



Parte I): *Principi di Geotecnica*

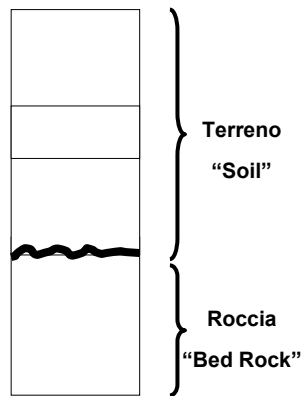


Generalità: *Il terreno, le terre e le rocce*

La geotecnica non si occupa della **rocce** ma della meccanica dei **terreni** o delle **terre**

- I **terreni** sono rocce disgregate presenti nel loro stato naturale
- Le **terre** sono rocce disgregate in modo naturale o artificiale per realizzare manufatti (ad es. dighe in terra, rilevati stradali etc.)

Profilo stratigrafico





Generalità: Il terreno e sua composizione

I terreni, sono costituiti da un insieme di granuli solidi (**Scheletro solido = I Fase**) di forma e dimensioni molto varia e da un sistema di vuoti occupati da acqua (**Liquidi = II Fase**) e/o aria (**Gas = III Fase**)



Mezzo multifase



Proprietà geo-gravimetriche

- Peso dell'unità di volume
Peso specifico apparente $\gamma = \frac{P}{V}$
- Peso secco dell'unità di volume $\gamma_d = \frac{P_s}{V}$
- Peso specifico dei granuli solidi
Peso specifico $\gamma_s = \frac{P_s}{V_s}$
- Peso specifico dell'acqua $\gamma_w = \frac{P_w}{V_w}$
- Porosità $n = \frac{V_v}{V}$
- Indice dei vuoti $e = \frac{V_v}{V_s}$
- Grado di saturazione $S_r = \frac{V_w}{V_v}$
- Contenuto d'acqua $w = \frac{P_w}{P_s}$

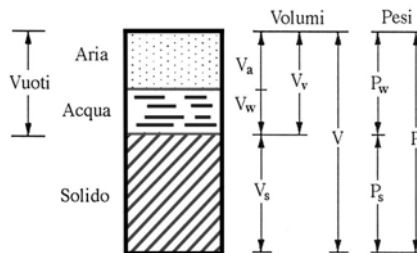




Tabelle proprietà geo-gravimetriche

PESI SPECIFICI APPARENTI DI ROCCE SEDIMENTARIE LAPIDEE E SCIOLTE (da H. J. Schoene in H. Reich e K. v. Zwerger)

Terreni o Terre	Peso specifico apparente (g/cm ³)	
	medio	limiti
Ghiaia asciutta	1,90	1,80 ÷ 2,00
Ghiaia bagnata	2,00	1,90 ÷ 2,10
Terra silicea	2,70	2,66 ÷ 2,74
Craie	2,20	1,80 ÷ 2,60
Limo asciutto	1,50	1,50 ÷ 1,60
Limo umido	1,70	1,67 ÷ 1,85
Sabbia con limo	1,90	1,60 ÷ 2,10
Galestri («letton»)	1,70	1,50 ÷ 1,85
Sabbia asciutta	1,50	1,40 ÷ 1,65
Sabbia umida	1,80	1,70 ÷ 1,90
Sabbia bagnata	2,00	1,95 ÷ 2,05
Sabbia con ciottoli	2,10	2,00 ÷ 2,20
Neve (sciolta)	0,13	-
Torba	1,65	1,36 ÷ 2,26

UNITA' DI MISURA: $1 \text{ g/cm}^3 = 1 \text{ t/m}^3 = 10 \text{ KN/m}^3$

PESI SPECIFICI DI ROCCE SEDIMENTARIE LAPIDEE E SCIOLTE (da H. J. Schoene in H. Reich e K. v. Zwerger)

Terreni o Terre	Peso specifico (g/cm ³)	
	medio	limiti
Sabbia	2,63	2,60 - 2,65
Argilla	2,75	2,70 - 2,80
Humus	1,40	-

