

Finalita' delle indagini

Le indagini geotecniche vengono effettuate al fine di raccogliere le informazioni sulla natura e sulle caratteristiche dei terreni presenti nel sottosuolo necessarie per:

- accertare la fattibilita' di un'opera in progetto;
- preparare un progetto valido dal punto di vista tecnico ed economico, individuare i procedimenti costruttivi piu' idonei, prevedere le eventuali modifiche provocate dall'inserimento dell'opera in progetto sulle condizioni del territorio;
- verificare che il comportamento del sottosuolo durante la costruzione e l'esercizio del manufatto rientri nella previsione di progetto;
- valutare il grado di sicurezza di opere esistenti o di situazioni naturali, per quanto attiene gli aspetti geotecnici, e se necessario progettare gli eventuali interventi.

Per una stessa opera, quindi, gli obiettivi delle indagini si evolvono nel tempo ed alle successive fasi corrispondono differenti indagini.

Volume significativo e metodi di indagine

Il volume significativo e' quella parte del sottosuolo interessato dalla costruzione del manufatto. Ad esempio, un'opera di fondazione induce nel sottosuolo incrementi di tensione di entita' decrescente all'aumentare della profondita', per cui al di la' di un certo limite e' superfluo estendere il calcolo dei cedimenti o la determinazione del margine di sicurezza rispetto alla resistenza del terreno; tale limite dipende non soltanto dalle caratteristiche della fondazione (forma, dimensioni, carichi, ecc.) ma anche dalla stratigrafia. Pertanto la delimitazione del volume significativo va fatta caso per caso.

Con riferimento ad un sottosuolo omogeneo e considerando i fattori relativi al manufatto, sono stati elaborati alcuni criteri guida che possono utilmente essere adottati nelle applicazioni, salvo verificarne nel caso specifico la validita' nel corso delle indagini allorché si e' individuata la stratigrafia del sottosuolo.

Il volume significativo risulta sempre molto ampio: da alcune decine di migliaia ad alcuni milioni di m³; lo studio geotecnico viene svolto su una piccola parte, e precisamente si considerano alcuni tratti che attraversano interamente il volume in questione e lungo questi vengono individuate la stratigrafia, le proprieta' fisico-meccaniche dei terreni, la posizione e le caratteristiche delle falde idriche. Le informazioni così raccolte vengono poi estrapolate all'intero volume significativo.

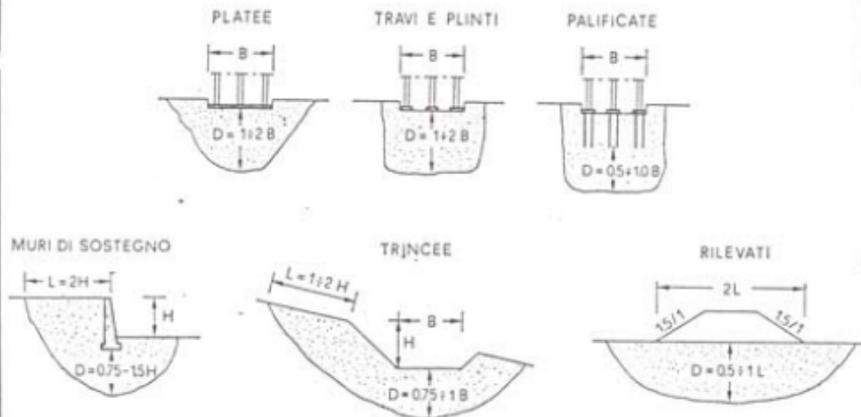


Fig. 2.1. — Volume significativo delle indagini geotecniche.

Mezzi e frequenza delle indagini

I mezzi di indagine di uso più frequente sono indicati in tabella

Il numero dei tratti da esplorare va stabilito tenendo conto di:

- caratteristiche geometriche del volume significativo;
- natura e caratteristiche dei terreni, in particolare la loro omogeneità;
- grado di approssimazione da raggiungere nella caratterizzazione geotecnica;
- costo delle indagini e tempo di esecuzione.

In fase di programmazione delle indagini la natura e le caratteristiche dei terreni sono incognite, oppure su di esse si hanno informazioni generiche e pertanto è necessario avanzare alcune ipotesi di lavoro.

