

Recensioni

Metodi nucleari per la misura del peso dell'unità di volume e del contenuto d'acqua del terreno

(*Symposium on Nuclear Methods for Measuring Soil Density and Moisture* - A.S.T.M. Special Technical Publication N. 293).

Il peso dell'unità di volume ed il contenuto d'acqua sono fra le proprietà più importanti di un terreno ai fini tecnici e la loro misura ricorre frequentemente sia nello studio dei terreni di fondazione sia nel controllo della esecuzione di rilevati.

Lo studio dei terreni di fondazione viene di norma eseguito con prove di laboratorio su campioni indisturbati prelevati in opportuni sondaggi o in pozzi; esso risulta quindi piuttosto agevole per i terreni coerenti a grana fina, mentre presenta notevoli difficoltà nel caso dei materiali privi di coesione (sabbie e ghiaie), attesa la impossibilità pratica di ottenere dei campioni indisturbati di tali materiali.

Le misure in superficie invece — ad esempio le misure di controllo della compattazione durante la costruzione di una diga in terra, — vengono eseguite con maggiore facilità per ogni tipo di materiale, facendo uso dei ben noti metodi della sabbia calibrata o del pallone per determinare il volume, e mediante essiccamento in istufa per determinare il contenuto d'acqua.

Occorre però dire che tutti i metodi su citati risultano di esecuzione alquanto lunga e laboriosa, il che limita notevolmente il numero di prove che è possibile eseguire.

Si comprende quindi il grande interesse suscitato dai metodi nucleari per la misura delle due grandezze in questione; essi sono stati ideati e sviluppati appunto per mettere a disposizione dei ricercatori e dei tecnici procedimenti più rapidi ed agevoli di quelli tradizionali, pur conservando un grado di precisione sufficiente.

I problemi inerenti alla messa a punto ed all'uso degli apparecchi a radioisotopi sono stati ampiamente trattati nel corso del « *Simposio* » su tale argomento che ha avuto luogo durante la 64^a riunione annuale della A.S.T.M. Nella « *Special Technical Publication n. 293* » la ASTM ha riunito le memorie presentate a tale Simposio, che sono le seguenti:

NEVILLE O. K. and VAN ZELST T. W. - Design and Application of the Nuclear - Chicago d/M Gauge.

BURN K. N. - Design and Calibration of a Neutron Moisture Meter.

CARLTON P. F. - Application of Nuclear Soil Meters to Compaction Control for Airfield Pavement Construction.

GNAEDINGER J. P. - Experiences with Nuclear Moisture and Density Surface Probes on O' Hare Field Project.

MINTZER S. - Comparison of Nuclear and Sand-Cone Methods of Density and Moisture Determination for Four New York State Soils.

CAREY W. N., SHOOK Jr. J. F. and REYNOLDS J. F. - Evaluation of Nuclear Moisture-Density Testing Equipment.

Nella stessa pubblicazione sono comparse le interessanti discussioni che hanno avuto luogo fra i partecipanti al Simposio.

Principi di funzionamento

La misura del peso dell'unità di volume di un terreno con apparecchi a radioisotopi viene effettuata sfruttando l'effetto COMPTON.

Come è noto i raggi γ emessi da un isotopo radioattivo subiscono, nell'attraversare un dato mezzo, una dispersione che aumenta con il numero di elettroni incontrati; poiché tale numero è in relazione con la massa incontrata dalla radiazione lungo il suo percorso, ne segue che dalla misura della dispersione dei raggi γ si può risalire al peso dell'unità di volume del mezzo.

Lo schema degli apparecchi per la misura del contenuto d'acqua è analogo a quello ora descritto; esso si basa sul fenomeno del rallentamento e della deviazione dei neutroni veloci da parte degli atomi di idrogeno dell'acqua. I componenti essenziali degli apparecchi in questione sono dunque:

— una sorgente, costituita da un isotopo radioattivo, che emetta radiazioni γ o neutroni veloci a seconda dei casi;

— un rilevatore delle stesse radiazioni;

— un congegno che registri e valuti quantitativamente gli impulsi del rivelatore.

