

ORIGINALE

C O M U N E     D I     B I B B I E N A

(Provincia di Arezzo)

DELIBERAZIONE DI GIUNTA COMUNALE

N.     23

DEL    31/01/2006

O G G E T T O:

OPCM 3274/2003 PROGRAMMA VERIFICHE TECNICHE E PIANO INTERVENTI EDIFICI STRATEGICI (PALAZZO COMUNALE)

Oggi, 31/01/2006 alle ore 10,00 ed in prosieguo nella sala delle adunanze della sede comunale, si e' riunita la Giunta Comunale.

Presiede la seduta il sig. FERRI Ferruccio, nella sua qualità di Sindaco.

Fatto l'appello nominale risultano presenti ed assenti:


FERRI	Ferruccio	P
PIANTINI	Giuseppe	P
POLVERINI	Silvano	P
LARGHI	Alberto	P
ACCIAI	Gian Maria	P
GIOVANNINI	Alessandro	P

presenti	assenti
6	0

Assiste la dott.ssa Silvia PETRUCCI, nella sua qualità di Segretario comunale incaricato della redazione del verbale.

Il Presidente, constatato il numero legale degli intervenuti, invita i presenti alla trattazione dell'argomento indicato in oggetto.

ESECUZIONE IMMEDIATA     SI

ALLEGATI     

## LA GIUNTA COMUNALE

### **PREMESSO:**

- che la Regione Toscana ormai da anni è impegnata nell'attuazione di una reale politica di riduzione del rischio sismico sul proprio territorio, attraverso tutta una serie di iniziative di prevenzione ed ove necessario di adeguamento da prima poste in essere nelle località maggiormente a rischio;

- che in tale ottica con deliberazione GRT 1209 del 19.10.1998 è stato approvato il programma regionale per la valutazione degli effetti locali (VEL), finalizzato alla realizzazione di indagini geologiche, geofisiche e geotecniche per la caratterizzazione dei terreni in corrispondenza dei maggiori centri urbani e per la valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici scolastici, inizialmente circoscritto alle aree della Garfagnana e della Lunigiana ed a partire dal 2003, con deliberazione GRT n. 1198 del 17.11.2003, esteso anche alla Valtiberina ed al Casentino;

**RICHIAMATA** l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 con la quale, a seguito degli eventi sismici dell'Ottobre 2002 in Molise, sono stati individuati i criteri generali per la nuova classificazione sismica del territorio nazionale e l'aggiornamento della mappa del rischio sismico rispetto alla precedente effettuata nel 1982;

### **PRESO ATTO:**

- che detta ordinanza presenta un contenuto innovativo rispetto alle norme precedenti, in quanto recepisce gli indirizzi della comunità scientifica internazionale ed in particolare gli standard previsti dalla normativa sismica europea, prevedendo la progettazione e la verifica delle opere e delle costruzioni in zona sismica in termini di accelerazioni al suolo;

- che, in tema di verifiche, l'ordinanza ha previsto l'avvio di un'ulteriore azione di riduzione del rischio sismico attraverso la preventiva valutazione di sicurezza degli edifici strategici e di quelli rilevanti in seguito alle conseguenze del collasso, eccezion fatta per quelli progettati secondo le norme vigenti dopo il 1984, da effettuarsi da parte dei proprietari di tali edifici entro il termine di 5 anni;

- che in attesa delle indicazioni generali previste all'art.2 comma 4 dell'OPCM 3274/2003, con deliberazione GRT n. 604 del 16.06.2003, venivano individuate alcune tipologie d'uso rispondenti alle caratteristiche degli edifici ed opere di tipo strategico o rilevanti e, più specificatamente quelli costruiti con le norme sismiche antecedenti al 1984 di proprietà degli Enti locali e destinati:

- all'istruzione (scuole ed edifici funzionale ad essi connessi);
- a sede istituzionale e di governo (sedi Regione, Province, Comunità Montane, Comuni);
- a strutture funzionali alle attività degli Enti locali (uffici tecnici ed amministrativi, autorimesse ed autoparchi, auditorium, ecc.);
- alle sedi strategiche ai fini della protezione civile (sedi COM, COC, CCS, ecc.);
- agli edifici di proprietà delle Aziende Ospedaliere (ospedali, ecc.);

- che tra gli edifici facenti parte del patrimonio di questo Comune, sono risultati rispondenti ai criteri generali di cui sopra quelli di seguito indicati:

- **Palazzo Comunale Bibbiena;**
- **Scuola materna Bibbiena Stazione;**
- **Scuola media Bibbiena;**
- **Officina Comunale Bibbiena;**
- **Centro Infanzia, Adolescenza e Famiglia – Micronido Soci;**
- **Scuola elementare e palestra di Soci;**

- che è di competenza delle Regioni definire, d'intesa con il Dipartimento della Protezione Civile, i programmi temporali di svolgimento delle citate verifiche sulla base delle risorse finanziarie disponibili, la tipologia degli edifici e le indicazioni tecniche da seguire;

**DATO ATTO** che con deliberazione GRT n. 1114 del 27.10.2003 veniva approvato il programma (VVSEeR) per l'avvio delle indagini su edifici strategici e rilevanti, da attuarsi per fasi in relazione alle azioni da produrre, alle risorse economiche disponibili e con identificazione della fase I rivolta

ai Comuni riconosciuti a maggior rischio sismico classificati in zona 2, successivamente esteso anche ai Comuni del Casentino giusta deliberazione GRT n. 1235 del 24.11.2003;

**STABILITO** che presupposto fondamentale ai fini di una corretta ed efficace valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici esistenti, siano essi costruiti in cemento armato o in muratura, è la definizione di un adeguato quadro conoscitivo sulle caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni di fondazione in prossimità degli stessi;

**RICHIAMATA** la precedente deliberazione G.C. n. 293 del 27.12.2005, esecutiva ai sensi di legge, con la quale veniva disposta l'effettuazione, sulla base degli specifici programmi regionali, delle indagini geofisiche di superficie, geotecniche e geofisiche in foro riferite agli edifici strategici e rilevanti del Comune di Bibbiena non ancora sottoposti a tali studi nell'ambito di precedenti campagne geologiche;

**PRESO ATTO:**

- che relativamente al palazzo comunale è prevista l'esecuzione delle seguenti prove ed indagini:

- n. 1 prospezione sismica superficiale a rifrazione con onde P e SH di lunghezza 120 mt.;
- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo fino ad una profondità indicativa di 30 mt. con esecuzione di n. 6 prove SPT e prelievo di n. 2 campioni indisturbati di terreno;
- n. 1 prospezione sismica in foro con tecnica down-hole con onde P e SH;

- che a completamento del quadro conoscitivo per la corretta valutazione degli effetti sismici sull'area e per l'eventuale progettazione di interventi di adeguamento sugli edifici, si rende necessario ricavare i parametri geotecnici relativi ai terreni interessati attraverso l'esecuzione di specifiche prove di laboratorio sui campioni prelevati in sede di sondaggio;

**VISTO** a tal proposito il programma riguardante le analisi di tipo statico e dinamico sui campioni indisturbati di terreno relativi all'edificio del palazzo comunale da effettuarsi nell'ambito delle verifiche tecniche e del piano degli interventi di adeguamento o miglioramento degli edifici strategici e rilevanti, redatto dal Servizio Sismico Regionale e trasmesso con nota del Prot. 124/0006491/002-011 del 10.01.2006 pervenuta allo scrivente ufficio in data 14.01.2006 ns. prot. 1026 comprendente in dettaglio:

- n. 4 prove statiche (comprendenti di apertura campione, descrizione e fotografia, contenuto d'acqua, peso di volume, peso specifico dei grani, granulometria per vagliatura, granulometria per sedimentazione e limiti di atterberg) di n. 2 campioni indisturbati prelevati;
- n. 1 prova dinamica di n. 2 campioni indisturbati prelevati;

**DATO ATTO:**

- che dalla stima preliminare dei costi delle citate analisi, redatta dai referenti scientifici della Regione, emerge una spesa complessiva pari ad € 2.419,20 IVA compresa;

**STABILITO**, ai fini del finanziamento delle somme nel loro complesso occorrenti, che nella fattispecie trattasi di operazione con costi a totale carico della Regione Toscana e che pertanto in conseguenza del presente atto non vi saranno spese a carico dell'Amministrazione Comunale;

**RICHIAMATA** a tal proposito la deliberazione di GRT n. 477 del 29.03.2005 che approva il prospetto di attribuzione dei finanziamenti previsti dall'art. 32-bis del D.L. n. 269/2003 convertito con modificazioni dalla Legge 326/2003 relativi all'anno 2004 stanziati con Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3362 del 08.07.2004, con assegnazione a questo Comune di complessivi € 133.320,00 di cui € 41.880,00 specificatamente riferiti alle prove ed indagini relative al palazzo comunale;

**EVIDENZIATO** che l'erogazione dei citati contributi in conto capitale è subordinata al preventivo affidamento delle prestazioni alle Ditte esecutrici ed alla comunicazione dell'effettivo fabbisogno da effettuarsi secondo i tempi e le procedure previsti nell'Ordinanza;

**CONSIDERATO** che la presente deliberazione riveste carattere d'urgenza, stante la necessità di dare corso alle procedure per l'affidamento delle analisi di che trattasi e di trasmettere ai competenti uffici regionali nei termini assegnati il prospetto riepilogativo di spesa effettivo per lo svincolo del contributo statale e che pertanto l'atto in questione può essere dichiarato immediatamente eseguibile, ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 134 comma 4 del D.Lgs. 18.08.2000 n. 267;

**ACCERTATO** che in fase istruttoria sono stati espressi i pareri di regolarità tecnica e contabile ai sensi dell' art. 49 comma 1 del D.Lgs. 18.08.2000 n. 267, pareri allegati;

**CON VOTAZIONE UNANIME FAVOREVOLE ESPRESSA IN FORMA PALESE**

### **DELIBERA**

1. di prendere atto del programma preliminare inerente le analisi di laboratorio di tipo statico e dinamico da eseguirsi sui campioni indisturbati di terreno relativi al palazzo comunale nell'ambito delle verifiche tecniche e del piano degli interventi di adeguamento o miglioramento degli edifici strategici e rilevanti redatto dal Servizio Sismico Regionale ed allegati in copia alla presente comprendente in dettaglio:
  - n. 4 prove statiche (comprehensive di apertura campione, descrizione e fotografia, contenuto d'acqua, peso di volume, peso specifico dei grani, granulometria per vagliatura, granulometria per sedimentazione e limiti di atterberg) di n. 2 campioni indisturbati prelevati;
  - n. 1 prova dinamica di n. 2 campioni indisturbati prelevati;
2. di dare atto che dalla stima preliminare dei costi delle citate analisi, redatta dai referenti scientifici della Regione, emerge una spesa complessiva pari ad € 2.419,20 IVA compresa;
3. di stabilire, ai fini del finanziamento delle somme nel loro complesso occorrenti, che nella fattispecie trattasi di operazione con costi a totale carico della Regione Toscana e che alla spesa sarà fatto fronte con i fondi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3362 del 08.07.2004 specificatamente riferiti all'edificio interessato;
4. di prender atto che i finanziamenti statali previsti dall'art. 32-bis del D.L. n. 269/2003 convertito con modificazioni dalla Legge 326/2003 relativi all'anno 2004 stanziati dall'OPCM 3362/2004, saranno erogati subordinatamente all'affidamento delle prestazioni alle Ditte esecutrici;
5. di nominare l'Ing. Guido Rossi Funzionario Tecnico del Comune di Bibbiena, ai sensi della Legge 07.08.1990 n. 241 quale Responsabile del Procedimento di attuazione di quanto nella presente previsto;
6. di demandare al Responsabile del Servizio Lavori Pubblici ogni adempimento successivo all'adozione del presente atto ivi incluso quelli inerenti la procedura di scelta del contraente;
7. di dichiarare la presente deliberazione, con successiva e unanime votazione, immediatamente eseguibile data l'urgenza, ai sensi dell'art. 134 comma 4 del D.Lgs. 267 del 18/08/2000, disponendo altresì ai Capogruppo consiliari di Maggioranza lista "DS" - "SDI" e "PDCI", nonché ai Capigruppo consiliari di Minoranza trasmissione di copia della presente, e agli altri Capigruppo di Maggioranza trasmissione in elenco della presente ai sensi dell'art.125 dello stesso D.L.gs/2000

