vasca termostata a 20°. Il materiale analizzato dovrà essere classificato in accordo alle raccomandazioni A.G.I. (1977) e, qualora sia stata eseguita anche la determinazione dei limiti di consistenza, anche in accordo allo Standard ASTM D 2487-93 – Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) e alla Classificazione delle terre CNR-UNI 10006.

Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- quantità di materiale analizzato;
- data di preparazione della soluzione disperdente;
- tabella con indicazione della percentuale di materiale trattenuto in corrispondenza di ciascun diametro;
- diagramma semilogaritmico % - diametro;
- classificazione granulometrica del materiale analizzato;
- documentazione delle letture di densità e temperature eseguite;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, termostato, termometro), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

Art 74. Determinazione della massa volumica reale (peso specifico dei grani)

La prova consiste nella determinazione del rapporto tra la massa della frazione solida di un terreno ed il suo volume.

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 854 – 92 – Standard Test Method for Specific Gravity of Soils.

Modalità di prova

Il peso specifico dei grani dovrà essere ottenuto come valore medio di due determinazioni eseguite col metodo del picnometro calibrato su materiale omogeneo. Per l'eliminazione dell'aria intrappolata si dovrà impiegare una pompa per vuoto con pressione non superiore a 100 mm Hg.

Documentazione


La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- quantità di materiale analizzato;
- risultato delle due determinazioni eseguite espresso in Mg/m³ con indicazione di tre cifre decimali;
- valore medio del peso specifico dei grani;
- documentazione delle misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, manometro, termometro), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

Determinazione del contenuto in sostanze organiche

La prova consiste nella determinazione del contenuto di sostanze organiche di un campione di terreno. Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 2974 – 87 (95) – Standard Test Methods for Moisture, Ash, and Organic Matter of Peat and Other Organic Soils.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 90 di 108

Modalità di prova

La determinazione del quantitativo di sostanze organiche si eseguirà attraverso l'incenerimento in forno a muffola alla temperatura di 440°C di due provini precedentemente essiccati in forno alla temperatura di 105°C. La percentuale di sostanza organica dovrà essere riferita alla massa essiccata del campione.

Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- quantità di materiale analizzato;
- contenuto in sostanza organica, espresso in percentuale, con indicazione della prima cifra decimale ed ottenuto come media di due determinazioni su materiale omogeneo;
- documentazione delle misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, termostato), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

Determinazione del tenore in carbonati

La prova consiste nella determinazione del quantitativo di carbonato di calcio presente in un campione di terreno. Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 4373 – 84 (90) – Standard Test Method for Calcium Carbonate Content of Soils.

Modalità di prova

La determinazione del tenore in carbonati sarà effettuata come media di due determinazioni, misurando la pressione sviluppata in un cilindro a tenuta stagna (calcimetro) dalla reazione di 1g di terreno polverizzato con 20 ml di acido cloridrico in soluzione 1N.

Prima della determinazione del tenore in carbonati del terreno in esame si dovrà procedere alla calibrazione del calcimetro attraverso la determinazione della pressione corrispondente a quantitativi di carbonato di calcio puro pari a 0.2 g, 0.4 g, 0.6 g, 0.8 g e 1.0 g, ottenute come media di due determinazioni e riportate in una curva di calibrazione.

Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- quantità di materiale analizzato;
- tenore in carbonati, espresso in percentuale, con indicazione della prima cifra decimale e ottenuto come media di due determinazioni su materiale omogeneo;
- documentazione delle misure effettuate;
- curva di calibrazione del calcimetro impiegato;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, manometro) di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

Art 75. Prove edometriche

La prova edometrica consiste nella determinazione dell'entità e della velocità della consolidazione di terreni coesivi soggetti ad incrementi 90ensionali. La prova può essere condotta ad incrementi di carico controllati (prova IL) o a velocità di deformazione controllata (prova CRS).

Nel corso della prova edometrica, oltre ai parametri normalmente calcolati, è possibile eseguire determinazioni dirette di permeabilità.


Prova edometrica a incrementi di carico controllati

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 2435 – 90 – Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils.

Modalità di prova

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

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 91 di 108

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

Successivamente si posizionerà la cella edometrica sul telaio di carico, applicando una pressione di serraggio pari a 5 kPa controllando le variazioni di altezza del provino e regolando la pressione iniziale per evitare rigonfiamenti o eccessive consolidazioni del provino. Al fine di evitare rigonfiamenti del terreno in prova, si procederà all'inserimento dell'acqua nella cella edometrica, solo dopo aver raggiunto un carico verticale pari alla tensione geostatica esistente in situ.

La prova sarà condotta applicando la seguente successione di carico: 12 kPa, 25 kPa, 50 kPa, 100 kPa, 200 kPa, 400 kPa, 800 kPa, 1600 kPa, 3200 kPa. Per ciascun gradino di carico si procederà alla registrazione delle deformazioni secondo uno schema temporale in successione geometrica, mantenendo il carico almeno per un tempo sufficiente all'individuazione del tempo di fine consolidazione (t_{100}); qualora il diagramma non consentisse una chiara individuazione del t_{100} , il gradino di carico dovrà essere mantenuto per almeno 24 h.

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

In seguito si eseguirà la fase di scarico finale con esecuzione di almeno 3 gradini di scarico. Durante l'esecuzione del ciclo di carico, si eseguirà inoltre un ciclo di scarico-ricarico a partire dalla tensione geostatica σ'_v0 esistente in situ comprendente tre gradini di scarico e tre di ricarica. Ove richiesto, si procederà anche alla determinazione dei valori del coefficiente di consolidazione verticale c_v , del coefficiente di permeabilità k e del coefficiente di consolidazione secondaria c_{α} , in corrispondenza di livelli di carico indicati dalla direzione dei lavori

Documentazione


La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- dimensioni iniziali e finali del provino;
- contenuto d'acqua iniziale e finale del provino;
- indice dei vuoti iniziale e finale del provino;
- peso di volume iniziale e finale del provino;
- grado di saturazione iniziale e finale del provino;
- tabella riassuntiva riportante i valori di deformazione verticale percentuale e di indice dei vuoti per ciascun livello di carico ed i valori del modulo edometrico nei tratti di carico;
- tabella con i valori di c_v , k e c_{α} ove richiesto;
- diagramma indice dei vuoti - logaritmo del carico verticale efficace ($e - \log \sigma'_v$) costruito sulla base dei cedimenti corrispondenti ai t_{100} di fine consolidazione;
- diagramma logaritmo del carico - logaritmo del modulo edometrico;
- tabelle cedimento - tempo per ciascun gradino di carico o scarico;
- diagramma cedimento - logaritmo del tempo per tutti i gradini di carico;
- documentazione delle misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, comparatori o trasduttori di spostamento lineari, eventuali trasduttori di carico), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

Misura della permeabilità per via diretta in edometro

La determinazione del coefficiente di permeabilità verticale k potrà essere eseguita per via diretta a carico idraulico variabile in edometro nel corso di una prova edometrica o ad un particolare livello di carico utilizzando un'attrezzatura edometrica fornita di apposita buretta graduata per l'applicazione di un carico idraulico al provino; nel corso dell'assemblaggio della cella si dovrà porre particolare attenzione alla completa disaerazione e saturazione di tutti i circuiti idraulici, evitando in particolare di intrappolare aria tra provino, filtri in carta e pietre porose. E' opportuno che il flusso idraulico avvenga dal basso verso l'alto al fine di consentire una migliore saturazione del provino. Prima della misura della permeabilità si dovrà controllare che il processo di consolidazione conseguente l'applicazione del carico verticale sia esaurito, al fine di evitare che il gradiente idraulico generato dal processo di consolidazione interferisca con il flusso idraulico impiegato per la prova, alterando i valori di permeabilità misurati.