Per opere di modesta importanza le varie fasi progettuali sono di breve durata e si susseguono con continuità; riesce perciò economico impostare un unico programma di indagini sulla base di una previsione media dei terreni di fondazione, salvo introdurre opportune correzioni ove dai primi risultati si riscontri una situazione diversa da quella prevista.

Nelle indagini in esame le perforazioni di sondaggio costituiscono l'elemento più rilevante.

TAB. 2.1. PROGRAMMAZIONE DELLE INDAGINI GEOTECNICHE

Finalità	Mezzi di indagine	
Profilo stratigrafico	sondaggi pozzi trincee cunicoli indagini geofisiche (*)	
Proprietà fisico-meccaniche dei terreni	in laborat.	prove su campioni indisturbati
	in sito	prove penetrometriche statiche e dinamiche prove sclissometriche prove pressiometriche prove di carico su piastra
Misura della pressione neutra	piezometri e celle	
Permeabilità dei terreni	in laborat.	prove su campioni indisturbati
	in sito	prove di emungimento da pozzi prove in pozzetti e in fori di sondaggio
Verifica dell'impiego di procedimenti tecnologici	pallifate; prove di carico su pali impermeabilizzazione: misura di pressioni neutre e della permeabilità consolidamenti: misura delle proprietà meccaniche	

(*) L'indagine geofisica è un mezzo di indagine indiretto e pertanto i relativi risultati dovranno essere tarati mediante alcuni sondaggi.

Fig. 2.2. — Simbologia di terre e di rocce.



Perforazioni di sondaggio

Il sondaggio è una perforazione ad asse verticale che consente il prelievo di campioni rimaneggiati di tutti i terreni attraversati per la determinazione del profilo stratigrafico, nonché il prelievo di campioni intatti di terreni a grana fina. In taluni casi vengono effettuate anche prove sul fondo e sulle pareti del foro per la determinazione delle proprietà fisico-meccaniche dei terreni.

Per la scelta del metodo di perforazione vedi la tabella seguente.

Durante la perforazione è necessario assicurare la stabilità della parete e del fondo del foro, ricorrendo (se necessario) a tubazioni di rivestimento o ai fanghi di bentonite.

Ultimata l'indagine, il foro deve essere opportunamente riempito.

Campioni e campionatori

I campioni indisturbati mantengono la struttura ed il contenuto d'acqua del terreno in sito (classe G3). I campioni disturbati conservano la granulometria ed a volte anche il contenuto d'acqua (classi G1 + G3).

Qualsiasi campione deve avere un volume tale che sia rappresentativo del terreno in sito e sufficiente per le prove di laboratorio.

I campioni di classe G1 e G2, e talvolta G3, possono essere prelevati con i normali utensili di perforazione. I campioni da G3 a G5 si prelevano soltanto nei terreni a grana media e fina (sabbie fine, limi, argille); le dimensioni minime sono: diametro 80 mm, lunghezza 500 mm. I principali tipi di campionatori sono

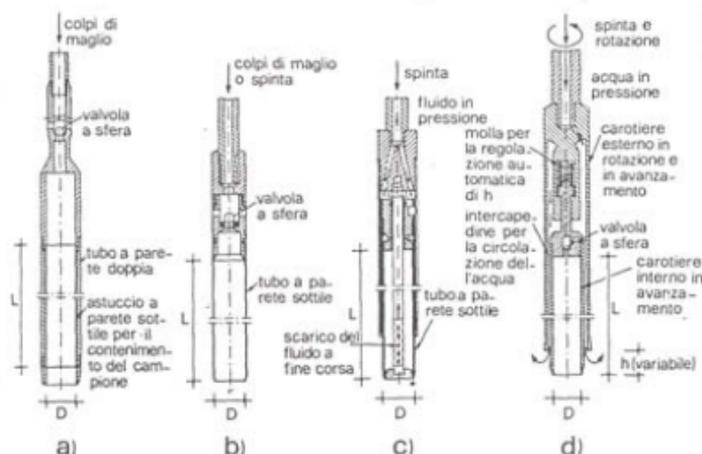


Fig. 3.1. — Campionatori: a) pesante a percussione; b) a parete sottile con avanzamento a percussione o a pressione; c) a parete sottile con pistone e con avanzamento a pressione; d) a rotazione a doppio carotiere.

rappresentati in figura per la scelta si puo' tener conto della tabella.

