

QUADERNI PER LA PROGETTAZIONE

---

# ESERCIZI RISOLTI DI INGEGNERIA GEOTECNICA E GEOLOGIA APPLICATA

Tensioni nel sottosuolo, capacità portante e cedimenti delle fondazioni, geofisica ed idrologia. Concetti di base, equazioni, metodi di calcolo ed esempi applicativi

VOLUME 1

di  
GIULIO RIGA

 **EPC**  
EDITORE

# INDICE GENERALE



Premessa .....	11
Introduzione.....	13

---

## CAPITOLO 1

PRESSIONE TOTALE, EFFETTIVA E NEUTRALE.....	15
1.1 Pressione totale, effettiva e neutrale .....	15

---

## CAPITOLO 2

DISTRIBUZIONE DEGLI SFORZI .....	21
2.1 Tensioni indotte nel sottosuolo.....	21
2.1.1 Metodo empirico.....	21
2.2 Teoria dell'elasticità.....	25
2.1.2 Carico puntiforme.....	25
2.1.3 Carico uniforme su un'area circolare .....	27
2.1.4 Carico uniforme su un'area rettangolare .....	30
2.1.5 Carico uniforme su un'area quadrata.....	39
2.1.6 Carico uniforme su un'area rettangolare infinitamente lunga .....	42

---

## CAPITOLO 3

CAPACITÀ PORTANTE DELLE FONDAZIONI SUPERFICIALI .....	47
3.1 Le fondazioni superficiali.....	47
3.2 Fattori riduttivi .....	56
3.3 Valutazione semi-empirica della capacità portante .....	60
3.4 Capacità portante sotto carichi sismici .....	62
3.4.1 Metodo Maugeri & Novità (2004) .....	62

3.4.2	Metodo Paolucci e Pecker (1997).....	63
3.4.3	Metodo di Richards, Helm e Budhu (1993).....	64
3.5	Verifiche alle tensioni ammissibili.....	66
3.6	Verifiche agli stati limiti ultimi (SLU).....	66
3.6.1	Verifiche agli stati limite di esercizio (SLE).....	70
3.6.2	Parametri geotecnici caratteristici.....	70
3.6.3	Distribuzione normale .....	70
3.6.4	Distribuzione "t" di Student .....	71
3.6.5	Valori di progetto .....	71

---

## CAPITOLO 4

	CEDIMENTI DELLE FONDAZIONI SUPERFICIALI .....	121
4.1	Cedimento immediato delle fondazioni .....	121
4.1.1	Teoria dell'elasticità .....	121
4.1.2	Metodo dello strato elastico .....	123
4.1.3	Metodo semplificato.....	124
4.1.4	Metodo di Skempton-Bjerrum.....	125
4.1.5	Metodo di Anagnostopoulos .....	127
4.1.6	Metodo di Meyerhof .....	127
4.1.7	Metodo di Peck e Bazaraa .....	128
4.1.8	Metodo di Peck, Hanson, and Thorburn .....	129
4.1.9	Metodo di Terzaghi e Peck .....	130
4.1.10	Metodo di Burland-Burbridge .....	131
4.1.11	Metodo Schultze e Sherif.....	132
4.2	Cedimento edometrico .....	150
4.3	Cedimenti dai dati delle prove CPT e SPT .....	161

---

## CAPITOLO 5

	FONDAZIONI PROFONDE.....	165
5.1	Fondazioni profonde.....	165

5.1.1	Metodo AGI .....	165
5.1.2	Metodo Terzaghi.....	169
5.1.3	Metodo con prove SPT.....	170
5.1.4	Metodo con prove CPT .....	171
5.1.5	Carico limite di un gruppo di pali .....	172
5.1.6	Cedimenti del palo singolo e del gruppo di pali .....	174
5.1.7	Pali soggetti a forze orizzontali .....	177
5.1.8	Verifiche agli stati limite ultimi (SLU).....	181
5.1.9	Resistenze di pali soggetti a carichi assiali .....	183
5.1.10	Resistenze di pali soggetti a carichi trasversali .....	184

---

## CAPITOLO 6

GEOFISICA .....	219
6.1 Indagine geoelettrica .....	219
6.1.1 Sondaggio elettrico verticale (SEV) .....	221
6.1.2 Profilo elettrico .....	227
6.1.3 Modelli 2D e 3D (ETR) .....	235
6.1.4 Esempi di modelli 2D.....	238
6.1.4 Resistività tipiche dei terreni.....	243
6.2 Porosità totale.....	244
6.3 Resistenza trasversale e conduttanza longitudinale .....	247
6.4 Intrusione di acqua marina .....	251
6.5 Prospezione sismica a rifrazione .....	253
6.5.1. Metodo delle intercette.....	253
6.5.2 Metodo del tempo intercetto .....	254
6.5.3 Metodo della distanza critica.....	255
6.5.4 Superfici di discontinuità inclinate.....	255
6.6 Determinazione della profondità del bedrock .....	262
6.7 Metodi di abbattimento dei terreni .....	266
6.8 Ricerca di strutture sepolte .....	268
6.9 Costanti elastiche .....	272