Le misure di permeabilità dovranno essere protratte sino alla completa stabilizzazione del valore del coefficiente k .

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 92 di 108

Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- dimensioni iniziali e finali del provino;
- contenuto d'acqua iniziale e finale del provino;
- indice dei vuoti iniziale e finale del provino;
- peso di volume iniziale e finale del provino;
- grado di saturazione iniziale e finale del provino;
- valore del carico idraulico iniziale applicato al provino;
- sezione della buretta di prova;
- tabella riassuntiva riportante i valori misurati di deformazione verticale, di carico idraulico ed i relativi tempi;
- tabella riassuntiva con i valori calcolati di permeabilità calcolati;
- documentazione delle misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, comparatori o trasduttori di spostamento lineari), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

Art 76. Determinazione del rigonfiamento libero

La prova consiste nella determinazione dell'entità del rigonfiamento libero di un terreno conseguente a rilascio 92ensionale ed assorbimento d'acqua. Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 4546 – 90 – Standard Test Methods for One-Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils – Method A.

Modalità di prova


La determinazione avverrà su provini cilindrici di diametro non inferiore a 50 mm e rapporto diametro/altezza non inferiore a 2.5, preparati con apposito tornietto campionatore a partire da campioni indisturbati; per materiali poco consistenti si potrà infiggere l'anello portacampione a pressione direttamente nel campione da analizzare; in nessun caso sarà possibile infiggere a mano l'anello portacampione. L'altezza dei provini dovrà in ogni caso essere maggiore di 10 volte il diametro massimo delle particelle costituenti il materiale in prova. La preparazione del provino dovrà avvenire in ambiente ad umidità controllata, in modo da evitare qualsiasi variazione al contenuto d'acqua iniziale. Per l'esecuzione della prova si potrà impiegare la normale attrezzatura edometrica. Nella preparazione della cella edometrica si impiegheranno pietre porose e filtri in carta non saturati, al fine di evitare prematuri rigonfiamenti del provino.

La prova sarà condotta, previo raggiungimento a secco di un carico verticale pari alla tensione geostatica efficace esistente in situ o a qualunque altro valore comunicato dalla direzione dei lavori; successivamente si scaricherà completamente il provino, ad eccezione di un carico di serraggio pari a 5 kPa e si inonderà il provino con acqua, registrando le conseguenti variazioni di altezza in funzione del tempo. Il valore della deformazione di rigonfiamento sarà individuato dall'intersezione della retta di rigonfiamento primario con la retta di rigonfiamento secondario.

Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- dimensioni iniziali e finali del provino;
- contenuto d'acqua iniziale e finale del provino;
- indice dei vuoti iniziale e finale del provino;
- peso di volume iniziale e finale del provino;
- grado di saturazione iniziale e finale del provino;
- valore del carico massimo applicato al provino;
- tabella riassuntiva riportante i valori misurati di deformazione verticale ed i relativi tempi;
- diagramma deformazione verticale – logaritmo del tempo;
- diagramma indice dei vuoti – logaritmo del tempo;
- valore del rigonfiamento libero, espresso in percentuale rispetto all'altezza del provino corrispondente al carico verticale iniziale applicato;
- documentazione delle misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, comparatori o trasduttori di spostamento lineari), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 93 di 108

Determinazione della pressione di rigonfiamento

La prova consiste nella determinazione della pressione di rigonfiamento di un terreno conseguente ad assorbimento d'acqua. Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 4546 – 90 – Standard Test Methods for One-Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils – Method C.

Modalità di prova

La determinazione della pressione di rigonfiamento avverrà su provini cilindrici di diametro non inferiore a 50 mm e rapporto diametro/altezza non inferiore a 2.5, preparati con apposito tornietto campionario a partire da campioni indisturbati; per materiali poco consistenti si potrà infiggere l'anello portacampione a pressione direttamente nel campione da analizzare; in nessun caso sarà possibile infiggere a mano l'anello portacampione. L'altezza dei provini dovrà in ogni caso essere maggiore di 10 volte il diametro massimo delle particelle costituenti il materiale in prova. La preparazione del provino dovrà avvenire in ambiente ad umidità controllata, in modo da evitare qualsiasi variazione al contenuto d'acqua iniziale. Per l'esecuzione della prova si potrà impiegare la normale attrezzatura edometrica. Nella preparazione della cella edometrica si impiegheranno pietre porose e filtri in carta non saturati, al fine di evitare prematuri rigonfiamenti del provino. La prova sarà condotta previo raggiungimento a secco di un carico verticale pari alla tensione geostatica efficace esistente in situ o a qualunque altro valore comunicato dalla direzione dei lavori; successivamente si scaricherà completamente il provino, ad eccezione di un carico di serraggio pari a 5 kPa o di qualunque altro valore indicato dalla direzione dei lavori, si inonderà il provino con acqua e si incrementerà il carico verticale attraverso successivi incrementi di 5 kPa, impedendo qualsiasi rigonfiamento del provino. In questa fase le deformazioni del provino non dovranno superare 0.01 mm. Quando il provino cominci a manifestare apprezzabili cedimenti di consolidazione, si procederà ad incrementare ulteriormente il carico in incrementi di 5 kPa, fino ad ottenere almeno tre punti allineati dopo la massima curvatura.

Il valore della pressione di rigonfiamento sarà individuato, sul diagramma della deformazione o indice dei vuoti – logaritmo del carico verticale efficace, dall'intersezione tra il prolungamento del tratto rettilineo individuato dopo la massima curvatura del diagramma e la bisettrice dell'angolo formato dalla tangente e dalla retta orizzontale passanti per il punto di massima curvatura del diagramma.

Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- dimensioni iniziali e finali del provino;
- contenuto d'acqua iniziale e finale del provino;
- indice dei vuoti iniziale e finale del provino;
- peso di volume iniziale e finale del provino;
- grado di saturazione iniziale e finale del provino;
- valore del carico massimo applicato al provino;
- tabella di sintesi comprendente i carichi applicati e le relative deformazioni verticali;
- diagramma indice dei vuoti – logaritmo del carico, valore della pressione di rigonfiamento calcolata con indicazione della procedura adottata;
- documentazione delle misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo impiegati (bilancia, comparatori o trasduttori di spostamento lineari), non anteriore di sei mesi alla data di prova.


Art 77. Prova di compressione monoassiale ad espansione laterale libera

La prova consiste nella determinazione della resistenza a compressione monoassiale in assenza di confinamento laterale di terreni coesivi e fornisce un valore approssimato della resistenza non drenata espressa in termini di tensioni totali. Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 2166 – 91 – Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil.

Modalità di prova

La prova sarà eseguita su provini cilindrici di diametro non inferiore a 35 mm e rapporto altezza/diametro compreso tra 2 e 2.5, preparati con apposito tornietto campionario a partire da campioni indisturbati; per materiali poco consistenti si potrà infiggere a pressione, direttamente nel campione da analizzare apposita fustella calibrata; in nessun caso sarà possibile infiggere a mano la fustella. Il diametro dei provini dovrà in ogni caso essere maggiore di 6 volte il diametro massimo delle particelle costituenti il materiale in prova. Particolare

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 94 di 108

importanza assume la preparazione delle facce terminali del provino che dovranno essere perfettamente piane e perpendicolari all'asse del provino. La preparazione del provino dovrà avvenire in ambiente ad umidità controllata, in modo da evitare qualsiasi variazione al contenuto d'acqua iniziale.

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

La velocità di deformazione adottata nella prova dovrà essere compresa tra 0.5 e 2 %/min.; durante l'applicazione del carico si procederà alla registrazione ad intervalli di tempo regolari del carico applicato e della corrispondente deformazione assiale, in modo da avere almeno 15 coppie di valori. La prova dovrà in ogni caso essere protratta sino ad ottenere una deformazione assiale pari ad almeno il 15%.

Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- dimensioni del provino;
- peso di volume naturale;
- contenuto d'acqua iniziale;
- velocità di deformazione adottata;
- carico di rottura e corrispondente deformazione assiale;
- tabella di sintesi con i valori di carico e deformazione assiale registrati;
- diagramma del carico assiale - deformazione assiale;
- documentazione delle misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo (bilancia, comparatori millesimali o trasduttori lineari di spostamento, anelli dinamometrici o trasduttori di carico), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

Art 78. Prova di compressione triassiale non consolidata – non drenata (uu)

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

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

Modalità di prova


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

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

Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione e dei provini sottoposti a prova;
- dimensioni dei provini;
- peso di volume naturale;
- contenuto d'acqua iniziale dei provini;
- velocità di deformazione adottata;
- valore della pressione di cella adottata per ciascun provino;
- tabella di sintesi con i valori di sforzo deviatorico e deformazione assiale registrati per ciascun provino;
- diagramma dello sforzo deviatorico - deformazione assiale per ciascun provino;

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 95 di 108

- valori dello sforzo deviatorico e della deformazione assiale a rottura per ciascun provino;
- rappresentazione dello stato di sforzo a rottura, espresso in termini di sforzi totali nel piano σ/t a mezzo cerchi di Mohr, con indicazione dell'involuppo di rottura;
- indicazione del valore di resistenza al taglio del campione esaminato, espresso in termini di tensioni totali dal parametro c_u ;
- documentazione delle misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo (bilancia, comparatori millesimali o trasduttori lineari di spostamento, anelli dinamometrici o trasduttori di carico; manometri o trasduttori di pressione), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

Art 79. Prova di compressione triassiale consolidata isotropicamente – non drenata (ciu)

La prova consiste nella determinazione dei parametri di resistenza in termini di tensioni totali ed efficaci di un campione di terreno sottoposto a condizioni di sollecitazione triassiale; la prova può inoltre essere utilizzata per la determinazione dei parametri di deformabilità non drenati.

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 4767 – 88 – Standard Test Method for Consolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils.

Modalità di prova

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

La prova verrà condotta attraverso le seguenti fasi:

Fase di saturazione: la saturazione preliminare sarà condotta attraverso l'applicazione di back-pressure in diversi gradini di pressione di entità variabile, in funzione delle caratteristiche di consistenza dei terreni in prova e comunque mai superiori a 50 kPa; durante tutta la fase di saturazione si dovrà mantenere una differenza di pressione tra pressione di cella e back-pressure compresa tra 5 e 10 kPa, al fine di evitare premature consolidazioni dei provini.

Dopo ogni gradino di saturazione, una volta raggiunta la completa stabilizzazione delle pressioni, si provvederà alla misura del grado di saturazione raggiunto attraverso la determinazione del parametro B; la fase di saturazione potrà essere conclusa solo quando il parametro B assumerà valori superiori a 0.95 in due successive determinazioni.

Fase di consolidazione: la fase di consolidazione sarà condotta incrementando la pressione di cella fino a raggiungere il prefissato valore della pressione di consolidazione da adottare per ciascun provino stabilito dalla direzione dei lavori. Dopo la stabilizzazione della pressione interstiziale conseguente l'incremento pressuriale applicato, si avvierà la fase di consolidazione consentendo il drenaggio e registrando le variazioni di volume ed eventualmente le variazioni di pressione interstiziale in funzione del tempo.


Dal diagramma della variazione di volume – logaritmo del tempo, o in alternativa da quello della variazione di volume – radice quadrata del tempo, si determinerà il tempo di fine consolidazione t_{100} , che sarà assunto come parametro base per il calcolo della velocità di rottura.

Fase di rottura: durante la fase di rottura, che avverrà in condizioni di drenaggio impedito si incrementerà progressivamente lo sforzo deviatorico, mantenendo fissa la pressione di cella, fino ad ottenere deformazioni assiali non inferiori al 15%. Durante tutta la fase di rottura verranno monitorati e registrati, ad intervalli di tempo opportuni, i valori di sforzo deviatorico, deformazione assiale e pressione interstiziale.

Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione e dei provini sottoposti a prova;
- dimensioni iniziali dei provini;

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 96 di 108

- peso di volume naturale, contenuto d'acqua e grado di saturazione iniziale dei provini;
- tabella riassuntiva con i valori delle pressioni di cella e della back-pressure adottati durante la fase di saturazione, con indicazione del valore assunto dal parametro B al termine di ciascun gradino;
- valori della back-pressure e della pressione di cella adottati durante la fase di consolidazione per ciascun provino;
- tabella con i valori della variazione volumetrica e dei relativi tempi di acquisizione durante la fase di consolidazione per ciascun provino;
- diagramma della variazione di volume - logaritmo del tempo, o in alternativa variazione di volume – radice quadrata del tempo per ciascun provino;
- valore del tempo di fine consolidazione t100 di ciascun provino;
- peso di volume, contenuto d'acqua e grado di saturazione di ciascun provino al termine della fase di consolidazione;
- dimensioni dei provini al termine della fase di consolidazione;
- velocità di deformazione adottata nella fase di rottura;
- peso di volume, contenuto d'acqua e grado di saturazione di ciascun provino al termine della fase di rottura;
- tabella di sintesi con i valori di sforzo deviatorico, deformazione assiale e pressione interstiziale registrati per ciascun provino in fase di rottura;
- diagramma dello sforzo deviatorico - deformazione assiale per ciascun provino;
- diagramma della pressione interstiziale - deformazione assiale per ciascun provino;
- diagramma del rapporto degli sforzi principali efficaci - deformazione assiale per ciascun provino;
- diagramma del parametro A delle pressioni interstiziali - deformazione assiale per ciascun provino;
- valori dello sforzo deviatorico e della deformazione assiale a rottura per ciascun provino;
- rappresentazione del percorso di sollecitazione di tutti i provini sottoposti a prova espresso in termini di sforzi efficaci nel piano p'/q con indicazione dell'involuppo di rottura;
- rappresentazione dello sforzo a rottura in termini di sforzi efficaci nel piano σ/τ a mezzo di cerchi di Mohr con indicazione dell'involuppo di rottura;
- indicazione del valore di resistenza al taglio del campione esaminato, espresso in termini di tensioni efficaci dai parametri c' e ϕ' ;
- documentazione delle misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo (bilancia, comparatori millesimali o trasduttori lineari di spostamento, anelli dinamometrici o trasduttori di carico; manometri o trasduttori di pressione), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

Prova di compressione triassiale consolidata isotropicamente – drenata (cid)

La prova consiste nella determinazione dei parametri di resistenza in termini di tensioni efficaci di un campione di terreno sottoposto a condizioni di sollecitazione triassiale; la prova può inoltre essere utilizzata per la determinazione dei parametri di deformabilità drenati.

Normative e specifiche di riferimento:

A.G.I. (1994) – Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio – Prove di compressione triassiale su terre coesive.


Modalità di prova

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

La prova verrà condotta attraverso le seguenti fasi:

Fase di saturazione: la saturazione preliminare sarà condotta attraverso l'applicazione di back-pressure in diversi gradini di pressione di entità variabile, in funzione delle caratteristiche di consistenza dei terreni in prova e comunque mai superiori a 50 kPa; durante tutta la fase di saturazione si dovrà mantenere una differenza di pressione, tra pressione di cella e back-pressure, compresa tra 5 e 10 kPa, al fine di evitare premature consolidazioni dei provini.

Dopo ogni gradino di saturazione, una volta raggiunta la completa stabilizzazione delle pressioni, si provvederà alla misura del grado di saturazione raggiunto, attraverso la determinazione del parametro B; la fase di

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 97 di 108

saturazione potrà essere conclusa solo quando il parametro B assume valori superiori a 0.95 in due successive determinazioni.

