

# **Insegnamento di Progetto di Infrastrutture viarie**

## **Opere in terra**

### ***Caratteristiche di un terreno***

*Compressibilità e costipamento delle terre*

*Portanza sottofondi e fondazioni stradali*

*Instabilità del corpo stradale*

## ***Soprastrutture***

*Materiali stradali*

*Soprastruttura flessibili*

*Cenni di calcolo delle soprastrutture*

## ***Impianti stradali***

*Aree di sosta*

## **Opere in terra: caratteristiche generali del terreno**

Il termine terreno va utilizzato quando ci si riferisce all'ambiente naturale.

Una terra o suolo è ogni tipo di roccia incoerente o pseudocoerente che si presenti sciolta o divenga tale in seguito al contatto, più o meno prolungato, con l'acqua.

Le terre incoerenti, ad esempio le sabbie e le ghiaie, sono anche dette terre granulari in quanto sono costituite da granuli sciolti senza alcun apparente legame. Resistono ai soli carichi di compressione a seconda del grado d'addensamento.

Le terre pseudocoerenti, ad esempio i limi e le argille, sono impropriamente chiamate coerenti, costituite da granuli molto piccoli resistono agli sforzi di taglio e, se caricate, presentano comportamenti diversi. La coesione viene infatti esercitata per effetto delle tensioni superficiali indotte dalle pellicole d'acqua che circondano i granuli stessi.

## *Progetto di Infrastrutture viarie*

### **Opere in terra: grossolana suddivisione (\*)**

Le terre possono essere costituite da:

ciottoli le cui dimensioni risultano essere maggiori di 20 mm

ghiaie le cui dimensioni sono comprese tra 20 e 2 mm

sabbie le cui dimensioni sono comprese tra 2 e 0,06 mm

limi le cui dimensioni sono comprese tra 0,06 e 0,002 mm

argille le cui dimensioni risultano essere minori di 0,002 mm

---

(\*) Per una più precisa classificazione delle terre si ricorre all'analisi granulometrica

## *Progetto di Infrastrutture viarie*

### **Opere in terra: binomio acqua - suolo**

Il suolo, oltre che da granuli solidi, è costituito da vuoti contenenti acqua o aria. E' quindi fondamentale conoscere la quantità d'acqua contenuta in un terreno in quanto ne influenza il comportamento, le proprietà e le caratteristiche.

L'acqua presente in un terreno può essere:

gravitazionale: riempie i vuoti esistenti tra singoli granuli ed obbedisce alle leggi della gravità;

capillare: in un terreno saturo d'acqua, per effetto delle tensioni di capillarità si ha una risalita d'acqua.

adsorbita o igroscopica: avvolge i granuli di terra con una pellicola sottilissima (centesimi di  $\mu$ )

## **Opere in terra: fenomeno dell'adsorbimento**

Il fenomeno dell'adsorbimento riveste una notevole importanza nell'influire sulle proprietà di un terreno argilloso.

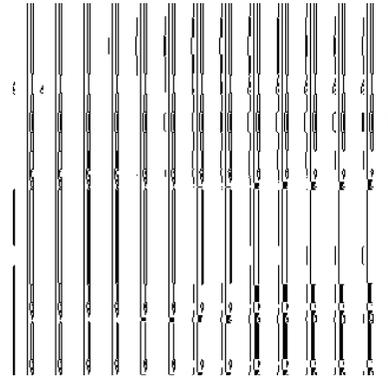
In particolare attorno alla pellicola d'acqua adsorbita che riveste il granulo se ne forma un'altra pellicola d'acqua pellicolare (vedi: Figura 1).

Nei granuli adiacenti, per effetto delle tensioni superficiali, nascono azioni di mutua attrazione (vedi: Figura 2).

