

V CONGRESSO INTERNAZIONALE DI GEOTECNICA
Parigi, luglio 1961

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI VULCANICI

F. PENTA, A. CROCE, F. ESU (*)

SOMMARIO: Gli Autori, premesso che le schematizzazioni della Meccanica dei Terreni non possono applicarsi senz'altro a terreni diversi da quelli di origine sedimentaria, trattano in particolare dei terreni vulcanici.

Questi sono costituiti dai materiali eruttati da vulcani di tipo misto come la maggior parte dei vulcani italiani e sono accumulati nelle vicinanze dei centri vulcanici dove formano depositi potenti e di forma varia.

Date le condizioni genetiche, la maggior parte dei granuli ha una tessitura vetrosa e spugnosa (pomici e ceneri).

Vengono riportate le granuometrie di alcuni terreni vulcanici costituiti da grani di un solo tipo. La porosità di questi terreni è molto elevata a causa della vacuolarità dei grani costituenti.

Le prove edometriche indicano che $1/C_e$ diminuisce con il crescere dell'indice di porosità iniziale e che l'effetto secondario è molto marcato. Tale comportamento deve essere correlato alla fragilità dei grani.

La resistenza alla compressione triassiale non varia al variare delle condizioni della prova o del contenuto di acqua, sempre che l'indice di porosità sia costante.

1 - Premesse

Le teorie e le applicazioni della Meccanica dei Terreni tengono presenti, soprattutto, le caratteristiche ed il comportamento dei terreni sciolti di origine sedimentaria.

Come risulta dalla Tab. 1, questi terreni rappresentano, però, soltanto uno dei tipi di materiali sciolti che possono incontrarsi in natura.

In ampie regioni dell'Italia sono molto diffusi i terreni di origine vulcanica e quelli di origine « metamorfica ».

TABELLA 1 - *Classifica litogenetica dei terreni sciolti*

Esogeni ("sedimentari")	detriti di falda di trasporto e deposito fluviale, di trasporto e deposito glaciale (morene), di trasporto e deposito eolico (loess e suo prod. di alterazione: lehm), di deposito lacustre più o meno biogeni, di deposito marino più o meno biogeni, di alterazione in sede (es.: graniti e scisti cristallini calabresi disfatti, dolomie farinose). detriti di frana, "orizzonti" vari del terreno, ecc.	Con o senza formazione di nuovi minerali (spec. di quelli del tipo argilloso) e senza che intervenga la cementazione o la lapidificazione in genere
Vulcanici	Blocchi rigettati Scorie e lave scoriacee Lapilli lapidei fino alle sabbie direttamente eruttate Lapilli pumicei fino alle: ceneri incoerenti più o meno miste ad altri materiali a grana più grossa della stessa origine (<i>tufi sciolti</i>), senza cioè che siano intervenuti processi di lapidificazione o di alterazione	Molto diffusi nei centri vulcanici di tipo esplosivo o misto; es. Campi Flegrei, Roccamonfina, Vulture, Vulcani del Lazio, Etna, Iblei, ecc.
Metaforfici (più prec. epimetamorfici)	Brecce tettoniche (di frizione) fino ad "argille" (di frizione) e fino a cataclasiti e miloniti (senza cementazione posteriore).	Masse disgregate per lo più numerose ed alternate con blocchi della formazione originaria dislocati e fratturati, ma non frantumati; comuni nelle nostre regioni a calcari \pm dolomitici, nei graniti e scisti cristallini silani, dell'Aspromonte, dell'Elba, ecc.

(*) Prof. Ing. Francesco PENTA, Direttore dell'Istituto di Geologia Applicata dell'Università di Roma. Prof. Ing. Arrigo CROCE, Direttore dell'Istituto di Tecnica delle Fondazioni e Costruzioni in Terra dell'Università di Napoli. Dott. Ing. Franco ESU, Assistente Ordinario di Geologia Applicata, dell'Università di Roma.