Fase di consolidazione: la fase di consolidazione sarà condotta incrementando la pressione di cella, fino a raggiungere il prefissato valore della pressione di consolidazione da adottare per ciascun provino stabilito dalla direzione dei lavori. Dopo la stabilizzazione della pressione interstiziale conseguente l'incremento tensionale applicato, si avvierà la fase di consolidazione, consentendo il drenaggio e registrando le variazioni di volume ed eventualmente le variazioni di pressione interstiziale in funzione del tempo.

Dal diagramma della variazione di volume – logaritmo del tempo, o in alternativa da quello della variazione di volume – radice quadrata del tempo, si determinerà il tempo di fine consolidazione t_{100} , che sarà assunto come parametro base per il calcolo della velocità di rottura.


Fase di rottura: durante la fase di rottura, che avverrà in condizioni di drenaggio consentito, si incrementerà progressivamente lo sforzo deviatorico, mantenendo fissa la pressione di cella, fino ad ottenere deformazioni assiali non inferiori al 15%. Durante tutta la fase di rottura verranno monitorati e registrati, ad intervalli di tempo opportuni, i valori di sforzo deviatorico, deformazione assiale e variazione volumetrica. Durante tutta la fase di rottura si monitorerà inoltre la pressione interstiziale, al fine di controllare che non subisca variazioni superiori al 5 % rispetto al valore assunto al termine della fase di consolidazione.

Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione e dei provini sottoposti a prova;
- dimensioni iniziali dei provini;
- peso di volume naturale, contenuto d'acqua e grado di saturazione iniziale dei provini;
- tabella riassuntiva con i valori delle pressioni di cella e della back-pressure adottati durante la fase di saturazione, con indicazione del valore assunto dal parametro B al termine di ciascun gradino;
- valori della back-pressure e della pressione di cella adottati durante la fase di consolidazione per ciascun provino;
- tabella con i valori della variazione volumetrica e dei relativi tempi di acquisizione durante la fase di consolidazione per ciascun provino;
- diagramma della variazione di volume - logaritmo del tempo, o in alternativa della variazione di volume – radice quadrata del tempo per ciascun provino;
- valore del tempo di fine consolidazione t_{100} di ciascun provino;
- peso di volume, contenuto d'acqua e grado di saturazione di ciascun provino al termine della fase di consolidazione;
- dimensioni dei provini al termine della fase di consolidazione;
- velocità di deformazione adottata nella fase di rottura;
- tabella di sintesi con i valori di sforzo deviatorico, deformazione assiale, variazione volumetrica e pressione interstiziale registrati per ciascun provino in fase di rottura;
- peso di volume, contenuto d'acqua e grado di saturazione di ciascun provino al termine della fase di rottura;
- diagramma dello sforzo deviatorico - deformazione assiale per ciascun provino;
- diagramma della variazione volumetrica - deformazione assiale per ciascun provino;
- diagramma del rapporto degli sforzi principali efficaci - deformazione assiale per ciascun provino;
- valori dello sforzo deviatorico e della deformazione assiale a rottura per ciascun provino;
- rappresentazione del percorso di sollecitazione di tutti i provini sottoposti a prova, espresso in termini di sforzi efficaci nel piano p'/q , con indicazione dell'involuppo di rottura;
- rappresentazione dello sforzo a rottura in termini di sforzi efficaci nel piano σ/t a mezzo di cerchi di Mohr, con indicazione dell'involuppo di rottura;
- indicazione del valore di resistenza al taglio del campione esaminato, espresso in termini di tensioni efficaci dai parametri c' e ϕ' ;
- documentazione delle misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo (bilancia, comparatori millesimali o trasduttori lineari di spostamento, anelli dinamometrici o trasduttori di carico; manometri o trasduttori di pressione), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

Art 80. Prova di taglio diretto consolidata - drenata

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 98 di 108

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

ASTM D 3080 - 90 - Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions.

Modalità di prova

La prova sarà eseguita su tre provini cilindrici o a sezione quadrata di diametro o lato non inferiore a 50 mm e rapporto diametro/altezza compreso tra 2 e 2.5 preparati con apposito tornietto campionario a partire da campioni indisturbati; per materiali poco consistenti si potrà infiggere a pressione, direttamente nel campione da analizzare, apposita fustella calibrata; in nessun caso sarà possibile infiggere a mano la fustella. L'altezza dei provini dovrà in ogni caso essere maggiore di 6 volte il diametro massimo delle particelle costituenti il materiale in prova. Particolare importanza assume la preparazione delle facce terminali dei provini che dovranno essere perfettamente piane e perpendicolari all'asse dei provini. La preparazione del provino dovrà avvenire in ambiente ad umidità controllata in modo da evitare qualsiasi variazione al contenuto d'acqua iniziale.

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

Fase di consolidazione: nella fase di consolidazione viene gradualmente incrementato il carico assiale applicato al provino, fino al raggiungimento della pressione di consolidazione indicata dalla direzione dei lavori per ciascun provino. Durante la fase di consolidazione, si monitoreranno le deformazioni assiali in funzione del tempo, in modo da poter stabilire la fine della fase di consolidazione primaria, prima di ciascun incremento di carico, in analogia a quanto indicato per le prove edometriche ad incrementi di carico controllati. I valori delle deformazioni assiali in funzione del tempo relativi all'ultimo gradino di carico saranno registrati e diagrammati in funzione del logaritmo o della radice quadrata del tempo per la determinazione del t100 di fine consolidazione assunto come parametro base per il calcolo della velocità di rottura.


Fase di rottura: nella fase di rottura verrà gradualmente incrementato il carico orizzontale fino ad ottenere deformazioni orizzontali non inferiori al 20% del diametro iniziale del provino. Durante la fase di rottura si monitoreranno e si registreranno ad opportuni intervalli temporali i valori di spostamento orizzontale, deformazione verticale e resistenza al taglio. Ove indicato, al termine della fase di rottura, si procederà alla determinazione della resistenza residua, effettuando almeno cinque cicli completi di andata e ritorno della scatola di taglio fino a fondo corsa alla medesima velocità di scorrimento adottata per la determinazione della resistenza di picco (procedura completa), controllando in ogni caso che si sia raggiunta la completa stabilizzazione della curva resistenza al taglio – scorrimento orizzontale.

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

Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione e dei provini sottoposti a prova;
- dimensioni iniziali dei provini;
- peso di volume naturale, contenuto d'acqua e grado di saturazione iniziale e finale dei provini;
- tabella con la progressione di carico adottata in fase di consolidazione per ciascun provino;
- tabella con i valori della variazione di altezza e dei relativi tempi di acquisizione durante la fase di consolidazione per ciascun provino;
- diagramma della deformazione verticale - logaritmo del tempo, o in alternativa deformazione verticale - radice quadrata del tempo per ciascun provino;
- valore del tempo di fine consolidazione t100 di ciascun provino;
- altezza dei provini al termine della fase di consolidazione;
- velocità di deformazione adottata nella fase di rottura;
- tabella di sintesi con i valori di resistenza al taglio, scorrimento orizzontale e deformazione verticale registrati per ciascun provino in fase di rottura;
- diagramma della resistenza al taglio - scorrimento orizzontale per ciascun provino;
- diagramma della deformazione verticale - scorrimento orizzontale per ciascun provino;
- eventuale diagramma cumulato della resistenza al taglio - scorrimento orizzontale per la determinazione della resistenza residua;
- valori della resistenza al taglio e dello scorrimento orizzontale a rottura per ciascun provino;
- eventuali valori della resistenza al taglio residua e del relativo scorrimento orizzontale per ciascun provino;

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 99 di 108

- rappresentazione dello stato di sollecitazione a rottura ed eventualmente allo stato residuo di tutti i provini sottoposti a prova espresso in termini di sforzi efficaci nel piano σ/τ con indicazione dell'involuppo di rottura;
- indicazione del valore di resistenza al taglio di picco ed eventualmente residua del campione esaminato espresso in termini di tensioni efficaci dai parametri c' e ϕ' ;
- documentazione delle misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo (bilancia, comparatori millesimali o trasduttori lineari di spostamento, anelli dinamometrici o trasduttori di carico), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

Art 81. Prove di costipamento

Le prove di costipamento consistono nella determinazione delle caratteristiche ottimali di compattazione di materiali naturali e possono essere eseguite con diverse energie di compattazione. Il campione fornito al laboratorio dovrà avere una massa non inferiore a 50 kg.

