

PROFESSIONE **GEOLOGO**

Notiziario dell'Ordine dei Geologi del Lazio

FEBBRAIO 2013

NUMERO 34

Poste Italiane S.p.a. - Spedizione in abbonamento postale - D.L. 353/2003 (cov. in L.27/02/2004 n. 46) art. 1, comma 1, Roma Aut. 76/2008 - condiz. I.P.

IL CERTIFICATO DI LABORATORIO GEOTECNICO: LE PROVE FISICHE – PARTE 3

STEFANO CIANCI

Geoplanning Servizi per il Territorio S.r.l.
stefano.cianci@geoplanning.it

MASSIMO PARENTE

Setec Ingegneria S.r.l.
m.paren@setecingegneria.it

Questo articolo conclude l'analisi della restituzione delle prove fisiche esaminando la granulometria, che rappresenta una delle prove geotecniche più significative. Il termine granulometria riunisce tutte le prove necessarie alla definizione della curva granulometrica, risultato ultimo dell'analisi. La curva granulometrica è la rappresentazione su un piano semilogaritmico dei diametri delle particelle costituenti un terreno in funzione della loro percentuale in peso. La misura dei diametri delle particelle è ottenuta tramite vagliatura per i diametri più grandi, mentre per quelle particelle così piccole ed impossibili da trattenere si ricorre alla sedimentazione, ovvero alla legge di Stokes, la quale mette in relazione la velocità di sedimentazione con il diametro e la quantità di particelle del terreno. Ma andiamo con ordine.

Le normative

La granulometria è probabilmente la prova che assomma il maggior numero di normative che la riguarda. Ciò dipende dal fatto che tale analisi può essere utilizzata in un gran numero di contesti con finalità differenti. In generale però non esistono sostanziali differenze sulle modalità di esecuzione, ma ciò che differisce è legato principalmente alla rappresentazione finale. Per capire meglio tale concetto, la Figura 1 riporta i diametri delle particelle che limitano i passaggi tra le varie frazioni costituenti il terreno: a seconda della normativa una particella di diametro 0,055 mm può essere considerata sabbia o limo. Stesso discorso vale per

le altre frazioni: da ciò l'importanza di indicare sempre nei certificati quale norma si è utilizzata. In questo articolo faremo riferimento alle frazioni definite dalle "Raccomandazioni" dell'AGI (Associazione Geotecnica Italiana).

La setacciatura

La setacciatura viene eseguita per definire l'andamento delle frazioni più grossolane, ovvero della ghiaia e, per buona parte, della sabbia. Per materiali sostanzialmente privi di frazioni fini, la prova viene eseguita direttamente seccando il materiale e sottoponendolo a vagliatura. Il peso cumulato del materiale secco trattenuto nei vari setacci viene rapportato al peso secco iniziale, ottenendo così per ogni

singolo setaccio, di cui è nota la luce netta, una percentuale di trattenuto cumulato in riferimento ad un diametro specifico. Qualora la presenza di frazioni fini sia rilevante, il materiale secco e di peso noto viene preventivamente lavato (setacciatura umida) raccogliendo da parte l'acqua contenente il fine. La frazione grossolana (ghiaia e sabbia) viene nuovamente seccata e sottoposta a vagliatura secondo le modalità già descritte per la vagliatura secca. Oltre a quanto già accennato, ulteriori principali differenze nelle modalità di esecuzione della prova definite dalle varie normative, sono legate a:

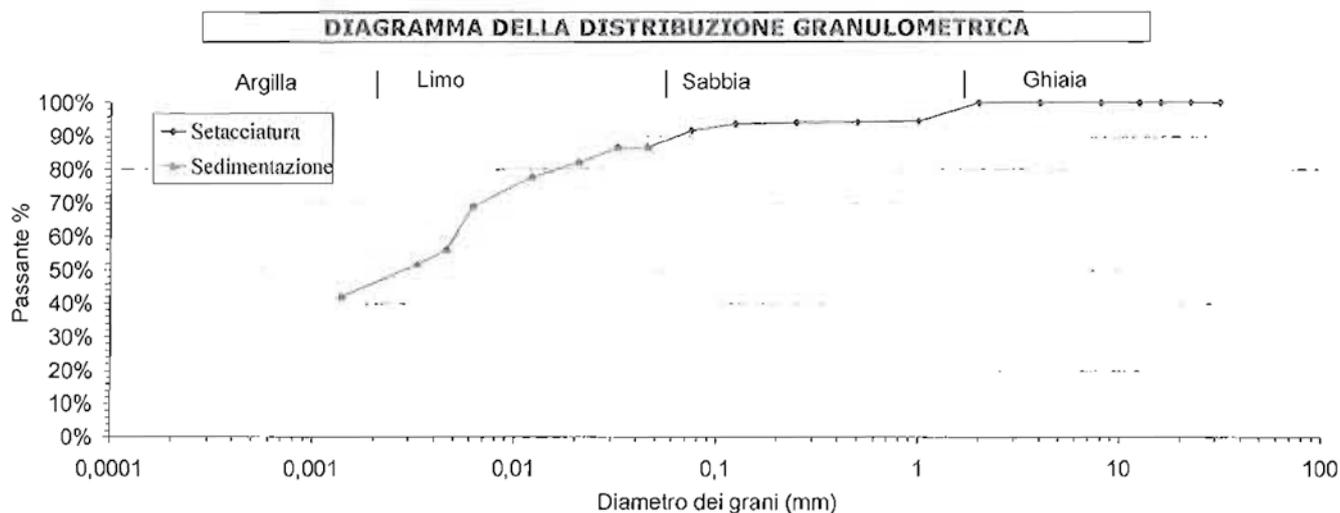
- uso di setacci (fori a maglia quadrata definita da fili metallici intrecciati) o di