---

## CAPITOLO 7

IDROLOGIA .....	275
7.1 Evapotraspirazione .....	275
7.2 Indice di aridità .....	277
7.3 Diagramma ombrometrico di Bagnouls & Gausсен .....	280
7.4 Poligono di Thiessen .....	282
7.5 Analisi geomorfica di un bacino idrografico .....	284
7.5.1 <i>Caratteristiche generali del bacino</i> .....	284
7.5.2 <i>Definizione del reticolo idrografico</i> .....	284
7.5.3 <i>Anomalia gerarchica</i> .....	289
7.5.4 <i>Dimensioni geometriche orizzontali</i> .....	289
7.5.5 <i>Dimensioni geometriche verticali</i> .....	290
7.5.6 <i>Pendenza</i> .....	292
7.5.7 <i>Calcolo della curva ipsografica ed ipsometrica</i> .....	296
7.6 Carta delle pendenze .....	309
7.7 Elaborazioni pluviometriche .....	311
7.7.1 <i>Tempo di corrivazione</i> .....	311
7.7.2 <i>Previsione quantitativa delle piogge intense</i> .....	314
7.8 Valutazione della portata di piena .....	324
7.9 Stima del coefficiente di deflusso .....	328
7.10 Trasporto solido .....	332
7.11 Evaporazione da piccoli specchi d'acqua .....	334
7.12 Misura della portata d'acqua .....	336
7.12.1 <i>Metodo della paratoia</i> .....	336
7.12.2 <i>Metodo volumetrico</i> .....	338
7.12.3 <i>Metodo della velocità dell'acqua</i> .....	340
7.12.4 <i>Metodo della conducibilità</i> .....	342
7.12.5 <i>Metodo dello stramazzo</i> .....	344
7.13 Stima della capacità di smaltimento di una sezione idraulica .....	348

7.13.1	<i>Caratteristiche della sezione idraulica</i> .....	351
7.13.2	<i>Sezione di forma composta</i> .....	352
7.14	Deflusso minimo vitale.....	360
7.14	<i>Deflusso minimo vitale</i> .....	360
7.14.1	<i>Metodi per la determinazione del deflusso minimo vitale</i> .....	360
APPENDICE .....		373
BIBLIOGRAFIA.....		375



# PREMESSA

Dopo aver passato anni a sviluppare procedure di calcolo per software tecnici, ho deciso di diffondere sia i presupposti teorici che le metodologie di calcolo necessarie per la determinazione dei risultati numerici.

Questo volume, ideato non solo per gli studenti ma anche per il giovane professionista, può essere considerato come un manuale dove trovare i presupposti teorici e le metodologie di base per la risoluzione di problemi di geologia applicata e di ingegneria geotecnica.

In questo volume sicuramente avrò fatto degli errori e ci sono delle inesattezze, sviste ed incompletezze di trattazione.

Vi invito a segnalarmi non solo gli errori ma eventuali suggerimenti o commenti in modo da effettuare le modifiche necessarie per un continuo miglioramento del testo.

Voglio concludere ringraziando il Dr. Alessandro Cittadino per l'aiuto dato nella preparazione dei grafici contenuti nel testo ed il Dr. Antonio Santoro per avermi fornito e concesso l'utilizzo di alcuni modelli ETR (Electrical Tomography Resistivity).

Giulio Riga



# INTRODUZIONE

Questo testo nasce essenzialmente da una raccolta di esercizi sviluppati per essere utilizzati nelle diverse situazioni di lavoro che si sono presentate e nei programmi di calcolo automatico realizzati a partire dal 1985.

Il libro, sia nelle sue parti che nel suo insieme, si configura come un manuale pratico aggiornato e di duttile impiego che contiene una vasta selezione di esercizi svolti.

Lo scopo è quello di offrire una panoramica delle possibilità di calcolo che si hanno nel campo dell'ingegneria geotecnica e di far acquisire il metodo di calcolo per lo svolgimento dei problemi proposti utilizzando solo carta e penna.

Le procedure di calcolo proposte, sperimentate da vari autori in casi reali, presuppongono un minimo di conoscenze teoriche delle tematiche trattate.

Al tal fine, ho ritenuto utile presentare ciascun esercizio accompagnato da una breve descrizione del tema trattato, dei metodi di calcolo utilizzati e delle formule necessarie per risolverlo.

Per maggiori approfondimenti si consiglia al lettore di consultare i testi dove i temi proposti e le procedure utilizzate sono trattati con maggior dettaglio.