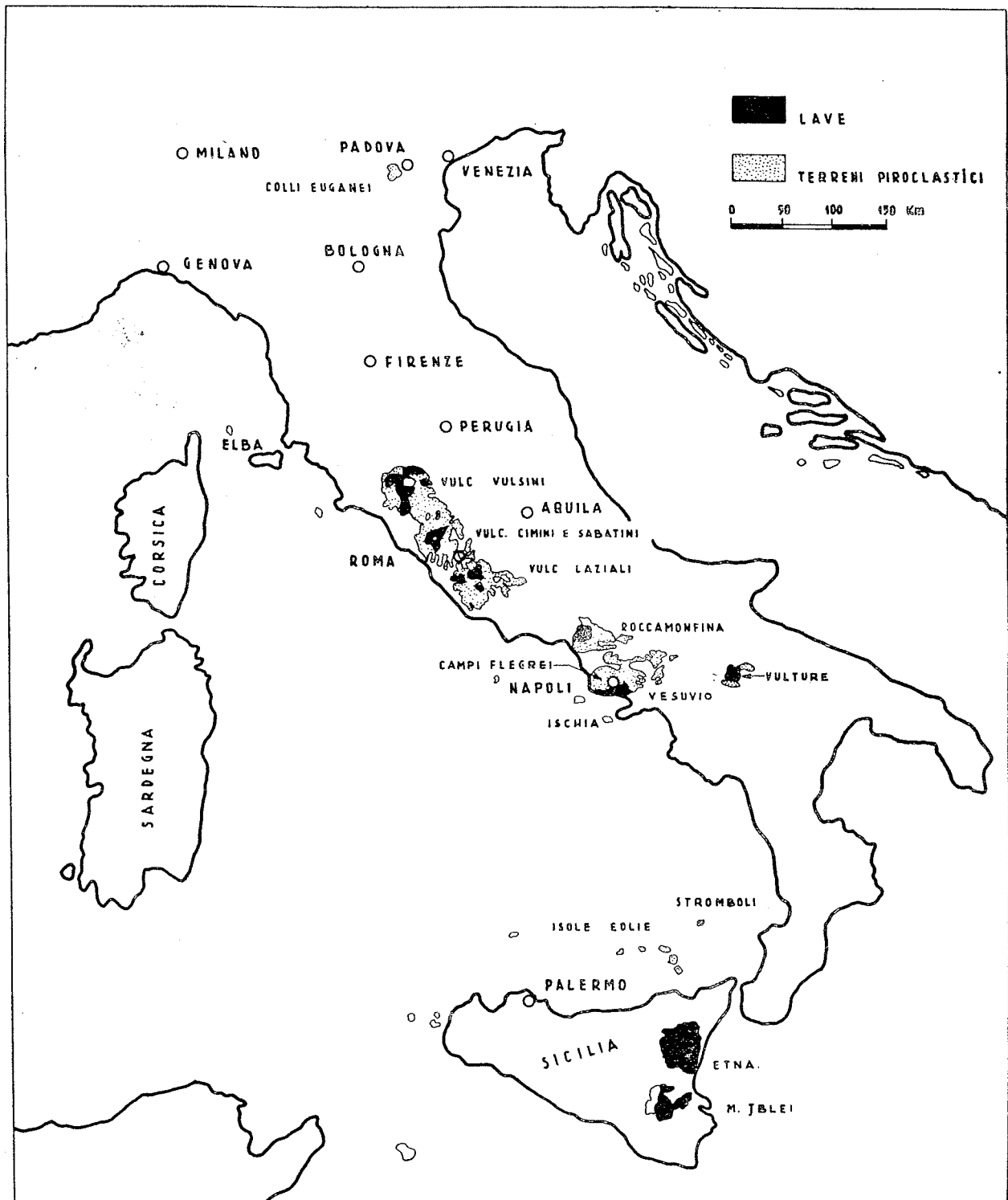


Fig. 1 - Distribuzione dei vulcani in Italia.

A questi non è sempre lecito, sotto alcuni punti di vista, applicare senz'altro le schematizzazioni valide per gli altri terreni in quanto molte delle loro caratteristiche sono differenti da quelle dei materiali sedimentari, incoerenti e coerenti, di eguale granulometria.

In questa nota ci si occuperà dei « terreni sciolti

di origine vulcanica », riservandoci di ritornare sugli altri in una diversa occasione [1].

2 - Origine e caratteristiche geologiche dei terreni vulcanici

Con il nome di « terreni sciolti di origine vulcanica » si intendono i materiali incoerenti o semi-coerenti de-

neminati, nel linguaggio tecnico e petrografico, *terreni piroclastici* o *tufi vulcanici incoerenti* (1).

Questi terreni sono piuttosto diffusi in Italia, dove coprono una superficie pari al 4-5% del territorio nazionale, e si rinvencono in vaste aree del Lazio e della Campania (Fig. 1). Oltre ad essere sede di importanti opere di ingegneria, essi costituiscono il suolo ed il sottosuolo di Roma e di Napoli.

I terreni vulcanici che, data l'origine e la costituzione, hanno un comportamento differente da quello

tra i secondi predominano i materiali a grana fine ed uniforme.

Anche per quanto riguarda giacitura e forma dei corpi geologici che i terreni vulcanici costituiscono può farsi una distinzione tra le zone prossime ai centri eruttivi e quelle distanti.

Nel primo caso, infatti, i materiali eruttati si depositano su superfici inclinate, di forma molto complessa e danno origine a corpi lenticolari o ad ammassi.

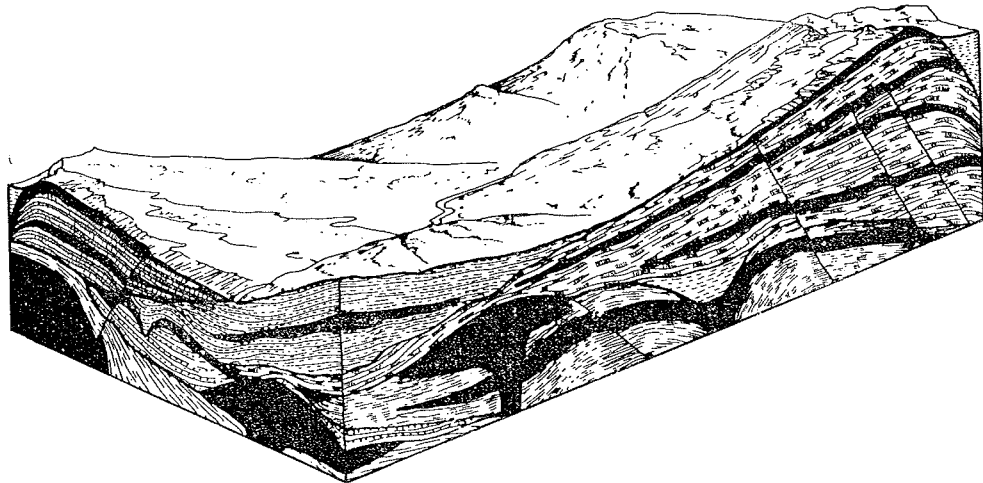


Fig. 2 - Stereogramma in cui è schematicamente indicata la complessa successione di terreni nel sottosuolo di regioni vulcaniche. In nero le rocce laviche; con gli altri simboli vari tipi di terreni piroclastici.

dei sedimenti di uguale granulometria, sono ancora relativamente poco studiati, secondo le concezioni e gli indirizzi moderni, per ciò che riguarda le loro caratteristiche tecniche quali sede di opere di ingegneria o quali materiali per costruzioni in terra.

