Copia conforme all'orginale

Firmato digitalmente da
Arch Maurizio Ostini
Data: 2013.05.06
17:50:39 +02'00'

CONCESSIONI AUTOSTRADALI LOMBARDE

Autostrada Pedemontana Lombarda

COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE

DALMINE-COMO-VARESE-VALICO DEL GAGGIOLO E OPERE AD ESSO CONNESSE

CODICE C.U.P. F11B06000270007

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA B2

INDAGINI GEOGNOSTICHE

PROVE DI LABORATORIO

CERTIFICATI DELLE PROVE DI LABORATORIO

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

WBS

FASE PROGETTUALE	AMBITO	TRATTA	CATEGORIA	OPERA	PARTE DI OPERA	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVA	REVISIONE ESTERNA
D	IN	B2	000	GE00	000	CF	001	A

I. D.

DATA Feb. 2009

SCALA -

PROGETTAZIONE

CONSORZIO ITALIANO PER LE INFRASTRUTTURE LOMBARDE

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE TRA LE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Dott. Ing. Massimo Raccosta

DATA	REVISIONE	
Feb. 2009	EMISSIONE	A

ELABORAZIONE PROGETTUALE

TECHNITAL

PROGETTISTA: Dott. Ing. Massimo RACCOSTA

DIRETTORE TECNICO: Dott. Ing. Massimo RACCOSTA

Redatto: PAMPANIN

Visto: RIZZO

Approvato: RENSO

CONCEDENTE

CONCESSIONI AUTOSTRADALI LOMBARDE

CONCESSIONARIO

Autostrada Pedemontana Lombarda

Direttore Tecnico: Dott. Ing. Giuliano Lorenzi
Coordinatore Tecnico Operativo: Dott. Arch. Giovanni Cannito
Referente Tecnico: Dott. Matteo Colombo

VERIFICA E VALIDAZIONE

ITALSOCOTEC S.p.A.
SOCOTEC S.p.A.
CONTECO S.p.A.

Il presente documento non potrà essere copiato, riprodotto o altrimenti pubblicato in tutto o in parte senza il consenso scritto di Autostrada Pedemontana Lombarda S. p. A. Ogni utilizzo non autorizzato sarà perseguito a norma di legge.
This document may not be copied, reproduced or published either in part or entirely without the written permisson of Autostrada Pedemontana Lombarda S. p. A. Unauthorized use will be persecuted by law.

Autostrada Pedemontana Lombarda

COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE
DALMINE – COMO – VARESE – VALICO DEL GAGGIOLO
E OPERE CONNESSE

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTE B1, B2, C, D
2° LOTTO DELLA TANGENZIALE DI COMO
2° LOTTO DELLA TANGENZIALE DI VARESE

TRATTA B2

INDAGINI GEOGNOSTICHE

PROVE DI LABORATORIO

CERTIFICATI DELLE PROVE DI LABORATORIO

Elaborazione:

CONSORZIO ITALIANO PER LE INFRASTRUTTURE LOMBARDE

La documentazione di laboratorio contenuta nel presente documento ricade nell'ambito delle indagini per la TRATTA B2.

Nell'Allegato 1 sono riportati i certificati delle prove di laboratorio effettuate nell'ambito della II^ fase della campagna d'indagini.

Nell'Allegato 2 sono riportati i certificati delle prove effettuate nella I^ fase a cura della Società Autostrada Pedemontana.

Con riferimento alla restituzione dei risultati forniti nell'ambito della II^ fase si segnala che in relazione alla natura dei terreni interessati non sono stati determinati sistematicamente i limiti di Atterberg ed il contenuto d'acqua per la relativa attendibilità di tali dati qualora ricavati da campioni granulari rimaneggiati o da interlivelli a maggiore contenuto di fini ritenuti poco rappresentativi del comportamento globale della formazione.

I dati di dettaglio delle singole prove, quali ad esempio le singole pesate effettuate per la determinazione dei limiti di Atterberg pur non esplicitati nei singoli rapporti di prova, anche se rintracciabili, sono disponibili presso il laboratorio che ha effettuato le analisi.