-----  
Gr/mm



# COMUNE DI BIBBIENA

(Provincia di Arezzo)  
Servizio

LAVORI PUBBLICI – PROTEZIONE CIVILE

## OGGETTO DELLA DELIBERAZIONE

O.P.C.M. 3274/2003 – DELIBERAZIONE GRT 1114/2003 – PROGRAMMA TEMPORALE DELLE VERIFICHE TECNICHE E PIANO DEGLI INTERVENTI DI ADEGUAMENTO O MIGLIORAMENTO DEGLI EDIFICI STRATEGICI E RILEVANTI (PALAZZO COMUNALE): PRESA D'ATTO PROGRAMMA PRELIMINARE DELLE ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO DI TIPO STATICO E DINAMICO SU CAMPIONI INDISTURBATI DI TERRENO.

### PARERE DI REGOLARITA' TECNICA

Il Responsabile del servizio interessato, ai sensi dell'art. 49, comma primo, del Decreto Legislativo 18/08/2000, n. 267, per quanto concerne la regolarità tecnica, esprime parere:

FAVOREVOLE


Bibbiena, 31.01.2006

**IL RESPONSABILE DEL SERVIZIO**  
(Ing. Guido Rossi)

### PARERE DI REGOLARITA' CONTABILE

Il Responsabile del servizio Finanziario, preso atto che la sopra indicata proposta di deliberazione comporta impegno di spesa o diminuzione di entrata, ai sensi dell'art. 49, comma primo, del Decreto Legislativo 18/08/2000, n. 267, per quanto concerne la regolarità contabile, esprime parere:

FAVOREVOLE


Bibbiena, 31.01.2006

**IL RESPONSABILE DI RAGIONERIA**

Allegato \_\_\_\_\_ ) alla deliberazione N° 23 del 31.01.06



IL SEGRETARIO GENERALE  
*Dr.ssa Silvia Petrucci*

**PROGRAMMA PRELIMINARE DI INDAGINE  
ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO DI TIPO STATICO E  
DINAMICO SU CAMPIONI INDISTURBATI DI TERRENO  
-COMUNE DI BIBBIENA-**

Tabella 1:

COMUNE DI BIBBIENA:

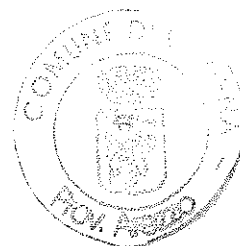
• PALAZZO COMUNALE sondaggio S14 – campione C1 e campione C2

Descrizione	Prezzo unitario (euro)	Numero prove	Prezzo totale (euro)
Apertura, descrizione geotecnica e fotografia di campione indisturbato con esecuzione di pocket e vane	20,00	2	40,00
Contenuto d'acqua	10,00	2	20,00
Peso di volume	10,00	2	20,00
Peso specifico dei grani	47,00	2	94,00
Granulometria per vagliatura	40,00	2	80,00
Granulometria per sedimentazione	60,00	2	120,00
Limiti di Atterberg	55,00	2	110,00
Prova edometrica a incrementi di carico o CRS	235,00	1	235,00
Prova di taglio diretto (per ogni provino)	136,00	3	408,00
Preparazione del campione ricostruito per prova di taglio diretto	40,00		0,00
Triassiale UU (D=38 mm) per ogni provino	94,00		0,00
Triassiale CIU (D=38 mm) per ogni provino	201,00		0,00
Triassiale CID (38 mm) per ogni provino	269,00		0,00
Prova di Colonna Risonante per ogni provino	539,00	1	539,00
Prova di Taglio Torsionale per ogni provino	539,00		0,00
Prova di Taglio Torsionale eseguita sul medesimo provino utilizzato per la Colonna Risonante, per ogni provino	200,00		0,00
Prova triassiale ciclica	826,00		0,00
Misura delle Vp e Vs durante la prova triassiale ciclica	30,00		0,00
Prova in cella triassiale con misura locale della deformazione	1.200,00		0,00
Relazione tecnica (comprensiva delle prove svolte su tutto il Comune)	350,00 (da 1 a 5 campioni) 800,00 (da 5 a 20) 1000,00 (superiore a 20)	1	350,00
TOTALE PARZIALE			2.016,00
I.V.A. (20%)			403,2
<b>TOTALE</b>			<b>2.419,20</b>

ALL.2

Allegato \_\_\_\_\_ alla deliberazione N. 23 del 31-01-06

IL SEGRETARIO GENERALE  
Dr.ssa Silvia Petrucci



**CAPITOLATO ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO DI TIPO  
STATICO E DINAMICO SU CAMPIONI INDISTURBATI DI TERRENO  
-COMUNE DI BIBBIENA-**





**CAPITOLATO PER L'ESECUZIONE DI ANALISI DI  
LABORATORIO DI TIPO STATICO E DINAMICO SU  
CAMPIONI INDISTURBATI DI TERRENO**

**COMUNE DI  
BIBBIENA**

**FOGLIO PREZZI PATTI E CONDIZIONI**

**ART. 1 -OGGETTO DELL'APPALTO**

L'appalto ha per oggetto l'esecuzione di analisi di laboratorio di tipo statico e dinamico su campioni indisturbati di terreno delle seguenti prove:

- a) n. 4 prove statiche di laboratorio (comprehensive di apertura campione, descrizione e fotografia, contenuto d'acqua, peso di volume, peso specifico dei grani, granulometria per vagliatura, granulometria per sedimentazione e limiti di atterberg) di n.2 campioni indisturbati prelevati;
- b) n.1 prove dinamiche di laboratorio di n.2 campioni indisturbati prelevati;
- c) n.1 relazione tecnica complessiva delle prove svolte e suddivisa in fascicoli per ogni singolo sondaggio.

L'importo massimo complessivo dell'appalto, onnicomprensivo di tutte le prestazioni richieste, è stimato in Euro 2016,00 più IVA.

Tali importi, soggetti al ribasso d'asta, concorrono esclusivamente ai fini dell'aggiudicazione, non sono pertanto vincolanti per l'Amministrazione e potranno subire variazioni, in aumento o diminuzione per effetto di variazioni nelle rispettive quantità e ciò tanto in via assoluta quanto nelle reciproche proporzioni.

Il corrispettivo di aggiudicazione sarà quello della offerta prescelta e sono escluse offerte in aumento rispetto all'importo massimo d'appalto.

**ART. 2 – CARATTERISTICHE TECNICHE E MODALITA' DI ESECUZIONE**

Il programma dettagliato delle prove di laboratorio da eseguire sono indicati nel Programma preliminare delle attività (Allegato 1).

Tutti i servizi previsti dovranno essere condotti con le modalità, le metodologie e con la strumentazione descritta nelle Istruzioni Tecniche per le prove di laboratorio statiche e dinamiche finalizzate alla valutazione degli effetti locali delle aree produttive dei comuni classificati sismici della Toscana, predisposte a cura della Regione Toscana ed allegate per la parte di competenza al presente capitolato (Allegato 2A).

Si precisa che, come meglio specificato nelle Istruzioni Tecniche (All2A - par. 1.2), dopo l'apertura dei campioni l'Appaltatore incaricato non potrà trasferire presso altri laboratori di

analisi né spezzoni di carota, né provini di terreno al fine di mantenere pressochè intatta la classe di utilizzabilità del campione.

L'elaborazione dei dati e la modalità di presentazione dei risultati acquisiti dovrà essere realizzata secondo quanto stabilito nell'Estratto Istruzioni Tecniche allegato (Allegato 2A – Appendice B.1).

### **ART. 3 - OBBLIGHI GENERALI E PARTICOLARI DELL'APPALTATORE**

L'appaltatore (laboratorio) è tenuto contrattualmente all'esatta osservanza di tutte le disposizioni generali e particolari stabilite dalle vigenti disposizioni legislative e regolamentari in materia di prevenzione degli infortuni sul lavoro e di tutte le altre disposizioni in materia di rapporti di lavoro.

E' fatto divieto all'appaltatore, pena la decadenza del contratto di cedere o subappaltare in tutto o in parte le indagini aggiudicatogli. Il Comune (appaltante) procederà ad una verifica delle posizioni di lavoro e contribuzione dei lavoratori

### **ART. 4 - ONERI A CARICO DELL'APPALTATORE**

Oltre a tutte le spese obbligatorie previste per legge ed a quanto specificato nel presente capitolato-contratto, sono a carico dell'Appaltatore tutti gli oneri di seguito indicati, che si intendono compensati nei prezzi dei lavori e servizi:

- a) le spese per l'adozione di tutti i provvedimenti e di tutte le cautele necessarie per garantire la vita e l'incolumità alle persone addette ai lavori. Ogni responsabilità ricadrà pertanto sull'Appaltatore con pieno sollievo dell'Amministrazione appaltante

### **ART. 5 - ONERI DIVERSI A CARICO DELL'APPALTANTE**

L'appaltante si impegnerà a non chiedere le spese per i diritti di segreteria, di registrazione del contratto, etc.

### **ART. 7 - CONSEGNA DEI LAVORI - TEMPO UTILE - PENALE PER IL RITARDO**

I lavori dovranno avere inizio entro 10 giorni dalla data di arrivo dei campioni presso il laboratorio di analisi ed essere realizzati e conclusi entro 60 giorni dalla data di inizio. Per ogni giorno di ritardo al compimento delle indagini oltre il termine sopra stabilito, l'Appaltatore sarà tenuto a pagare una somma pecuniaria di € 50,00 = (cinquanta,00). A tale scopo il laboratorio dovrà dichiarare espressamente la propria disponibilità ad iniziare i lavori dall'avvenuta aggiudicazione ed a concluderli entro il..... Eventuali rinvii della conclusione dei lavori devono essere assentiti dall'Amministrazione appaltante in relazione alle motivazioni addotte dal Laboratorio.