	mm 1000	100	10	1	0,1	0,01	0,001	0,0001		
Commiss. materiali stradali CNR		Clottoli	≅ Ghiaia	≅ Sabbia	0,05	Limo	0,005	Argilla		
AGI		Clottoli	≅ Ghiaia	≅ Sabbia	0,06	Limo	0,007	Argilla		
U.S. Bureau of Soil		Gravel		Sand	0,06	Silt	0,005	Clay		
ASTM U.S.B.R.		Cobble	≅ Gravel	4,75	Sand	0,075	Silt	0,005	Clay	
AASHTO		Cobble	≅ Gravel	≅ Sand	0,075	Silt	0,005	Clay		
USCS		Cobble	≅ Gravel	4,75	Sand	Silt				
BS Standard		Cobble	≅ Gravel	≅ Sand	0,06	Silt	0,002	Clay		
M.I.T.		Cobble	≅ Gravel	≅ Sand	0,06	Silt	0,002	Clay		
DIN		Stein	≅ Kies	≅ Sand	0,1	Mo	0,02	Schluff	0,002	Ton
Chambre Syndicale de la recherche et la production de pétrole		Blocs Pierres	≅ Callux Graviers	≅ Sables	0,06	Limons	0,004	Argiles		

Fig. 1: raffronto tra i passaggi definiti dalle varie normative; la linea verde è posta in corrispondenza di un diametro pari a 0,055 mm.

Data Consegna in Laboratorio:		Data Esecuzione Prova:	
Committente:		Cantiere:	
Progetto:			
Sondaggio	Campione	Profondità di Prelievo (m)	
S1	C2	23,00 - 23,50	

ANALISI GRANULOMETRICA (UNI 8520 - Norm. internamente (Rif. AGI 1994) - Norm. internamento (Rif. ASTM 2217)



Setacciatura												
Diametro (mm)	31,50	22,40	16,00	12,50	8,000	4,000	2,000	1,000	0,500	0,250	0,125	0,075
Passante %	100%	100%	100%	100%	100,00%	100,00%	100,00%	94,64%	94,25%	94,04%	93,79%	91,83%
Sedimentazione												
Diametro (mm)	0,0454	0,0321	0,0207	0,0121	0,0062	0,0046	0,0033	0,0014	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Passante %	86,65%	86,65%	82,28%	77,90%	69,15%	56,02%	51,64%	42,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

COMPOSIZIONE %	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
	0,00%	8,17%	35,01%	55,79%

Definizione granulometrica:
Argilla con limo debolmente sabbiosa

Fig. 2: esempio di certificato di analisi granulometrica.

- crivelli (fori circolari eseguiti forando una piastra metallica);
- diametri dei fili costituenti la maglia dei setacci;
- differente nomenclatura dei setacci a seconda dello *slot* (apertura nominale o luce netta in mm) o del *mesh size* (numero di fili della maglia per pollice);
- differente successione dei setacci (serie) da utilizzare in fase di prova;

- differente quantità minima di terreno da utilizzare per la prova, sempre comunque legata al diametro massimo dei grani costituenti;
- modalità di esecuzione della prova per via umida o per via secca;
- tempi di utilizzo del vibratore per setacci.