INDICE

1. PREMESSA 5
2. SINTESI DELLA METODOLOGIA DI PROVA PER I CAMPIONI INDISTURBATI DI TERRENO 6
3. ANALISI SVOLTE SUI CAMPIONI INDISTURBATI DI TERRENO 8
3.1. DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO NATURALE D'ACQUA 8
3.2. DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA APPARENTE (PESO DI VOLUME NATURALE) 8
3.3. ANALISI GRANULOMETRICA PER VAGLIATURA 8
3.4. ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE 9
3.5. PROVA EDOMETRICA 10
3.6. PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA 11
3.7. PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE NON CONSOLIDATA - NON DRENATA (UU) 11
3.8. PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CONSOLIDATA ISOTROPICAMENTE - NON DRENATA (CIU) 12
4. SINTESI DELLA METODOLOGIA DI PROVA PER I CAMPIONI INDISTURBATI DI ROCCIA (CAMPIONI LAPIDEI) 15
5. ANALISI SVOLTE SUI CAMPIONI LAPIDEI 16
5.1. DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO NATURALE D'ACQUA 16
5.2. DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA APPARENTE (PESO DI VOLUME NATURALE) 16
5.3. MISURA DELLA VELOCITÀ SONICA 16
5.4. PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE CON RILIEVO DELLE DEFORMAZIONI ASSIALI E DIAMETRALI E CALCOLO DELLE COSTANTI ELASTICHE 17

5.5. PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CON RILIEVO DELLE DEFORMAZIONI ASSIALI E DIAMETRALI E CALCOLO DELLE COSTANTI ELASTICHE 19
5.6. PROVA DI TRAZIONE INDIRETTA (BRASILIANA) 20
6. SINTESI DELLE INDAGINI DI LABORATORIO DI I^ E II^ FASE.....21

1. PREMESSA

Il presente documento illustra i risultati delle prove di laboratorio sui campioni di terreno e di roccia prelevati nel corso di perforazioni a carotaggio, eseguite nell'ambito del progetto per la realizzazione del Collegamento autostradale "Pedemontana Lombarda".

I campioni sono suddivisi in tre tipologie:

- campioni indisturbati di terreno coesivo o semicoesivo;
- campioni indisturbati lapidei;
- campioni rimaneggiati di terreno incoerente o semicoesivo

I campioni indisturbati sono contenuti all'interno di fustelle in acciaio (campionatori di tipo Shelby) o in PVC, entrambe con sigillatura di paraffina e nastro adesivo.

I campioni rimaneggiati sono contenuti in sacchetti di polietilene chiusi con nastro adesivo.

Di seguito vengono descritti i principali aspetti metodologici che hanno caratterizzato la preparazione dei campioni e l'esecuzione delle prove.

2. SINTESI DELLA METODOLOGIA DI PROVA PER I CAMPIONI INDISTURBATI DI TERRENO

In tutte le fasi dell'attività di laboratorio i campioni e le relative porzioni da sottoporre a prova sono trattati e manipolati in modo da minimizzare il disturbo ad essi arrecato ed in modo da non alterare le caratteristiche e le proprietà naturali che devono essere determinate o investigate.

A tal fine le operazioni di apertura, descrizione, selezione dei materiali e preparazione dei provini vengono effettuate in ambiente con temperatura intorno ai 20° ed umidità non inferiore al 75%.

L'inizio delle analisi o prove programmate segue immediatamente l'apertura dei campioni.

Nell'ipotesi che in fase di apertura dei campioni si riscontrino incongruenze tra il tipo di materiale campionato e le prove indicate in programma o qualora la qualità del campione renda poco attendibili i risultati delle prove previste (eccessivo rammollimento, essiccazione, deformazione evidente) il laboratorio comunica immediatamente alla Direzione Lavori gli inconvenienti riscontrati.

Le prove vengono eseguite, salvo diversa indicazione, in accordo agli standard di prova indicati nelle norme tecniche di Autostrada Pedemontana Lombarda S.p.A.

Il campione viene innanzitutto estratto dal contenitore (fustella) mediante l'utilizzo di un estrusore meccanico dotato di opportuni rapporti di trasmissione; l'estrazione avviene con lentezza e continuità, evitando l'applicazione di sforzi eccessivi e il conseguente rimaneggiamento del campione.

Dopo l'estrusione i campioni di terreno vengono sottoposti a scoticatura e ripulitura delle estremità, quindi si procede 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.

Si effettua quindi una ripresa fotografica a colori del campione corredata da una scala colorimetrica e una scala metrica di riferimento e da un cartellino identificativo.

Successivamente si procede (ove possibile) all'esecuzione di prove speditive con penetrometro e scissometro tascabile, ad intervalli regolari, per la determinazione dello stato di consistenza/addensamento del terreno.

Da ultimo si procede alla selezione delle porzioni del campione da sottoporre a prova, curando la scelta di porzioni omogenee del campione per l'esecuzione di prove che richiedono la preparazione di una serie di provini.

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

3. ANALISI SVOLTE SUI CAMPIONI INDISTURBATI DI TERRENO

3.1. DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO NATURALE D'ACQUA

La determinazione del contenuto naturale d'acqua si ottiene per differenza tra peso del campione umido e peso del campione essiccato in forno a 105° e viene espresso in percentuale rispetto al peso del campione essiccato.

3.2. 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 del provino ed il suo volume.