Si fa riferimento in particolare ai prodotti del vulcanesimo quaternario od attuale e, in particolare, a prodotti freschi che, cioè, a differenza di quelli ricordati e citati nella letteratura, non hanno subito fenomeni di alterazione esogena o endogena [3] e [4].

Questi terreni sono formati dai prodotti dei vulcani di tipo misto (vulcani, cioè, che alternano fasi di quiescenza con fasi esplosive o di effusione di colate laviche), come quelli attivi, quiescenti o estinti dell'Italia (vulcani vulsini, laziali, dei Campi Flegrei, Somma-Vesuvio, Etna, ecc.).

Questi materiali, eruttati durante le fasi esplosive, vengono lanciati nell'atmosfera e si depositano negli interni dell'edificio vulcanico ad una distanza che dipende dalle dimensioni dei singoli frammenti e dal tipo di eruzione, nonché dalle condizioni meteoriche al momento dell'eruzione.

Sussiste perciò una sensibile differenza tra i terreni depositatisi nelle immediate vicinanze dei crateri e quelli depositatisi a distanza, talora anche molto grande, da questi.

Tra i primi sono più frequenti i materiali a grana disuniforme con frazione grossolana abbondante, men-

Deve inoltre tenersi presente che nel vulcanesimo di tipo misto le fasi esplosive (parossistiche o meno), caratterizzate da lancio di prodotti sciolti, si alternano con fasi di effusione di colate di lava e con fasi di quiescenza o di inattività più o meno prolungate e che, in ogni distretto vulcanico, si possono avere più crateri o più vulcani contemporaneamente attivi.

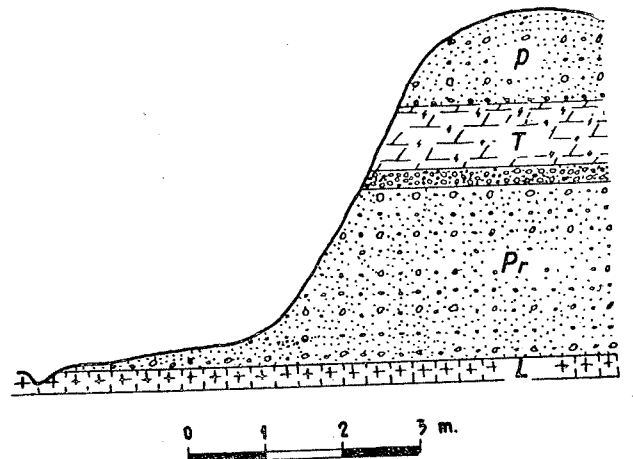


Fig. 3 - Esempio di una tipica successione di terreni nel sottosuolo della città di Roma

- L = Lava;
- Pr = Pozzolana rossa (terreno vulcanico incoerente costituito da lapilli e ceneri);
- T = Tufo lionato (tufo lapideo);
- p = pozzolanella (terreno vulcanico incoerente di composizione simile alle pozzolane rosse).

(1) Per i materiali vulcanici clastici eiettati dai crateri è stato proposto anche il termine tephra (THORARINSSON, 1955) [2].

Nelle vicinanze dei centri eruttivi si ha perciò una successione complessa di terreni di vario tipo, di diversa consistenza e di varia provenienza (Fig. 2).

A distanza, la uniformità ed omogenità dei terreni vulcanici sono maggiori ed i corpi geologici da essi costituiti possono anche essere stratiformi. In ogni caso, la superficie inferiore del deposito ricopia la topografia della regione al momento dell'eruzione.

A titolo di esempio, nelle Figg. 3 e 4 sono riportati alcuni profili dei terreni di Roma e Napoli [5] e [6].