Il volume esplora alcuni dei più importanti argomenti dell'ingegneria geotecnica e della geologia applicata:

- 1) *Pressione totale, effettiva e neutrale*
- 2) *Distribuzione degli sforzi*
- 3) *Capacità portante delle fondazioni superficiali*
- 4) *Cedimenti delle fondazioni superficiali*
- 5) *Fondazioni profonde*
- 6) *Geofisica*
- 7) *Idrologia*



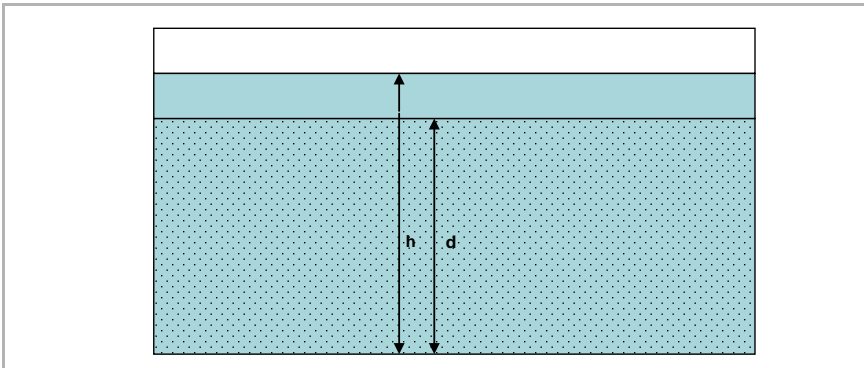


# PRESSIONE TOTALE, EFFETTIVA E NEUTRALE

## 1.1 Pressione totale, effettiva e neutrale

Se consideriamo una massa satura di terra, le forze che agiscono in essa possono essere divise in due tipi: **pressioni intergranulari o effettive o efficaci** che sono trasmesse direttamente da grano a grano e **pressione dell'acqua dei pori o pressioni neutre** che agisce attraverso il fluido che riempie i vuoti.

Per capire il comportamento del terreno è necessario stabilire una legge di interazione tra le varie fasi; tale legge è stata proposta nel 1923 da Terzaghi che l'ha definita **principio delle tensioni efficaci**.



Consideriamo uno strato di sabbia saturata di spessore  $d$  posto ad un livello  $h$  dal fondo della sabbia ( $h > d$ ).

Se indichiamo con  $\gamma_w$  il peso unitario dell'acqua,  $\gamma_{sat}$  il peso di volume del terreno saturo, la pressione verticale totale e la pressione dei pori sono date dalle seguenti equazioni:

$$\sigma_{vo} = \gamma_w \cdot (h - d) + \gamma_{sat} \cdot d$$

$$u_o = \gamma_w \cdot h$$



**Figura 1.1**  
Schema con  
un solo strato

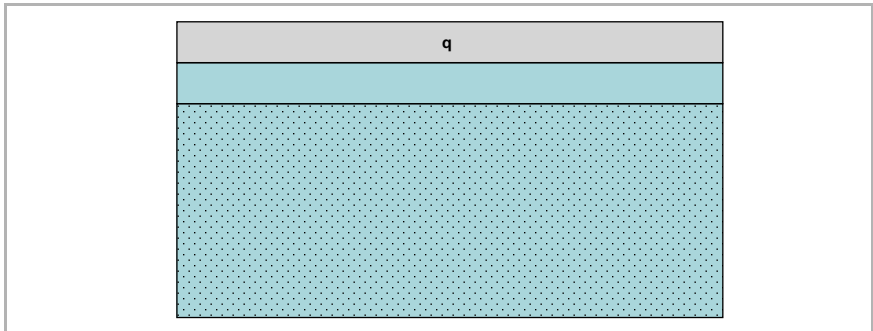
La pressione effettiva verticale si ricava sottraendo alla pressione totale la pressione dei pori:

$$\sigma_{vo}' = \sigma_{vo} - u_o = \gamma_w \cdot (h - d) + \gamma_{sat} \cdot d - \gamma_w \cdot h = (\gamma_{sat} - \gamma_w) \cdot d$$

Il termine  $(\gamma_{sat} - \gamma_w)$  è chiamato peso di volume del terreno immerso ed è indicato con  $\gamma'$ .

Consideriamo un sistema di strati orizzontali con un carico uniforme in superficie e la falda stazionaria, è possibile aspettarsi che tutte le forze dipendono dalla profondità degli strati e non dalla posizione laterale.

In questo caso la pressione verticale totale può essere determinata integrando il peso di tutti gli strati fino al punto di calcolo e aggiungendo l'eventuale carico posto in superficie.



$$\sigma_{vo} = q + \sum \gamma \cdot d$$

Se l'acqua è a riposo, la pressione dei pori alla profondità  $h$  è data dalla seguente equazione:

$$u_o = \gamma_w \cdot h$$

dove  $\gamma_w$  è il peso unitario dell'acqua.

La pressione effettiva è data dalla seguente relazione:

$$\text{Pressione effettiva} = \text{Pressione totale} - \text{Pressione dei pori}$$

$$\sigma_{vo}' = \sigma_{vo} - u_o$$

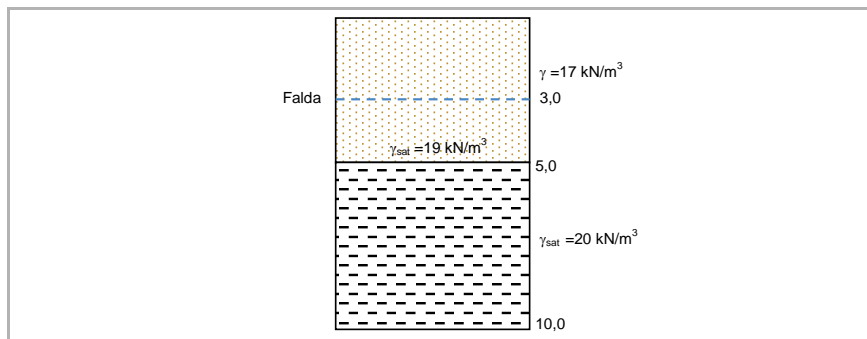
Quando la pressione effettiva è uguale a zero  $[\sigma_{vo}' = (\sigma_{vo} - u_o) = 0]$  non ci sono forze trasmesse tra le particelle a contatto ed il fenomeno della liquefazione inizia.

