

PROVE DI PERMEABILITÀ CON ALTI GRADIENTI PIEZOMETRICI (*)

V. BARBERIS (**)

SOMMARIO: Le prove di permeabilità sulle terre vengono ordinariamente eseguite sotto carichi idrici dell'ordine di qualche metro. Ciò comporta, per i materiali di bassa permeabilità, tempi di prova molto lunghi e difficoltà di misura dei volumi permeati sia per la loro esiguità sia per l'effetto della evaporazione dal recipiente alimentatore o ricettore.

Il Laboratorio Geotecnico dell'Istituto di Costruzioni Idrauliche dell'Università di Roma ha studiato e messo a punto un apparecchio con il quale è possibile operare sotto carichi diversi, sino a valori assai elevati (14 m).

Ciò consente di contenere i tempi di prova entro limiti più ristretti e di accrescere l'entità della portata filtrante per modo che meno sensibili siano le ripercussioni sul risultato della prova delle incertezze di valutazione di quest'ultima.

Si è potuto osservare che gli elevati gradienti piezometrici che vengono a stabilirsi nei campioni, in conseguenza degli alti carichi, non producono sensibili movimenti di granuli all'interno del materiale onde le misure così ottenute sono da ritenersi senz'altro accettabili nel campo applicativo.

La permeazione d'acqua nel terreno, con meati sufficientemente piccoli, cosicchè il moto vi sia laminare, segue la legge di DARCY

$$Q = KAJ$$

ove Q è la portata permeata attraverso la sezione di area A normale alle linee di flusso, J è la cadente piezometrica, K un coefficiente dipendente dalla composizione granulometrica e dal grado di addensamento dei granuli, dalla natura del liquido e dalla sua temperatura. Le dimensioni di K sono quelle di una velocità ed esso si identifica con il valore della velocità virtuale di filtrazione (Q/A) quando la cadente J ha valore unitario.

Operando con lo stesso liquido e ad una stessa temperatura, il fattore K misura l'attitudine del mezzo solido alla permeazione.

Di norma ci si riferisce all'acqua ed alla temperatura di 10°C per cui operando ad una diversa temperatura t si passa dal valore sperimentale di K_t

al valore di riferimento K_{10} con la $K_{10} = \frac{\mu_t}{\mu_{10}} K_t$

ove il rapporto delle viscosità μ_t/μ_{10} è espresso in funzione della temperatura dalla

$$\frac{\mu_t}{\mu_{10}} = \frac{1,359}{1 + 0,0337t + 0,00022t^2}$$

La permeabilità è funzione della porosità del mezzo e quindi è indispensabile indicare l'indice dei pori del materiale nello stato di addensamento sperimentale.

(*) Comunicazione presentata al VII Convegno di Geotecnica (Trieste, 1-2 giugno 1965).

(**) Dott. Ing. Vincenzo BARBERIS assistente ordinario presso l'Istituto di Costruzioni Idrauliche dell'Università di Roma.

Nella pratica di laboratorio per evitare movimenti interni dei granuli per effetto della corrente permeante la prova di permeabilità viene eseguita con campione soggetto ad un carico di compressione di solito di $1,5 \text{ Kg/cm}^2$.

L'apparecchiatura, cui di solito si fa ricorso nelle prove di laboratorio è, nelle sue linee essenziali, indicata in figura 1.

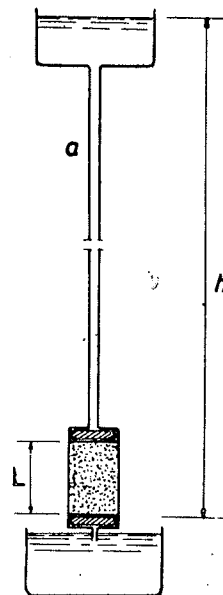


Fig. 1.