Prova di costipamento tipo Proctor AASHTO Standard

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 698 – 91 – Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (600 kNm/m³).

Modalità di prova

La prova per la determinazione delle condizioni ottimali di compattazione di materiali naturali, condotta con la determinazione di almeno 5 punti significativi, dovrà essere eseguita con energia di compattazione unitaria pari a 589 kJ/m³ in fustella di volume pari a 2124 ± 25 cm³, compattando il materiale in 3 strati successivi con 56 colpi per ciascun strato; il compattatore impiegato, manuale o motorizzato, dovrà essere dotato di una massa battente del peso di 2.49 ± 0.01 kg con altezza di caduta pari a 304.8 ± 1.6 mm.

Durante la compattazione particolare cura dovrà essere posta nell'assicurare un'omogenea distribuzione dei colpi del compattatore. Il materiale da sottoporre a prova dovrà preventivamente essere setacciato, impiegando i setacci ASTM n° 4, 3/4" e 3", al fine di individuare la metodologia di preparazione da adottare.

Nella fase di preparazione, particolare cura dovrà essere posta alla miscelazione del materiale, al fine di garantire un'omogenea distribuzione dell'acqua progressivamente aggiunta.

L'attrezzatura di prova dovrà periodicamente (indicativamente ogni 1000 prove) essere sottoposta a calibrazione con controllo e verifica delle tolleranze dimensionali relative a dimensioni della fustella, massa battente ed altezza di caduta.

Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- caratteristiche dell'attrezzatura impiegata;
- dimensioni della fustella e data dell'ultima calibrazione eseguita;
- metodologia di preparazione adottata;
- tabella riassuntiva con l'indicazione dei valori di peso di volume e contenuto d'acqua di ciascun punto di prova;
- valori ottimali di densità secca e di umidità di compattazione;
- diagramma della densità secca - umidità;
- curva di saturazione;
- documentazione delle misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo (bilancia, termostato), non anteriore di sei mesi alla data di prova.


Prova di costipamento tipo Proctor AASHTO Modificato

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 1557 - 91 - Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (2700 kNm/m³).

Modalità di prova

La prova per la determinazione delle condizioni ottimali di compattazione di materiali naturali, condotta con la determinazione di almeno 5 punti significativi, dovrà essere eseguita con energia di compattazione unitaria pari a 2682 kJ/m³ in fustella di volume pari a 2124 ± 25 cm³, compattando il materiale in 5 strati successivi con 56

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 100 di 108

colpi per ciascun strato; il compattatore impiegato, manuale o motorizzato, dovrà essere dotato di una massa battente del peso di 4.54 ± 0.01 kg, con altezza di caduta pari a 457.2 ± 1.6 mm.

Durante la compattazione, particolare cura dovrà essere posta nell'assicurare una omogenea distribuzione dei colpi del compattatore. Il materiale da sottoporre a prova dovrà preventivamente essere setacciato impiegando i setacci ASTM n° 4, 3/4" e 3", al fine di individuare la metodologia di preparazione da adottare.

Nella fase di preparazione, particolare cura dovrà essere posta alla miscelazione del materiale, al fine di garantire un'omogenea distribuzione dell'acqua progressivamente aggiunta.

L'attrezzatura di prova dovrà periodicamente (indicativamente ogni 1000 prove) essere sottoposta a calibrazione con controllo e verifica delle tolleranze dimensionali relative a dimensioni della fustella, massa battente ed altezza di caduta.

Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- caratteristiche dell'attrezzatura impiegata;
- dimensioni della fustella e data dell'ultima calibrazione eseguita;
- metodologia di preparazione adottata;
- tabella riassuntiva con l'indicazione dei valori di peso, di volume e contenuto d'acqua di ciascun punto di prova;
- valori ottimali di densità secca e di umidità di compattazione;
- diagramma della densità secca - umidità; □ □ curva di saturazione;
- documentazione delle misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo (bilancia, termostato), non anteriore di sei mesi alla data di prova.

Art 82. Prova CBR

La prova consiste nella determinazione delle caratteristiche di portanza, quale sottofondo di materiali compattati, espressa a mezzo dell'indice di portanza californiano (CBR). Per la corretta esecuzione della prova è necessario che il campione fornito al laboratorio abbia una massa non inferiore a 100 kg. Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 1883 – 94 – Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils.

Modalità di prova


Al fine di poter compiutamente analizzare l'influenza delle diverse variabili in gioco, la prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR si eseguirà su materiale compattato con 3 diverse energie di compattazione e con almeno 5 valori di contenuto d'acqua, impiegando fustelle di volume pari a 2124 ± 25 cm³, compattando il materiale in 5 strati successivi con compattatore, manuale o motorizzato, dotato di una massa battente del peso di 4.54 ± 0.01 kg, con altezza di caduta pari a 457.2 ± 1.6 mm; i tre diversi livelli energetici di compattazione saranno realizzati utilizzando rispettivamente 56, 25 e 10 colpi per ciascuno strato. Le modalità di compattazione saranno analoghe a quelle adottate per le prove Proctor.

Il materiale da sottoporre a prova dovrà essere preliminarmente preparato, sostituendo l'eventuale frazione trattenuta al setaccio ASTM 3/4" con un analogo quantitativo di materiale passante al 3/4" e trattenuto al setaccio ASTM n° 4.

I test di penetrazione dovranno seguire ciascuna fase di compattazione; ove richiesto, i test di penetrazione dovranno essere eseguiti anche dopo saturazione in acqua di durata non inferiore a 96 ore. La penetrazione dovrà essere condotta ad una velocità pari a 1.27 mm/min. fino ad un valore massimo di 12.7 mm, impiegando un pistone del diametro di 49.63 ± 0.13 mm; durante la penetrazione si effettueranno ad intervalli regolari letture di penetrazione e corrispondente livello di carico raggiunto.

Da ciascuna curva di penetrazione, eventualmente corretta in caso di iniziale concavità verso l'alto, si otterrà il carico corrispondente alla penetrazione di 2.54 mm che, rapportato al carico di riferimento di 13.24 kN, fornisce il valore dell'indice CBR. Come controllo si dovrà calcolare anche l'indice CBR relativo alla penetrazione di 5.08 mm (carico di riferimento = 19.96 kN), che dovrà risultare inferiore a quello relativo alla penetrazione di 2.54 mm; in caso contrario si dovrà ripetere il test e, se dovesse permanere la medesima situazione, si assumerà come indice CBR quello relativo alla penetrazione di 5.08 mm.

Tutti i valori dell'indice CBR così ottenuti (almeno 15) saranno poi diagrammati in funzione della densità secca e del contenuto d'acqua del campione.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 101 di 108

Si indicherà poi come indice CBR di riferimento il valore minore ottenuto per valori di densità secca maggiori o pari al 95% della densità ottimale ottenuta con la massima energia di compattazione. In alternativa alla costruzione delle curve iso-CBR, al variare dell'energia e dell'umidità di costipamento (procedura completa) potrà essere analizzata la variabilità dell'indice CBR per un'unica energia di costipamento al variare delle condizioni di umidità, operando su 5 punti di prova, o potrà essere determinato il valore dell'indice CBR su di un unico provino, a prefissate condizioni di umidità e densità.