Il numero di campioni da prelevare in un determinato banco dipende dalla disomogeneita' del banco e dal programma dell'indagine di laboratorio.

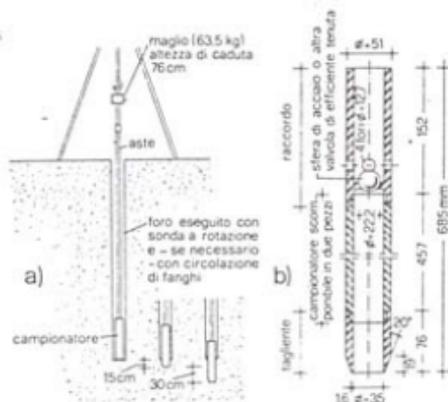


Fig. 3.2. — Standard Penetration Test (S.P.T.): a) schema della prova; b) particolare del campionatore.

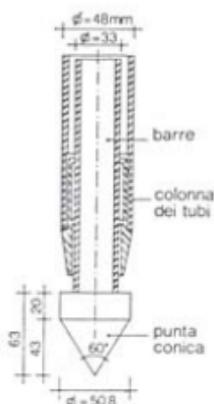


Fig. 3.3. — Penetrometro dinamico a cono: particolare della punta.

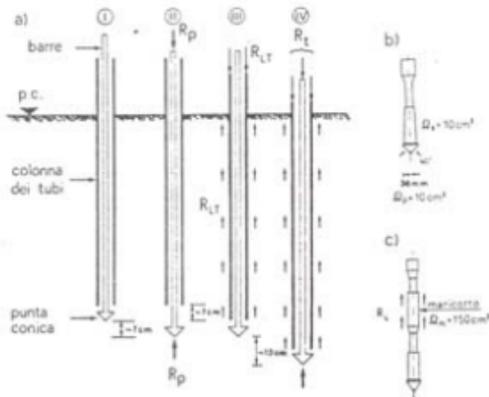


Fig. 3.4. — Penetrometro statico: a) schema della prova; I) posizione iniziale; II) avanzamento della punta e misura della resistenza alla punta R_p ; III) avanzamento dei tubi e misura della resistenza laterale R_{LT} ; IV) avanzamento dei tubi e della punta e misura della resistenza totale R_t ; b) particolare della punta con manicotto; c) particolare della punta conica con manicotto.

Penetrometri dinamici

Standard Penetration Test (S.P.T.). Si effettua nel corso di un sondaggio in terreni con granulometria da argilla a sabbia infiggendo il campionatore mediante un maglio di 63,5 kg, che cade da una altezza di 0,76 m.

Il campionatore viene infisso per tre tratti consecutivi di 15 cm ciascuno; il valore N e' pari alla somma dei colpi relativi al 2 ed al 3 tratto.

I risultati della prova possono essere fortemente influenzati dal disturbo del terreno provocato dall'esecuzione della perforazione, pertanto occorre particolare cura nella scelta del diametro del foro e dell'attrezzo di perforazione nonche' nell'esecuzione della perforazione stessa.

Penetrometro dinamico a cono. La prova viene effettuata in terreni con granulometria da argilla a ghiaia fina.

La punta conica viene infissa nel terreno per un tratto di 30 cm, misurando il numero di colpi N del maglio di 73 Kg, altezza di caduta di 75 cm. Successivamente viene infissa la colonna dei tubi misurando il numero di colpi Nr. Queste operazioni vengono ripetute con continuita' dal piano di campagna fino alla profondita' prefissata, ottenendo un profilo continuo.

Penetrometro statico

La prova viene effettuata in terreni con granulometria da argilla a sabbia con ghiaia fina.

Le operazioni indicate in figura vengono ripetute con continuita' fino a raggiungere la profondita' prefissata o la portata dell'apparecchio.

La figura si riferisce al penetrometro meccanico che consente la misura separata delle resistenze R_p , R_{lt} , R_t . Adoperando la punta col manicotto e' possibile determinare anche la resistenza laterale locale all'avanzamento del solo manicotto R_l .