I valori del carico h normalmente in uso sono dell'ordine di grandezza di qualche metro al fine di mantenere limitata la cadente entro il provino nel timore di movimento di granuli che altererebbe la struttura e quindi la permeabilità del materiale. Ciò

però importa, per materiali di bassa permeabilità, un notevole tempo per il raggiungimento delle condizioni di regime e difficoltà di misura dei volumi permeati sia per la loro esiguità sia per l'effetto della evaporazione alla superficie del recipiente alimentatore o recettore (a seconda che la misura venga eseguita in alimentazione o allo scarico).

Per eliminare le predette difficoltà nel Laboratorio Geotecnico dell'Istituto di Costruzioni Idrauliche dell'Università di Roma è usata, per i materiali di bassa permeabilità, una apparecchiatura (studiata dal Laboratorio stesso) con la quale può operarsi con carichi diversi fino a valori assai elevati (massimo di 14 m) il che consente di contenere i tempi di prova entro limiti più ristretti e di accrescere l'entità della portata filtrante per modo che meno sensibili siano le ripercussioni sul risultato della prova delle incertezze di valutazione di quest'ultima. D'altra parte gli effetti della evaporazione sulla misura della portata filtrante sono stati eliminati usando un dispositivo speciale inserito nel lato alimentazione del campione.

Tale dispositivo consiste (fig. 2) in un disco di plexiglas A, libero di ruotare intorno al suo centro in virtù di due supporti con cuscinetti B, nel cui spessore è ricavato un condotto toroidale di sezione costante, graduato, interrotto per un breve tratto. Una delle due estremità del condotto è connessa alla colonna idrica che fornisce il carico e la seconda al campione; i due collegamenti sono realizzati con tubicini di politene flessibilissimi. La parte inferiore del condotto è riempita con mercurio, onde la uscita di acqua da e verso il campione determina la rotazione del disco, tendendo il mercurio, in virtù del suo elevato peso specifico, ad occupare sempre la parte bassa del condotto. Il volume di acqua permeato viene così via via indicato dagli spostamenti relativi del menisco del mercurio rispetto al disco. Un oppor-

tuno sistema di rubinetti consente, a fine corsa, l'inversione dei lati di alimentazione ed efflusso e quindi l'inversione del senso di rotazione del disco.

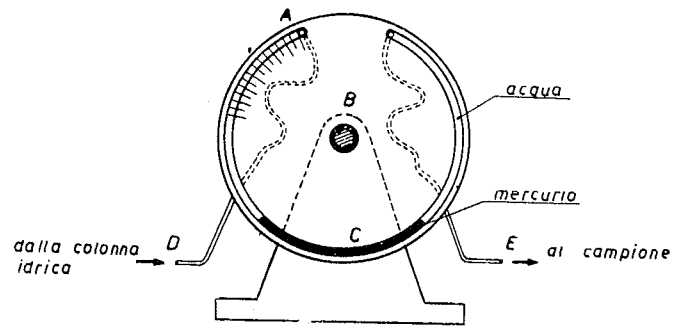


Fig. 2.

Il carico idrico è dato da una colonna di mercurio ed il suo valore nel corso della prova viene mantenuto costante come preliminarmente stabilito per opera del sistema indicato in figura 3. Il livello assoluto del mercurio nella vaschetta V_1 che definisce il valore del carico, rimane fisso durante tutto il tempo di prova nonostante il consumo di acqua della vaschetta V_2 in quanto la molla tarata m , che sostiene V_1 si accorcia e alza la vaschetta di mano in mano che diminuisce il mercurio in essa contenuto, in misura tale da mantenere costante il livello assoluto della superficie.

I campioni sottoposti alla prova sono contenuti in fustelle cilindriche di 10 cm di diametro e 4 cm di altezza; sulle due facce piane di estremità sono collocate due pietre porose di cui l'inferiore ha l'ufficio di rendere uniforme il flusso dell'acqua (entrante dal basso) verso il campione e quella superiore esercita funzione di contenimento e filtro. Sulla superficie