Si sottolinea come il setaccio più fitto permetta di definire solamente i materiali

aventi dimensioni maggiori di 0,063 mm (ASTM N230): nel caso in cui si utilizzi la suddivisione granulometrica dell'AGI, la setacciatura da sola non permette di definire esattamente la percentuale di sabbia presente nel terreno. Altri tre setacci (cosiddetti "notevoli") hanno particolare importanza, in quanto legati alle classificazioni delle terre: sono il setaccio N10 (luce 2 mm), N40 (luce 0,425

ANALISI GRANULOMETRICA			
Committente:			
Norme di riferimento:		ASTM D 2217	
Cantiere:			
Sondaggio:	SPC 14	Campione:	C2
Profondità:	6,00 - 6,20	Data:	23/05/2006
Provino:			

(A.G.I. 1990): GHIAIA CON SABBIA LIMOSA (MIT 1931) DEB. ARGILLOSA		(USCS):	Numero commessa	1266				
analisi con setacci		terreno analizzato (g):	(CNR/UNI10006):	Indice Gruppo				
		122						
Setaccio nr.	Apertura maglie (mm)	Peso inerte trattenuto (g)	Frazioni: (A.G.I.): Ciottoli (%) = 0,00 Ghiaia (%) = 36,07 Sabbia (%) = 30,07 Limo (%) = 23,48 Argilla (%) = 10,37					
4"	100,16	0,00						
3"	76,200	0,00						
7/3"	60,000	0,00						
2"	50,800	0,00						
1 1/2"	38,200	0,00						
1"	25,400	0,00						
3/4"	19,050	0,00						
1/2"	12,700	0,00						
3/8"	9,525	12,38						
4	4,760	16,77						
10	2,000	14,86						
40	0,425	22,02						
80	0,177	7,97						
200	0,074	6,70						
fondo	-	41,30						
		33,85	Note:					
		100,00						
		-						
analisi con aerometro								
Peso campione secco (g) = P _{sp}		40,00	Peso specifico della parte < 0,074 mm = γ _s	2,68				
Dispersivo: 125 cc soluzione al 4% di sodio esametafosfato e carbonato di sodio			Peso specifico del liquido = γ _l	1,00				
			costante K = $\frac{100 \cdot \gamma_s}{P_{sp} \cdot \gamma_s - \gamma_l}$	3,99				
tempo	temp. °C	R	R+Cm	R'=R+Ct	Hr (mm)	diam (mm)	%pass. parz.	%pass. totale
0,5	22,30	1,0233	23,800	21,875	98,080	0,0591	86,48	29,28
1	22,30	1,0217	22,200	20,275	101,760	0,0425	80,16	27,14
2	22,30	1,0205	21,000	19,075	104,520	0,0305	75,41	25,53
4	22,30	1,0194	19,900	17,975	107,050	0,0218	71,06	24,06
8	22,30	1,0192	19,700	17,775	107,510	0,0155	70,27	23,79
15	22,40	1,0174	17,900	16,000	111,650	0,0115	63,26	21,41
30	22,40	1,0160	16,500	14,600	114,870	0,0083	57,72	19,54
60	22,40	1,0145	15,000	13,100	118,320	0,0059	51,79	17,53
120	22,50	1,0122	12,700	10,825	123,610	0,0043	42,80	14,49
240	22,50	1,0105	11,000	9,125	127,520	0,0031	36,08	12,21
480	22,60	1,0091	9,600	7,750	130,740	0,0022	30,64	10,37
1440	22,20	1,0075	8,000	6,050	134,420	0,0013	23,92	8,10

Fig. 3: esempio di certificato di analisi granulometrica. Il lettore riesce ad individuare e capire cosa è stato fatto?

RISPOSTA AL QUESITO

Nello scorso numero di Professione Geologo (n° 33), al termine della seconda parte della nota sulle prove fisiche era stato posto al lettore un quesito riguardo la bontà di alcune indicazioni riportate su uno dei certificati tra quelli evidenziati nelle Figure 4 e 5. Le perplessità le suscitava il certificato di Figura 5, qui riportato come Figura 6 con evidenziate le osservazioni indicate di seguito.