La prova viene 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 viene di norma impiegato un apposito tornietto da laboratorio, al fine di minimizzare il disturbo al campione; per terreni a bassa consistenza si procede mediante infissione a pressione di una fustella tarata con l'impiego di un idoneo campionatore.

La determinazione della massa sarà eseguita con bilancia centesimale.

3.3. ANALISI GRANULOMETRICA PER VAGLIATURA

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

L'analisi granulometrica per vagliatura si esegue 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".

Il quantitativo minimo da sottoporre a prova è solitamente stabilito sulla base delle dimensioni massime dei granuli, secondo quanto prescritto nelle norme tecniche di riferimento.

Il campione da sottoporre ad analisi, una volta essiccato e pesato, viene 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 procede alle operazioni di setacciatura favorendo il passaggio del materiale con getti d'acqua e con l'azione meccanica di un pennello morbido; l'operazione di lavaggio si considera conclusa solo quando l'acqua che fuoriesce dall'ultimo setaccio è perfettamente limpida.

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

Il materiale analizzato è 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 D2487-93 - Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) e alla Classificazione delle terre CNR-UNI 10006.

3.4. ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

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

L'analisi granulometrica per sedimentazione viene 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 di esametafosfato di sodio in soluzione pari a 40g/L, (confezionata il giorno precedente la 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; l'analisi si considera conclusa quando le densità della sospensione risulta prossima a quella dell'acqua pura (circa 48 ore per i terreni francamente argillosi).

Per le letture di densità si utilizza un densimetro calibrato di tipo ASTM 152H.

Al fine di evitare qualsiasi vibrazione ed eccessive variazioni di temperatura durante la prova, si immergono i cilindri in una vasca termostatica a 20°.

Il materiale analizzato è quindi 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 D2487-93 - Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) e alla Classificazione delle terre CNR-UNI 10006.

3.5. PROVA EDOMETRICA

La prova edometrica consiste nella determinazione dell'entità e della velocità della consolidazione di terreni coesivi soggetti ad incrementi tensionali. La prova viene condotta ad incrementi di carico controllati (prova IL) su provini cilindrici inseriti tra pietre porose con carta da filtro tipo Whatman's n. 54 tra il terreno e le pietre porose (la carta da filtro non viene utilizzata nel caso di prove su argille molto consistenti).

Successivamente si posiziona 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 procede all'inserimento dell'acqua nella cella edometrica solo dopo aver raggiunto un carico verticale pari alla tensione geostatica esistente in sito.

La prova è 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 procede 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 (t100).

Si procede poi alla costruzione del diagramma deformazione verticale - logaritmo del carico verticale (σv - logσ'v), costruito impiegando i valori di cedimento corrispondenti ai t100, in modo da valutare l'andamento del processo di consolidazione. Qualora tale diagramma evidenzi una pressione massima applicata insufficiente (assenza di tre punti allineati dopo la massima curvatura) si procede all'applicazione di ulteriori incrementi di carico sino ad ottenere chiaramente la retta di compressione.

In seguito si esegue la fase di scarico finale con esecuzione di 3 gradini di scarico.

Durante l'esecuzione del ciclo di carico si esegue inoltre un ciclo di scarico ricarico a partire dalla tensione geostatica $\sigma'v_o$ esistente in sito comprendente tre gradini di scarico e tre di ricarico.

Inoltre si procede anche alla determinazione dei valori del coefficiente di consolidazione verticale cv, del coefficiente di permeabilità k e del coefficiente di consolidazione secondaria cα in corrispondenza di livelli di carico indicati dalla Direzione Lavori.

3.6. 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.

La prova viene eseguita su provini cilindrici di diametro 35 mm e rapporto altezza/diametro compreso tra 2 e 2.5 preparati con apposito tornietto campionatore a partire da campioni indisturbati.

Il provino così preparato viene 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, e avendo cura di

centrare perfettamente il provino rispetto alle piastre di carico.

La velocità di deformazione adottata nella prova è di 0.5 mm/min; durante l'applicazione del carico si procede 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 è in ogni caso protratta sino ad ottenere una deformazione assiale pari al 20%.

3.7. 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.

La prova viene eseguita su tre provini cilindrici, di diametro 35 mm e rapporto altezza/diametro compreso tra 2 e 2.5, preparati con apposito tornietto campionatore a partire da campioni indisturbati o, per materiali poco consistenti, mediante infissione a pressione di un'apposita fustella calibrata direttamente nel campione da analizzare.

Le facce terminali dei provini vengono preparate in modo da essere perfettamente piane e perpendicolari all'asse dei provini.

La prova viene condotta senza saturazione preliminare adottando tre diversi valori della tensione di confinamento (tensione di cella) stabiliti dalla Direzione Lavori.