## **ART. 8 - PAGAMENTI E PRESENTAZIONE DEI RISULTATI**

Il pagamento sarà effettuato a conclusione dei lavori in una unica rata.

Al termine dei lavori, entro la durata massima indicata l'Appaltatore presenterà i risultati delle prove concluse complete di tutta la documentazione tecnica relativa e redatta secondo i requisiti e le modalità indicate nelle Istruzioni Tecniche Regionali. La documentazione consegnata comprensiva dei certificati di prove di laboratorio e della relazione descrittiva dovrà essere organizzata in più fascicoli suddivisi per sondaggio, e dovrà essere redatta in triplice copia sia su supporto cartaceo che su supporto magnetico (cd-rom), sarà cura del laboratorio trasmettere n.1 copia all' Ente appaltante e n.2 copie alla Regione Toscana – Servizio Sismico. La definizione esatta delle quantità e delle tipologie delle prove svolte, sarà opportunamente descritta nella relazione tecnica finale che l'Appaltatore consegnerà all'Amministrazione Appaltante e sulla base della quale sarà calcolato l'importo da liquidare al laboratorio appaltatore.

## **ART. 9 - AGGIUDICAZIONE - ELENCO PREZZI**

Le indagini saranno appaltate dall' Ente mediante le procedure di aggiudicazione che riterrà più opportune. Si sottolinea che l'esigenza di dover rispettare gli standard di qualità e le procedure tecniche indicate nelle Istruzioni Tecniche regionali, prefigura di valutare l'offerta con un ribasso massimo del 10 %.

L'Impresa potrà effettuare dei ribassi superiori al 10% ma tale riduzione dei costi da parte dell'Impresa, dovrà essere chiaramente motivata (nel caso sia inferiore al 10%) e comunque non dovrà mai compromettere la qualità dei risultati delle indagini svolte.

I lavori saranno valutati a misura in base ai prezzi unitari di seguito offerti e l'importo degli stessi non potrà superare la somma di 2.016,00 + I.V.A.

L'elenco dei prezzi per la valutazione dei costi per le indagini è su base regionale, in relazione all'attività VEL (Garfagnana, Lunigiana, Valtiberina, Casentino, Mugello e Amiata), per cui le singole voci sono valutate su ampia scala e non sono mediate. I relativi prezzi di riferimento sono stati indicati come tetto massimo su base regionale.

ELENCO  
PREZZI UNITARI  
PROVE DI  
LABORATORIO

ELENCO PREZZI UNITARI- PROVE DI LABORATORIO

I.V.A. 20% esclusa

Descrizione	Prezzo unitario (euro)	Numero prove	Prezzo totale (euro)
Apertura, descrizione geotecnica e fotografia di campione indisturbato con esecuzione di pocket e vane	20,00		
Contenuto d'acqua	10,00		
Peso di volume	10,00		
Peso specifico dei grani	47,00		
Granulometria per vagliatura	40,00		
Granulometria per sedimentazione	60,00		
Limiti di Atterberg	55,00		
Prova edometrica a incrementi di carico o CRS	235,00		
Prova di taglio diretto (per ogni provino)	136,00		
Preparazione del campione ricostruito per prova di taglio diretto	40,00		
Triassiale UU (D=38 mm) per ogni provino	94,00		
Triassiale CIU (D=38 mm) per ogni provino	201,00		
Triassiale CID (38 mm) per ogni provino	269,00		
Prova di Colonna Risonante per ogni provino	539,00		
Prova di Taglio Torsionale per ogni provino	539,00		
Prova di Taglio Torsionale eseguita sul medesimo provino utilizzato per la Colonna Risonante, per ogni provino	200,00		
Prova triassiale ciclica	826,00		
Misura delle Vp e Vs durante la prova triassiale ciclica	30,00		
Prova in cella triassiale con misura locale della deformazione	1.200,00		
Relazione tecnica (comprensiva delle prove svolte su tutto il Comune)	350,00 (da 1 a 5 campioni) 800,00 (da 5 a 20) 1000,00 (superiore a 20)		
TOTALE PARZIALE			

REGIONE TOSCANA

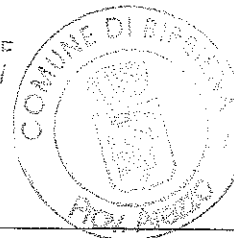
ALLEGATO 2A



Giunta Regionale

Allegato \_\_\_\_\_) alla deliberazione N. 23 del 31-01-06

IL SEGRETARIO GENERALE  
*Dr.ssa Silvia Petrucci*



## CAPITOLATO D'APPALTO

**Estratto istruzioni tecniche per le prove statiche e dinamiche  
di laboratorio finalizzate alla valutazione degli effetti locali nei  
Comuni classificati sismici della Regione Toscana**

DIREZIONE GENERALE  
POLITICHE TERRITORIALI E AMBIENTALI

Settore Servizio Sismico Regionale

DICEMBRE 2005

**PROVE DI LABORATORIO  
STATICHE E DINAMICHE**

---

## 1.0. PROVE DI LABORATORIO

### 1.1. PREMESSA

Nella scelta e nella programmazione delle prove di laboratorio da eseguire in un determinato sito deve essere tenuto sempre presente quale siano gli obiettivi.

L'obiettivo prioritario è quello di poter avere tutte le informazioni per poter effettuare una scelta corretta delle prove da eseguire sui campioni indisturbati in relazione alla tipologia di terreno presente e al grado di disturbo, ma soprattutto in relazione alle finalità del progetto (valutazione effetti locali su un'area, interventi di progettazione edifici...).

Il livello minimo delle prove da eseguire dovrebbe essere quello di poter eseguire oltre alle granulometrie anche la prova di taglio diretta. Per quest'ultima occorre un provino in buone condizioni. Da questa prova è possibile ottenere tutti i parametri di resistenza al taglio, sia di picco che residuo e inoltre poter determinare l'angolo di attrito a volume costante.

Tuttavia dove possibile (ossia dove il materiale è ancora più integro) è sempre preferibile effettuare prove triassiali, in quanto più complete, perché permettono di controllare l'aumento di volume in relazione alla possibilità di consolidare il provino e controllare il drenaggio.

Inoltre da considerare anche che mentre nella prova di taglio diretto i tre provini hanno dimensioni ridotte (sono di dimensioni quadrate altezza 2cm e diametro circa 60mm) e quindi è possibile ricavare più provini da una sola fustella; la prova triassiale richiede sempre 3 provini (a volte anche 2) ma con dimensioni più elevate (quasi il doppio – diametro 50mm e altezza 10-12cm).

Un'altra tipologia di prova differente dalle precedenti in quanto a risultati ottenuti è la prova edometrica. Anche questa dovrebbe essere sempre preferita in quanto fornisce informazioni complete sulla storia tensionale del deposito prima del prelievo. Quindi per esempio permette di capire se un terreno è sovraconsolidato o meno e capire quindi quale può essere il percorso a rottura o la capacità portante dello stesso. Inoltre fornisce tutte le informazioni sulla consolidazione del terreno in modo da poter valutare gli eventuali cedimenti.

Naturalmente il terreno per questo tipo di prova deve essere completamente integro (indisturbato). Il provino da utilizzare è abbastanza limitato come dimensioni.

Tutte queste sono prove considerate di tipo statico e permettono di ricavare sia i parametri di resistenza al taglio e i parametri di deformabilità del terreno. Sono prove da realizzare qualora si intervenga in un'attività di progettazione antisismica e devono essere previste nei campioni più superficiali del terreno (in generale entro 10-15m del terreno di fondazione).

Nella scelta della prova occorre valutare anche, oltre a quanto già detto, il tipo di intervento progettuale da realizzare. Infatti se deve essere realizzato un progetto di ampliamento, adeguamento sismico, verifiche sismiche su edifici esistenti allora sono da preferire prioritariamente i parametri di resistenza al taglio rispetto a quelli edometrici in modo da poter determinare e verificare la capacità portante del terreno.

Se invece si tratta di nuove costruzioni il discorso è diverso e più ampio. Entrano in gioco tutti i parametri di cui sopra.

Per quanto riguarda invece tutte le prove dinamiche, per la scelta bisogna aver chiari quali sono gli obiettivi. Normalmente tali risultati possono essere usati sia per modellazioni monodimensionali su singoli siti (edifici strategici) o su vaste aree (anche modellazioni bidimensionali). Pertanto è opportuno fornire nella maniera più corretta possibile la curva G- $\gamma$  e la curva D- $\gamma$ . Questo deve essere valutato anche in relazione alla tipologia di terremoto atteso (magnitudo) e alla eventuale durata.

Vi sono sostanzialmente due tipologie di prove: colonna risonante + taglio torsionale ciclico e le prove triassiali.

Le prime tipologie di prove sono sostanzialmente simili, cioè permettono di ricostruire la curva D e G a piccole e medie deformazioni (tutto il plateau fino alla prima variazione di pendenza).

Per le piccolissime deformazioni è opportuno ricavare tali valori dalle misure in situ ( $G_0$  e  $D_0$ ).

Le seconde tipologie di prove (triassiali cicliche e triassiali con misure locali delle deformazioni) sono da preferire sempre perché a differenza delle precedenti permettono di ricostruire la curva del modulo di taglio G in maniera completa e più rappresentativa sia per le piccole deformazioni sia per le grandi deformazioni arrivando anche fino a rottura.

Inoltre con tali prove è possibile ottenere ulteriori informazioni circa la verifica della sovrappressione interstiziale e le verifiche a liquefazione (triassiale ciclica) e la storia tensionale del materiale e i parametri di taglio. L'unico aspetto negativo di tali prove consiste nell'impossibilità di ricavare la curva del Damping Factor. Pertanto sotto questo aspetto è necessario combinare queste prove con quelle precedenti.

Un altro aspetto da valutare nella scelta è la possibilità di tener conto, nella prova in cella triassiale con misure locali della deformazione, dell'anisotropia del terreno durante la fase di consolidazione mediante il controllo del  $K_0$ . Pertanto rappresenta più realisticamente la situazione reale. Da questo punto di vista la CR e il Taglio torsionale vengono realizzati previa consolidazione isotropa.

La scelta tra la prova triassiale ciclica e quella con misure locali della deformazione è legata al fatto che entrambi possono portare il provino a rottura, ma mentre la prima prevede un percorso tensionale ciclico portando il provino a rottura dopo numerosi cicli in cui il terreno è sollecitato (rappresenta meglio un materiale già precedentemente sollecitato), il secondo arriva direttamente a rottura senza effettuare cicli di carico-scarico.

## 1.2. TIPOLOGIE DI PROVE

Per tutte le prove di laboratorio, l'Impresa esecutrice dovrà obbligatoriamente indicare, sia sulle fustelle, sia sui sacchetti per prove SPT, le seguenti informazioni:

- committente
- località prelievo
- tipo di campione (sigla)
- n° sondaggio
- n° campione
- profondità di prelievo e tratto di terreno campionato (evidenziando in tal modo le differenze tra lo spessore di terreno prelevato e la lunghezza della fustella).