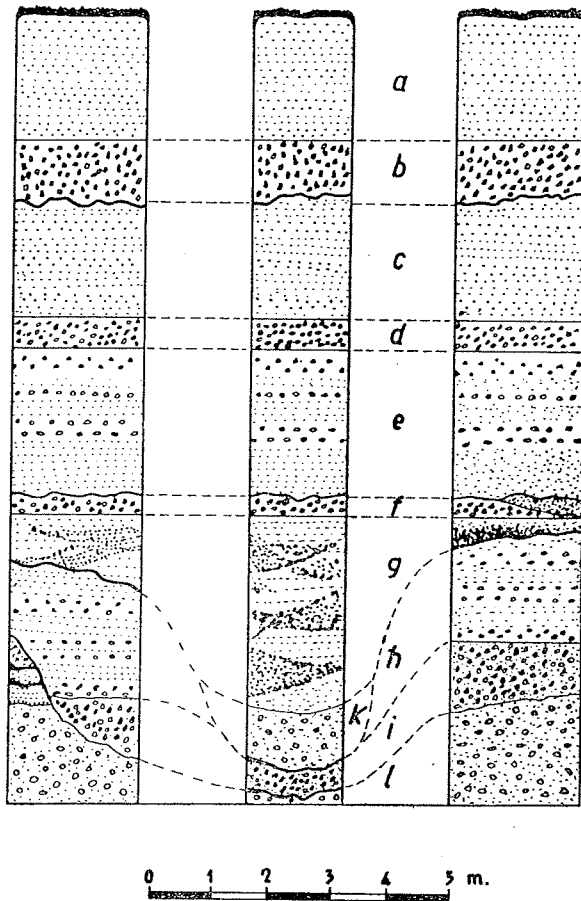


Fig. 4 - Esempio di una tipica successione di terreni nel sottosuolo della città di Napoli

- a) ceneri;
- b) pomice e lapilli lapidei;
- c) ceneri fini ed uniformi;
- d) pomice;
- e) pomice e ceneri fini;
- f) piccole pomice e lapilli arrotondati;
- g) strati lenticolari di sabbie vulcaniche uniformi con sottili intercalazioni di ceneri;
- h) sabbia vulcanica e pomice arrotondate;
- i) ceneri a grana fine e piccole pomice; il tetto di questo strato è stato eroso prima della deposizione dei sovrastanti terreni

3 - Costituzione, granulometria e porosità

I terreni piroclastici, data la genesi, sono costituiti, come s'è accennato, da materiali vari. Questo insieme di prodotti è schematizzato nella Tab. 2, in cui la distinzione fra i materiali costituenti è fatta in base alle modalità o condizioni genetiche.

TABELLA 2 - Prodotti piroclastici distinti in base alla origine del materiale di cui essi sono costituiti

Origine del materiale	Tipi ed impieghi dei prodotti
Prodotti magmatici "attuali" (del magma attivo al momento della eruzione cui è dovuto il prodotto).	<p><i>Scorie di lancio</i> (non dissimili dalle "scorie di lava" con massa fondamentale microcristallina e vetro periferico).</p> <p><i>Lapilli lapidei.</i></p> <p><i>Bombe.</i></p> <p><i>Scorie vetrose.</i></p> <p><i>Pomice</i> (lapilli pumicei a base di vetro soffiato consistente).</p> <p><i>Ceneri più o meno pumicee o scoriacee, pozzolane</i> a base di soli costituenti attivi agli effetti "pozzolanici".</p>
Prodotti magmatici di profonda consolidazione o intrusivi e materiali (effusivi o esplosivi) di precedenti eruzioni.	<p>Prodotti del gruppo precedenti strappati lungo il condotto di esplosione eruttiva.</p> <p>Prodotti puri liquido-magmatici già consolidati, strappati dal tetto del bacino o lungo il condotto (brandelli di rocce di profonda consolidazione intruse fra i sedimenti e di lave precedentemente effuse).</p> <p>Prodotti contattoendometamorfosati</p>
Materiali estranei: brandelli di rocce (preesistenti) del tetto o delle pareti del condotto "grattati" durante le esplosioni.	<p>Intatti (rocce di cui spesso sono riconoscibili direttamente natura, età, facies, ecc.)</p> <p>Contattoesometamorfosati fino a tachilite, buchite (pseudopomice), frammenti di marmo, ecc.</p>
Materiali dei precedenti tipi mescolati fra di loro.	<p><i>Brecce vulcaniche.</i></p> <p><i>Ceneri vulcaniche</i> (alcune pozzolane del linguaggio comune ed alcune pozzolane idonee a dare malte idrauliche).</p> <p><i>Tufi vulcanici sciolti.</i></p>

Buona parte di questi materiali ha struttura vetrosa, più o meno vacuolare e soffiata, e si è formata per consolidamento di gocce o brandelli di magna, ricchi di gas, lanciati nell'atmosfera e perciò raffreddati molto rapidamente. In questa categoria rientrano la *cenere* e la *pomice* o *lapillo pumiceo* (2).

Sono però presenti anche costituenti a struttura non vetrosa, o vetrosa solo in superficie, come le *scorie di lancio*, costituite da frammenti di lava scoriacea, ed il *lapillo lapideo*, costituito da frammenti di lava, cristalli o frammenti di cristalli, brandelli di rocce non vulcaniche, ecc.

(2) E' opportuno qui ricordare che molti terreni vulcanici sono dotati di *proprietà pozzolaniche*. Essi hanno, cioè, una pronta ed intensa attività chimica per cui, tra l'altro, reagiscono con la calce in ambiente umido per dare delle ottime malte idrauliche. Sotto questo punto di vista i terreni vulcanici sono ben noti fin dall'antichità [7], [8].

Molte volte in uno stesso deposito si trovano mescolati due o più tipi semplici previsti nella Tabella 2.