Le modalità di esecuzione della prova saranno stabilite nel programma delle indagini.

Documentazione

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- caratteristiche dell'attrezzatura impiegata;
- dimensioni della fustella e data dell'ultima calibrazione eseguita;
- metodologia di preparazione adottata;
- tabella riassuntiva con l'indicazione dei valori di peso, di volume e contenuto d'acqua di ciascun punto di prova;
- valori ottimali di densità secca e di umidità di compattazione per ciascuna energia di compattazione;
- curve di penetrazione relative a ciascun punto di prova;
- diagramma dell'indice CBR - umidità
- diagramma dell'indice CBR - densità secca
- diagramma della densità secca - umidità;
- valore dell'indice CBR di riferimento.
- documentazione delle misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo (bilancia, comparatori millesimali o trasduttori lineari di spostamento, anelli dinamometrici o trasduttori di carico), non anteriore di sei mesi alla data di prova, di un unico provino a prefissate condizioni di umidità e densità.

Le modalità di esecuzione della prova saranno stabilite nel programma delle indagini.

Art 83. Prova di permeabilità diretta con permeametro a carico idraulico costante

La prova consiste nella determinazione del coefficiente di permeabilità di terreni granulari rimaneggiati ottenuto per via diretta in apparecchiatura a carico costante.

Normative e specifiche di riferimento:

ASTM D 2434 - 68 (94) - Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head).

Modalità di prova

La prova sarà eseguita su materiali granulari rimaneggiati, con frazione passante al setaccio ASTM n° 200 inferiore al 10% e completamente passanti al setaccio ASTM 3/4". Il diametro della cella di permeabilità da utilizzare sarà stabilito in funzione delle dimensioni massime dei grani costituenti il campione in esame e della sua distribuzione granulometrica.

Il materiale da sottoporre a prova dovrà essere posto nel permeametro in strati sottili aventi spessore, dopo compattazione, pari alla dimensione massima delle particelle; la deposizione del materiale dovrà avvenire col metodo della deposizione pluviale a secco, o eventualmente in acqua. Dopo la deposizione, ciascuno strato sarà portato alla densità stabilita per la prova con compattazione dinamica o per vibrazione.

Prima dell'esecuzione della prova, si dovrà poi operare la completa disaerazione e saturazione del campione applicando a mezzo pompa a vuoto un flusso di acqua disaerata dal basso verso l'alto del campione. Successivamente, stabilito un carico idraulico h , si darà inizio alla prova, misurando ad intervalli di tempo regolari la quantità di flusso Q che attraversa il campione fino alla completa stabilizzazione; la prova sarà poi ripetuta per almeno altri quattro valori di carico idraulico, al fine di individuare correttamente la regione a flusso laminare, caratterizzata dalla relazione lineare di proporzionalità diretta tra velocità di flusso v e gradiente idraulico i .

Il valore del coefficiente di permeabilità k da indicare nel rapporto finale sarà determinato nella regione di flusso laminare e stazionario attraverso l'equazione:


$$k = v/i$$

dove:

$$v = Q/At$$

$$i = h/L$$

dove:

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 102 di 108

Q = quantità d'acqua filtrata
A = sezione del campione
t = tempo
h = carico idraulico
L = lunghezza di filtrazione


Art 84. Documentazione delle prove di laboratorio

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- caratteristiche dell'attrezzatura impiegata;
- dimensioni della cella di prova;
- metodologia di preparazione adottata;
- tabella riassuntiva con l'indicazione di tutti i valori registrati nel corso della prova;
- diagramma velocità di filtrazione - gradiente idraulico;
- valore del coefficiente di permeabilità k riferito alla temperatura di 20 °C;
- documentazione delle misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

La documentazione prodotta in esito a ogni singolo incarico consiste di:

- certificati timbrati dal geologo responsabile del Laboratorio relativi alle prove richieste
- files in formati ascii, xls, o altro analogo e compatibile con gli standard dei programmi in ambiente Windows relativi ai dati tabellari di ciascuna prova in termini di tempo, deformazione, tensione, ecc. rilevati strumentalmente in automatico o manualmente secondo le specifiche tecniche di esecuzione di ciascuna prova
- scheda di conformità, timbrata e firmata dal Direttore del Laboratorio, che le prove sono state eseguite secondo le specifiche tecniche indicate nel presente Capitolato d'Oneri per ciascuna determinazione analitica di laboratorio.

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 103 di 108

TITOLO VIII. ESECUZIONE DI ANALISI DI LABORATORIO - SPECIFICHE TECNICHE

Art 85. Generalità sulle Analisi di Laboratorio

Tutti i servizi, le prove, i lavori, dovranno essere eseguiti, secondo le prescrizioni tecniche relative alle prestazioni richieste descritte nel presente Capitolato speciale e secondo la normativa di riferimento **Decreto Ministero dell'Ambiente n.161 del 2012 e del Decreto Legislativo n. 152 del 2006 ed allegati.**

Le "sostanze indicatrici": da individuare con le prove analitiche di laboratorio e le modalità dell'eventuale campionamento, che rappresentano l'oggetto dell'appalto, se necessario, potranno essere precisate nel dettaglio dal Responsabile del contratto e dei Lavori al momento della consegna del singolo incarico specifico o successivamente a seconda delle necessità di progetto.

Publiacqua spa si riserva il diritto insindacabile di stipulare, per lavori e servizi contemplati nel presente capitolato, contratti anche con altre imprese ed in tempi diversi, senza che ciò possa comportare motivo di richiesta alcuna da parte dell'Appaltatore.

Per la definizione delle specifiche richieste per l'esecuzione dei servizi di analisi e campionamento oggetto del presente appalto, oltre a quanto di seguito brevemente descritto, si rimanda per intero alle prescrizioni contenute nel **Decreto del Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare 10 agosto 2012, n. 161 Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo** (G.U. n. 221 del 21 settembre 2012) e al **Decreto Legislativo n. 152 del 2006** ed alle raccomandazioni sulla programmazione e sull'esecuzione di campagne di campionamento per la caratterizzazione ambientale dei materiali di scavo (APAT), alle quali si rimanda per eventuali approfondimenti e chiarimenti.

Le analisi di laboratorio saranno eseguite sui campioni generalmente estratti e raccolti durante le campagne geognostiche, per caratterizzare le rocce e terre da scavo provenienti da siti ove è prevista la realizzazione di opere relative al S.I.I..

La caratterizzazione ambientale è necessaria per accertare la sussistenza dei requisiti di qualità ambientale dei materiali da scavo e dovrà essere inserita nella documentazione di progetto.

La Committenza e la direzione lavori potranno richiedere all'Appaltatore di eseguire analisi di laboratorio su campioni provenienti da qualunque cantiere di Publiacqua spa ed anche su campioni prelevati da ditte diverse dalla Ditta Appaltatrice.

La Committenza e la direzione lavori potranno disporre l'esecuzione di analisi di laboratorio anche ad imprese diverse dalla Ditta Appaltatrice senza che l'Appaltatore possa trarne argomento e ragione per vantare diritti o chiedere compensi ed indennizzi di qualsiasi specie.

Tutte le specifiche e le modalità esecutive delle analisi di laboratorio, non espressamente richiamate e definite all'interno del Capitolato Speciale d'appalto, dovranno comunque essere eseguite nel rispetto della normativa e delle raccomandazioni APAT in modo che in ogni caso sia rispettata la regola dell'arte.


Art 86. Requisiti generali del laboratorio

L'appalto prevede l'esecuzione di prove analitiche di laboratorio ed eventuali campionamenti da effettuarsi secondo metodologie certificate in accordo alle norme di riferimento ufficiali della legislazione italiana

Per l'esecuzione delle analisi dovranno essere utilizzate metodiche EPA, metodi ISO e metodi IRSA, aggiornati all'ultima emissione ufficiale e con certificati accreditati ACCREDIA o da altro ente di Accreditamento firmatario degli accordi di mutuo riconoscimento nello schema specifico.