Si precisa che, dopo l'apertura dei campioni il laboratorio di analisi non potrà trasferire presso altri laboratori di analisi né spezzoni di carota, né provini di terreno al fine di mantenere pressoché intatta la classe di utilizzabilità del campione.

Le prove di laboratorio sono distinte in due categorie:

- prove convenzionali;
- prove finalizzate alle analisi di risposta sismica

Le prove di laboratorio convenzionali hanno lo scopo di:

- classificare e identificare i materiali (prove di classificazione: CLASS);
- determinare la storia tensionale e lo stato tensionale iniziale del deposito (Edometrie: ED);
- determinare i parametri di comprimibilità e permeabilità (Edometrie: ED)



- determinare i parametri di resistenza e la resistenza al taglio non drenata (triassiali convenzionali TX e taglio diretto TD)

Le prove finalizzate alle analisi di risposta sismica hanno essenzialmente lo scopo di determinare le caratteristiche di deformabilità e smorzamento dei terreni.

## 2.0. PROVE CONVENZIONALI

### 2.1. CLASSIFICAZIONE

Per l'esecuzione di tali prove si farà riferimento alle norme e raccomandazioni di seguito citate AGI 1994, ASTM D4318-00, D2487-00, C136-01, D1140-00, D2217-85, D422-63, D 2974 – 87, D4648-00, D2216-98, D854-02, CNR UNI 10010/64, CNR UNI 10013/64, CNR UNI 10014/64.

Si ritiene opportuno, per una completa classificazione procedere alle seguenti determinazioni:

- descrizione del campione (informazioni sul tipo di campionatore e sulle condizioni del campione. Nel caso di campioni indisturbati allegare foto con colorimetro dopo averlo scortecciato e misure con torvane o pocket penetrometer). Nella relazione tecnica andranno indicati ogni osservazione sulla fustella (indicare la classe del campionatore, specificando inoltre la qualità del tubo campionatore e del tagliente) e sul campione di terreno (classe del campione, specificando quindi il grado di disturbo, eventuale rammollimento e probabili cause).
- contenuto naturale in acqua;
- peso di volume;
- peso unitario secco (o densità secca);
- peso specifico del solido;
- granulometria-aerometria;
- limiti di Atterberg;
- contenuto dei carbonati;
- sostanze organiche

L'analisi granulometrica è l'insieme di quelle operazioni occorrenti per determinare la distribuzione percentuale, per massa, dei grani secondo le loro dimensioni.

Per il trattenuto al setaccio 200 ASTM si opererà per vagliatura meccanica a secco o per via umida. La frazione fine passante al suddetto setaccio sarà analizzata per sedimentazione o mediante aerometria.

Oltre alla curva granulometrica ed alla classificazione in accordo alle raccomandazioni AGI verranno forniti i seguenti valori:

$d_{max}$  = diametro massimo dei grani

$d_{50}$  = diametro medio dei grani

$U_c = d_{60} / d_{10}$  = coefficiente di uniformità

$C_c = d_{30}^2 / (d_{60} \cdot d_{10})$  = coefficiente di curvatura

Per ciò che attiene ai limiti di Atterberg oltre ai valori dei limiti liquido e plastico andranno fornite le singole determinazioni, e, per il limite liquido il grafico delle misure sperimentali (contenuto d'acqua – numero colpi).

Per le altre grandezze andranno indicati i valori determinati associati al prelievo per cui le

determinazioni sono state eseguite.

## 2.2 EDOMETRIA

Lo scopo di tale prova è quello di determinare sia i parametri di deformabilità e compressibilità ed i coefficienti di consolidazione primaria ( $C_v$ ) e secondaria ( $C_\alpha$ ), sia la storia tensionale del deposito stiamando la tensione di preconsolidazione e quindi il grado di sovraconsolidazione (OCR). Nel caso di prove edometriche in edometri strumentati per la misura di  $K_0$  è possibile tentare la misura diretta dello sforzo orizzontale.

La prova consiste nel comprimere un elemento di terreno di forma cilindrica con diametro pari a circa 2.5 l'altezza racchiuso all'interno di un anello rigido e pertanto lateralmente confinato ed impedito nelle deformazioni laterali. La compressione avviene applicando un carico verticale al provino in modo continuo o a gradini. Nel primo caso si avranno prove edometriche continue a velocità di spostamento costante, nel secondo caso prove ad incremento di carico.

Le prove a incremento di carico vengono eseguite con progressione geometrica dello sforzo verticale imposto ( $\Delta\sigma_v / \sigma_v = 1$ ) e mantenimento di ciascun gradino di carico per 24 ore, salvo diverse indicazioni.

Le misure delle deformazioni verticali andranno eseguite ai tempi indicati nelle raccomandazioni AGI e nelle norme menzionate.

Si suggerisce di misurare gli spostamenti verticali con LVDT aventi corsa pari a 2.5 mm e precisione pari a 0.1% FSO.

Nei risultati di prova occorrerà indicare:

- Cantiere, sondaggio, profondità e data di esecuzione
- Peso umido iniziale e finale
- Peso secco
- Altezza iniziale e finale
- Diametro
- Peso specifico dei grani
- Indice dei vuoti iniziale
- Grado di saturazione
- Peso di volume e contenuto d'acqua iniziale e finale
- Peso di volume secco
- Tabelle e grafici relativi alle seguenti grandezze (sforzi verticali, deformazioni verticali al t100, indice dei vuoti al t100, modulo edometrico,  $C_v, C_{\alpha e}, K$ );
- Diagrammi cedimenti-tempo per ogni gradino di carico. Di norma il tempo sarà riportato in scala logaritmica, salvo diverse indicazioni.

In alternativa alle prove ad incremento di carico è possibile eseguire prove edometriche a velocità di deformazione costante che consentono un notevole risparmio di tempo. Per le modalità di prova si rimanda alle indicazioni contenute nella norma ASTM D4186-89.

Infine vi sono anche prove edometriche con edometri strumentati per la misura della tensione orizzontale. La misura avviene mediante uno speciale anello di contenimento del provino. L'anello, strumentato con estensimetri compensatori, è confinato da una cella anulare pressurizzata ad olio.

All'applicazione del carico verticale, il provino genera tensioni orizzontali che sono compensate dalla pressione della cella anulare,  $\sigma_h$ . La pressione è governata da una pompa idraulica che ne regola l'entità in maniera tale da impedire le deformazioni radiali (gli estensimetri devono mantenere lo zero di partenza).

Questa apparecchiatura consente di misurare il rapporto  $K_0 = \sigma'_h / \sigma'_v$  durante tutto il corso della prova sia in fase di carico che di scarico.

### 2.3. TRIASSIALI CONVENZIONALI

Le prove triassiali convenzionali hanno lo scopo di determinare i parametri di resistenza al taglio o la resistenza al taglio non drenata.

#### 2.3.1. Prova di compressione monoassiale

Questa prova viene impiegata nel caso delle rocce utilizzando presse convenzionali. Le raccomandazioni ISRM forniscono indicazioni a riguardo di:

- forma e dimensione del provino
- estremità del provino e dei piatti della pressa
- velocità di carico
- precisione nelle misure della deformazione e dello sforzo ed intervalli di misura.

Le prove triassiali convenzionali andranno eseguite secondo le raccomandazioni AGI e le apposite norme ASTM già citate. Si assume che il percorso di sollecitazione a rottura sia di tipo per compressione per carico con sforzo laterale totale costante. Tuttavia è possibile seguire differenti percorsi di sollecitazione in relazione al problema in esame. Le condizioni di prova di seguito riportate si riferiscono alla compressione per carico. Le indicazioni relative alla presentazione dei risultati sono di carattere generale.

I provini cilindrici di terra dovranno essere confezionati in maniera tale che il diametro non sia inferiore a *38,1 mm* e l'altezza di 2 - 2,5 volte il diametro.

La prova completa dovrà essere eseguita su almeno due provini per ogni campione.

Le prove potranno essere del tipo:

- Non Consolidata - Non Drenata : il provino è inizialmente soggetto ad una compressione isotropa non drenata e successivamente viene portato a rottura in compressione per carico (aumento delle tensione verticale) sempre in condizioni non drenate;
- Consolidata - Non Drenata : il provino viene inizialmente consolidato isotropicamente e viene poi portato a rottura in compressione per carico in condizioni non drenate;
- Consolidata - Drenata : il provino viene inizialmente consolidato isotropicamente o anisotropicamente e viene poi portato a rottura in compressione per carico in condizioni drenate.

La condizione non drenata viene realizzata impedendo il drenaggio. La velocità di applicazione del carico deve consentire l'equalizzazione delle sovrappressioni interstiziali (convenzionalmente si adotta una velocità di deformazione pari a 1mm/min). La condizione drenata viene realizzata con drenaggio aperto adottando una velocità di applicazione del carico sufficientemente bassa in modo

da lasciar dissipare la sovrappressione interstiziale. Il tempo per l'esecuzione di tale tipo di prova dovrà essere ricavato in relazione all'altezza del provino, al coefficiente di consolidazione e ad un coefficiente adimensionale, funzione delle condizioni di drenaggio del provino.

La rottura in condizioni di compressione per carico la si realizza mantenendo costante la pressione di contenimento esercitata idraulicamente in cella, mentre si dovrà aumentare progressivamente la pressione verticale sino alla rottura del provino stesso. La prova dovrà essere eseguita a velocità di deformazione costante.

Una volta completata la prova dovrà essere fornito:

per la prova Consolidata – Drenata

- diagramma  $q - \varepsilon_a$  (sforzo deviatorico  $\sigma_1 - \sigma_3$  in funzione della deformazione assiale);
- diagramma  $\varepsilon_v - \varepsilon_a$  (deformazione volumetrica in funzione della deformazione assiale);
- diagramma t-s' (percorso delle sollecitazioni efficaci);

per la prova Consolidata - Non Drenata

- diagramma  $q - \varepsilon_a$ ;
- diagramma  $\Delta u - \varepsilon_a$  (sovrappressione interstiziale in funzione della deformazione assiale);
- diagramma t-s';

per la prova Non Consolidata - Non Drenata

- diagramma  $q - \varepsilon_a$ ;
- diagramma  $\Delta u - \varepsilon_a$ ;
- diagramma t-s';

## 2.4. TAGLIO DIRETTO

Le prove di taglio diretto hanno lo scopo di determinare i parametri di resistenza al taglio di picco e residua. Sono prove di tipo drenato che si possono eseguire su terreni sciolti o rocce utilizzando opportune apparecchiature. La forma del provino è di norma cilindrica con diametro pari a 2.5 l'altezza. Forme diverse si possono avere soprattutto nel caso di prove di taglio in roccia. La prova di taglio diretto consiste in generale nell'imporre la rottura per scorrimento lungo un piano prefissato. Di norma questo è realizzato in laboratorio utilizzando una scatola di taglio quadrata (circa 60mm x 60mm) divisa in due metà tali che si possa realizzare lo scorrimento relativo di una metà rispetto all'altra con un piano di rottura orizzontale.