E' da tener presente anche che gli agenti esterni (acque, vento, ecc.) e la gravità rimaneggiano questi materiali sciolti, asportandoli dalle loro sedi originarie, trasportandoli e depositandoli, spesso commisti fra di loro o variamente frazionati, in aree poste a distanze talvolta anche notevoli. Non è raro, perciò,

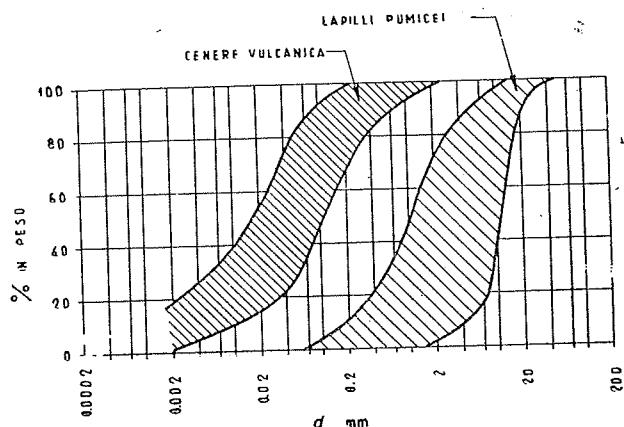


Fig. 5 - Granulometria di terreni vulcanici costituiti da ceneri e da pomice.

rinvenire, per effetto di rimaneggiamento, questi prodotti mescolati anche con materiali di altra natura e di altra origine. Il mescolamento può avvenire, però, anche al momento in cui il materiale frammentario eruttato si deposita sulla terraferma o in acqua.

Il materiale, a sua volta, può rimanere integro, ma può anche subire alterazioni (argillificazione o zeolitizzazione) e, comunque, modificazioni chimico-mineralogiche. Tali casi, però, non costituiscono l'oggetto specifico della presente nota.

I costituenti freschi dei terreni vulcanici possono essere distinti oltre che per l'origine e la costituzione chimico-mineralogica (prevalentemente silicatica, individualizzata o ancora vetrosa), anche per la granulometria. A tale scopo si sono presi in considerazione alcuni terreni tipici, frequenti e rilevanti, costituiti essenzialmente da uno solo dei tipi semplici di tabella 2, come le ceneri e i lapilli pumicei.

Nella Fig. 5 sono riportate le fasce granulometriche corrispondenti a questi tipi di depositi da noi studiati. Le ceneri sono costituite da grani con dimensioni massime comprese tra 2 mm e 0,2 mm e minime tra 0,02 e 0,002 mm. La granulometria delle pomice è compresa, di regola, nel campo tra 20 mm e 0,2 mm con predominanza della frazione di diametro intorno ai 2 mm.

Per ciò che riguarda la frazione pelitica (< 2 μ) di vari prodotti vulcanici sciolti, è da avvertire che nel nostro caso essa non è del tipo « argilloso » (sialitico), ma è della stessa natura chimico-mineralogica e si presenta della stessa forma e nello stesso stato degli altri frammenti; anzi spesso essa possiede più spiccate le proprietà pozzolaniche.

Ai terreni vulcanici, perciò, mal si adattano i criteri di apprezzamento e classifica basati essenzialmente sulla granulometria e validi per i terreni sciolti sedimentari.

La determinazione dei Limiti di ATTERBERG non è di regola possibile. Anche nei casi in cui detti limiti possono essere ottenuti, essi non hanno lo stesso significato e la stessa importanza che per i terreni sedimentari.

Data l'origine e la natura, i grani dei terreni vulcanici hanno forma irregolare e superfici scabre. Essi sono inoltre caratterizzati da elevata porosità e dal fatto che non tutti i pori (3) sono tra loro comunicanti.

Ciò si verifica in particolare per i costituenti vetrosi (dal lapillo pumiceo fino alla cenere finissima), mentre per gli altri (scorie di lancio, lapilli lapidei e scoriacei, ecc.) i pori possono mancare o essere limitati alla sola parte superficiale [7] e [9].

A tale proposito ci soffermiamo sui granelli o frammenti formati da vetro vulcanico con dimensioni comprese fra il micron ed alcuni centimetri.

Gli elementi con dimensioni maggiori all'incirca di 1 mm (pomice), hanno tessitura tipicamente spugnosa e a volte fibrosa (Fig. 5) e contorno irregolare. La loro superficie esterna è caratterizzata da numerosissimi pori di forma, dimensioni e profondità variabili. Questi pori saranno chiamati pori esterni.

Altri pori, infine, sono racchiusi nei grani, non comunicano con l'ambiente esterno e possono contenere ancora acqua e gas. Questi pori saranno chiamati pori interni.

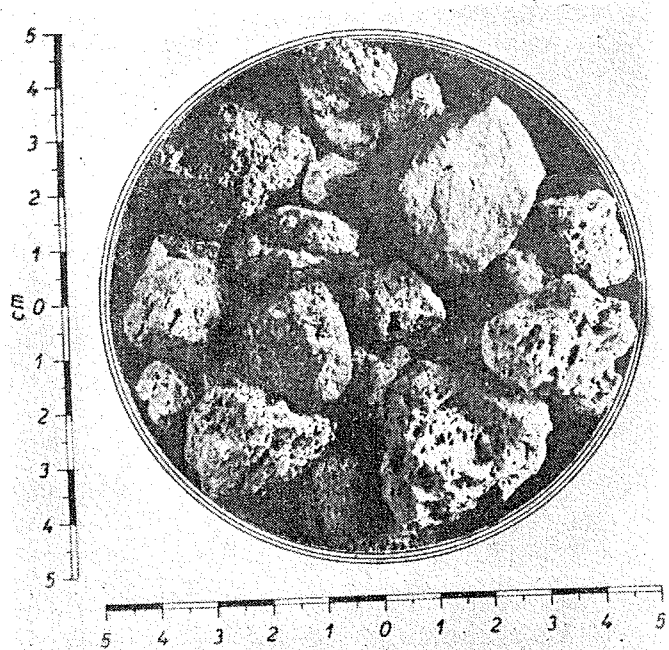


Fig. 6 - Fotografia di alcuni grani di pomice. Facile riconoscimento dei pori esterni.