Per la fase di compressione assiale si adotta una velocità di deformazione di 0.5 mm/min ed in ogni caso viene protratta sino al raggiungimento di valori della deformazione assiale non inferiori al 20%.

3.8. 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.

La prova viene eseguita su tre provini cilindrici, di diametro 35 mm e rapporto altezza/diametro compreso tra 2 e 2.5, preparati con apposito tornietto campionatore a partire da campioni

indisturbati indisturbati o, per materiali poco consistenti, mediante infissione a pressione di un'apposita fustella calibrata direttamente nel campione da analizzare.

Le facce terminali dei provini vengono preparate in modo da essere perfettamente piane e perpendicolari all'asse dei provini.

La prova viene condotta attraverso tre distinte fasi : saturazione, consolidazione e rottura utilizzando un sistema completo per prove triassiali CONTROLS.

Fase di saturazione, 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 viene mantenuta 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 provvede alla misura del grado di saturazione raggiunto attraverso la determinazione del parametro B; la fase di saturazione si considera conclusa quando il parametro B assume valori superiori a 0.95 in due successive determinazioni.

Fase di consolidazione, condotta incrementando la pressione di cella fino a raggiungere il prefissato valore della pressione di consolidazione da adottare per ciascun provino stabilito dalla Direzione Lavori. Dopo la stabilizzazione della pressione interstiziale conseguente l'incremento tensionale applicato si avvia 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 variazione di volume - logaritmo del tempo, o in alternativa variazione di volume – radice quadrata del tempo, si determina il tempo di fine consolidazione t100 che sarà assunto come parametro base per il calcolo della velocità di rottura.

Fase di rottura (in condizioni di drenaggio impedito); si incrementa progressivamente lo sforzo deviatorico, mantenendo fissa la pressione di cella, fino ad ottenere deformazioni assiali non inferiori al 15%. Al fine di assicurare una uniforme distribuzione ed equalizzazione della sovrappressione idraulica conseguente l'incremento tensionale, la velocità di deformazione vr viene stabilita sulla base del t100 di fine consolidazione e della deformazione attesa a rottura σr secondo la seguente equazione:

$vr = (Hc*\sigma r)/(15*t100)$

con Hc = altezza del provino al termine della fase di consolidazione

Durante tutta la fase di rottura vengono monitorati e registrati ad intervalli di tempo opportuni, i valori di sforzo deviatorico, deformazione assiale e pressione interstiziale.

4. SINTESI DELLA METODOLOGIA DI PROVA PER I CAMPIONI INDISTURBATI DI ROCCIA (CAMPIONI LAPIDEI)

In tutte le fasi dell'attività di laboratorio i campioni e le relative porzioni da sottoporre a prova sono trattati e manipolati in modo da minimizzare il disturbo ad essi arrecato ed in modo da non alterare le caratteristiche e le proprietà naturali che devono essere determinate o investigate.

A tal fine le operazioni di apertura, descrizione, selezione dei materiali e preparazione dei provini vengono effettuate in ambiente con temperatura intorno ai 20° ed umidità non inferiore al 75%.

L'inizio delle analisi o prove programmate segue immediatamente l'apertura dei campioni.

Nell'ipotesi che in fase di apertura dei campioni si riscontrino incongruenze tra il tipo di materiale campionato e le prove indicate in programma o qualora la qualità del campione renda poco attendibili i risultati delle prove previste (eccessivo rammollimento, essiccazione, deformazione evidente) il laboratorio comunica immediatamente alla Direzione Lavori gli inconvenienti riscontrati.

Le prove vengono eseguite, salvo diversa indicazione, in accordo agli standard di prova indicati nelle norme tecniche di Autostrada Pedemontana Lombarda S.p.A.

Il campione viene innanzitutto estratto dal contenitore (fustella) evitando brusche manipolazioni che potrebbero danneggiare il campione.

Dopo l'estrusione si procede alla descrizione geotecnica visivo-manuale del materiale indicando: litologia, colore, grado di alterazione, struttura e tessitura.

Si effettua quindi una ripresa fotografica a colori del campione corredata da una scala colorimetrica e una scala metrica di riferimento e da un cartellino identificativo.

Da ultimo si procede alla selezione delle porzioni del campione da sottoporre a prova, curando la scelta di porzioni omogenee del campione per l'esecuzione di prove che richiedono la preparazione di una serie di provini.

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

5. ANALISI SVOLTE SUI CAMPIONI LAPIDEI

5.1. DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO NATURALE D'ACQUA

La determinazione del contenuto naturale d'acqua si ottiene per differenza tra peso del campione umido e peso del campione essiccato in forno a 105° e viene espresso in percentuale rispetto al peso del campione essiccato.