Le prove vanno eseguite su almeno tre diversi provini dello stesso materiale consolidati a differenti pressioni in condizioni confinate o Ko. Il livello delle tensioni di consolidazione andrà stabilito in relazione al problema in esame e sarà applicato mediante l'imposizione di un carico verticale diretto (N) o agente attraverso un braccio di leva bilanciato. La fase di consolidazione durerà 24 ore. Nel corso di tale fase andranno rilevati gli spostamenti verticali nel tempo al fine di definire la velocità di spostamento da applicare in fase di rottura, che, secondo le raccomandazioni AGI, garantisca la condizione di drenaggio.

Più precisamente, dalla curva assestamenti radice del tempo si determinerà il  $t_{100}$ . Si assume un tempo a rottura  $t_r > 10t_{100}$  ed uno spostamento a rottura ( $\delta_r$ ) funzione del tipo di materiale (argille tenere 8 mm, argille sovraconsolidate 2-5 mm, argille marnose 1-2 mm, sabbie 1-5 mm). La velocità di spostamento in fase di rottura è stabilita in base alla seguente relazione:

$$v = \delta_r / t_r$$

Completata la fase di consolidazione si procederà a quella di taglio imponendo lo scorrimento relativo delle due metà della scatola di taglio a velocità costante pari al valore prefissato. Nel corso della prova occorrerà misurare la forza orizzontale T.

Per ogni provino verrà determinata la curva sforzi di taglio spostamenti orizzontali che consente di individuare la condizioni di picco. Per la determinazione delle condizioni residue si procederà alla ripetizione dei cicli di sollecitazione secondo le raccomandazioni AGI.

La prova viene interpretata assumendo che gli sforzi di taglio e normali agenti sul piano di scorrimento in condizioni di picco rappresentino gli sforzi a rottura sul piano di rottura. Tali sforzi vengono determinati nel seguente modo:

$$\tau = \frac{T}{A} \qquad \sigma = \frac{N}{A}$$

dove: T = Forza orizzontale applicata al provino; N = Forza normale applicata al provino; A = area del provino. L'area del provino è determinata nel seguente modo:

$$A = 2 \cdot R^2 \cdot \left( \frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{s}{2 \cdot R} \right) - s \cdot \sqrt{R^2 - \frac{s^2}{4}} \quad (...)$$

dove:

R: raggio del provino;

s: spostamento tra punti corrispondenti appartenenti alle due superfici (spostamento orizzontale)

---

Si consiglia di misurare la forza T mediante cella di carico e gli spostamenti verticale ed orizzontale mediante LVDT con corsa 2,5 e 10 mm rispettivamente e precisione pari a 0,1 % FSO.

Date due terne (picco e residuo) di valori  $\sigma$  a rottura è possibile definire l'involuppo di picco e quello residuo nel piano di Mohr.

Nel presentare i risultati occorrerà fornire la curva assestamenti tempo della fase di consolidazione, la curva sforzi di taglio spostamenti orizzontali relativa alla fase di taglio, la curva spostamenti verticali spostamenti orizzontali relativa alla fase di taglio ed infine i valori di resistenza di picco e residua di almeno tre provini in tabella e diagrammati nel piano di Mohr. Inoltre andranno riportate le informazioni relative alla località di prelievo, sondaggio, campione, profondità.

### 3.0. PROVE DINAMICHE FINALIZZATE ALLE ANALISI DI RISPOSTA SISMICA

Le prove di laboratorio sono finalizzate alla determinazione dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica. Tali parametri dipendono dal modello di comportamento e quindi dal tipo di analisi che si intende realizzare.

Le analisi di risposta sismica eseguite nell'ambito del progetto VEL sono di norma di tipo lineare-equivalente con geometria 1D e/o 2D. Per questo tipo di analisi è necessario definire le curve  $G-\gamma$  e  $D-\gamma$  e (per geometrie 2D, il coefficiente di Poisson, assunto costante). Solamente nel caso di analisi veramente non-lineari è necessario definire il legame sforzi-deformazioni in carico e scarico. Le prove di seguito specificate consentono di determinare le caratteristiche sforzi-deformazioni di interesse in relazione al metodo di analisi scelto.

E' opportuno che il laboratorio incaricato, per una corretta interpretazione dei risultati, fornisca insieme ad essi anche una relazione in cui vengano specificate le modalità seguite per ottenerli.

Verranno ora riassunte le modalità di esecuzione, le apparecchiature e i campi di applicazione relativamente alle seguenti prove dinamiche di laboratorio:

- prove di colonna risonante e di taglio torsionale ciclico;
- prova triassiale non convenzionale con misura locale delle deformazioni;
- prova triassiale ciclica.

#### 3.1. COLONNA RISONANTE

##### Scopo della prova

La prova di colonna risonante (talora accoppiata alla prova di taglio torsionale ciclico) è una prova di laboratorio che consente di misurare il modulo di taglio e il rapporto di smorzamento in corrispondenza di un intervallo deformativo compreso tra  $10^{-4} \%$   $10^{-1} \%$ , cioè compresa nel campo elastico a fronte di una sollecitazione pulsante ciclica.

La prova è eseguita utilizzando una apparecchiatura del tipo "fixed-free", cioè con la base del provino fissa e la testa libera di ruotare (detta di Stokoe) oppure del tipo "fixed-fixed" (detta di Hardin). Entrambe le apparecchiature impiegano un sistema elettromagnetico per applicare una torsione ciclica al provino.

La prova fornisce quindi:

- la legge di decadimento del modulo di taglio  $G$  con l'ampiezza della deformazione di taglio  $\gamma$  (curve  $G-\gamma$ );
- l'andamento del rapporto di smorzamento  $D$  al variare dell'ampiezza della deformazione di taglio  $\gamma$  (curve  $D-\gamma$ ).

Il principale vantaggio della prova risulta essere l'accuratezza nella misura della rigidità a piccole deformazioni.

##### Condizione di affidabilità della prova

Il provino su cui viene eseguita la prova generalmente del diametro di 50mm e altezza 100mm, deve essere di ottima qualità e avere forma cilindrica piena o cava. La prova è applicabile a terreni

coesivi ed incoerenti confezionati sotto forma di provini cilindrici di diametro compreso fra 38.1 e 71 mm e di altezza pari a 2 volte il diametro.

### Schema della prova

Il sistema di sollecitazione è costituito da una struttura resa solidale alla testa del campione nella quale sono alloggiati dei magneti che, interagendo con delle bobine attraversate da corrente elettrica, trasferiscono al campione una torsione ciclica di frequenza pari al segnale in arrivo.

La prova di colonna risonante consiste nell'applicare, ad una delle estremità del provino di forma cilindrica, mantenendo fissata l'altra, un momento torcente  $M$  che varia nel tempo con legge sinusoidale, del tipo:

$$M = A \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad (B.16)$$

dove  $A$  è l'ampiezza e  $\omega$  la pulsazione legata alla frequenza  $f$  dalla relazione  $\omega = 2\pi f$ .

Fissando l'ampiezza  $A$  della sollecitazione e facendo variare la frequenza  $f$  si determina la frequenza di risonanza. La prova viene eseguita in condizioni non drenate su provini cilindrici pieni o cavi usualmente incastrati alla base imponendo una coppia torcente ciclica (sinusoidale) alla testa del provino.

Il provino deve essere precedentemente consolidato isotropicamente alla pressione verticale geostatica. La saturazione del provino è avvenuta mediante un processo di back-pressurizzazione sino al raggiungimento di valori del parametro  $B$  di Skempton superiori a 0.95.

La prova consiste nel determinare la frequenza di risonanza ( $f_n$ ). Il sistema elettromagnetico è alimentato da un generatore di onde sinusoidali a frequenza variabile. Il segnale elettrico utilizzato per produrre la torsione e quello dell'accelerometro che misura il moto alla testa, sono visualizzati sugli assi X - Y di un oscilloscopio e danno luogo ad una configurazione ellittica quando il campione è in risonanza.

La condizione di risonanza viene ottenuta variando manualmente la frequenza di eccitazione e componendo sull'oscilloscopio la tensione eccitatrice e la risposta dell'accelerometro. La condizione di risonanza è verificata quando i due segnali sono sfasati di  $90^\circ$ . Tale condizione si realizza allorché sull'oscilloscopio si visualizza un'ellisse in posizione perfettamente verticale.

I valori della frequenza di risonanza e dell'accelerazione indotta sono utilizzati per il calcolo del modulo di taglio e delle deformazioni. La curva di decadimento, prodotta interrompendo in risonanza l'eccitazione torsionale, permette di valutare lo smorzamento del materiale espresso come percentuale dello smorzamento critico.

Vengono utilizzati diversi metodi per la determinazione di  $f_n$ . A titolo di esempio si può ricavare  $f_n$  dalla curva di amplificazione ottenuta per un appropriato intervallo di frequenze eccitrici. Nota la frequenza di risonanza, è possibile determinare la velocità di propagazione delle onde di taglio utilizzando la teoria di propagazione delle onde elastiche nelle aste prismatiche. Le equazioni risolventi sono le seguenti:

$$\beta \tan \beta = I_s / I_t \quad (B.17)$$

$$G_{eq} = \rho(2\pi f_n h / \beta)^2 = \rho V_s^2 \quad (B.18)$$

dove:  $I_s$  e  $I_t$  sono rispettivamente i momenti polari di massa del provino e del motore,  $\beta = \frac{2\pi f_n h}{V_s}$

con  $h$  = altezza del provino.

L'equazione (B.17) viene risolta per tentativi. Una volta determinato  $\beta$  è possibile dalla (B.18) ricavare il modulo di taglio ciclico  $G_{eq}$ . Inoltre conoscendo la rotazione subita dal provino è possibile determinare la deformazione di taglio  $\gamma$  del provino.

Dalla curva di amplificazione è possibile ottenere il rapporto di smorzamento determinando le frequenze  $f_1$  ed  $f_2$  che corrispondono ad ampiezze pari a 0.707 l'ampiezza di risonanza ed utilizzando la seguente relazione:

$$D_{\text{mag}} = \frac{f_1 - f_2}{2f_n} \quad (\text{B.19})$$

Interrompendo l'eccitazione è possibile registrare le oscillazioni libere e determinare il rapporto di smorzamento dal decremento logaritmico dopo un certo numero di cicli:

$$D_{\text{log}} = \frac{\ln(A_0 / A_N)}{2\pi N} \quad (\text{B.20})$$

Dove:  $A_0$  è l'ampiezza del ciclo in condizioni stazionarie mentre  $A_N$  è l'ampiezza relativa all'Nesimo ciclo successivo all'interruzione dell'eccitazione.