In apparecchiature piu' moderne e' possibile l'avanzamento contemporaneo della punta e della colonna dei tubi e la misura separata delle resistenze R_t e R_p mediante l'inserimento di una cella di carico in prossimita' della punta. La resistenza laterale si deduce dalla differenza $R_{lt} = R_t - R_p$.

Scissometro (Vane Test)

La prova scissometrica viene effettuata in argille molli o di media consistenza. L'apparecchio e' costituito da quattro alette di acciaio disposte su due piani normali fra loro, e saldate da un'asta; l'apparecchio viene infisso sul fondo di un foro di sondaggio oppure direttamente dal piano di campagna fino alla profondita' prestabilita.

La prova consiste nel far ruotare lo scissometro fino a raggiungere la rottura del terreno (resistenza di picco); facendolo ruotare ulteriormente, la resistenza si riduce fino ad assumere un valore all'incirca costante (resistenza residua).

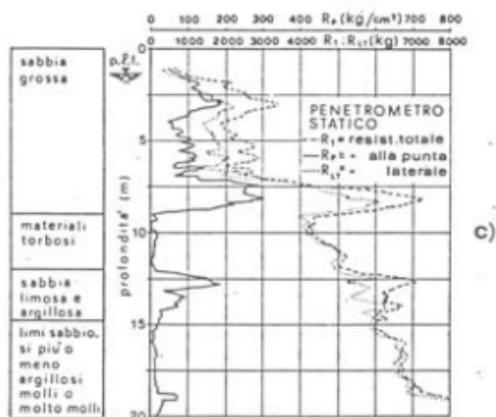
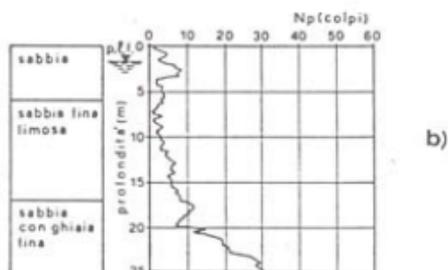
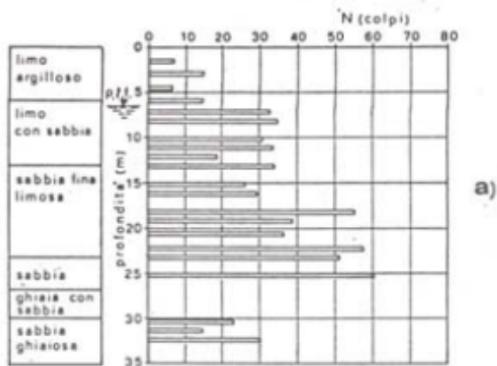


Fig. 3.5. — Esempi di profili penetrometrici: a) S.P.T.; b) penetrometro dinamico a cono; c) penetrometro statico.

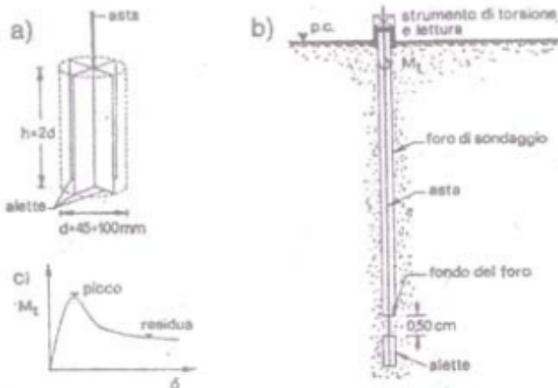


Fig. 3.6. — Scissometro: a) schema delle alette;

b) schema della prova;

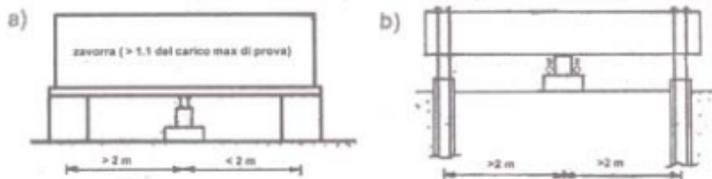
c) relazione momento torcente M_t — rotazione δ .

Prova di carico su piastra o su palo

La piastra è rigida e circolare; il diametro viene scelto in modo tale che la superficie caricata sia rappresentativa in relazione alle caratteristiche del terreno (granulometria della terra, caratteristiche delle fratture delle rocce, ecc.) ed al problema tecnico in esame; di norma il diametro è compreso fra 30 e 100 cm.