5.2. DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA APPARENTE (PESO DI VOLUME NATURALE)

La prova consiste nella determinazione della massa volumica apparente di una roccia, ottenuto come rapporto tra la massa del provino ed il suo volume.

La determinazione della massa volumica apparente di una roccia viene condotta su un provino cilindrico di forma regolare, preparato in accordo allo standard ASTM D 4543 - 85 (91) - Standard Practice for Preparing Rock Core Specimens and Determining Dimensional and Shape Tollerances.

La determinazione del volume del campione viene essere eseguita a mezzo di un calibro centesimale, mentre la determinazione della massa sarà eseguita con bilancia centesimale.

5.3. MISURA DELLA VELOCITÀ SONICA

La prova consiste nella misura della velocità di propagazione delle onde elastiche longitudinali e di taglio in provini regolari di roccia e nella determinazione delle sue costanti elastiche dinamiche.

La determinazione della velocità di propagazione delle onde longitudinali e di taglio viene condotta su provini cilindrici rettificati e con facce piane e parallele perpendicolari all'asse del provino, preparati in accordo allo standard ASTM D 4543-85 (91) - Standard Practice for Preparing Rock Core Specimens and Determining Dimensional and Shape 4543-85.Tollerances. In particolare le facce laterali del provino, su cui dovranno essere posizionati gli elementi trasmittenti e riceventi, sono sottoposte a lappatura al fine di ottenere superfici perfettamente piane, con una tolleranza non superiore a 25 µm.

Il provino da impiegare ha un rapporto altezza/diametro compreso tra 1 e 5.

Frequenza di risonanza del trasduttore: 24-150 [kHz]

Precisione: 1 µs (campo di misura 0-1999,9 µs)

Nell'accoppiare gli elementi trasmittenti e riceventi, tra essi e le facce del provino viene interposto un sottile strato di adesivo conduttivo, impiegando una leggera pressione di serraggio (non superiore a 100 kPa).

5.4. PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE CON RILIEVO DELLE DEFORMAZIONI ASSIALI E DIAMETRALI E CALCOLO DELLE COSTANTI ELASTICHE

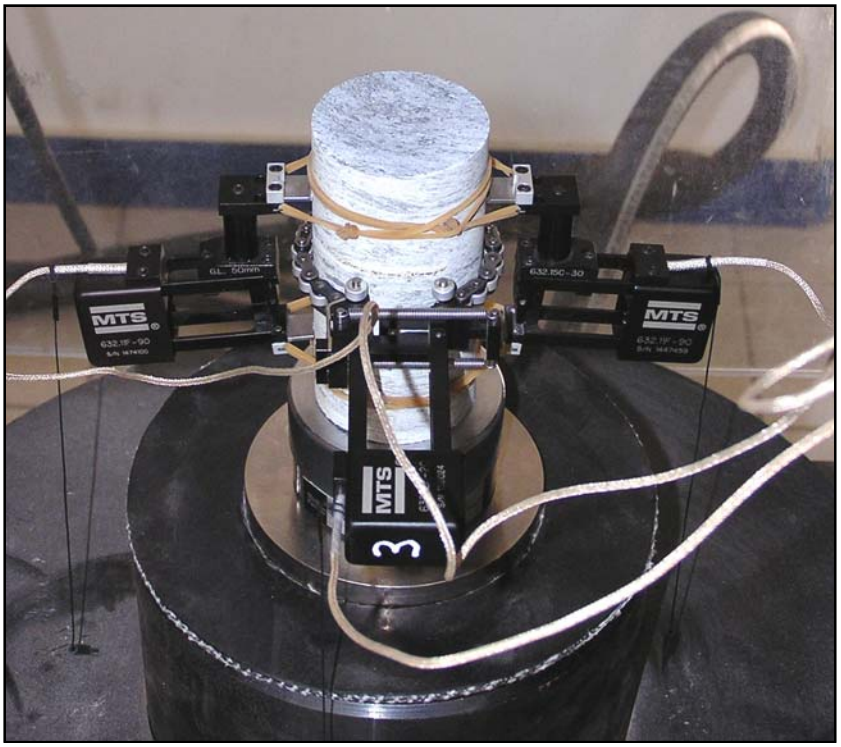
La prova viene eseguita su provini cilindrici ottenuti con operazioni di carotaggio, taglio e rettifica da spezzoni di carota in accordo allo standard ASTM D 4543 - 85 (91) - Standard Practice for Preparing Rock Core Specimens and Determining Dimensional and Shape Tollerances.

I provini vengono preparati in modo da presentare un rapporto altezza diametro compreso tra 2 e 3, superficie laterale liscia e priva di irregolarità superiori a 0.5 mm, facce laterali perpendicolari all'asse del provino, con tolleranza massima di 0.25°, e lappate con una tolleranza non superiore a 25 µm.