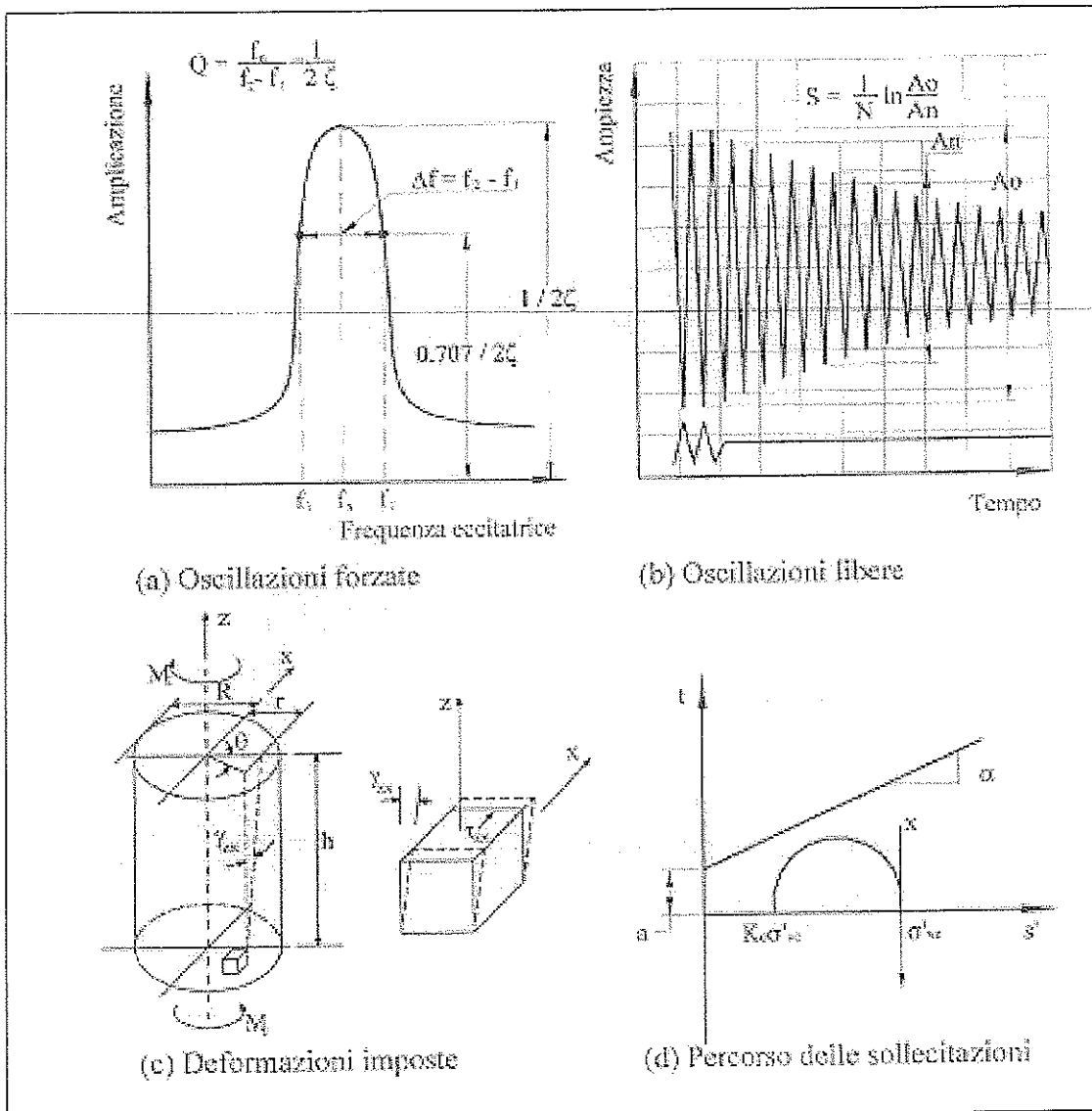


Figura 3.1.1.: Schema prova colonna risonante

L'equivalenza delle due espressioni per il calcolo del rapporto di smorzamento è verificata in condizioni di risonanza oppure nell'ipotesi che lo smorzamento sia indipendente dalla frequenza.

Le misure vengono ripetute applicando valori crescenti della coppia torcente ciclica. Per ogni livello di sollecitazione è possibile misurare, utilizzando ad esempio un accelerometro, il corrispondente livello di deformazione a taglio (###). La deformazione di taglio varia linearmente con la distanza



radiale (R) assumendo un valore massimo al bordo della sezione e nullo in centro. Convenzionalmente, nel caso di provini cilindrici pieni, si assume come rappresentativa la deformazione a taglio in semplice ampiezza in corrispondenza di  $2/3 R$  (Figura B.2.1.1):

$$\gamma = \frac{2}{3} R \frac{\theta}{h} \quad (B.21)$$

dove:  $\theta$  è la rotazione angolare.

Nel caso di provini cilindrici cavi si ha il vantaggio che la deformazione a taglio risulta più uniforme (Figura B.2.1.1). Il valore medio viene calcolato nel seguente modo:

$$\gamma = \frac{2}{3} \frac{\theta(R_e^3 + R_i^3)}{h(R_e^2 - R_i^2)} \quad (B.22)$$

Dove:  $R_e$  = raggio esterno ed  $R_i$  = raggio interno.

La prova di colonna risonante fornisce per ogni livello di sollecitazione imposto le seguenti grandezze  $G_{eq}$ ,  $D_{mag}$ ,  $D_{log}$  e  $\theta$ . La prova è eseguita in controllo di carico seguendo un percorso delle sollecitazioni del tipo indicato in Figura B.2.1.1. I livelli deformativi che si possono imporre al provino variano nell'intervallo 0.0001 - 0.5 %.

Potendo operare a livelli deformativi molto bassi la prova fornisce i valori di  $G_0$  e  $D_0$ .

La prova di Colonna Risonante rappresenta uno dei metodi più precisi e ripetibili per la misura del modulo di taglio a piccole deformazioni. Ciò rappresenta il principale pregio della prova e consente, tra l'altro, di valutare l'eventuale danneggiamento elastico che i provini hanno subito in seguito all'applicazione di livelli di deformazione elevati (pre-straining) misurando  $G_0$  prima e dopo il prestraining. Per quel che concerne la determinazione delle curve  $G-\gamma$  e  $D-\gamma$ , occorre fare alcune considerazioni:

- la prova di colonna risonante impone velocità di deformazioni molto elevate e crescenti nel corso della prova, ad esempio da circa 10%/min sino a 3000%/min. La velocità di deformazione influenza la curva di decadimento del modulo e soprattutto il rapporto di smorzamento.
- la prova impone diverse centinaia o migliaia di cicli di sollecitazione al provino, il che è poco realistico.
- i parametri che si determinano sono utilizzabili unicamente in metodi elastico-equivalenti.

### Apparecchiatura

Esistono diversi tipi di apparecchiature. In generale, le apparecchiature utilizzano provini cilindrici pieni con consolidazione solo di tipo isotropo. In alcuni casi si utilizzano provini cavi il che consente consolidazioni anisotrope con coefficiente di consolidazione minore di 1.

L'apparecchiatura consiste di tre parti

- sistema di eccitazione
- cella di pressione
- sistema di acquisizione dati

### Sistema di eccitazione.

Esso è costituito da:

- un generatore di funzioni arbitrarie;
- un amplificatore di potenza;
- un frequenzimetro che consente di misurare, una volta fissata l'ampiezza, la frequenza del segnale;
- un interruttore che consente di chiudere istantaneamente il circuito che collega il generatore di funzioni al motore elettrico e quindi di arrestare l'eccitazione per rilevare le oscillazioni libere;

- l'oscillatore torsionale, ovvero sia un motore elettrico costituito da magneti e avvolgimenti che si innesta direttamente sulla testa del provino senza attriti di sorta nella trasmissione della coppia torcente.

#### La cella:

- la cella di pressione, è composta da due piatti (inferiore e superiore) collegati da montanti e da un cilindro di acciaio o perspex. La tenuta della cella è garantita da opportune guarnizioni. Sul piatto di base è collocato il piedistallo del provino ed il sistema di supporto del motore elettrico (oscillatore torsionale) per l'applicazione della coppia alla testa del provino

#### Sistema di acquisizione dati.

Tale sistema si compone dei sensori e del sistema di acquisizione vero e proprio:

- un accelerometro fissato ad uno dei bracci dell'oscillatore, e quindi solidale col cappellotto e col provino, che serve a misurare la risposta in accelerazione del provino alla sollecitazione in termini differenza di potenziale elettrico;
- un amplificatore di carica che consente di aumentare l'intensità della risposta per renderla meglio visualizzabile;
- un oscilloscopio a più canali, ad uno dei quali è collegato il generatore di funzioni e ad un altro l'accelerometro, in modo da visualizzare su un apposito monitor e registrare, quando viene attivata la memoria, l'eccitazione e la risposta del provino; in particolare sul monitor deve essere possibile rappresentare sia la risposta in funzione dell'eccitazione (scala XY) rappresentata da un'ellisse che la risposta e l'eccitazione sovrapposte in funzione del tempo (scala X,t e Y,t); nel primo caso per individuare la condizione di risonanza, che corrisponde alla forma più allungata dell'ellisse, e nel secondo caso per determinare il modulo di attenuazione quando viene interrotta l'eccitazione e si studiano le oscillazioni libere e viene attivata la memoria dell'oscilloscopio. In alternativa l'acquisizione può essere effettuata mediante schede A/D veloci collegate a PC.

### 3.2.PROVA DI TAGLIO TORSIONALE CICLICO

L'apparecchio di taglio torsionale è in genere un adattamento della colonna risonante che prevede le seguenti modifiche: determinazione della coppia torcente applicata (misurata direttamente o stimata da opportune calibrizioni), misura della rotazione della testa del provino mediante una coppia di trasduttori di non contatto, applicazione di una storia dei carichi arbitraria e non necessariamente sinusoidale. La coppia massima è in genere di poco superiore a 1Nm. Ciò comporta l'impossibilità di raggiungere i livelli deformativi più elevati ed in generale le deformazioni massime risultano inferiori a 0.1 %.

Esistono tuttavia delle apparecchiature di taglio torsionale sviluppate indipendentemente e che consentono di raggiungere livelli deformativi anche elevati.

Dalle misure della coppia e della rotazione è possibile calcolare gli sforzi di taglio e le deformazioni a taglio. Per queste ultime valgono le considerazioni già sviluppate nel caso della colonna risonante. Gli sforzi di taglio sono valutati di regola mediante la seguente relazione:

$$\tau = \frac{4}{3\pi} \frac{(R_e^3 + R_i^3)}{(R_e^2 - R_i^2) \cdot (R_e^4 - R_i^4)} C \quad (B.23)$$

dove C è la coppia  
specificare cosa sono R<sub>e</sub> e R<sub>i</sub>

Si eseguono di regola prove monotone e cicliche. Nel caso di prove cicliche si applicano sforzi di taglio di ampiezza crescente. Per ogni livello di sollecitazione si registrano di norma circa 30 cicli. Il numero minimo di acquisizioni per ciclo è circa 30.

E' possibile ricavare i seguenti moduli di deformazione o rigidzze da una prova monotona:

- 1)  $G_s = \tau / \gamma$  Modulo di taglio secante
- 2)  $G_t = d\tau / d\gamma$  Modulo di taglio tangente
- 3)  $G_o = \lim_{\gamma \rightarrow 0} (G_t)$  Modulo di taglio iniziale o elastico

Nel caso di una prova ciclica è possibile ricavare:

- 1)  $G_{eq} = \tau_{SA} / \gamma_{SA}$  Modulo di taglio ciclico

con  $\tau_{SA}, \gamma_{SA}$  = rispettivamente sforzo di taglio e deformazione a taglio in singola ampiezza

- 2)  $D_{ist} = \Delta W / (4 \cdot \pi \cdot W)$  Rapporto di smorzamento isteretico

dove  $\Delta W$  = area racchiusa nel ciclo,  $W$  = energia elastica immagazzinata pari a  $\gamma_{SA} \cdot \tau_{SA} / 2$ ; la definizione di rapporto di smorzamento isteretico coincide con quelle già introdotte unicamente in condizioni di risonanza oppure se si assume che lo smorzamento sia indipendente dalla frequenza.