*Progetto di Infrastrutture viarie*

**Fenomeno dell'adsorbimento: figure 1 e 2**

Figura 1



granulo

acqua pellicolare

acqua adsorbita

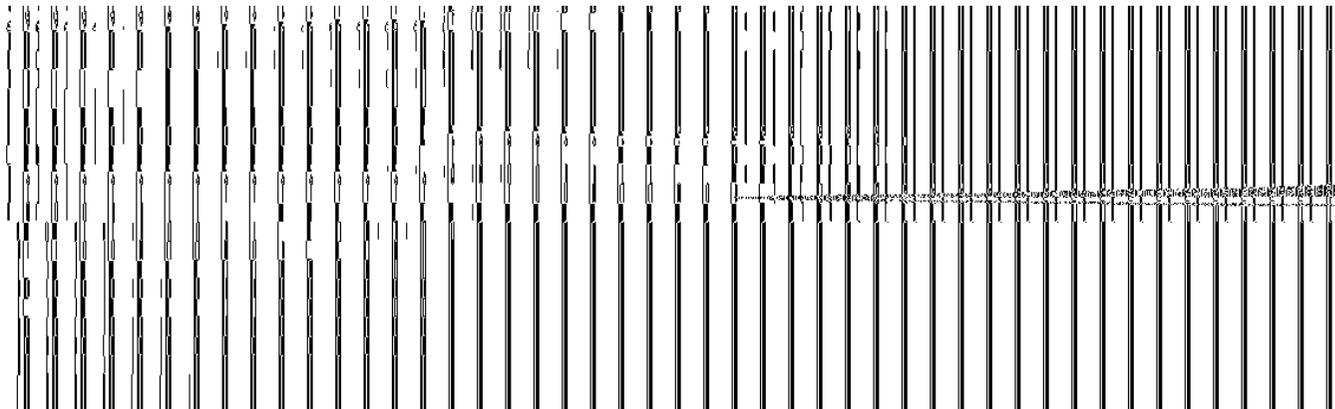


Figura 2

## **Opere in terra: fenomeno dell'adsorbimento**

Il fenomeno dell'adsorbimento riveste una notevole importanza nell'influire sulle proprietà di un terreno argilloso. In particolare attorno alla pellicola d'acqua adsorbita che riveste il granulo se ne forma un'altra pellicola d'acqua pellicolare (vedi: Figura 1).

Nei granuli adiacenti, per effetto delle tensioni superficiali, nascono azioni di mutua attrazione. Sono appunto tali tensioni superficiali  $\tau$  presenti nelle pellicole d'acqua che fanno nascere una forza di compressione **N** dalla quale dipende la coesione cioè la mutua attrazione tra particelle solide (vedi: Figura 2). Tali tensioni superficiali sono piccole nelle sabbie ed assumono valori notevoli nei limi ed ancor più nelle argille. All'aumentare dell'umidità nel terreno le tensioni superficiali diminuiscono sino ad annullarsi in un terreno saturo d'acqua: ciò è dovuto all'aumentare del raggio della lamina liquida che aumenta con l'aumentare dell'umidità. In un terreno saturo pertanto il raggio della lamina liquida è pari a infinito.

Anche la presenza d'aria nel terreno non va trascurata in quanto ha un ruolo nei confronti delle caratteristiche meccaniche del terreno.

## *Progetto di Infrastrutture viarie*

### **Opere in terra: effetto capillarità**

Nelle costruzioni stradali il fenomeno della risalita capillare dell'acqua merita estrema attenzione perché risulta connesso con i fenomeni di plasticizzazione dei sottofondi e dei piani di posa dei rilevati.

Tale fenomeno è dovuto all'effetto dell'evaporazione dell'acqua contenuta in un terreno. I vuoti tra granuli innescano infatti il fenomeno della risalita per capillarità dell'acqua.

Se si pone verticalmente un tubicino, di diametro  $d$ , in un recipiente d'acqua, questa risale per un'altezza pari a circa  $0,3 / d$  [cm].

Negli ammassi argillosi con l'evaporazione dell'acqua si ha un restringimento progressivo dei pori. In corrispondenza quindi del diametro minimo si ha l'altezza massima e la tensione risulta anch'essa massima (vedi: Figura 3).

$$H_{max} = 4 T / d_{min}$$

## **Opere in terra: effetto capillarità**

L'effetto capillarità dipende anche dal tempo (vedi: Figura 4).