**Figura 1.2**  
Schema con più strati



### ESERCIZIO 1 - Valutazione della pressione effettiva

Calcolare la pressione effettiva alla profondità di 10 metri dal p.c. utilizzando i dati riportati nella figura 1.3

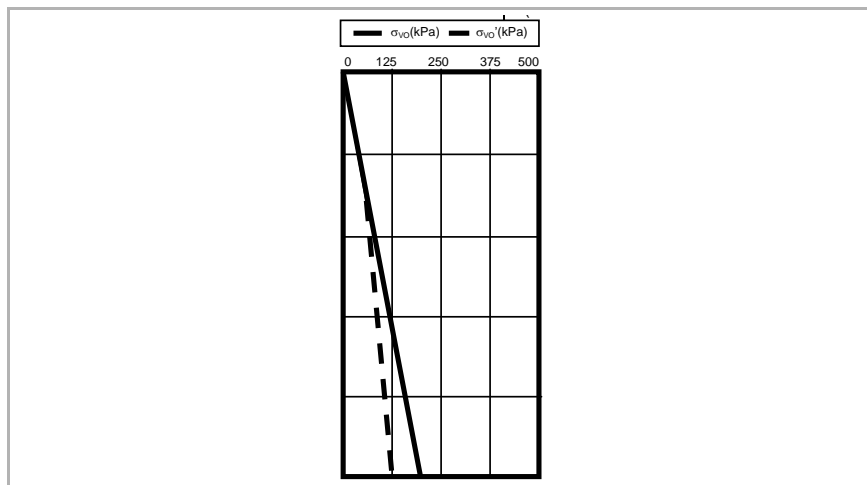


**Figura 1.3**  
Schema con un solo strato

### SOLUZIONE

Calcolo della pressione effettiva

PROFONDITA' (m)	PRESSIONE TOTALE $\sigma_{v0}$ (kN/m <sup>2</sup> )	PRESSIONE DEI PORI $u_0$ (kN/m <sup>2</sup> )	PRESSIONE EFFETTIVA $\sigma_{v0}' = \sigma_{v0} - u_0$ (kN/m <sup>2</sup> )
3	$3 \cdot 17 = 51,0$	0	51,0
5	$(3 \cdot 17) + (2 \cdot 19) = 89,0$	$(2 \cdot 9,8) = 19,6$	69,4
10	$(3 \cdot 17) + (2 \cdot 19) + (5 \cdot 20) = 189,0$	$(7 \cdot 9,8) = 68,6$	120,4



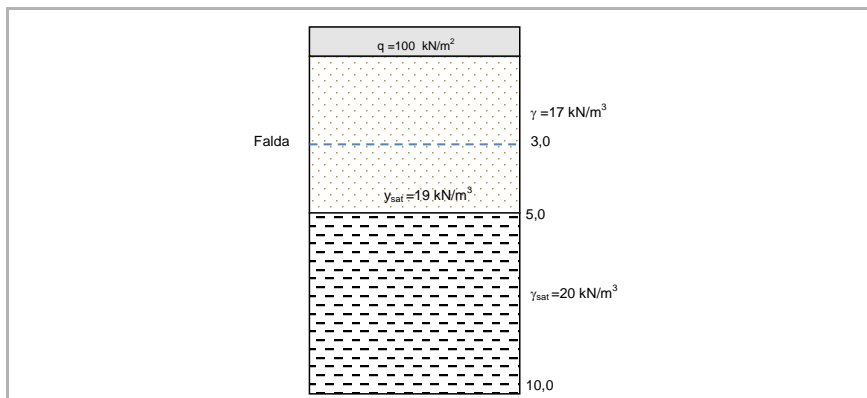
**Figura 1.4**  
Andamento della pressione totale ed effettiva in funzione della profondità



### ESERCIZIO N. 2 - Stima della pressione effettiva con carico in superficie

Calcolare la pressione effettiva alla profondità di 10 metri dal p.c. utilizzando i dati riportati nella figura 1.5 e considerando un carico in posto in superficie di  $100 \text{ kN/m}^2$ .