Questi componenti possono essere costituiti da materiali ed apparecchi diversi ed essere disposti secondo schemi diversi; sorge quindi il problema di realizzarli e combinarli in maniera da ottenere la massima efficienza del misuratore.

Altri importanti problemi sono quelli della taratura

degli apparecchi in mezzi di caratteristiche note e del collegamento dei risultati ottenuti con quelli che si ricavano con i metodi tradizionali.

Realizzazione degli strumenti

In quanto segue faremo riferimento esclusivamente ad un particolare apparecchio, il *d/M (density-Moisture) Gauge* della *Nuclear Chicago Corporation*. Infatti quasi tutte le indagini di cui ci occupiamo sono state condotte facendo uso di questo apparecchio, per il quale esistono quindi un gran numero di dati. Si tratta inoltre di un apparecchio di produzione normale, reperibile in commercio e del quale sono attualmente in funzione oltre 300 esemplari in tutto il mondo: ci sembra quindi che esso presenti un interesse più immediato rispetto a strumenti costruiti in singoli esemplari a scopo di ricerca.

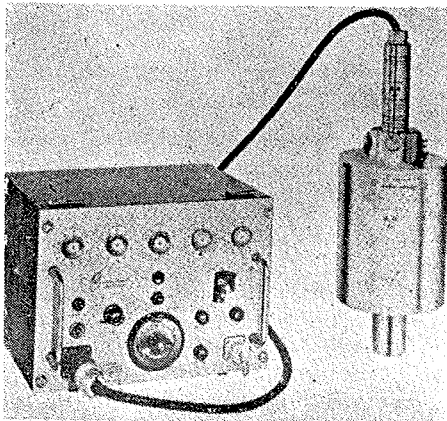


Fig. 1

L'apparecchio consiste di una centralina di misura (v. Fig. 1), alla quale possono essere collegati a mezzo di cavi 4 diversi elementi a raggi γ ed a neutroni per misure in profondità ed in superficie.