Il laboratorio dovrà essere competente per l'esecuzione delle analisi in programma; il personale tecnico sarà in numero sufficiente, avrà adeguata formazione ed aggiornamento documentabili e farà capo ad un responsabile di laboratorio.

Locali di prova

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 104 di 108

L'ambiente in cui le analisi vengono eseguite non deve in alcun modo invalidarne i risultati né influenzare le misure: i laboratori dovranno essere opportunamente protetti da condizioni anomale quali temperatura, polveri, umidità, vapori, vibrazioni, disturbi o interferenze elettromagnetiche; dovranno inoltre essere sufficientemente spaziosi e dotati di apparecchiature e sorgenti di alimentazione adeguate.

Per quanto riguarda ambienti particolari di preparazione o di conservazione dei campioni oltre dove saranno eseguite le analisi locali dovranno essere a norma di legge e dotati di strumentazione di controllo e condizionamento ambientale.

L'accesso ai laboratorio chimico dovrà essere controllato e regolato da procedure.

Apparecchiature di prova

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

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

Per le apparecchiature di prova principali dovrà essere disponibile un sistema di registrazione in cui sia riportato:

- il nome dell'apparecchiatura;
- il nome del fabbricante, l'identificazione del tipo ed il numero di serie;
- la data di acquisizione e la data di messa in servizio;
- lo stato al momento del ricevimento;
- le operazioni di manutenzione eseguite;
- i danni subiti e le riparazioni eseguite;
- copia del certificato di taratura di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

Gli strumenti di misura e le apparecchiature di prova dovranno essere sottoposte a taratura secondo un programma temporale adeguato al carico di lavoro del laboratorio e comunque ad intervalli non superiori ai sei mesi.

La taratura degli strumenti di misura e di prova dovrà essere effettuata in modo da garantire la riferibilità delle misure effettuate alla catena metrologica internazionale. Copia dei certificati di taratura delle apparecchiature e degli strumenti di misura utilizzati per l'esecuzione delle prove, di data non anteriore di sei mesi la data di prova, dovrà essere a disposizione del Direttore dei Lavori a richiesta a conclusione dell'incarico.

Art 87. Identificazione dei campioni


Sarà necessario presentare alla direzione dei lavori l'elenco delle procedure e delle verifiche eseguite dal laboratorio per l'identificazione dei campioni e delle parti di campioni da sottoporre a prova. Al momento del ricevimento dei campioni si dovrà controllare la corrispondenza con le distinte di accompagnamento, segnalando immediatamente qualsiasi difformità al Direttore dei Lavori e dei lavori.

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

Prima dell'inizio delle attività di laboratorio dovrà essere redatta e trasmessa alla direzione dei lavori una scheda contenente:

- la località di prelievo;
- il numero del sondaggio o del pozzetto esplorativo;
- la profondità di prelievo;
- il codice adottato nel corso del campionamento;
- il codice identificativo del campione adottato in laboratorio;
- il programma di analisi indicato dalla società;
- il programma temporale di attuazione.

Art 88. Conservazione dei campioni

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 105 di 108

I campioni consegnati al laboratorio dovranno essere conservati in modo da non alterarne le caratteristiche naturali. All'atto della consegna si verificheranno le condizioni di sigillatura dei campioni e si segnaleranno tempestivamente alla direzione dei lavori eventuali danni o anomalie che potrebbero aver alterato le condizioni originarie dei campioni.

I campioni sigillati dovranno essere conservati in cella frigo a temperatura ed umidità controllata in modo da garantire il mantenimento dei seguenti parametri ambientali:

- temperatura : $5^{\circ} \pm 2^{\circ}$
- umidità relativa > 95%

Al termine delle attività di prova, i campioni residui potranno essere avviati a discarica, unitamente ai campioni sottoposti a prove, solo dopo autorizzazione scritta del Direttore dei Lavori e dei lavori o, salvo diverse indicazioni, dopo la consegna del rapporto di analisi.

In tutte le fasi dell'attività di laboratorio, i campioni e le relative porzioni da sottoporre a prove dovranno essere trattati e manipolati in modo di alterarne il meno possibile le caratteristiche che devono essere determinate o investigate.

Art 89. Modifiche al programma di prove

Le analisi di laboratorio dovranno essere eseguite secondo il programma contenuto nell'incarico di progetto delle indagini e nelle eventuali indicazioni integrative fornite dalla direzione dei lavori. Se tuttavia in fase di apertura dei campioni si dovessero riscontrare incongruenze tra il tipo di materiale campionato e le analisi indicate in programma o qualora la qualità del campione rendesse poco attendibili i risultati delle analisi previste il laboratorio interromperà il programma di prove e comunicherà immediatamente per scritto alla direzione dei lavori gli inconvenienti riscontrati in modo da adeguare il programma di analisi alla effettiva qualità e tipologia dei campioni disponibili.

A tale proposito il laboratorio dovrà comunicare anticipatamente al Direttore dei Lavori il programma temporale delle attività, in modo che gli sia possibile concordare eventuali modifiche al programma di analisi.

In nessun caso il laboratorio potrà modificare il programma di analisi previste senza la preventiva autorizzazione del Direttore dei Lavori e dei lavori.

Art 90. Rapporti con la Direzione dei Lavori

Il Responsabile del Laboratorio manterrà i contatti con la direzione dei lavori. Dovrà inoltre comunicare qualsiasi problema o inconveniente che dovesse insorgere durante l'effettuazione delle analisi in programma e si farà carico di trasmettere settimanalmente un rapporto comprendente lo stato di avanzamento dell'attività di laboratorio, ogni variazione rispetto al programma temporale trasmesso inizialmente ed i risultati delle analisi già eseguite, anche in bozza. In tutta la corrispondenza si dovrà fare riferimento allo schema adottato per la scheda sinottica inizialmente trasmessa alla direzione dei lavori.


In caso di controversie o di perplessità relative alle modalità operative del laboratorio, la direzione dei lavori si riserva la facoltà di richiedere l'esame di alcuni campioni o l'esecuzione di alcune analisi di controllo e verifica da effettuarsi presso un laboratorio di sua fiducia.

Art 91. Normative di riferimento

Le analisi saranno eseguite, salvo diversa indicazione, in accordo agli standard di indicati. L'eventuale esecuzione delle analisi secondo standard o normative alternative a quelle indicate nelle presenti norme tecniche dovrà in ogni caso essere preventivamente autorizzato dalla direzione dei lavori. In ogni caso la normativa di riferimento seguita per l'esecuzione delle analisi dovrà essere indicata nel rapporto di prova.

Art 92. Documentazione da fornire

Alla consegna dei certificati delle prove eseguite dovrà essere fornita anche una sintesi che riporterà i risultati principali ottenuti. Tale sintesi, espressa in un quadro riepilogativo generale, e il rapporto finale di ciascuna prova dovrà comprendere almeno le seguenti informazioni:

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 106 di 108

dovrà contenere:

- la sigla identificativa del campione e la profondità di prelievo;
- il nome e l'indirizzo del laboratorio di prova;
- l'identificazione univoca del rapporto di prova, di ciascuna sua pagina e del numero totale delle pagine;
- il nome ed indirizzo del committente;
- l'identificazione dei campioni;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di prova;
- lo standard di riferimento seguito per l'esecuzione delle prove;
- tutte le misure, gli esami e i loro risultati e parametri di legge di riferimento, corredati di tabelle, grafici e tutte le anomalie individuate;
- la firma del responsabile del rapporto di prova e la data di emissione.

I risultati di tutti i calcoli e le determinazioni eseguite dovranno essere espressi in opportune unità SI, con relativi multipli o sottomultipli.