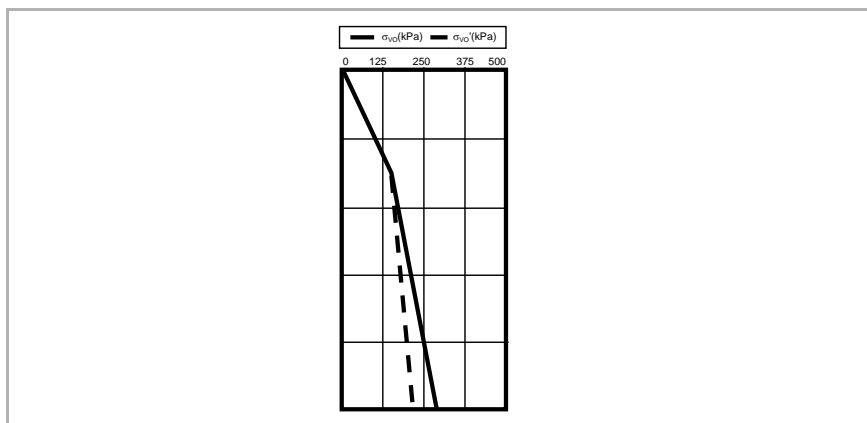
**Figura 1.5**  
Dati di calcolo



### SOLUZIONE

PROF. (m)	PRESSIONE TOTALE $\sigma_{vo}$ (kN/m <sup>2</sup> )	PRESSIONE DEI PORI $u_o$ (kN/m <sup>2</sup> )	PRESSIONE EFFETTIVA $\sigma_{v\sigma'} = \sigma_{vo} - u_o$ (kN/m <sup>2</sup> )
3	$3 \cdot 17 + 100 = 151,0$	0	151,0
5	$(3 \cdot 17) + (2 \cdot 19) + 100 = 189,0$	$(2 \cdot 9,8) = 19,6$	169,4
10	$(3 \cdot 17) + (2 \cdot 19) + (5 \cdot 19) + 100 = 289,0$	$(7 \cdot 9,8) = 68,6$	220,4

**Figura 1.6**  
Andamento della pressione totale ed effettiva in funzione della profondità





### ESERCIZIO N. 3 - Stima della pressione effettiva con carico posto in profondità

Calcolare la pressione effettiva alla profondità di 10 metri dal p.c. utilizzando i dati riportati nella figura 1.7 e considerando un carico di 100 kN/m<sup>2</sup> posto alla profondità di 2,0 metri dal p.c.

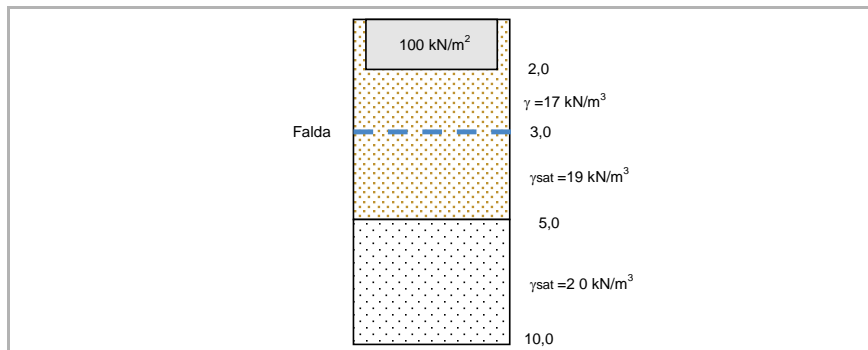


Figura 1.7  
Dati di calcolo

### SOLUZIONE

PROF. (m)	PRESSIONE TOTALE $\sigma_{v0}$ (kN/m <sup>2</sup> )	PRESSIONE DEI PORI $u_0$ (kN/m <sup>2</sup> )	PRESSIONE EFFETTIVA $\sigma_{v0'} = \sigma_{v0} - u_0$ (kN/m <sup>2</sup> )
3	$(3 \cdot 17) + 100 - (2 \cdot 17) = 117,0$	0	117,0
5	$(3 \cdot 17) + (2 \cdot 19) - (2 \cdot 17) = 155,0$	$(2 \cdot 9,8) = 19,6$	135,4
10	$(3 \cdot 17) + (2 \cdot 19) + (5 \cdot 19) - (2 \cdot 17) = 255,0$	$(7 \cdot 9,8) = 68,6$	186,4

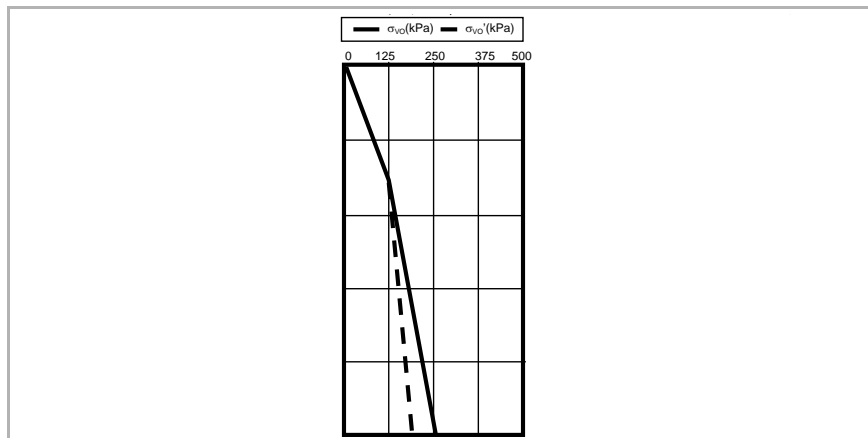


Figura 1.8  
Andamento della pressione totale ed effettiva in funzione della profondità