Se si applicano cicli di piccola ampiezza è possibile ottenere il modulo  $G_o$ .

In conclusione, la prova torsionale consente di ricavare la curva sforzi-deformazioni di primo carico, detta anche curva scheletro da una prova di tipo monotono e quella di scarico e ricarico da una prova ciclica osservando eventuali fenomeni di degradazione ciclica. I parametri ottenibili da prove di taglio torsionale sono quindi utilizzabili anche nell'ambito di metodi veramente non-lineari.

Le prove torsionali vengono eseguite in condizioni non drenate e in controllo di carico. Il percorso delle sollecitazioni è identico a quello che si impone nelle prove di colonna risonante.

### 3.3. TRIASSIALE NON CONVENZIONALE CON MISURA LOCALE DELLE DEFORMAZIONI

La prova triassiale di interesse è essenzialmente una prova di compressione eseguita in condizioni non drenate su un provino cilindrico avente rapporto altezza diametro pari a circa 2. Il percorso delle sollecitazioni totali che viene imposto nel corso di una prova triassiale a tensione orizzontale costante è diverso da quello imposto in Colonna Risonante e Taglio Torsionale ed è lecito attendersi una diversa risposta sforzi-deformazioni in virtù della natura anisotropa dei terreni e del diverso valore della tensione intermedia. Vale la pena ricordare che un'onda di taglio, generata da un sisma, che si propaga nel suolo in direzione verticale sottopone i diversi strati di terreno ad una storia irregolare di sforzi di taglio. Questa storia di carico può essere più fedelmente riprodotta nell'apparecchio di taglio torsionale piuttosto che in quello triassiale. A fronte di questa limitazione, la prova triassiale offre svariati vantaggi. Come già accennato, l'apparecchio triassiale ha subito notevoli miglioramenti negli ultimi 15 anni. Le innovazioni di maggiore interesse vengono di seguito richiamate e discusse.

#### Misura locale delle deformazioni

Questo tipo di misura viene effettuato nella parte centrale del provino, svincolandosi dagli errori dovuti alla cedevolezza dell'apparecchiatura medesima, alle imperfezioni di contatto alla base e alla testa del provino ed al maggior grado di disturbo che le estremità del provino di norma presentano. Per questo tipo di misura vengono utilizzati sensori di elevata risoluzione e precisione, di solito trasduttori di non contatto. La misura locale della deformazione assiale e radiale offre diversi

vantaggi: 1) l'impiego di sensori di elevata precisione consente di operare anche a livelli deformativi piccoli e medi di particolare interesse nell'ingegneria geotecnica sismica; 2) le misure vengono effettuate in una zona lontana dalle estremità dove è ragionevole assumere che il campo delle tensioni e delle deformazioni sia uniforme; 3) è possibile determinare le variazioni delle dimensioni del provino anche nel caso di terreni parzialmente saturi ed in assenza di misuratori della variazione di volume.

#### Uso di PC nel controllo dei processi

L'uso di PC per l'acquisizione automatica dei dati e l'applicazione delle sollecitazioni offre diversi vantaggi:

- 1) è possibile effettuare una consolidazione a deformazione laterale impedita. A questo scopo è sufficiente disporre di sensori per la misura locale della deformazione radiale e di una servovalvola per l'applicazione della pressione orizzontale. Il PC è preposto al controllo del processo e regola la pressione orizzontale in modo tale che rimanga nulla all'interno di una prefissata tolleranza. Ciò consente di riconsolidare il provino in condizioni edometriche facendo a meno della conoscenza a priori della storia tensionale e/o del coefficiente di spinta a riposo  $K_0$ . Conseguentemente, il ripristino delle tensioni geostatiche, o quanto meno della loro migliore stima, richiede unicamente la valutazione della tensione verticale geostatica  $\sigma'_{vo}$ ;
- 2) è possibile riconsolidare il provino seguendo il metodo detto del dry-setting. Questo metodo prevede, inizialmente, l'impiego di pietre porose e carta da filtro asciutte. Lo scopo è quello di impedire che il provino assorba acqua in fase di allestimento. Successivamente il sistema viene saturato imponendo un flusso d'acqua dal basso verso l'alto. Con un procedimento analogo a quello descritto al punto precedente è possibile in questa fase inibire il rigonfiamento, ovvero l'assorbimento d'acqua da parte del provino, imponendo che le variazioni di diametro e di altezza risultino nulle all'interno di prefissate tolleranze. Questo modo di procedere fornisce i valori della pressione residua (pressione che inibisce il rigonfiamento e che rappresenta una misura indiretta della qualità del campione) e rende minime le variazioni di volume durante la successiva riconsolidazione. Pertanto, la procedura descritta rappresenta un ottimo compromesso tra l'esigenza di ripristinare le tensioni geostatiche e quella di non variare il contenuto d'acqua del provino;
- 3) la riproduzione della storia tensionale in laboratorio è ritenuta un sistema efficace per mitigare gli effetti di disturbo dovuti al campionamento e alla successiva manipolazione dei provini. A questo scopo si esegue una consolidazione edometrica sino al raggiungimento della tensione di preconsolidazione ed un successivo scarico sempre in condizioni edometriche sino al raggiungimento della tensione verticale geostatica. Questa procedura può essere agevolmente applicata in celle triassiali controllate da PC ma richiede la conoscenza a priori della storia tensionale del deposito.

#### Misure sismiche

E' possibile eseguire nelle varie fasi di una prova triassiale delle misure della velocità di propagazione delle onde di taglio. Vengono utilizzati a questo scopo degli elementi piezoceramici bimorfi (Bender Elements - BE) di dimensioni 10x20x0.5 mm che si inflettono quando viene applicata una tensione generando prevalentemente onde di taglio. Per eseguire le misure si utilizza una coppia di BE. Gli elementi sono fissati nel piedistallo di base e nel capitello di testa dai quali sporgono per diversi mm. La parte dei BE che sporge viene infissa nel provino di terreno. Uno dei due BE è utilizzato come sorgente per generare le onde di taglio. A questo scopo viene eccitato con una forma d'onda sinusoidale di opportuna ampiezza. L'altro elemento funziona da ricevitore e trasduce l'energia meccanica che riceve in elettrica. E' pertanto possibile determinare il tempo di percorso ( $t$ ) delle onde di taglio registrando su un oscilloscopio il segnale eccitatore e quello del ricevente. Il tempo di percorso può essere identificato dall'osservazione visiva delle registrazioni o utilizzando tecniche di correlazione incrociata. Si assume come percorso la distanza più breve tra i due BE ovvero la distanza tra le due estremità che protrudono all'interno del provino. Tale

distanza (L) è nota cosicché è possibile determinare la velocità di propagazione delle onde di taglio come  $V_s = L/t$ . La misura di  $V_s$  in fase di rottura serve a determinare l'eventuale danneggiamento elastico subito dal provino per effetto dell'applicazione degli sforzi di taglio.

Si eseguono di regola prove monotone e cicliche. Nel caso di prove cicliche si applicano sforzi di compressione di ampiezza crescente. Per ogni livello di sollecitazione si registrano di norma 30 cicli con un numero minimo di acquisizioni per ciclo pari a circa 30. Da una prova di tipo monotono è possibile ricavare i seguenti moduli di deformazione:

$$\begin{aligned} E_s &= (q - q_0) / \varepsilon_a && \text{Modulo di Young secante} \\ E_t &= dq / d\varepsilon_a && \text{Modulo di Young tangente} \\ E_0 &= \lim_{\varepsilon_a \rightarrow 0} (E_t) && \text{Modulo di Young iniziale o elastico (Zona 1)} \end{aligned}$$

dove:  $q = (\sigma_1 - \sigma_3)$  sforzo deviatorico;  $\varepsilon_a$  = deformazione assiale;  $q_0$  = sforzo deviatorico a fine consolidazione;

Da una prova ciclica anche questa eseguita in condizioni non drenate è possibile ricavare:

$$1) E_{eq} = q_{SA} / \varepsilon_{SA} \quad \text{Modulo di Young ciclico}$$

con  $q_{SA}, \varepsilon_{SA}$  = rispettivamente sforzo deviatorico e deformazione assiale in singola ampiezza

$$2) D_{ist} = \Delta W / (4 \cdot \pi \cdot W) \quad \text{Rapporto di smorzamento isteretico}$$

dove  $\Delta W$  = area racchiusa nel ciclo,  $W$  = energia elastica immagazzinata pari a  $\varepsilon_{SA} \cdot q_{SA} / 2$ ; la definizione di rapporto di smorzamento isteretico coincide con quelle già introdotta nel caso della prova torsionale e valgono considerazioni analoghe.

Anche in questo caso, se si applicano cicli di piccola ampiezza è possibile ottenere il modulo  $E_0$ .

In conclusione la prova triassiale consente di determinare i parametri necessari per le analisi veramente non lineari con alcuni vantaggi rispetto alla prova torsionale oltre a quelli già esaminati:

- la prova viene eseguita in controllo di deformazione il che garantisce la possibilità di mantenere costante la velocità di deformazione nel corso della prova, requisito essenziale vista l'influenza di questo parametro sulla rigidezza;
- l'esecuzione dei cicli in controllo di deformazione è inoltre un requisito essenziale per valutare la degradazione meccanica del terreno con il numero dei cicli a livelli deformativi elevati (Zona 3);
- è possibile in una prova triassiale portare il provino a rottura determinandone la resistenza al taglio non drenata. Questo parametro è necessario al fine di controllare che gli sforzi di taglio mobilitati dall'evento sismico che si simula siano compatibili con il criterio di resistenza. Tale parametro è inoltre utilizzato in diversi modelli per descrivere la curva scheletro.

### 3.4. PROVE TRIASSIALI CICLICHE

#### 3.4.1. Prova triassiale ciclica ( $ct_{xs}$ )

##### Attrezzatura

La prova triassiale ciclica è eseguita utilizzando la cella triassiale standard; per l'applicazione dei carichi ciclici essa è posta sotto una struttura di contrasto dotata di un sistema elettropneumatico che consente di applicare al provino un carico sinusoidale di ampiezza costante. Il carico è tarato prima dell'inizio della prova mediante un apposito sistema di calibrazione.