Per definire tali caratteristiche si è trovato opportuno considerare il contorno ideale del singolo frammento (Fig. 6) determinato da una superficie regolare tangente alla superficie del grano, ove questa è più

(3) In quanto segue si sono denominati pori o pori propri i vacuoli che interessano i singoli grani. Si è impiegato il termine interstizi per indicare i vacuoli tra grano e grano.

liscia, e passante per i bordi dei pori superficiali più pronunciati. La singola particella risulta allora definita da tale contorno ed il suo volume V è occupato da:

- sostanza solida (V_s);
- pori esterni comunicanti con l'atmosfera (V_a);
- pori interni non comunicanti con l'atmosfera (V_i).

Corrispondentemente si possono definire tre diverse porosità proprie dei grani e precisamente:

porosità complessiva:

$$m = \frac{V_a + V_i}{V}$$

porosità esterna:

$$m_a = \frac{V_a}{V}$$

porosità interna:

$$m_i = \frac{V_i}{V}$$

Sperimentalmente si è trovato che la porosità complessiva risulta compresa fra il 70 e l'80% e che la porosità interna raggiunge valori compresi tra alcune unità % e il 10% circa.



Fig. 7 - Sezione ideale di un grano di pomice.

Mentre il loro peso specifico vero ($\gamma_r = \frac{P}{V_s}$, do-

ve P è il peso della particella polverizzata ed essiccata) raggiunge, per le pomice flegree (Napoli), valori usuali intorno al $2,5 \text{ gr/cm}^3$ (4), il loro peso specifico

apparente ($\gamma_{r,2} = \frac{P}{V}$) è inferiore all'unità. Può anche definirsi un secondo peso specifico apparente

($\gamma_{r,1} = \frac{P}{V - V_a}$) con cui si tiene conto della sola po-

rosità esterna.

I frammenti di vetro vulcanico con dimensioni inferiori ad 1 mm circa (*cenere vulcanica*) (Fig. 8)

(4) Cioè valori corrispondenti all'incirca a quelli dei vetri alcalitrachitici.

sono costituiti da minuscole schegge di vetro, molto spesso a spigoli vivi, la cui porosità complessiva può essere molto minore di quella delle pomice in dipen-

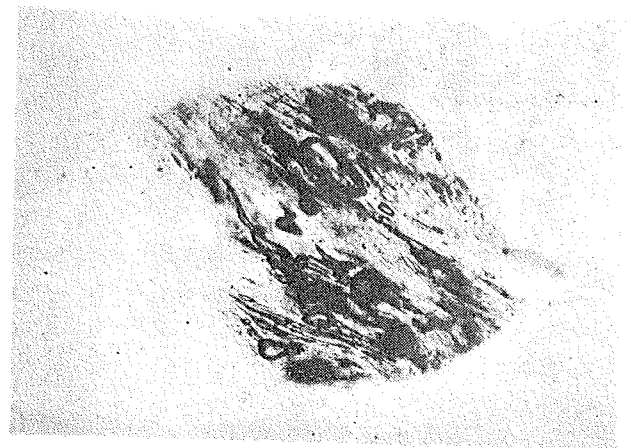
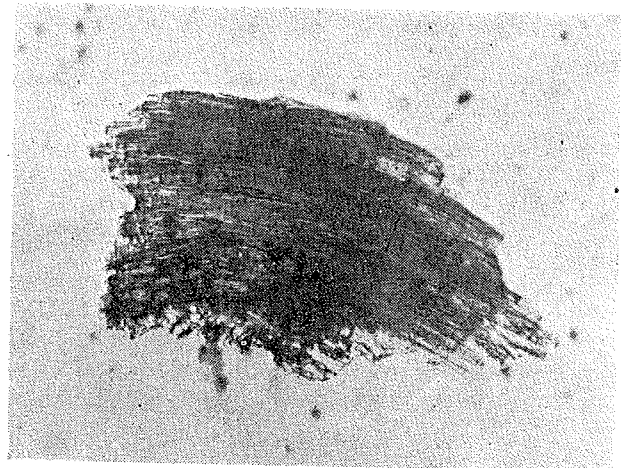


Fig. 8 - Grani di cenere vulcanica (micro-pomice, ingr. $\times 100$). Nella fotografia superiore sono riconoscibili i pori interni di forma allungata simulante una tessitura fibrosa; nella fotografia inferiore è evidente una più pronunciata tessitura spugnosa.

denza della grana. Per questi materiali i pori interni, quando ancora ci sono, assumono proporzionalmente maggiore importanza.

4 - Proprietà fisico-meccaniche

Il peso secco dell'unità di volume dei terreni vulcanici γ_a in sito varia entro ampi limiti. Nel caso di terreni costituiti in prevalenza da grosse pomice il valore di γ_a può discendere al disotto di 1 t/m^3 , mentre per la cenere vulcanica si hanno valori di γ_a maggiori di 1 t/m^3 , ma sempre non elevati.