# DISTRIBUZIONE DEGLI SFORZI



## 2.1 Tensioni indotte nel sottosuolo

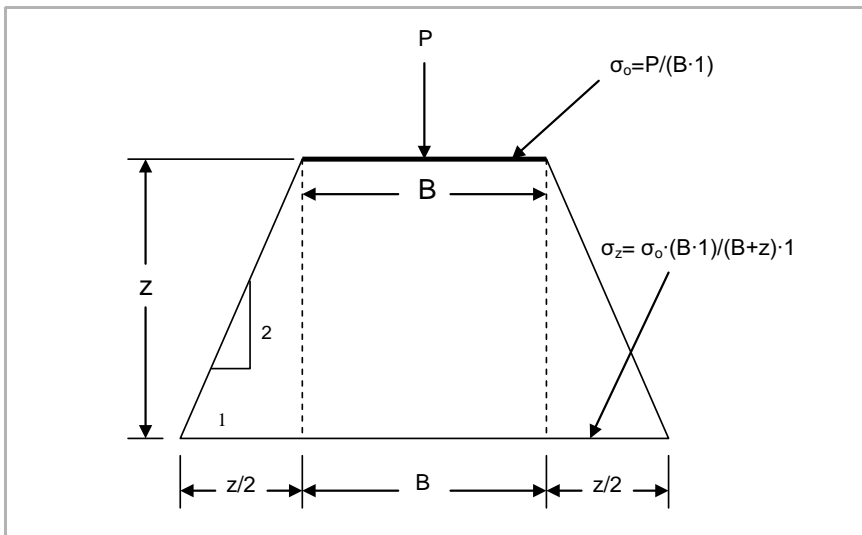
Quando deve essere calcolato il cedimento di una fondazione occorre stimare l'incremento di carico causato dall'applicazione di un carico posto sulla superficie del terreno.

### 2.1.1 Metodo empirico

È un metodo semplice per calcolare la distribuzione delle pressioni nel sottosuolo, basato sulla assunzione che l'area sulla quale il carico superficiale agisce, aumenta con la profondità.

Le superfici interessate dallo stesso carico superficiale sono limitate da piani inclinati di 27° (2:1).

Nella figura 2.1 è schematizzata la distribuzione delle pressioni sotto una fondazione continua.



**Figura 2.1**  
Schema della distribuzione della pressione sotto una fondazione continua

Alla profondità  $z$  la base della fondazione aumenta di  $z/2$  su ciascun lato. La larghezza alla profondità  $z$  vale  $B + z$  e l'incremento di carico è dato dalla seguente equazione:

$$\sigma_z = \frac{\text{Carico}}{(B+z) \cdot 1} = \frac{\sigma_o \cdot (B \cdot 1)}{(B+z) \cdot 1}$$

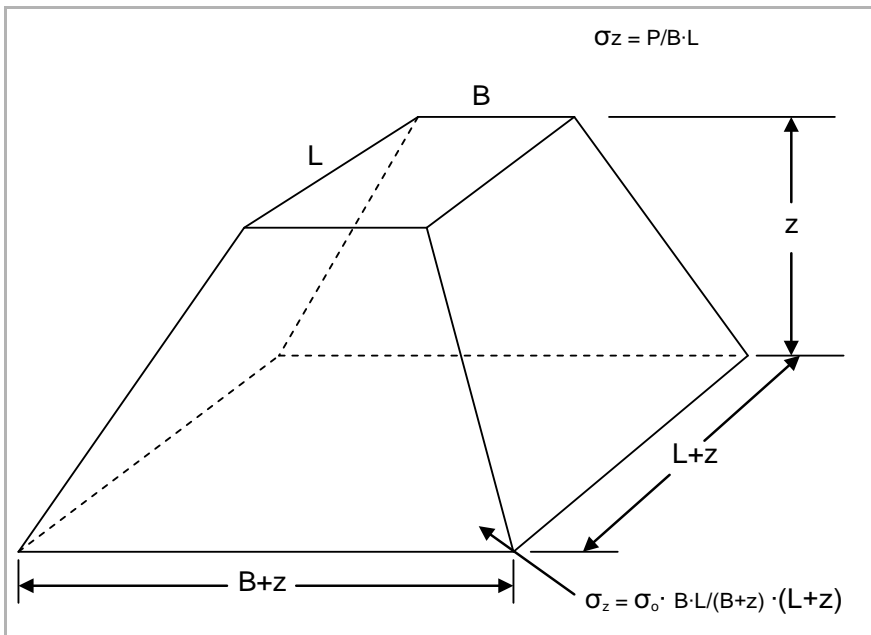
dove  $\sigma_o$  = pressione di contatto

Analogamente per una fondazione rettangolare di larghezza  $B$  e lunghezza  $L$ , alla profondità  $z$ , le dimensioni dell'area sono  $(B + z)$  e  $(L + z)$ .