UNITA' DI MISURA: $1 \text{ g/cm}^3 = 1 \text{ t/m}^3 = 10 \text{ KN/m}^3$

POROSITA E INDICI DI POROSITA

Materiale	n	e
Sabbia e ghiaia in grani di dimensioni assortite	20%	0,25
Sabbie naturali con grani di uguali dimensioni	33 ÷ 50%	0,5 ÷ 1,0
Argilla magrissima	33%	0,5
Argilla magra	50%	1,0
Argilla plastica	60%	1,5
Limo-Torba	80%	4,0



Classificazione dei terreni

- Granulometria

Caratterizzazione fisica



- Plasticità

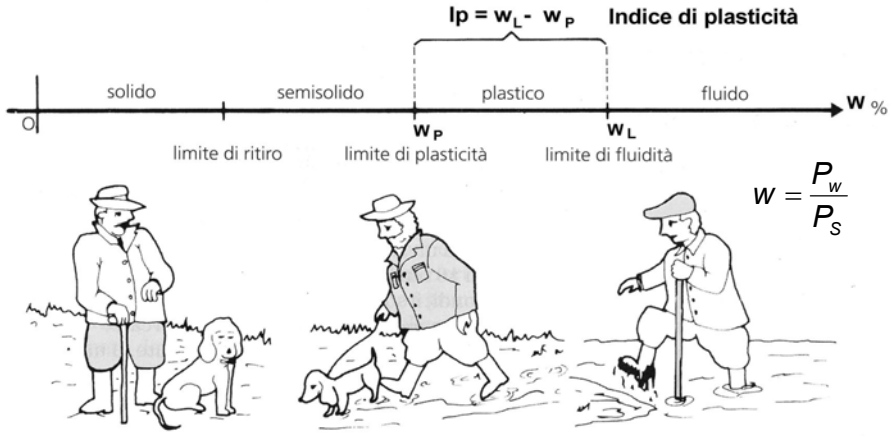
Caratterizzazione chimica



Proprietà indice

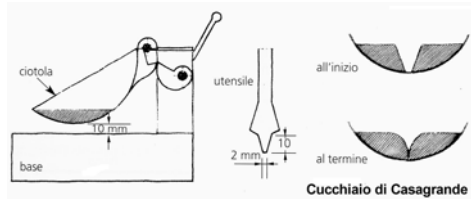


La classificazione sulla plasticità

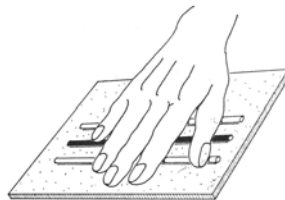


I Limiti di Atterberg

Limite di fluidità o liquidità (w_L)



• Limite di plasticità (w_p)





Le proprietà indice e prime indicazioni sul comportamento meccanico

Terreni a grana fina

$$I_c = \frac{w_L - w}{w_L - w_p}$$

↓
Stato del terreno

Terreni a grana grossa

$$D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$$

Consistenza	I_c	σ_r [kPa]	Riconoscimento sommarin
nulla	< 0	< 25	Si estude fra le dita se pressata nella mano
poco consistente o molle	0 ÷ 1	25 ÷ 50	Si modella con leggera pressione delle dita
moderatamente consistente	1	50 ÷ 100	Si modella con forte pressione delle dita
consistente	> 1	100 ÷ 200	Si penetra con forte pressione del pollice
molto consistente	» 1	200 ÷ 400	Incisa dall' unghia
estremamente consistente (dura)	» 1	> 400	Incisa con difficoltà dall' unghia del pollice

Compattezza	Densità relativa D_r	Riconoscimento sommario
sciolta	< 0,2	E' possibile infiggere a mano una barra di ferro per circa 1 m
poco addensata	0,2 ÷ 0,4	
moderatamente addensata	0,4 ÷ 0,6	
addensata	0,6 ÷ 0,8	E' possibile infiggere un picchetto per 5 ÷ 10 cm con mazza battente
molto addensata	> 0,8	



Cenni di meccanica dei terreni: Il principio delle tensioni efficaci

“La tensione efficace (σ') è la differenza tra la tensione normale totale (σ) e la pressione dell'acqua (pressione neutra) (u)”