Nel definire con i metodi usuali la porosità totale n del terreno si tiene ovviamente conto oltre che dei vuocoli fra le particelle (interstizi) anche dei pori propri delle particelle stesse (Fig. 9). E' chiaro però che il coefficiente che può rappresentare il grado di addensamento del materiale nel suo insieme non è n , ma n_2 che tiene conto soltanto degli interstizi tra particelle.

Nel caso di terreni costituiti da pomice si possono avere, ad esempio, valori di n pari a 0,80, mentre n_2 può assumere valori di poche unità %.

Per le ceneri vulcaniche n assume valori in genere compresi fra 0,50 e 0,60.

Dati i valori elevati della porosità n , questi terreni possono assorbire quantità di acqua molto elevate. E' evidente però che solo quella parte dell'acqua, spesso molto piccola, che riempie gli interstizi tra particelle, prende parte ai fenomeni meccanici, in senso lato, che in questi terreni hanno luogo. Pertanto i criteri di classificazione e le norme di esecuzione basate sui contenuti d'acqua e valide per i terreni usuali cadono qui in difetto.

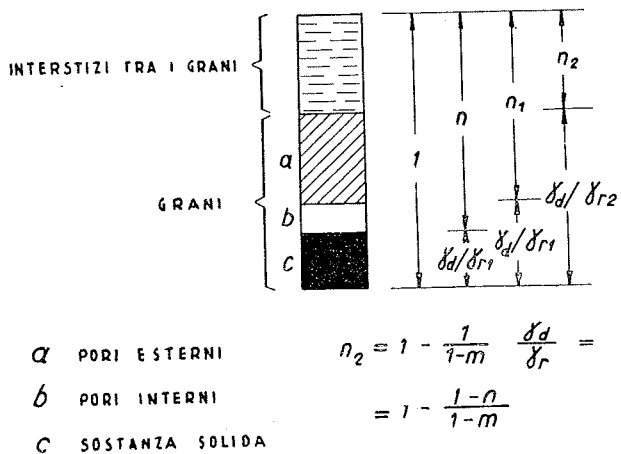


Fig. 9 - Diagramma illustrativo delle porosità di un terreno vulcanico.

Nello stesso tempo occorre tener presente che, se si fa riferimento non solo agli interstizi fra particella e particella, ma anche ai pori propri (esterni e interni) dei grani, il grado di saturazione del materiale risulta sempre molto inferiore all'unità. Infatti, anche se l'acqua riempie tutti gli interstizi, essa non può penetrare nei pori interni né sostituire, se non con estrema difficoltà ed in condizioni particolari, l'aria nei pori esterni, spesso minutissimi.

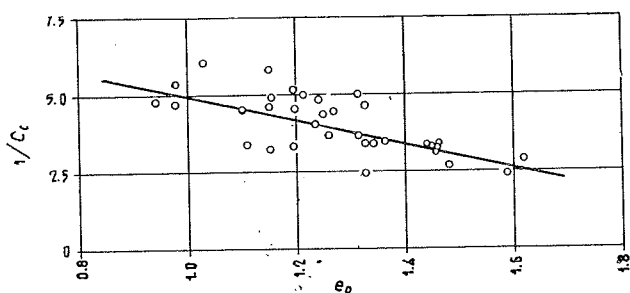


Fig. 10

Dalle prove di compressione edometrica risulta che, anche i terreni vulcanici si comprimono seguendo la legge semilogaritmica valevole per le altre rocce sciolte. L'indice di compressione

$$C_c = \frac{e_0 - e}{\log \frac{p_0 + p}{p_0}}$$

nel caso delle ceneri vulcaniche dipende dalla porosità

iniziale di queste e precisamente $\frac{1}{C_c}$ diminuisce

linearmente con il crescere dell'indice di porosità iniziale e_0 (Fig. 10).

Il decorso dei cedimenti nel tempo è caratterizzato da un effetto primario che si esaurisce molto rapidamente e da un effetto secondario molto pronunciato; la diminuzione dell'indice di porosità e può quindi essere espressa da un'equazione del tipo:

$$\Delta e = a + b \log \frac{t}{t_0}$$

dove a rappresenta la diminuzione di e determinatasi dopo un brevissimo tempo t_0 .

Entro il campo di valori di p esplorato, ossia fino a valori di oltre 10 kg/cm², il valore del coefficiente b per un dato terreno aumenta all'aumentare della pressione applicata p . Esso dipende anche dal tipo di materiale vulcanico; si può per ora precisare che nelle pomici esso è maggiore che non nelle ceneri vulcaniche.

Sia l'andamento dei cedimenti nel tempo, sia le variazioni del coefficiente b sono chiaramente in relazione con la fragilità dei singoli grani o delle loro parti esterne [10] e [11].

Se terreni vulcanici, normalmente al disopra del pelo libero della falda, vengono accidentalmente sommersi o lentamente attraversati dall'acqua, fermo restando il carico agente, essi subiscono un cedimento. Dalle prove di laboratorio risulta che tale cedimento può raggiungere qualche unità % dello spessore di terreno che si considera; il cedimento stesso è tanto minore quanto maggiore è il carico agente.

La resistenza a rottura per compressione triassiale non varia apprezzabilmente al variare delle modalità di applicazione dei carichi. In pratica si segue il criterio di applicare la pressione σ_3 a rubinetti aperti e di procedere poi, dopo alcune ore, all'applicazione dello sforzo ($\sigma_1 - \sigma_3$) a rubinetti chiusi.