L'attrezzatura di prova comprende un sistema (MTS 815 Rock Test System) costituito da:

- pressa oleodinamica MTS (rigidezza 7 MN/mm), servocontrollata con portata max. 1600 kN a ciclo di retroazione chiuso, ovvero con controllo del servo-sistema regolato direttamente dai dispositivi di misura della deformazione (la pressa dispone anche di una cella di carico con portata 500 kN);

- estensimetri elettrici tipo “COD detector” (max. range ±4,00 mm, precisione 0,1 % f.s.) applicati ai provini e disposti in coppia, in posizione longitudinale per il rilievo delle deformazioni assiali, mentre per il rilevo delle deformazioni circonferenziali è stato utilizzato un estensimetro a catena applicato in posizione diametrale.



Gli estensimetri assiali di lunghezza pari a 50 mm, sono stati posizionati con i punti di contatto posti approssimativamente a ¼ e ¾ dell'altezza del provino.

L'estensimetro circonferenziale è stato posizionato al centro del provino.

Durante la prova sono stati acquisiti digitalmente:

- i 3 segnali corrispondenti agli estensimetri elettrici;

- il valore del carico assiale (poi convertito in sforzo).

La rottura del provino viene raggiunta incrementando il carico applicato con continuità; la velocità

di incremento del carico è di 0.2 kN/s costante.

Al termine della prova si procederà al calcolo del modulo elastico tangente e secante al 50% del carico di rottura e del relativo coefficiente di Poisson.

5.5. PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CON RILIEVO DELLE DEFORMAZIONI ASSIALI E DIAMETRALI E CALCOLO DELLE COSTANTI ELASTICHE

La prova viene eseguita su provini cilindrici ottenuti con operazioni di carotaggio, taglio e rettifica da spezzoni di carota o da campioni di forma irregolare in accordo allo standard ASTM D 4543 - 85 (91) - Standard Practice for Preparing Rock Core Specimens and Determining Dimensional and Shape Tollerances.

I provini vengono preparati in modo da presentare un rapporto altezza diametro compreso tra 2 e 3, superficie laterale liscia e priva di irregolarità superiori a 0.5 mm, facce laterali perpendicolari all'asse del provino, con tolleranza massima di 0.25°, e lappate con una tolleranza non superiore a 25 µm.

L'attrezzatura di prova comprende un sistema (MTS 815 Rock Test System) costituito da:

- pressa oleodinamica MTS (rigidezza 7 MN/mm), servocontrollata con portata max. 1600 kN a ciclo di retroazione chiuso, ovvero con controllo del servo-sistema regolato direttamente dai dispositivi di misura della deformazione (la pressa dispone anche di una cella di carico con portata 500 kN);
- un sistema per la misura delle deformazioni assiali e diametrali del provino, costituito da estensimetri elettrici (strain gages) applicati direttamente alla superficie laterale del provino preventivamente trattata al fine di garantire un perfetto incollaggio;
- sistema di applicazione della pressione di confinamento costituito da cella di Hoek collegata ad una pompa oleodinamica manuale dotata di dispositivi di stabilizzazione della pressione e da un trasduttore di pressione.

La rottura del provino viene raggiunta incrementando il carico applicato con continuità; la velocità

di incremento del carico è di 0.2 kN/s costante.

Al termine della prova si procederà al calcolo del modulo elastico tangente e secante al 50% del carico di rottura e del relativo coefficiente di Poisson.

Al termine della serie di prove si procede alla determinazione dei parametri dell'inviluppo di rottura di picco della roccia in esame impiegando il criterio di rottura non lineare di Hoek & Brown.

5.6. PROVA DI TRAZIONE INDIRETTA (BRASILIANA)

La prova consente la determinazione indiretta della resistenza a trazione di un campione di roccia sottoposto a sollecitazione di carico monoassiale.

La prova viene condotta su provini discoidali ottenuti con operazioni di taglio e rettifica a partire da spezzoni di carota aventi diametro non inferiore a 50 mm e rapporto spessore/diametro compreso tra 0.2 e 0.75.

I provini vengono preparati in modo da presentare superficie laterale liscia e con una rettilineità non inferiore a 0.5 mm, facce terminali parallele tra di loro e perpendicolari all'asse del provino con tolleranza massima di 0.5°.

I provini così preparati sono portati a rottura posizionandoli diametralmente sulla piastra di carico di una pressa di carico di adeguata rigidità e capacità e dotata di snodo sferico sulla piastra di contrasto superiore.

Il carico assiale viene incrementato con gradualità, adottando un gradiente di carico di 0.2 kN/s costante.