Prima osservazione

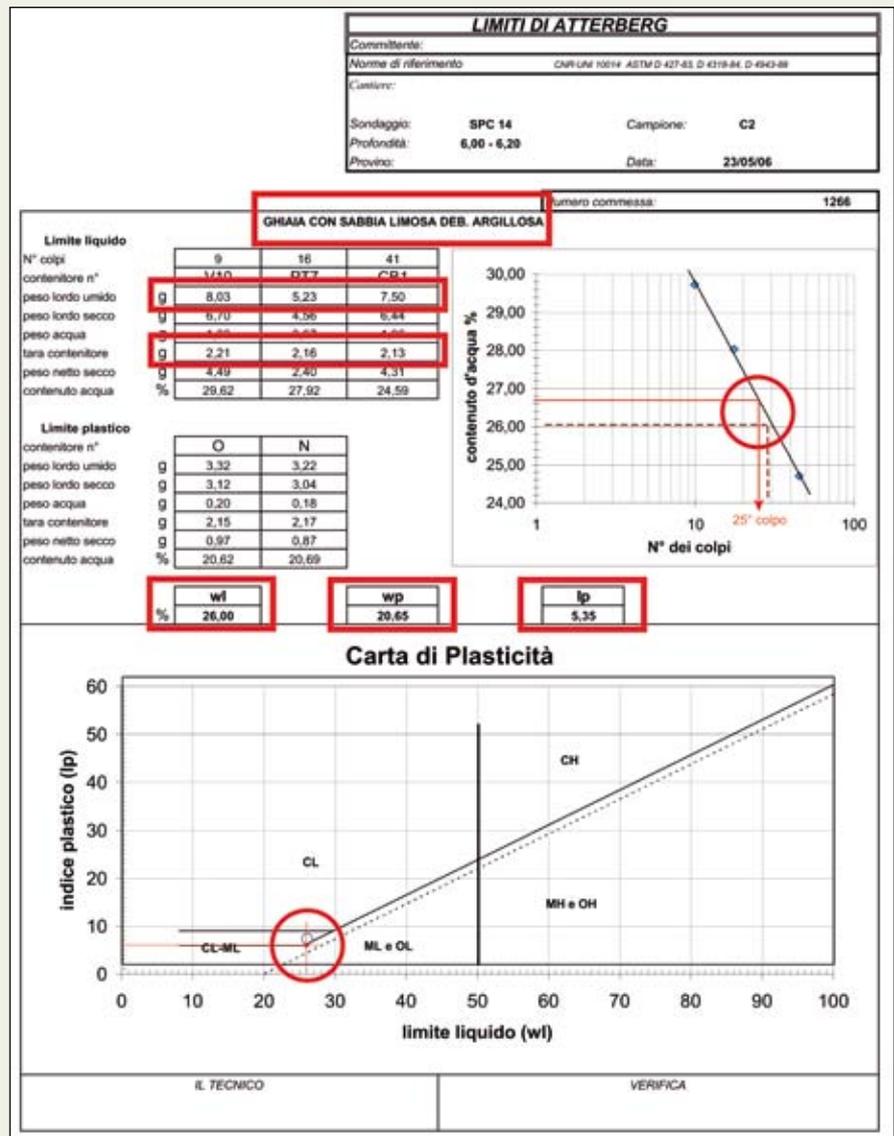
La determinazione del Limite Liquido è errata: infatti, dal grafico si può osservare come la curva tratteggiata coincida con il 29° colpo e non con il 25°. Il valore intercetto vero è di circa 26,7% che restituisce un valore del Limite Liquido di 27.

Seconda osservazione

La restituzione dei Limiti e dell'Indice Plastico non sono approssimati all'intero: ponendo come 27 il valore del LL, e di 21 quello del LP, si ottiene un Indice Plastico uguale a 6. Questo implica che la classificazione del materiale, ottenibile sulla base del valore dell'IP, cambi da non plastico a poco plastico (vedi Tabella 1 riportata nel medesimo articolo). Peraltro, anche utilizzando i dati presenti sul certificato la posizione del punto all'interno della Carta di Plasticità non è corretta.

Terza osservazione

Il campione è classificato come ghiaia con sabbia limosa debolmente argillosa da cui, secondo la classificazione AGI, il materiale possiede al massimo il 33% di frazioni fini (9% massimo di argilla). L'osservazione è di natura molto pratica: può un materiale così granulare restituire entrambi i limiti? In effetti sì: osservando la curva granulometrica del medesimo materiale (Figura 3 del presente articolo) si nota però come sia stata riportata in modo errato la classificazione (ghiaia con sabbia limosa e argillosa). Dalla curva granulometrica si intuisce che il materiale utilizzato per i Limiti (passante al setaccio N40 – luce 0,425 mm) è all'incirca il 48%. Ciò non spiega come mai per il Limite Liquido siano stati utilizzati solo pochi grammi di materiale umido (al massimo 3,54 gr misurati nel primo punto: ne servirebbero almeno 20 gr), pur avendone molto a disposizione: questo è sufficiente a richiedere al laboratorio quantomeno delle spiegazioni riguardo alle modalità esecutive della prova.



Notazioni su un certificato dei limiti.