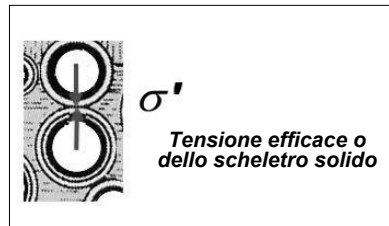
Terzaghi 1924

Nascita della geotecnica moderna



Le deformazioni del terreno e la sua resistenza a rottura dipendono solol dalle tensioni efficaci

Skempton, 1961



$$\sigma'_{ij} = \sigma_{ij} - \delta_{ij} \cdot u$$

$\delta_{ij} = 1$ se $i=j$, altrimenti = 0



Cenni di meccanica dei terreni: Le tensioni litostatiche

Tensioni Litostatiche

Eq. congruenza $\varepsilon_x = \varepsilon_y = 0$

Legame cost. $\varepsilon_x = \frac{1}{E} [\sigma'_x - \nu'(\sigma'_y + \sigma'_z)] = 0$

$\sigma'_x = \sigma'_y = k_0 \sigma'_z$

Eq. di equilibrio $\sigma'_z = \int_0^z \gamma dz$

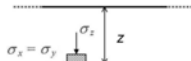
Princ. Tensioni efficaci $\sigma'_z = \sigma_z - u$

$\sigma'_z(z)$

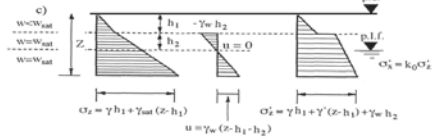
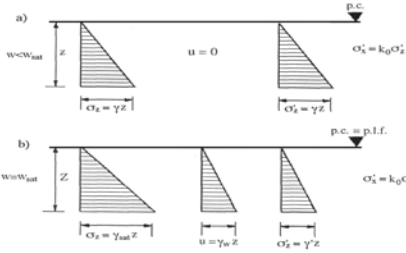
Coefficiente di spinta a riposo

$k_0 = \frac{\sigma'_x}{\sigma'_z} = \frac{\nu'}{1-\nu'}$
Valore teorico

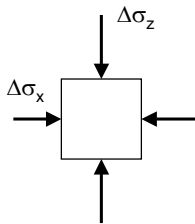
$k_0 = (1 - \sin \varphi')$
Valore sperimentale



Semispaio elastico



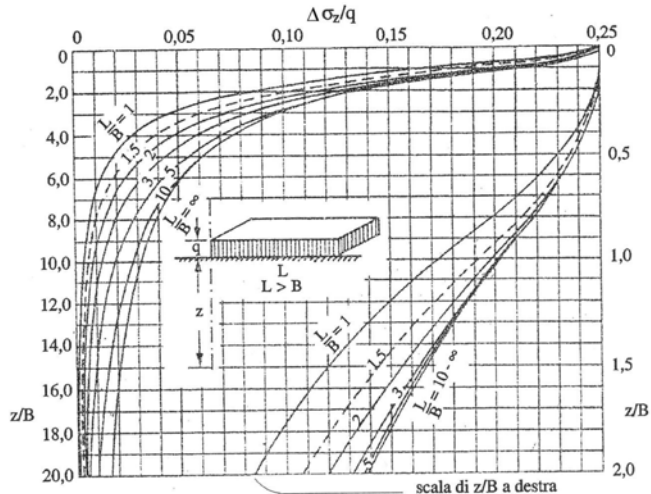
Cenni di meccanica dei terreni: Le tensioni indotte dai carichi esterni



Teoria della elasticità

$\Delta \sigma' = \Delta \sigma - \Delta u$

Teoria della consolidazione



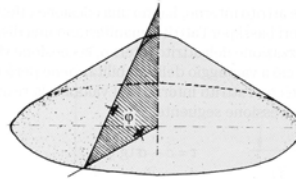
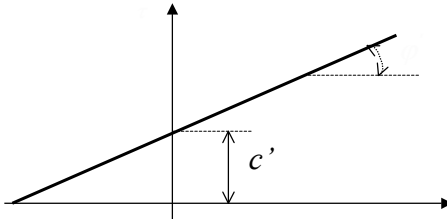