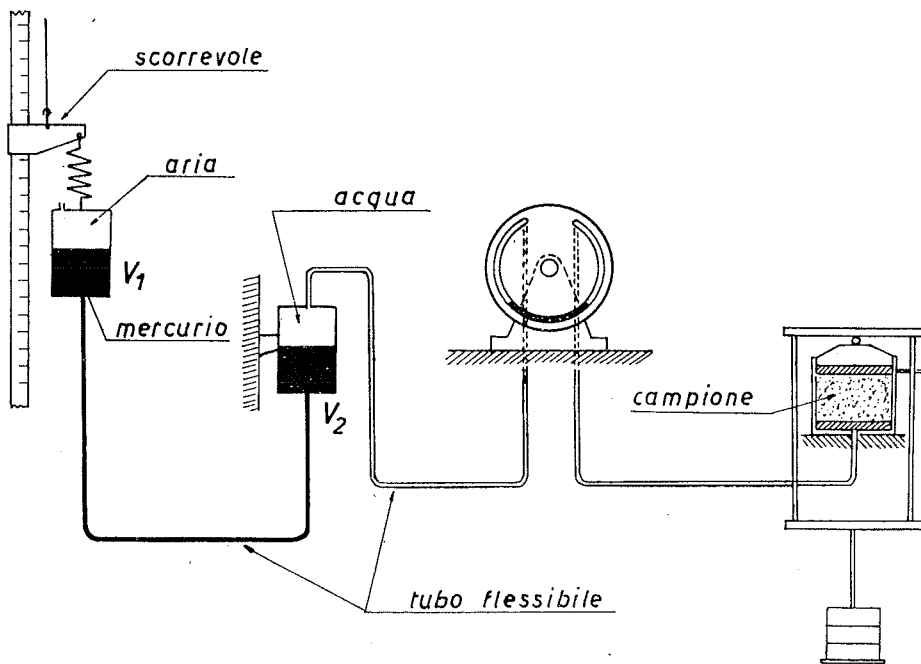


Fig. 3.

della pietra porosa superiore è poi applicato mediante piastra, telaio e pesi il carico di contenimento di norma di 1,5 Kg/cm².

Merita qualche considerazione l'entità della cadente piezometrica che si raggiunge nella apparecchiatura in parola in conseguenza dell'entità del carico idraulico che viene usato nelle prove condotte su materiali sottili, scarsamente permeabili: questo, come si è detto può raggiungere valori anche di 14 m e poichè la dissipazione di esso si compie nella piccola altezza del provino, di norma 4 cm, la cadente piezometrica raggiunge valori elevatissimi, fino a 350.

Avuto cura di controllare che rimangano sempre rispettati i limiti di validità della legge di DARCY si presenta il dubbio che l'elevato gradiente determini nel corso della prova, dei movimenti di granuli all'interno del materiale, che ne alterano la costituzione per tendenza delle particelle più minute a spostarsi nel senso del moto filtrante ed accumularsi all'estremità del campione opposta a quella di ingresso dell'acqua.

Per eliminare dubbi su ciò sono state svolte varie prove con materiali diversi.

L'andamento nel tempo della permeazione, quale è stato ottenuto, è rappresentato in via generale da una curva del tipo rappresentato in fig. 4; si osserva che il coefficiente di permeabilità in un determinato istante è rappresentato in misura proporzionale dalla tangente alla curva nell'istante stesso.

La curva permette di distinguere due fasi del fenomeno: in una prima, che occupa un tempo t_1 , dell'ordine di qualche decina di secondi o di qualche giorno a seconda del tipo di materiale, la permeabilità appare ridursi sensibilmente. Di fatto in questa prima fase si compie l'imbibizione del campione. Da controlli effettuati il volume di acqua in essa assorbito è mediamente uguale all'aumento di peso del provino al termine della prova.

Nel corso della fase successiva la riduzione della inclinazione della tangente alla curva risulta assai limitata e non supera il 10 ÷ 15 %.