##### Strumentazione

Per la rilevazione dei parametri di prova sono stati collegati all'attrezzatura impiegata i seguenti strumenti elettronici:

- trasduttore di spostamento avente fondo scala di  $\cong 25$  mm, classe di accuratezza migliore di 0.3% del fondo scala;
- trasduttori di pressione aventi fondo scala 10 – 50 bar, classe di accuratezza migliore di 0.2% del fondo scala;
- cella di carico avente fondo scala 1KN, accuratezza migliore di 0.1% del fondo scala; condizionatori di segnale avente tensione di uscita 5 Vac e frequenza 5 KHz, classe di accuratezza migliore di 0.1 % del valore di uscita;
- personal computer con scheda e software idoneo per acquisizioni ad alte frequenze;
- box elettropneumatico per il controllo del carico dinamico con generatori di onde di carico ad una frequenza variabile da 0.05 a 2 Hz e un range di carico di  $\cong 300$ Kpa.

#### Modalità di prova

Il provino viene saturato e posto in consolidazione secondo le procedure standard ai valori di tensione efficace isotropa o anisotropa previsti. Al termine della consolidazione la cella è trasferita sotto la struttura di carico e a drenaggio chiuso sono applicati i carichi ciclici previsti.

Nel caso di prove triassiali cicliche finalizzate alla determinazione della curva "stress ratio – numero dei cicli" il campione è sottoposto al carico ciclico prestabilito e la prova è protratta fino al raggiungimento della liquefazione. Nel caso la prova fosse finalizzata alla determinazione dei cedimenti dinamici, il campione è sottoposto ad una successione di tre gradini di carico ciclico a valori di stress ratio crescenti, l'ultimo dei quali protatto sino al raggiungimento della liquefazione del provino.

Dopo ogni gradino il provino è stato riconsolidato per il tempo necessario a dissipare la pressione interstiziale indotta; le variazioni dimensionali misurate sono state utilizzate per il calcolo delle dimensioni del provino relative al ciclo successivo.

#### Presentazione dei risultati

Nei certificati di prova dovranno essere riportati, per ogni valore di carico ciclico applicato, oltre ad alcuni dati generali relativi al provino, il rapporto della pressione interstiziale sviluppata  $R_u$ , le deformazioni assiali cicliche in singola ed in doppia ampiezza e la tensione ciclica, tutti in funzione del numero di cicli applicati.

#### 3.4.2. Prova triassiale ciclica "property" ( $ct_xp$ )

La prova triassiale ciclica "Property" permette di determinare il valore del modulo di Yong (E) in funzione della deformazione ( $\epsilon_{sa}$ ), nonché il valore dello smorzamento (D) in funzione della deformazione assiale nella singola ampiezza a fronte dell'applicazione di una serie di cicli di carico assiale.

#### Strumentazione

Per la rilevazione dei parametri di prova sono stati collegati all'attrezzatura impiegata i seguenti strumenti elettronici:

- trasduttore di spostamento avente fondo scala di  $\cong 5$  mm, classe di accuratezza migliore di 0.3% del fondo scala;

- trasduttori di pressione aventi fondo scala 10 bar; classe di accuratezza migliore di 0.2% del fondo scala;
- cella di carico avente fondo scala 1KN, accuratezza migliore di 0.1% del fondo scala;
- condizionatori di segnale avente tensione di uscita 5 Vac e frequenza 5 KHz, classe di accuratezza migliore di 0.1 % del valore di uscita;
- personal computer con scheda e software idoneo per acquisizioni ad alte frequenze;
- box elettropneumatico per il controllo del carico dinamico con generatori di onde di carico ad una frequenza variabile da 0.05 a 2 Hz e un range di carico di  $\cong 1$  KN.

#### Modalità di prova

Le prove devono seguire la seguente procedura:

#### Fase di saturazione:

- incremento della pressione efficace fino ad un valore di 25-50 Kpa, tale da impedire il rigonfiamento del provino;
- aumento graduale della pressione interstiziale, in gradini di 50Kpa, fino al raggiungimento di un grado di saturazione (B) maggiore di 0.95; durante tale fase si è mantenuto costante il valore della pressione efficace aumentando proporzionalmente la tensione totale.

#### Fase di consolidazione

- la consolidazione isotropa/anisotropa è ottenuta aumentando la pressione in cella gradualmente, in piccoli gradini, fino ai valori richiesti per la prova. Durante la consolidazione si misurano la variazioni di volume e di altezza del provino.

#### Fase di prova

- al termine della consolidazione, la cella è trasferita sotto una struttura di carico dove, a drenaggio chiuso, si applicano una serie tra i 10 e i 20 cicli ognuna, a valori di carico sempre crescente; dopo ogni serie, la sovrappressione eventualmente prodotta viene lasciata dissipare. La prova è protratta fino al raggiungimento di una deformazione assiale compresa tra lo 0.1% e 1%.

#### Presentazione dei risultati

Nei certificati di prova dovranno essere riportati, oltre ad alcuni dati generali relativi al provino, i seguenti parametri:

- Modulo E (Mpa) in funzione della deformazione assiale nella singola ampiezza ( $\epsilon_{sa}$ ),
- Lo smorzamento assiale K;
- Il rapporto tra la pressione interstiziale sviluppata e la tensione efficace di consolidazione  $R_u$ ;
- Per ogni serie di cicli l'andamento delle deformazioni in funzione del tempo (cicli);
- Per ogni serie di cicli l'andamento delle sovrappressioni in funzione del tempo (cicli).

## **BIBLIOGRAFIA E NORMATIVA TECNICA**

- AGI (1977) Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche  
 AGI (1994) Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio  
 ASTM C136-01  
 ASTM D422-63 Test method for particle size analysis of soils  
 ASTM D854-02 Test method for specific gravity of soils  
 ASTM D1140-00 Test method for amount of material in soil finer than the No 200 sieve  
 ASTM D 1194 – 94 (Test method for bearing capacity of soil for static loading on spread footings)  
 ASTM D 1195 – 93 (Test method for repetitive static plate load tests of soils .....)

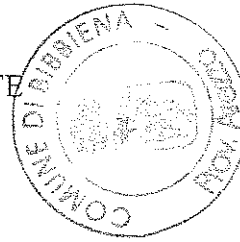
- ASTM D 1196 – 93 (Test method for nonrepetitive static plate load tests of soils ...A.1)
- ASTM D1586 – 84 (Test method for penetration test and split-barrel sampling of soils)
- ASTM D2166 test method for unconfined compressive strength of cohesive soils
- ASTM D2216-98 test method for laboratory determination of of water content content of soil and rock
- ASTM D2217-85 Practice for wet preparation of soil samples for particle size analysis and determination of soil constants
- ASTM D2435-03 test method for one-dimensional consolidation properties of soils
- ASTM D 2487 – 00 (Classification of soils for engineering purposes – USCS)
- ASTM D 2573 – 94 (Test method for field vane shear test of cohesive soils)
- ASTM D2850-03a Test method for unconsolidated undrained compressive strength of cohesive soils in triaxial compression
- ASTM D 2974 – 87 (Test methods for moisture, ash and organic matter of peat and other organic soils)
- ASTM D3080-03 Test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions
- ASTM D 3441 – 94 (Test method for deep, quasi-static, cone and friction –cone penetration test)
- ASTM D4015 Test method for modulus and damping of soils by the resonant column method
- ASTM D4186 Test method for one dimensional consolidation properties of soils using controlled strain loading
- ASTM D4318-00 Test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils
- ASTM D 4394 – 84 (Test method for determining the in situ modulus of deformation of rock mass using the rigid plate loading method)
- ASTM D 4395 – 84 (Test method for determining the in situ modulus of deformation of rock mass using the flexible plate loading method)
- ASTM D4648-00 Test method for laboratory miniature vane shear test for saturated fine-grained clayey soil
- ASTM D 4719 – 87 (Test method for pressuremeter testing in soils)
- ASTM D4767 test method for consolidated undrained triaxial compression test on cohesive soils
- ASTM D 4971 – 89 (Test method for determining in situ modulus of deformation of rock using diametrically loaded borehole jack)
- ASTM (1986) Flat Dilatometer Test – Geotechnical Testing Journal, Vol. 9, No 2
- Cavallaro A., Fioravante V., Lanzo G., Lo Presti D.C.F., Pallara O., d'Onofrio A., Santucci F., Rampello S. e Silvestri F. 2001. Report on the Current Situation of Laboratory Stress-Strain Testing of Geomaterials in Italy and its Use in Practice. XV ICSMGE, Istanbul 27-31 August 2001, Special Volume of TC29, Advanced Laboratory stress-strain testing of geomaterials. pp 15-44.
- Cestari F. (1990) Prove Geotecniche in sito. Geo-Graph s.n.c. Segrate
- CNR UNI 10010/64 (peso di volume)
- CNR UNI 10013/64 (peso specifico grani)
- CNR UNI 10014/64 (limiti di Atterberg)
- Ghionna V., Lancellotta R. E Maniscalco R. (1983) Il pressiometro autop perforante. Atti dell'Istituto di Scienza delle Costruzioni, Novembre 1983, No. 612.
- Lancellotta 1993 Geotecnica, Zanichelli 2nda edizione
- SNV (1981) 670317 a Prova di carico su piastra



**OGGETTO:** OPCM 3274/2003 PROGRAMMA VERIFICHE TECNICHE E PIANO INTERVENTI EDIFICI STRATEGICI (PALAZZO COMUNALE)

Letto e sottoscritto.

IL PRESIDENTE  
F. FERRI



IL SEGRETARIO  
S. PETRUCCI

*[Handwritten signature]*

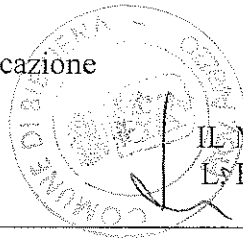
**CERTIFICATO DI PUBBLICAZIONE**

Copia della presente deliberazione e' stata affissa all'Albo Pretorio il 13 FEB. 2006 e vi rimarrà per 15 giorni consecutivi, ai sensi e per gli effetti dell'art. 124, comma 1, del D. Lgs. 18/08/2000, n. 267.

N. 276 Reg. di Pubblicazione

Bibbiena, li' 13 FEB. 2006

IL MESSO  
L. Boschi



*[Handwritten signature]*

**CERTIFICATO DI AVVENUTA PUBBLICAZIONE**

Copia della presente deliberazione e' stata affissa all'Albo Pretorio dal 13 FEB. 2006 al 28 FEB. 2006 e contro di essa non sono state presentate opposizioni.

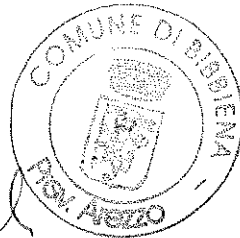
Li' 1 MAR. 2006

N. 276 Reg. Pubbl.

IL MESSO

Luigina Boschi

*[Handwritten signature]*



IL RESPONSABILE DELLA SEGRETERIA

IL SEGRETARIO GENERALE

Dr.ssa Silvia Petrucci

*[Handwritten signature]*

**ESECUTIVA'**

La presente deliberazione e' divenuta esecutiva, ai sensi dello:

- Art. 134, comma 3, D. Lgs. 18/08/2000, n. 267 il  
(dopo il decimo giorno di pubblicazione)

24 FEB. 2006

Li' 24 FEB. 2006

IL RESPONSABILE DELLA SEGRETERIA

IL SEGRETARIO GENERALE

Dr.ssa Silvia Petrucci

*[Handwritten signature]*



*[Handwritten signature]*