L'incremento di carico è dato dalla seguente equazione:

$$\sigma_z = \frac{\text{Carico}}{(B+z) \cdot (L+z)} = \frac{\sigma_o \cdot (B \cdot L)}{(B+z) \cdot (L+z)}$$

**Figura 2.2**  
Schema della distribuzione della pressione sotto una fondazione continua





### ESERCIZIO N. 1 - Valutazione della distribuzione delle pressioni nel sottosuolo

Calcolare la distribuzione delle pressioni nel sottosuolo utilizzando i seguenti dati:

DATI DI CALCOLO	VALORE
Larghezza	4 m
Lunghezza	5 m
Profondità	0 m
Carico	1200 kN
Profondità di calcolo	10 m

### SOLUZIONE

- 1) Calcolare  $B + Z$  (larghezza + profondità di calcolo)
- 2) Calcolare  $L + Z$  (lunghezza + profondità di calcolo)
- 3) Calcolare l'area  $[(B+Z) \cdot (L+Z)]$
- 4) Calcolare l'incremento di carico alla profondità  $Z$   $\sigma_z = \frac{\text{Carico}}{(B+z) \cdot (L+z)}$

Z (m)	B+Z (m)	L+Z (m)	Area (m <sup>2</sup> )	$\Delta\sigma_z$ (kPa)
0	4	5	20	60 (1)
1	5	6	30	40
2	6	7	42	28
3	7	8	56	21
4	8	9	72	17
5	9	10	90	13
6	10	11	110	11
7	11	12	132	9
8	12	13	156	8
9	13	14	182	7
10	14	15	210	6

(1) Alla profondità  $Z = 0$  m





$$B+Z = (4+0) = 4$$

$$L+Z = (5+0) = 5$$

$$A = [(B+Z) \cdot (L+Z)] = [(4 \cdot 5)] = 20$$

$$\sigma_z = \frac{\text{Carico}}{(B+z) \cdot (L+z)} = \frac{1200}{20} = 60$$



## 2.2 Teoria dell'elasticità

### 2.1.2 Carico puntiforme

Nel 1885, Boussinesq ha sviluppato un'equazione per determinare le tensioni nel sottosuolo, assimilando il terreno ad un solido elastico, semi-infinito, omogeneo ed isotropo.

La tensione prodotta da una forza puntiforme  $Q$  che agisce verticalmente su una superficie orizzontale può essere ottenuta con la seguente equazione:

$$\sigma_z = \frac{3 \cdot Q}{2 \cdot \pi^2 \cdot \left[1 + 2 \cdot \left(r/z\right)^2\right]^{5/2}}$$

dove

$Q$  = carico puntuale;

$z$  = profondità di calcolo della tensione;

$r$  = distanza orizzontale di calcolo di  $\sigma_z$ .

L'equazione può essere semplificata nella forma seguente:

$$\sigma_z = \frac{Q}{z^2} \cdot I_p$$

dove

$I_i$  = fattore d'influenza dello sforzo verticale tabella 2.1

**Tab. 2.1** - Fattore d'influenza dello sforzo verticale

$r/z$	$I_p$	$r/z$	$I_p$	$r/z$	$I_p$
0,00	0,478	0,80	0,139	1,60	0,020
0,10	0,466	0,90	0,108	1,70	0,016
0,20	0,433	1,00	0,084	1,80	0,013
0,30	0,385	1,10	0,066	1,90	0,011
0,40	0,329	1,20	0,051	2,00	0,009
0,50	0,273	1,30	0,040	2,20	0,006
0,60	0,221	1,40	0,032	2,40	0,004
0,70	0,176	1,50	0,025	2,60	0,003

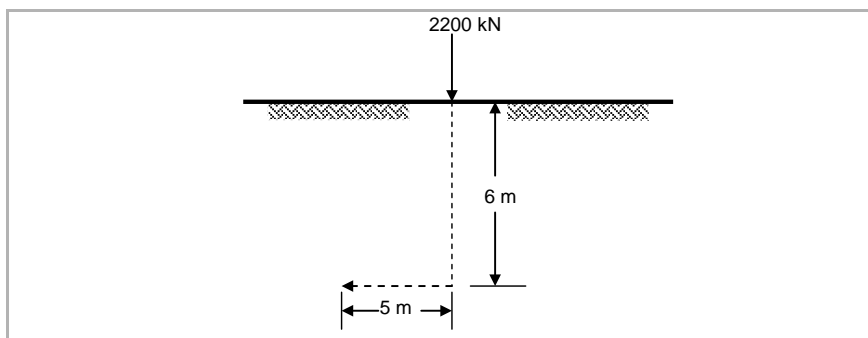


## ESERCIZIO N. 2 -Valutazione della distribuzione delle pressioni nel sottosuolo

Calcolare la distribuzione delle pressioni nel sottosuolo utilizzando i seguenti dati:

DATI DI CALCOLO	VALORE
Profondità del carico	0 m
Carico	2200 kN
Profondità di calcolo	6 m
Distanza r	0÷5

**Figura 2.3**  
Schema di calcolo



### SOLUZIONE

Per  $r = 0$  m

$$\sigma_z = \frac{3 \cdot Q}{2 \cdot \pi^2 \cdot [1 + 2 \cdot (r/z)^2]^{5/2}} = \frac{3 \cdot 2200}{2 \cdot \pi^2 \cdot [1 + 2 \cdot (0/6)^2]^{5/2}} = 29 \text{ kPa}$$

Per  $r = 5$  m

$$\sigma_z = \frac{3 \cdot 2200}{2 \cdot \pi^2 \cdot [1 + 2 \cdot (5/6)^2]^{5/2}} = 7,8 \text{ kPa}$$

Utilizzando il fattore d'influenza  $I_p$ , si calcola la pressione alla profondità di 6,0 m.