6. SINTESI DELLE INDAGINI DI LABORATORIO DI I^ E II^ FASE

Nelle tabelle seguenti sono state sintetizzate le attività svolte nell'ambito delle indagini di laboratorio, indicando per ogni verticale di sondaggio le prove effettuate.

I certificati originali della campagna di 1^ fase sono in possesso di APL e copia ne è stata fornita agli Scriventi.

Come già precisato, l'Allegato 2 al presente rapporto contiene i certificati delle prove di laboratorio effettuate direttamente dalla Società Autostrada Pedemontana S.p.A. nell'ambito della 1^ fase.

Campione	Descrizione	Peso di volume naturale	Peso specifico grani	Granulometria	Contenuto naturale d'acqua	Limiti di Atterberg	Prova edometrica	Prova di taglio diretto	Prova CIU	Prova UU	Prova di resistenza a compressione monoassiale	Vp/Vs
SB2-01 c1	x	x	x	x		x				x		
SB2-01 c2	x		x	x		x						
SB2-01 R1	x		x	x		x						
SB2-01 R2	x		x	x		x						
SB2 03 c1	x	x	x	x		x				x		
SB2 03 c2	x		x	x		x						
SB2 03 R1	x		x	x		x						
SB2 03 R2	x		x	x		x						
SB2 04 A	x			x								
SB2 04 B	x			x								
SB2 05 c1	x	x	x	x		x				x		
SB2 05 c2	x		x	x		x						
SB2 05 R1	x		x	x		x						
SB2 05 R2	x		x	x		x						
SB2 06 A	x			x								
SB2 06 B	x			x								
SB2 07 A	x			x								
SB2 07 B	x			x								
SB2 08 c1	x		x	x		x						
SB2 08 c2	x		x	x		x						
SB2 08 R1	x		x	x		x						
SB2 08 R2	x		x	x		x						
SB2 09 c1	x		x	x		x						
SB2 09 c2	x		x	x		x						
SB2 09 R1	x		x	x		x						
SB2 09 R2	x		x	x		x						
SB2 11 c1	x	x	x	x	x	x	x	x				

Campione	Descrizione	Peso di volume naturale	Peso specifico grani	Granulometria	Contenuto naturale d'acqua	Limiti di Atterberg	Prova edometrica	Prova di taglio diretto	Prova CIU	Prova UU	Prova di resistenza a compressione monoassiale	Vp/Vs
SB2 11 R1	x		x	x		x						
SB2 11 R2	x		x	x		x						
SB2 11 R3	x		x	x		x						
SB2 11 R4	x		x	x		x						
SB2 11 R5	x		x	x		x						
SB2 13 c1	x											
SB2 13 R1	x		x	x		x						
SB2 13 R2	x		x	x		x						
SB2 13 R3	x		x	x		x						
SB2 13 R4	x											
SB2 13 R5	x											
SB2 15 A	x			x								
SB2 15 B	x			x		x						
SB2 16 c1	x											
SB2 16 R1	x		x	x		x						
SB2 16 R2	x		x	x		x						
SB2 16 R3	x		x	x		x						
SB2 16 R4	x		x	x		x						
SB2 18 c1	x		x	x		x						
SB2 18 c2	x		x	x		x						
SB2 18 R1	x		x	x		x						
SB2 18 R2	x		x	x		x						
SB2 18 R3	x		x	x		x						
SB2 18 R4	x											
SB2 18 R5	x		x	x		x						
SB2 19 A	x			x								
SB2 19 B	x			x		x						
SB2 20 R1	x		x	x		x						
SB2 20 R2	x		x	x		x						
SB2 20 R3	x		x	x		x						
SB2 20 R4	x		x	x		x						
SB2 21 A	x			x								
SB2 21 B	x			x								
SB2 23 c1	x		x	x		x						
SB2 23 R1	x		x	x		x						
SB2 23 R2	x		x	x		x						
SB2 23 R3	x		x	x		x						
SB2 24 1L	x	x									x	x
SB2 24 2L	x	x									x	x
SB2 26 R1	x		x	x		x						
SB2 26 R2	x		x	x		x						
SB2 26 R3	x		x	x		x						
SB2 26 R4	x		x	x		x						
SB2 26 R5	x		x	x		x						
SB2 26 R6	x		x	x		x						