Art 93. Determinazione delle caratteristiche fisiche

Descrizione del campione e di tutte le caratteristiche fisiche con informazioni sul tipo di campionatore e sulle condizioni del campione..

Prescrizioni generali per indagini analitiche di laboratorio:

Le analisi di laboratorio saranno eseguite sui campioni generalmente estratti durante i sondaggi o indagini geognostiche eseguite a supporto dei progetti redatti da Ingegnerie toscane srl.

Gli argomenti trattati a seguire riguardano i mezzi ed i metodi da impiegare per le analisi di laboratorio idonei a soddisfare esigenze Ingegnerie Toscane srl.

Il set dei parametri analitici da ricercare sarà definito di volta in volta dal Direttore dei Lavori considerazione dei seguenti fattori ambientali:

parametri caratteristici di area e potenziali anomalie del fondo naturale,

possibili sostanze presenti ricollegabili alle attività antropiche di inquinamento svolte sul sito o nelle sue vicinanze,

parametri caratteristici di eventuali pregresse contaminazioni,

possibili apporti antropici legati all'esecuzione dell'opera

parametri in riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica.

Il set analitico minimale di cui sarà richiesta l'esecuzione è quello riportato in Tabella 4.1 del DLGS 152 del 2006 fermo restando che la lista delle sostanze da ricercare potrà essere modificata o estesa in accordo con le Autorità competenti e in considerazione delle attività antropiche pregresse.

In generale per caratterizzare il materiale da scavo occorrerà determinare le concentrazioni degli elementi e dei composti di cui alla Tabella 4.1 dell'allegato 4, e verificare se dette concentrazioni superano le Concentrazioni Soglia di Contaminazione di cui alle colonne A e B della Tabella 1 dell'allegato 5 alla parte quarta del decreto legislativo n. 152 del 2006 e successive modificazioni.

La Committenza e il Direttore dei Lavori e dei lavori potranno richiedere di eseguire analisi di laboratorio su campioni provenienti da qualunque cantiere di Publiacqua spa e su campioni prelevati da ditte e condizioni diverse.


La Committenza e il Direttore dei Lavori e dei lavori potranno altresì disporre l'esecuzione di analisi di laboratorio e campionamenti anche ad imprese diverse dalla Ditta Appaltatrice senza che l'Appaltatore possa trarne argomento e ragione per vantare diritti o chiedere compensi ed indennizzi di qualsiasi specie.

Tutte le specifiche e le modalità esecutive delle analisi di laboratorio e campionamenti, non espressamente richiamate e definite all'interno del Capitolato Speciale d'appalto, dovranno comunque essere eseguite nel rispetto della normativa e delle raccomandazioni di seguito citate in modo che in ogni caso sia rispettata la regola dell'arte.

Preparazione dei campioni

Visto che la norma in generale prescrive che per determinazioni analitiche i campioni da destinare ad analisi devono essere privi della frazione maggiore di 2 cm (se possibile già allontanata/scartata in fase di campionamento) e che le determinazioni analitiche in laboratorio devono essere condotte sull'aliquota di materiale con granulometria inferiore a 2 mm.

Nel caso di campioni grezzi, il laboratorio di analisi incaricato, dovrà essere in grado di procedere autonomamente all'apertura ed all'estrusione del campione dalle fustelle utilizzate per il campionamento sia nel

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 107 di 108

caso di fustelle apposite in materiale plastico sia nel caso di fustelle in acciaio normalmente utilizzate ad uso geotecnico, inoltre il laboratorio incaricato dovrà essere in grado di elaborare i campioni in modo poter eseguire le analisi richieste. A seconda dei casi il laboratorio d'analisi, dovrà essere in grado di separare la frazione di campione con granulometria maggiore di 2 cm mediante vagliatura. Nel caso di campione con matrice compatta e/o cementata il laboratorio dovrà essere sempre dotato delle attrezzature idonee a elaborare il campione in modo da ottenere le caratteristiche granulometriche e di omogenizzazione necessarie per l'esecuzione delle analisi richieste.

La concentrazione del campione dovrà essere determinata riferendosi alla totalità dei materiali secchi, comprensiva anche dello scheletro campionato (frazione compresa tra 2 cm e 2 mm).

Parametri analitici da determinare

Il Direttore dei Lavori a seconda delle ipotesi sul Piano di Utilizzo potrà selezionare, tra le sostanze della Tabella 4.1 del DM161/2012, le "sostanze indicatrici": da individuare, queste devono consentire di definire in maniera esaustiva le caratteristiche del materiale da scavo al fine di escludere che tale materiale sia un rifiuto e rappresenti un potenziale rischio per la salute pubblica e l'ambiente.

I parametri da considerare sono i seguenti:

- Arsenico;
- Cadmio;
- Cobalto;
- Nichel;
- Piombo;
- Rame;
- Zinco;
- Mercurio;
- Idrocarburi C>12;
- Cromo totale;
- Cromo VI;
- Amianto;
- BTEX*
- IPA*

Da eseguire nel caso in cui l'area da scavo si collochi a 20 m di distanza da infrastrutture viarie di grande comunicazione, e da insediamenti che possono aver influenzato le caratteristiche del sito mediante ricaduta delle emissioni in atmosfera. Gli analiti da ricercare sono quelli elencati nella Tabella 1 Allegato 5 Parte Quarta, Titolo V, del decreto legislativo 152 del 2006 e s.m.i.

In aggiunta ai parametri da ricercare secondo la normativa di riferimento per rocce e terre da scavo, la D. L. di Publiacqua Spa potrà richiedere l'esecuzione di analisi aggiuntive scelte fra quelle elencate nell'elenco prezzi allegato al presente capitolato.

Metodiche analitiche

Le analisi chimico-fisiche saranno condotte adottando metodologie ufficialmente riconosciute, tali da garantire l'ottenimento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite.

Le metodiche analitiche che dovranno essere utilizzate sono suddivise tra quelle ufficiali della legislazione italiana, pubblicate dal Ministero per le Politiche Agricole e tecnicamente predisposte dalla SISS (Società Italiana di Scienza del Suolo), inoltre dovranno essere utilizzate le metodiche EPA, i metodi ISO ed i metodi IRSA aggiornate all'ultima emissione ufficiale.


La caratterizzazione ambientale viene svolta per accertare la sussistenza dei requisiti di qualità ambientale e dei materiali da scavo che dovrà essere inserita nella documentazione di progetto dell'opera.

In aggiunta ai parametri da ricercare secondo la normativa di riferimento per rocce e terre da scavo, la D. L. di Publiacqua Spa potrà richiedere l'esecuzione di analisi aggiuntive scelte fra quelle elencate nell'elenco prezzi allegato al presente capitolato.

Art 94. Documentazione delle analisi di laboratorio

La documentazione minima da fornire dovrà comprendere:

- identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- caratteristiche dell'attrezzatura impiegata;
- metodologia di preparazione adottata;
- tabella riassuntiva con l'indicazione di tutti i valori registrati;

			Entrata in vigore 01/01/2016
	SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DI INDAGINI GEOGNOSTICHE	REV 07/10/16	Pagina 108 di 108

- documentazione delle misure effettuate;
- copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e controllo di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

La documentazione prodotta da ogni singolo incarico consiste di:

- certificati timbrati dal responsabile del Laboratorio relativi alle analisi richieste
- files in formati ascii, xls, o altro analogo e compatibile con gli standard dei programmi in ambiente Windows relativi ai dati tabellari di ciascuna prova rilevati strumentalmente in automatico o manualmente secondo le specifiche tecniche di esecuzione di ciascuna prova
- scheda di conformità, timbrata e firmata dal Direttore del Laboratorio, che le analisi sono state eseguite secondo le specifiche tecniche indicate nel presente Capitolato per ciascuna determinazione analitica di laboratorio.