L'altezza massima, per dato terreno, viene raggiunta dopo un certo tempo e la legge di variazione è di tipo esponenziale. Atterberg ha dimostrato che l'altezza raggiunta dopo 24 ore è massima per terre aventi granulometria con particelle ne troppo sottili (0,01 mm) ne troppo grosse (0,1 mm).

Si può notare anche uguali altezze di risalita capillare per terreni diversi (vedi: Figura 5). Ciò si spiega in quanto nei terreni con elementi molto fini si ha una riduzione di permeabilità, mentre nei terreni con elementi più grossi si ha un aumento delle dimensioni dei vuoti.

Si ricorda che la pressione effettiva (o intergranulare) è la pressione che si trasmette attraverso i punti di contatto tra granuli del terreno e che modifica le sue proprietà meccaniche, mentre la pressione neutra è la pressione dell'acqua interstiziale (contenuta nei pori del terreno) che può mettersi in movimento o per gravità o per per l'applicazione di sovraccarichi.

*Progetto di Infrastrutture viarie*

**Effetto capillarità: figure 3 - 4 - 5**

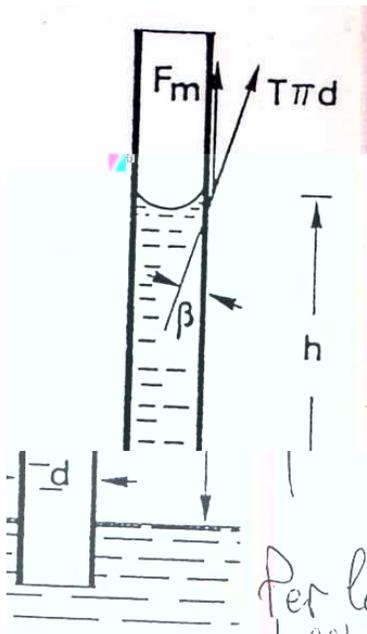


Figura 3

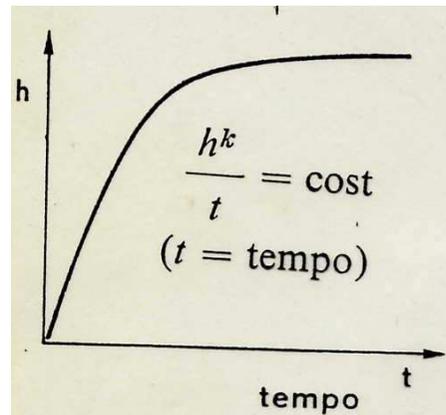


Figura 4

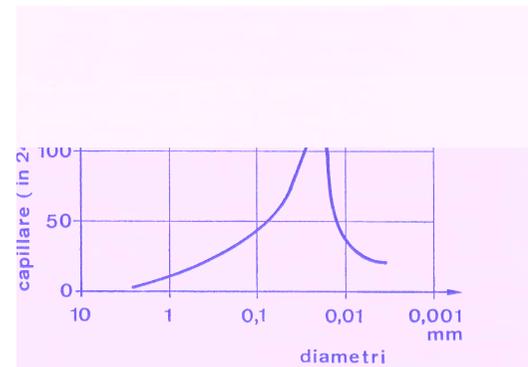


Figura 5

## **Opere in terra: caratteristiche fisiche del suolo**

Le principali caratteristiche fisiche di una terra sono:

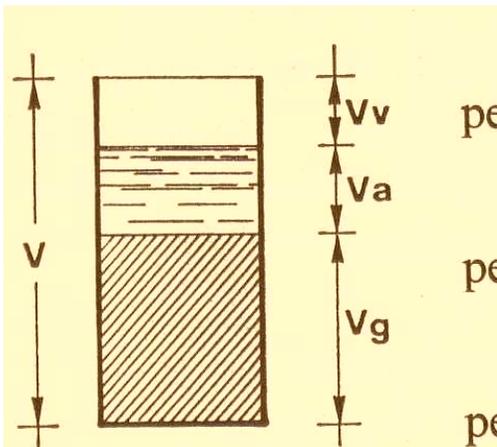
Il *contenuto o percentuale d'acqua*:  $w = [(G_b - G_s) / G_s] 100$  che definisce il rapporto tra il peso dell'acqua contenuta nei pori di un campione ed il peso dello stesso campione essiccato (in stufa a 105°C) .