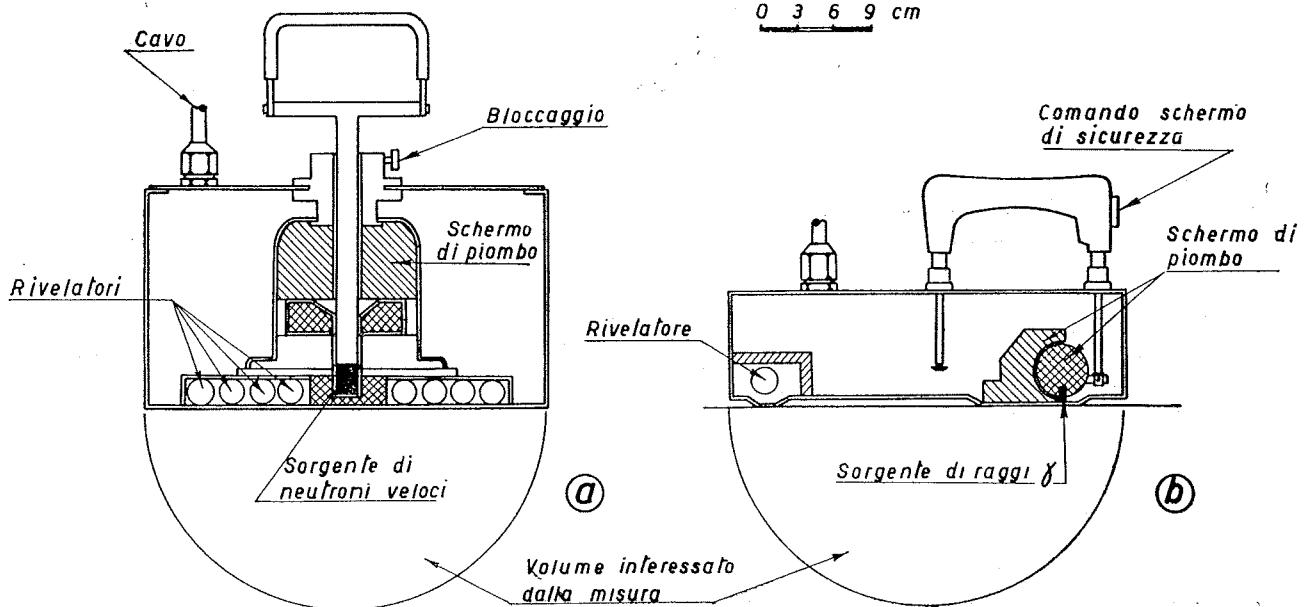


Fig. 3

La centralina può funzionare a batteria o in collegamento con una rete di corrente alternata; il suo peso è di circa 15 kg, e le dimensioni di cm $30 \times 25 \times 22$.

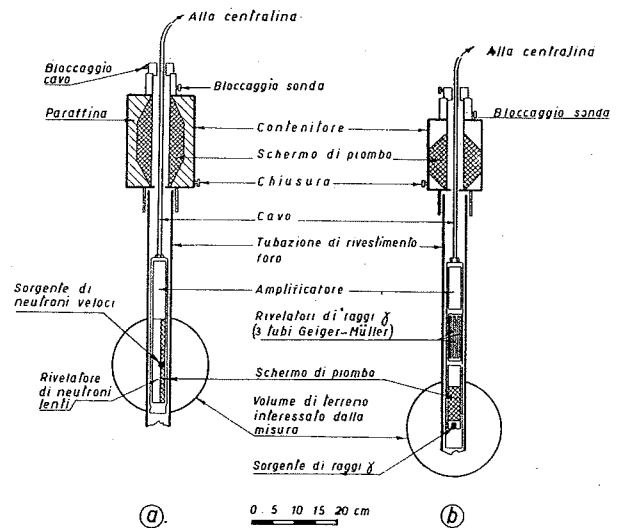


Fig. 2

Le sonde per misure in profondità (v. Fig. 2) vengono adoperate nell'interno di fori di sondaggio di piccolo diametro (~ 5 cm) con tubazione di rivestimento. Quando non sono in uso esse vengono conservate in un contenitore cilindrico schermato con piombo; tale contenitore viene montato direttamente sulla sommità della tubazione di rivestimento che emerge dal terreno, e successivamente si sblocca dall'esterno la sonda e la si fa discendere nel foro mediante un cavo.

Il peso dell'apparecchio è di circa 25 kg, compreso il contenitore entro il quale la sonda deve restare anche durante il trasporto; le profondità raggiungibili sono dell'ordine di 60 metri.

Gli apparecchi per misure in superficie (v. Fig. 3) sono contenuti in scatole metalliche che si appoggia-

no direttamente sulla superficie del terreno. Nella posizione di riposo le sorgenti radioattive vengono protette da schermi di piombo, che all'atto della misura vengono fatti scorrere a mezzo di appositi comandi situati all'esterno della scatola. Il peso risulta pari a 25 kg per l'apparecchio a neutroni ed a circa 10 kg per quello a raggi γ .

Taratura degli apparecchi e precisione delle misure

La taratura degli apparecchi a radioisotopi si presenta non priva di alcune difficoltà. Tali apparecchi, infatti, interessano alla misura un volume di terreno di forma approssimativamente sferica nel caso delle misure in profondità, ed emisferica per le misure in superficie, e forniscono una media ponderale delle caratteristiche del terreno compreso in questo volume attribuendo un peso maggiore agli strati più vicini all'apparecchio. Le dimensioni della zona di terreno interessata dalla misura non sono inoltre conosciute con esattezza. Nel caso delle misure eseguite con i metodi classici, invece, vengono ricavati i valori medi che le stesse caratteristiche assumono in un ben definito (e generalmente ristretto) volume di terreno.

Le due misure sono quindi confrontabili solamente se il mezzo in cui esse sono eseguite è perfettamente omogeneo, condizione che, come è noto, non è certo verificata nel caso dei terreni naturali e lo è solo approssimativamente per terreni preparati artificialmente in laboratorio.