ANALISI GRANULOMETRICA (Raccomandazioni AGI 1994)

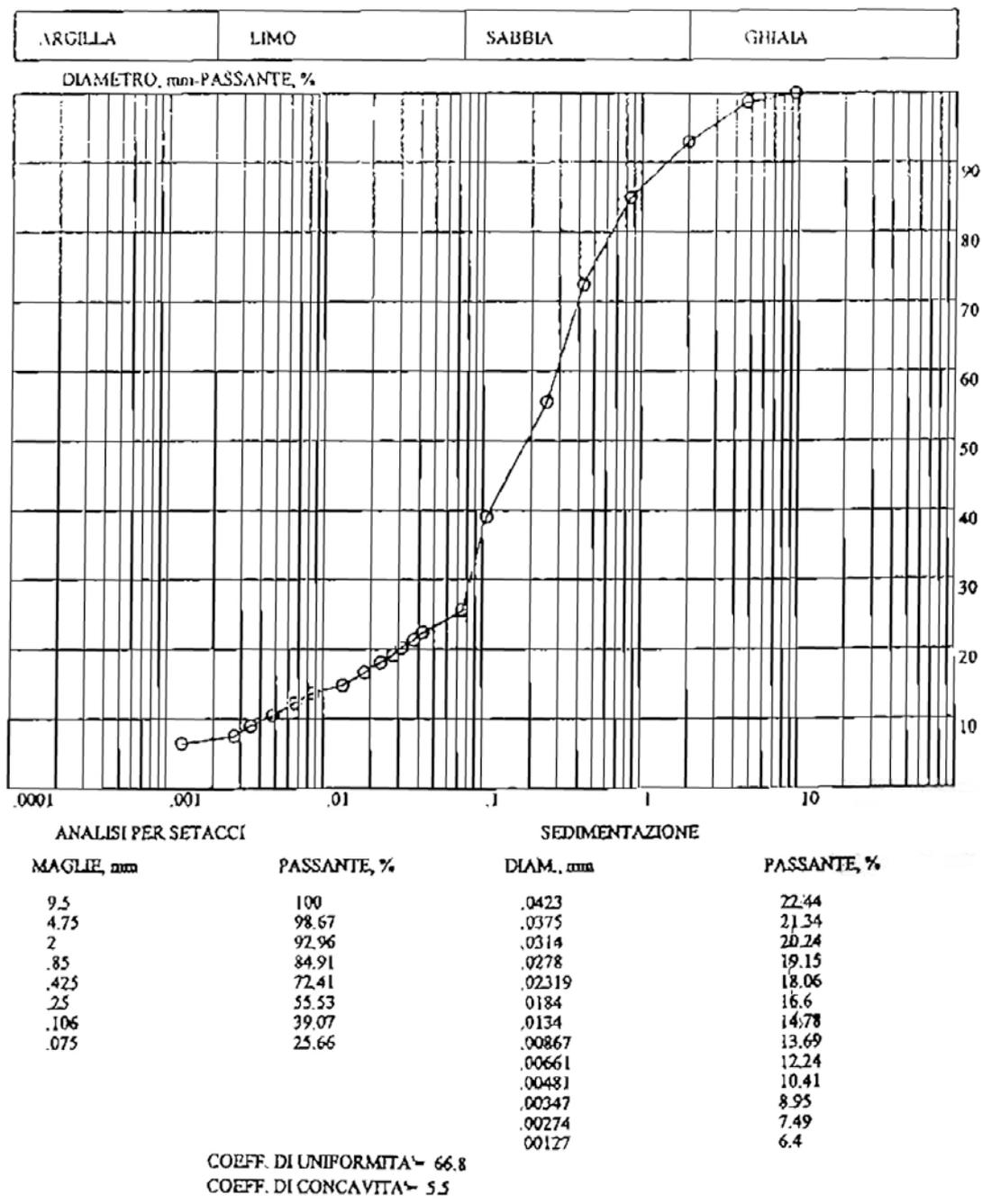


Fig. 5: esempio di certificato di analisi granulometrica.

da indicare in quest'ordine la ghiaia, la sabbia, il limo e l'argilla. Ancora oggi si notano curve granulometriche disegnate al contrario rispetto a quanto appena indicato. Sul diagramma devono essere riportate le misure acquisite ed indicati i tre setacci "notevoli". I calcoli o analisi statistiche (coefficienti di uniformità, mediana, moda, ecc.) sono utili, come anche la valutazione delle dimensioni

diametro del granulo (clasto) più grande. La definizione delle percentuali delle varie frazioni costituenti il terreno deve essere indicata approssimata all'intero. Le Figure 2, 3, 4 e 5 sono degli esempi di certificati in formato A4: quello di Figura 4 è restituito su due pagine.