Il carico viene applicato ad incrementi successivi ed in corrispondenza di ciascun incremento viene mantenuto costante fino a raggiungere il pratico esaurimento delle deformazioni del terreno; il carico massimo di prova viene scelto a seconda della finalità.

Nelle prove di carico su pali, sull'estremità superiore del palo viene costruito un plinto in cemento armato solidale al palo stesso.



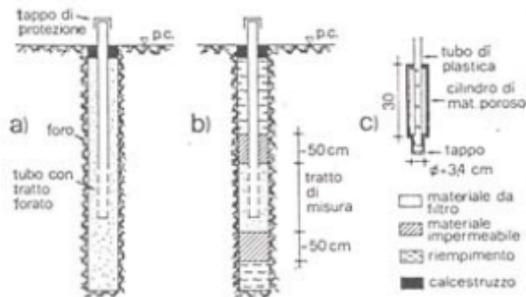
Misura delle pressioni neutre

Terreni a grana grossa. Valori orientativi possono ottenersi dalla misura del livello dell'acqua nel foro durante la perforazione di sondaggio: per misure piu' accurate e prolungate nel tempo si ricorre a piezometri a tubo aperto.

Se lungo il tratto di sottosuolo attraversato col piezometro non si verificano variazioni significative della quota piezometrica, per l'installazione puo' adottarsi lo schema di figura.

In caso contrario, il tratto di misura dovra' essere isolato con due setti di materiale impermeabile.

Particolare cura dovra' porsi nella scelta e nella posa in opera del materiale del filtro, la cui granulometria dovra' essere fissata in base alle dimensioni dei fori del piezometro e delle caratteristiche granulometriche del terreno circostante.



Terreni a grana fine. L'apparecchiatura viene scelta in base al tempo di risposta, pari all'intervallo di tempo fra l'istante in cui avviene la variazione di pressione neutra e l'istante in cui il piezometro la segnala: questo tempo dipende dalla permeabilita' del terreno, dalle caratteristiche dell'apparecchiatura e dell'installazione.

In terreni con permeabilita' media o ridotta puo' essere impiegato il piezometro CASAGRANDE: questo viene installato secondo uno schema simile a quello di figura che dovra' essere opportunamente dimensionato per ottenere il tempo di risposta desiderato.

In terreni con permeabilita' ancora piu' ridotta possono adoperarsi piezometri idraulici a circuito chiuso ed infine le celle che hanno un tempo di risposta molto breve: si tratta di apparecchi delicati e costosi, il cui impiego si giustifica soltanto in applicazioni di una certa importanza.

Prove di permeabilita'

La determinazione del coefficiente di permeabilita' (K) e' possibile con metodi semplici in terreni con $K > 10$ cm/s ; in terreni di ridotta permeabilita' e' necessario ricorrere a prove piu' complesse.

La scelta del tipo di prova dipende dalle dimensioni del volume di sottosuolo che si vuole indagare e dal grado di precisione che si deve raggiungere. A volte il volume anzidetto e' rilevante e le scelte progettuali sono fortemente influenzate dal valore della permeabilita'; cio' si verifica, p. es., nei problemi di abbassamento della falda per scavi di notevoli dimensioni, per opere idrauliche di sbarramento, ecc.; e' necessario allora ricorrere a prove di pompaggio da pozzo (prove tipo THIEM). Per misure a carattere orientativo su volumi ridotti del sottosuolo si puo' ricorrere a prove di emungimento nel corso delle perforazioni di sondaggio: dette prove possono effettuarsi in piu' tratte dello stesso banco di terreno, a carico variabile o a carico costante.

Nel primo caso si deprime il livello dell'acqua nella tubazione e si rileva l'andamento della altezza e da questo si deduce il coefficiente di permeabilita'.

Nelle prove a carico costante si deprime il livello dell'acqua nella tubazione fino ad una certa quota e lo si mantiene costante estraendo una portata G; dalla misura di G e' possibile risalire al valore di K.

Per la valutazione della permeabilita' degli ammassi rocciosi, o anche solo per accertare l'esistenza di fratture, si ricorre alla prova LUGEON.