Cenni di meccanica dei terreni: I criteri di resistenza (SLU)

Criterio di Coulomb, 1778

$$\tau = c' + \sigma' \cdot \text{tg}(\varphi')$$

Terzaghi, 1938



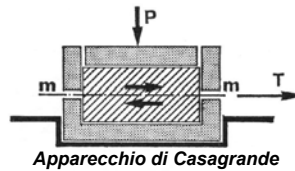
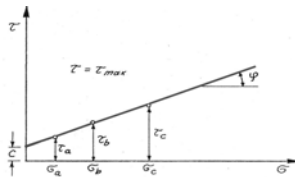
N.B. L'angolo di attrito interno è in genere più grande dell'angolo di normal declivo

Se $c'=0$ si parla di terreno incoerente



Cenni di meccanica dei terreni: Prove di laboratorio a rottura

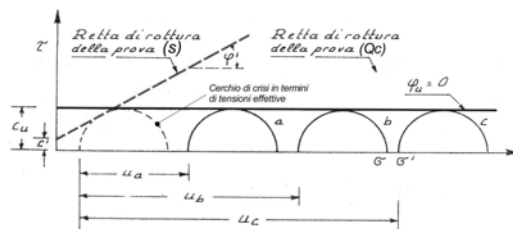
Prova di taglio diretto



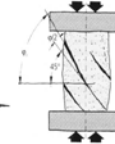
Prova triassiale

•Drenata S

•Non drenata Qc

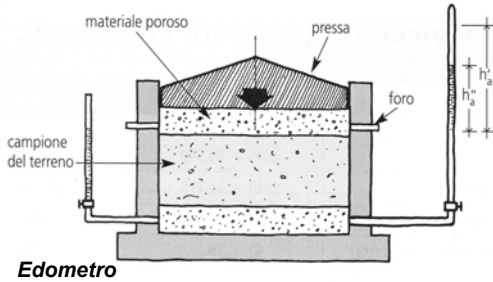


Cella triassiale

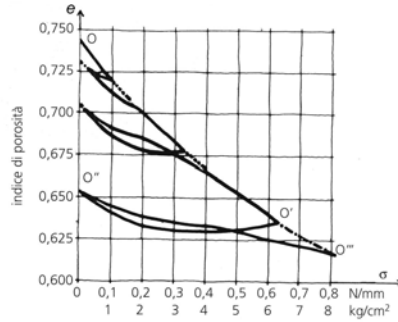




Cenni di meccanica dei terreni: I legami costitutivi (SLE)



Prova edometrica



$$E_{ed} = E \cdot \frac{1 - \nu}{1 - \nu - 2\nu^2}$$

$\nearrow \nu = 0 \quad E_{ed} = E$
 $\searrow \nu = 0.5 \quad E_{ed} = \infty$



Cenni di meccanica dei terreni: Sommario dei Parametri meccanici

Deformabilità

VALORI INDICATIVI DEL MODULO DI COMPRESSIBILITÀ

Materiale	E _{ed}	
	N/mm ²	kg/cm ²
Ghiaia e sabbia compatta	98 ÷ 196	1000 ÷ 2000
Sabbia (da sciolta a compatta)	49 ÷ 78	500 ÷ 800
Sabbia sciolta	68 ÷ 78	700 ÷ 800
Argilla solido-plastica	8 ÷ 15	80 ÷ 150
Argilla plastica	4 ÷ 7	40 ÷ 80
Argilla molle plastica	1,5 ÷ 3,9	15 ÷ 40
Terra torbosa	0,1 ÷ 0,5	1 ÷ 5

VALORI DELLA COESIONE DI ALCUNE TERRE

Materiale	Coesione	
	N/mm ²	kg/cm ²
Sabbia umida compatta	0,00008	0,01
Argilla sabbiosa	0,00196	0,02
Argilla molle	0,00000	0,00
Argilla magra	0,00400	0,05
Argilla grassa	0,00081	0,10
Argilla semisolida	0,02452	0,25
Argilla solida	0,04905	0,50
Argilla molto tenace	0,0981 ÷ 0,9810	1 ÷ 10
Limo compatto	0,00081	0,10