Il peso specifico in generale è il rapporto tra il peso di un provino di materiale ed il volume da questo occupato. Per le terre per uso stradale si distinguono diversi pesi specifici in funzione del particolare peso e volume considerati:

- il *peso specifico dei granuli* è il rapporto tra il peso del campione secco ed il volume occupato dai soli granuli,
- il *peso specifico apparente o peso di volume o densità apparente* che rappresenta il rapporto tra il peso della terra con il suo contenuto d'acqua ed il volume totale da essa occupato,
- il *peso specifico apparente del secco o densità del secco* inteso come rapporto tra il peso del provino di terra essiccata ed il volume totale occupato da questo.

## Opere in terra: caratteristiche fisiche del suolo

Indicando quindi con  $G_s$  il peso del provino di terra essiccata in stufa, con  $G_b$  il peso dello stesso provino con il suo contenuto d'acqua, con  $V$  il volume totale del provino,  $V_a$  il volume occupato dall'acqua,  $V_g$  il volume dei granuli e il volume occupato dall'aria  $V_v = V - (V_a + V_g)$ , si ha:



Peso specifico o densità apparente:  $\gamma_a = G_b / V$

Peso specifico dei granuli:  $\gamma_g = G_s / V_g$

Peso specifico o densità del secco:  $\gamma_s = G_s / V$

## *Progetto di Infrastrutture viarie*

### **Opere in terra: caratteristiche fisiche del suolo**

L'*indice dei vuoti* si definisce come il rapporto tra il volume dei vuoti ed il volume dei granuli:

$$I_v = (V_v + V_a) / V_g \quad \text{o} \quad I_v = \gamma_g [ (w + 100) / 100 \gamma_a ] - 1$$

La *porosità* è invece il rapporto tra il volume dei vuoti ed il volume totale:

$$P = (V_v + V_a) / V$$

che può essere espressa anche in funzione dell'indice dei vuoti:

$$P = I_v / (1 + I_v)$$

Si ricorda che la permeabilità è la proprietà di un terreno di lasciarsi attraversare dall'acqua in movimento. Maggiore è il numero dei vuoti più elevata risulta la permeabilità.

## *Progetto di Infrastrutture viarie*

### **Peso specifico, porosità e indice dei vuoti di alcuni terreni**

Terreni	Peso specifico apparente g/cm <sup>3</sup>	Porosità $n = \frac{V_v + V_a}{V}$	Indice dei vuoti $e = \frac{V_v + V_a}{V_g}$
Argilla con molti elementi organici	1,20 ÷ 1,50	0,55 ÷ 0,75	2 ÷ 3
Argilla con scarsi elementi organici	1,35 ÷ 1,65	0,45 ÷ 0,65	0,85 ÷ 1,55
Argilla scagliosa	1,40 ÷ 1,60	0,35 ÷ 0,50	0,53 ÷ 1,00
Sabbia a granulometria uniforme, compattata	1,80 ÷ 2,05	0,28 ÷ 0,35	0,4 ÷ 0,55
Sabbia a granulometria non uniforme, compattata	1,80 ÷ 2,05	0,20 ÷ 0,25	0,25 ÷ 0,40
Sabbia a granulometria non uniforme, non compattata	1,65 ÷ 1,80	0,15 ÷ 0,20	0,15 ÷ 0,25
Sabbia a granulometria non uniforme, non compattata, con argilla	1,70 ÷ 2,00	0,15 ÷ 0,20	0,15 ÷ 0,25