La prova viene eseguita nel corso o al termine di una perforazione di sondaggio; il diametro del foro e' di norma compreso fra 50 e 150 mm, questo ampio intervallo puo' essere ammesso tenuto conto dell'approssimazione ottenibile con la prova. Mediante speciali otturatori ad espansione si isola un tratto di foro di lunghezza l.

L'acqua viene inviata nel tronco di prova attraverso un tubo e viene messa in pressione: la pressione viene letta sul manometro posto alla testa del foro.

Il volume di acqua assorbito in un determinato tempo si misura mediante l'indicatore di livello o col conta litri.

La durata della prova deve essere per lo meno pari a 10 min. Il risultato della prova viene espresso in unita' LUGEON (1 unita' corrisponde all'assorbimento di 1 l/min per 1 m di foro alla pressione di 10 bar.

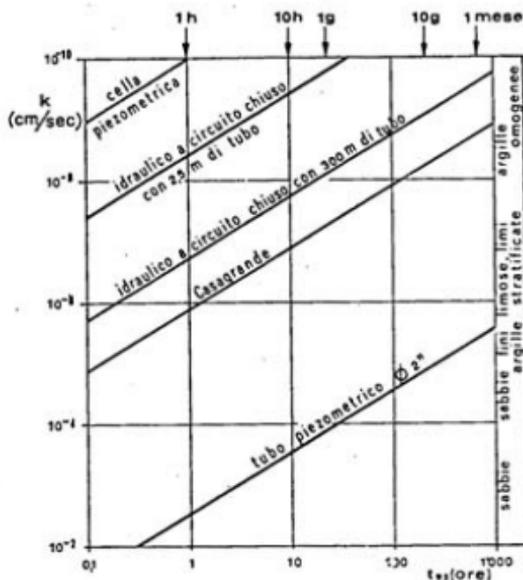


Fig. 3.9. — Tempi di risposta di vari tipi di piezometri.

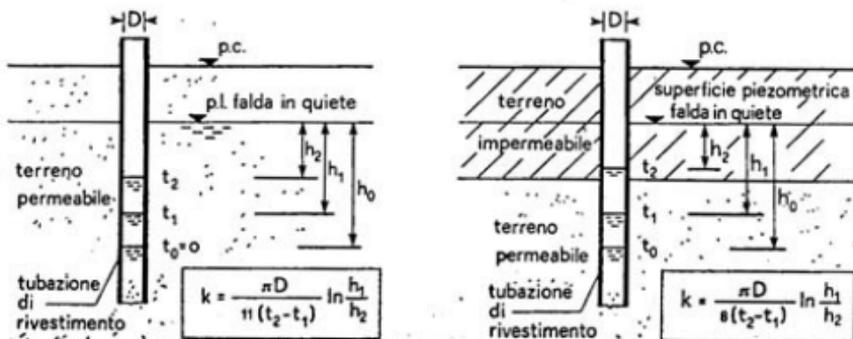


Fig. 3.10. — Prova di permeabilità nel foro di sondaggio in condizione di moto vario.

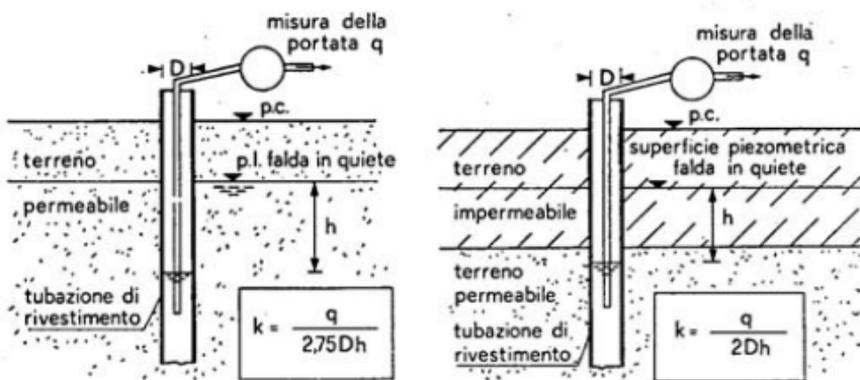


Fig. 3.11. — Prova di permeabilità nel foro di sondaggio in condizione di *moto permanente*