ANGOLO DI ATTRITO DI ALCUNE TERRE

Materiale	φ	Materiale	φ
Ghiaia compatta	35° ÷ 37°	Marna sabbiosa	22° ÷ 29°
Ghiaia sciolta	34° ÷ 35°	Marna grassa	16° ÷ 22°
Sabbia compatta tonda	32°	Argilla	11° ÷ 17°
Sabbia compatta irregolare	35°	Argilla sabbiosa	16° ÷ 22°
Sabbia sciolta tonda	30°	Limo	20° ÷ 27°
Sabbia sciolta irregolare	32°		

Resistenza



Indagini geotecniche: *Tipi di indagini*

Terreni campionabili

(Terreni a grana fina)

- **Prove di laboratorio**
- **Prove in sito**

Terreni non campionabili

(Terreni a grana grossa)

- **Prove in sito**

Classificazione dei campioni

Caratteristiche geotecniche determinabili	Grado di qualità				
	Q.1.	Q.2.	Q.3.	Q.4.	Q.5.
a) Profilo stratigrafico	x	x	x	x	x
b) Composizione granulometrica		x	x	x	x
c) Contenuto d'acqua naturale			x	x	x
d) Peso dell'unità di volume				x	x
e) Caratteristiche meccaniche (resistenza, deformabilità, ecc.)					x
	Campioni disturbati o rimaneggiati			A disturbo limitato	In-disturbati



Indagini geotecniche: *Ampiezza e frequenza*

Volume significativo

- Volume di terreno che con le sue proprietà influenza in modo significativo il comportamento dell'opera stessa
- Volume entro il quale l'incremento $\Delta\sigma'_z$ eccede almeno del 15 % la tensione σ'_z preesistente

Tipo di Opera	Distanza tra i sondaggi			Numero minimo di sondaggi
	Tipo di Stratificazione			
	Uniforme	Media	Caotica	
Edificio a 1-2 piani	50	30	15	3
Edificio a molti piani	45	30	15	4
Pile e spalle di ponti, torri, ciminiere	-	-	-	1-2 per ciascuna fondazione
Strade	300	150	30	-
Gallerie Progetto di massima	500	-	-	
Gallerie Progetto esecutivo	100	50		



Indagini geotecniche: Sondaggi

Tecniche di prelievo

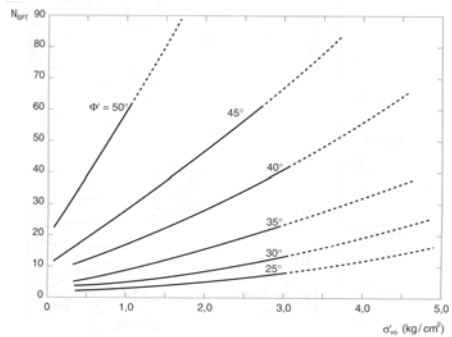
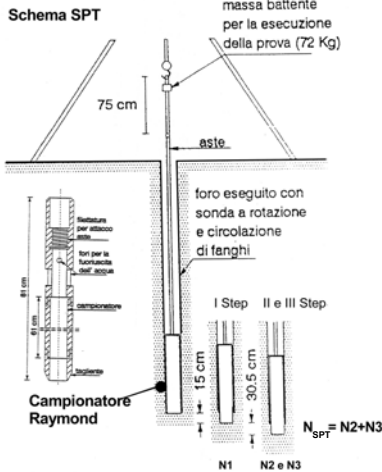


Tipi di campionatori



Indagini geotecniche: Prova penetrometrica dinamica

Standard Penetration Test



N_{SPT} (colpi/30 cm)	Densità relativa	
	Terzaghi-Peck	Gibbs-Holtz
0 - 4	molto sciolta	0 - 15%
4 - 10	sciolta	15 - 35%
10 - 30	media	35 - 65%
30 - 50	densa	65 - 85%
> 50	molto densa	85 - 100%



Indagini geotecniche: Prova penetrometrica statica

Schema CPT