Nel caso di ceneri vulcaniche si è riscontrato che facendo variare il contenuto d'acqua, senza modificarne però la porosità, non si hanno apprezzabili variazioni della resistenza a rottura.

I risultati così ottenuti nella prova di compressione triassiale danno valori dell'angolo φ compresi fra 30° e 40° e valori della coesione apparente c trascurabili o molto piccoli.

Il significato di questi risultati, in rapporto al comportamento del materiale in sede e specialmente in rapporto al fatto obiettivo della stabilità di alte pareti, forma oggetto di studio ed indagini attualmente in corso.

I materiali in esame trovano soddisfacente impiego nella formazione di rilevati. Sotto l'azione dei macchinari o in laboratorio sotto l'azione del pestello nella prova di PROCTOR i granelli si frantumano in una certa misura con conseguenti variazioni granulometriche e delle altre proprietà del materiale. I valori del contenuto d'acqua optimum che si misurano

sono, di regola, molto elevati. Entrambe queste caratteristiche si spiegano facilmente ricordando quanto si è detto circa la costituzione, la forma e la porosità proprie dei granelli e lo stato della superficie.

Bibliografia

- [1] PENTA F. - *Relazione generale sul tema "Frane"* - Ass. Geotec. It., IV Conv. di Geotecnica, Padova, maggio 1959; "Geotecnica", 5, 1959, p. 181.
- [2] THORARINSSON S. - X Assemblée générale de l'U.G.G.I. à Rome 14-25 Sept. 1954 - Procès-Verbaux de l'Ass. de Volcanologie - *On the tephrochronology of Iceland and the classification of clastic ejectamenta*. Bull. Volc., Ser. II, Tome XVI, 1955, p. 11.
- [3] ZEEVAERT L. - *Pore pressure measurement to investigate the main source of surface subsidence in Mexico City*. Proc. III Int. Conf. of Soil Mech. and Found. Engineering, vol. II, p. 299, Zurigo, 1953.
- [4] TERZAGHI K. - *Progetto e comportamento della diga di Sasumua* - "Geotecnica", 3, 1958, p. 115.
- [5] PENTA F., PARISSI F., VENTRIGLIA U., SANTI B. - *Lave del Lazio adoperate nelle costruzioni stradali* - L'Ind. Min., 8, 1952, p. 307.
- [6] NICOTERA P. - *Osservazioni geologiche sulla collina di Posillipo e sulla zona urbana occidentale di Napoli* - Boll. Soc. Geol. It., 1950, p. 335.
- [7] PENTA F. - *Pozzolane, sabbie e pietrischi della provincia di Napoli per malte e calcestruzzi* - L'Ind. Min., 7, 1941, p. 221.
- [8] PENTA F. - *Contributo agli studi delle pozzolane con speciale riguardo alle pozzolane romane* - L'Ind. Min., 9, 1953, p. 409.
- [9] OLIVERO S. - *Contributo allo studio delle pozzolane del Lazio (nota preliminare)* - La Ric. Sc., 8, 1954.
- [10] CROCE A. - *Secondary time effect in the compression of unconsolidated sediments of volcanic origin* - Proc. of II Int. Conf. on Soil Mech. and Found. Engineering; IIc1, p. 166, Rotterdam 1948.
- [11] CROCE A. - *Sulla compressibilità delle pozzolane quali terreni di fondazione* - "Geotecnica", 1, 1954, p. 6.

SUMMARY: The authors state that the schematizations of Soil Mechanics cannot always be applied as such to soils that differ from sediments, like those of volcanic origin.

Volcanic soils are made up of the unaltered products ejected by mixed type volcanoes like most of the Italian ones. These soils are accumulated in the vicinity of volcanic centres and they form thick deposits of various shapes. Due to their genesis many or the grains have a glassy and spongy texture (pumices and ashes).

The grain size distributions of some volcanic soils, constituted for the most part by grains of the same type, are given.

The porosity of volcanic soils is very high because the particles themselves are porous.

Oedometric consolidation tests show that $1/C_c$ decreases with the increasing of the initial void ratio e_0 , and that the secondary time effect is very pronounced. This behaviour appears to be related with the brittleness of the particles.

The compressive strength in triaxial tests does not vary when the conditions of the tests or the water contents are varied, provided that the void ratio is constant.

SOMMAIRE: Les Auteurs établissent que les schémas de la Mécanique des Sols ne peuvent pas être appliqués dans tous les cas à des sols différents des sédiments, comme les produits pyroclastiques.

Les sols volcaniques sont constitués par les produits rejetés par les volcans mixtes comme il arrive pour la plupart des volcans italiens. Les sols en question, accumulés près de centres volcaniques, constituent des dépôts très épais.

A cause de leur origine, ces sols sont formés par des grains à texture vitreuse et spongieuse (comme, par ex., les cendres et les ponces).

Les Auteurs donnent les granulométries des sols constitués par des grains d'un seul type. La porosité des sols volcaniques est très élevée à cause des vides dans les grains. Les essais oedométriques démontrent que $1/C_c$ diminue avec la diminution de l'indice de vide initial et que l'effet secondaire est très remarquable; ce comportement dépend probablement de la fragilité des grains. La résistance à la compression dans les essais triaxiales ne se modifie pas pour le changement des conditions d'essai et de la teneur en eau, tout en maintenant la porosité constante.