Campione	Descrizione	Peso di volume naturale	Peso specifico grani	Granulometria	Contenuto naturale d'acqua	Limiti di Atterberg	Prova edometrica	Prova di taglio diretto	Prova CIU	Prova UU	Prova di resistenza a compressione monoassiale	Vp/Vs
SB2 26 R7	x		x	x		x						
SB2 28 R1	x		x	x		x						
SB2 28 R2	x											
SB2 28 R3	x		x	x		x						
SB2 28 R4	x		x	x		x						
SB2 28 R5	x		x	x		x						
SB2 28 R6	x		x	x		x						
SB2 28 R7	x		x	x		x						
SB2 30 R1	x		x	x		x						
SB2 30 R2	x		x	x		x						
SB2 30 R3	x		x	x		x						
SB2 30 R4	x		x	x		x						
SB2 30 R5	x		x	x		x						
SB2 30 R6	x		x	x		x						
SB2 30 R7	x		x	x		x						
SB2 34 R1	x		x	x		x						
SB2 34 R2	x		x	x		x						
SB2 34 R3	x		x	x		x						
SB2 34 R4	x		x	x		x						
SB2 34 R5	x		x	x		x						
SB2 34 R6	x		x	x		x						
SB2 34 R7	x		x	x		x						
SB2 37 R1	x		x	x		x						
SB2 37 R2	x		x	x		x						
SB2 37 R3	x		x	x		x						
SB2 37 R4	x	x									x	x
SB2 39 R1	x		x	x		x						
SB2 39 R2	x		x	x		x						
SB2 39 R3	x		x	x		x						
SB2 39 R4	x	x									x	x
SB2 40 R1	x		x	x		x						
SB2 40 R2	x		x	x		x						
SB2 40 R3	x		x	x		x						
SB2 40 R4	x	x									x	x
SB2 43 R1	x		x	x		x						
SB2 43 R2	x		x	x		x						
SB2 45 R1	x		x	x		x						
SB2 45 R2	x		x	x		x						
SB2 45 R3	x		x	x		x						
SB2 45 R4	x		x	x		x						
SB2 48 R1	x		x	x		x						
SB2 48 R2	x		x	x		x						
SB2 48 R3	x		x	x		x						
SB2 48 R4	x		x	x		x						
SB2 49 R1	x		x	x		x						

Campione	Descrizione	Peso di volume naturale	Peso specifico grani	Granulometria	Contenuto naturale d'acqua	Limiti di Atterberg	Prova edometrica	Prova di taglio diretto	Prova CIU	Prova UU	Prova di resistenza a compressione monoassiale	Vp/Vs
SB2 49 R2	x		x	x		x						
SB2 49 R3	x		x	x		x						
SB2 49 R4	x		x	x		x						
SB2 52 R1	x		x	x		x						
SB2 52 R2	x		x	x		x						
SB2 52 R3	x		x	x		x						
SB2 52 R4	x		x	x		x						
SB2 54 R1	x		x	x		x						
SB2 54 R2	x		x	x		x						
SB2 54 R3	x		x	x		x						
SB2 54 R4	x		x	x		x						
SB2 55 R1	x		x	x		x						
SB2 55 R2	x		x	x		x						
SB2 55 R3	x		x	x		x						
SB2 55 R4	x		x	x		x						
SB2 57 R1	x		x	x		x						
SB2 57 R2	x		x	x		x						
SB2 57 R3	x		x	x		x						
SB2 57 R4	x		x	x		x						
SB2 59 R1	x		x	x		x						
SB2 59 R2	x		x	x		x						
SB2 59 R3	x		x	x		x						
SB2 59 R4	x		x	x		x						
SB2 61 R1	x		x	x		x						
SB2 61 R2	x		x	x		x						
SB2 61 R3	x		x	x		x						
SB2 61 R4	x		x	x		x						
SB2 62 R1	x		x	x		x						
SB2 62 R2	x		x	x		x						
SB2 62 R3	x		x	x		x						
SB2 62 R4	x		x	x		x						
SB2 63 R1	x		x	x		x						
SB2 63 R2	x		x	x		x						
SB2 63 R3	x		x	x		x						
SB2 63 R4	x		x	x		x						
SB2 63 R5	x		x	x		x						
SB2 63 R6	x		x	x		x						
SB2 63 R7	x		x	x		x						
SB2 67 R1	x		x	x		x						
SB2 67 R2	x		x	x		x						
SB2 67 R3	x		x	x		x						
SB2 67 R4	x		x	x		x						
SB2 69 R1	x		x	x		x						
SB2 69 R2	x		x	x		x						
SB2 69 R3	x		x	x		x						

Campione	Descrizione	Peso di volume naturale	Peso specifico grani	Granulometria	Contenuto naturale d'acqua	Limiti di Atterberg	Prova edometrica	Prova di taglio diretto	Prova CIU	Prova UU	Prova di resistenza a compressione monoassiale	Vp/Vs
SB2 69 R4	x		x	x		x						
SB2 69 R5	x		x	x		x						
SB2 69 R6	x		x	x		x						
SB2 69 R7	x		x	x		x						
SB2 71 R1	x		x	x		x						
SB2 71 R2	x		x	x		x						
SB2 71 R3	x		x	x		x						
SB2 71 R4	x		x	x		x						