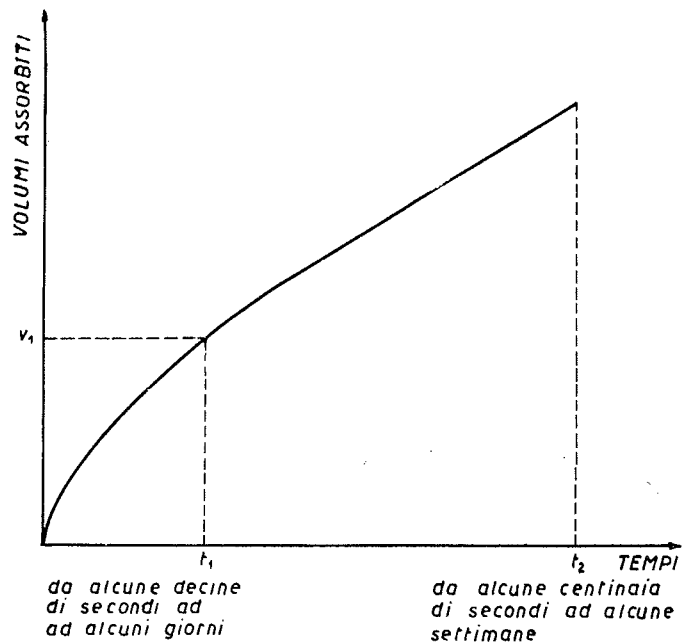


Fig. 4.

Se peraltro si considera che durante la imbibizione una parte dell'acqua assorbita permea fino alla superficie superiore è da ritenere che la imbibizione stessa non sia terminata al tempo t_1 , cui corrisponde il volume assorbito V_1 pari all'aumento di peso del provino a fine prova, onde senza dubbio l'imbibizione si protrae ancora nella fase successiva. Sembra quindi che un effetto sensibile delle alte cadenti sulla permeabilità, che conseguirebbe al movimento di particelle nell'interno del provino, sia da escludere.

In sostanza le misure di permeabilità ottenute con il procedimento descritto possono essere ritenute senz'altro accettabili anche in considerazione dei limiti di approssimazione entro i quali interessa conoscerle nel campo applicativo.

ESSAIS DE PERMÉABILITÉ PAR DES GRADIENTS PIÉZOMETRIQUES ÉLEVÉS

Sommaire: Les essais de perméabilité sur les sols sont d'ordinaire effectués sous des hauteurs d'eau de l'ordre de quelques mètres. Cela comporte, pour les matériaux plus imperméables, des temps d'essai très prolongés et quelques difficultés dans la mesure des volumes de perméation, soit pour leur exiguité que pour l'effet de l'évaporation du bac d'alimentation ou de réception.

Le Laboratoire Géotechnique de l'Institut des Constructions Hydrauliques de l'Université de Rome a étudié et mis au point un appareil par lequel il est possible d'opérer sous des hauteurs d'eau différentes jusqu'à des valeurs très élevées (14 m).

Cela permet de maintenir les temps de l'essai dans des limites plus restreintes et d'accroître l'importance du débit de perméation de façon que les répercussions des incertitudes dans l'évaluation de ce débit sur le résultat des essais sont moins sensibles.

On a pu observer que les gradients piézométriques élevés qui viennent s'établir dans les échantillons, en conséquence des hauteurs d'eau élevées ne produisent pas des mouvements des grains à l'intérieur du matériel et par conséquent les mesures ainsi obtenues peuvent être considérées tout à fait acceptables dans le domaine pratique.

PERMEABILITY TESTS UNDER HIGH PIEZOMETRIC GRADIENTS

Summary: Permeability tests on soils are usually carried out under a water head of a few meters. This implies, for materials of low permeability, very long test times and some difficulty in measuring the permeated volumes, both on account of their exiguity and of the evaporation from the feeding or receiving container.

The Soil Mechanics Laboratory of the Institute of Hydraulic Works of Rome University has studied and developed an apparatus which operating under heads varying up to very high values (14 m).

This allows to perform tests in a shorter time and to increase the amount of the permeating flow so that the influence of the uncertain evaluation of the seepage flow on tests results is less remarkable.

It has been observed that the high piezometric gradients thus induced in the sample, as a consequence of the high head, do not produce remarkable grain movements inside the material and therefore the obtained measures are to be considered as wholly acceptable in the practical field.