Inoltre, se come termine di paragone vengono adoperati i risultati di misure in sito eseguite con il metodo della sabbia calibrata o del pallone, non bisogna dimenticare che anche tali metodi danno luogo ad errori di misura ed a dispersione di risultati.

Ciò premesso, le conclusioni più importanti che possono trarsi dalle varie note riunite nel volume in esame nei riguardi della taratura degli strumenti sono le seguenti:

— I costruttori dell'apparecchio forniscono una curva di taratura, che però va verificata caso per caso. Tutti gli sperimentatori hanno infatti rilevato la necessità di stabilire per ogni tipo di terreno una diversa curva di taratura, con accurate prove preliminari.

— La precisione delle misure sarebbe dell'ordine dell'1%; dello stesso ordine di grandezza, quindi, di quella ottenibile con i metodi tradizionali.

Gli apparecchi a radioisotopi sarebbero pertanto atti a fornire risultati soddisfacenti a patto di effettuare opportune tarature per i vari tipi di terreno da esaminare.

Anche la stabilità della misura nel tempo risulta soddisfacente, come può rilevarsi dai risultati ottenuti da BURN con misure protratte per oltre un mese.

Convenienza

Allo stato attuale non è ancora possibile valutare appieno se esiste una convenienza nell'uso dei metodi

nucleari di misura rispetto a quelli tradizionali. Tale incertezza si avverte nelle diverse conclusioni cui giungono in merito i vari Autori e nella discussione finale del Simposio, nella quale sono emerse opinioni piuttosto contrastanti.

I principali elementi a favore dei metodi nucleari sarebbero:

— precisione almeno pari a quella dei metodi tradizionali;

— possibilità di effettuare le misure in sito anche in profondità;

— semplicità e rapidità di operazione (per quanto riguarda le misure in superficie, sarebbe possibile eseguire dalle 20 alle 50 prove al giorno impiegando due operatori non necessariamente specializzati);

— basso costo unitario delle misure (CARLTON valuta in 40 dollari al giorno il costo di esercizio dell'apparecchiatura compresa una squadra di 2 tecnici. La valutazione si basa sui seguenti elementi: 1) costo iniziale della centralina e due apparecchi per misure in superficie = dollari 1350 + 1750 + 1300; 2) Manutenzione = dollari 160 all'anno; 3) Impiego = 80 giorni all'anno; 4) Deprezzamento totale in un periodo di 5 anni.

A questi aspetti positivi fanno riscontro le seguenti obiezioni:

— il costo di acquisto della apparecchiatura è elevatissimo rispetto a quello dei normali apparecchi;

— il costo di esercizio può essere innalzato enormemente dalla necessità di effettuare precise tarature preliminari, per ogni nuovo terreno da studiare, e dai lunghi periodi di inattività che seguirebbero eventuali guasti all'apparecchiatura;

— gli apparecchi del tipo di superficie misurano le caratteristiche del terreno per una profondità di circa 10 ÷ 15 cm, mentre attualmente vi sono macchinari in grado di compattare il terreno a strati di spessore fino a 50 cm e più;

— infine esiste il grave pericolo dell'esposizione del personale a radiazioni che potrebbero avere effetti nocivi sulla salute. A questo proposito è stato accertato che l'uso di questi apparecchi comporta innegabilmente un certo rischio, anche se minimo, di contrarre infermità da radiazioni: di qui la necessità di impiegare personale altamente addestrato onde evitare errori che potrebbero avere conseguenze piuttosto gravi.

Il giudizio che i vari partecipanti al Simposio hanno espresso sui metodi nucleari è essenzialmente positivo: è stato comunque accertato che essi hanno ampie possibilità di sviluppo una volta che siano state superate alcune difficoltà che si riscontrano nel loro uso.

Ad ogni modo ci sembra di poter affermare che allo stato attuale i metodi in questione non possono ancora sostituirsi vantaggiosamente nella pratica corrente a quelli tradizionali, almeno finché non si sia raggiunta una maggiore esperienza nel loro uso, una riduzione dei costi, ed una assoluta sicurezza di esercizio.

C. Viggiani