Per  $r/z = 5/6 = 0,83$   $I_p = 0,128$

$$\sigma_z = \frac{Q}{z^2} \cdot I_p = \frac{2200}{6^2} \cdot 0,128 = 7,8 \text{ kPa}$$

### 2.1.3 Carico uniforme su un'area circolare

La pressione verticale al di sotto di un carico uniforme su un'area circolare può essere determinata utilizzando i fattori d'influenza riportati nella tabella 2.2. Nella tabella  $z$ ,  $r$  e  $a$  rappresentano rispettivamente la profondità di calcolo della pressione, la distanza orizzontale dal centro del cerchio al punto in cui si desidera calcolare la pressione ed il raggio del cerchio sui cui agisce il carico.

Per calcolare la pressione verticale nel punto desiderato occorre moltiplicare il carico uniforme applicato all'area circolare per il fattore d'influenza.

**Tab. 2.2** - Fattore d'influenza per un carico uniforme su un'area circolare

z/a	r/a									
	0 $I_p$	0,25 $I_p$	0,5 $I_p$	1,0 $I_p$	1,5 $I_p$	2,0 $I_p$	2,5 $I_p$	3,0 $I_p$	3,5 $I_p$	4,0 $I_p$
0,25	0,986	0,983	0,964	0,460	0,015	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000
0,50	0,911	0,895	0,840	0,418	0,060	0,010	0,003	0,000	0,000	0,000
0,75	0,784	0,762	0,691	0,374	0,105	0,025	0,010	0,002	0,000	0,000
1,00	0,646	0,625	0,560	0,335	0,105	0,043	0,016	0,007	0,003	0,000
1,25	0,524	0,508	0,455	0,295	0,135	0,057	0,023	0,010	0,005	0,001
1,50	0,424	0,413	0,374	0,256	0,137	0,064	0,029	0,013	0,007	0,002
1,75	0,346	0,336	0,309	0,223	0,135	0,071	0,037	0,018	0,009	0,004
2,00	0,284	0,277	0,258	0,194	0,127	0,073	0,041	0,022	0,012	0,006
2,50	0,200	0,196	0,186	0,150	0,109	0,073	0,044	0,028	0,017	0,011
3,0	0,146	0,142	0,137	0,117	0,091	0,066	0,045	0,031	0,022	0,015
4,0	0,087	0,086	0,083	0,076	0,061	0,052	0,041	0,031	0,024	0,018
5,0	0,057	0,057	0,056	0,052	0,045	0,039	0,033	0,027	0,022	0,018
7,0	0,030	0,030	0,029	0,028	0,026	0,024	0,021	0,019	0,016	0,015
10,0	0,015	0,015	0,014	0,014	0,013	0,013	0,013	0,012	0,012	0,011



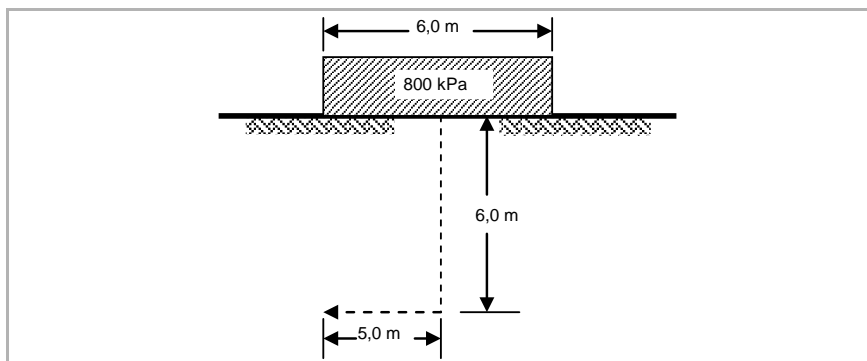


### ESERCIZIO N. 3 - Valutazione della distribuzione delle pressioni nel sottosuolo

Calcolare la distribuzione delle pressioni nel sottosuolo utilizzando i seguenti dati:

DATI DI CALCOLO	VALORE
Profondità del carico	0 m
Carico (Q)	800 kPa
Profondità di calcolo (z)	6 m
Raggio del cerchio (a)	3
Distanza r	0÷5

**Figura 2.4**  
Schema di calcolo



### SOLUZIONE

Calcolo del coefficiente d'influenza

1) Per  $r = 0$ ;  $z = 6$  m e  $a = 3$

$$z/a = 6/3 = 2$$

$$r/a = 0/3 = 0$$

Fattore d'influenza dalla tabella 2.2 = 0,284

$$\sigma_z = Q \cdot I_p = 800 \cdot 0,284 = 227,2 \text{ kPa}$$

2) Per  $r = 5$ ;  $z = 6$  m e  $a = 3$

$$z/a = 6/3 = 2$$

$$r/a = 5/3 = 1,66$$

Interpolazione dei fattori d'influenza

Dalla tabella 2.2

Con  $z/a = 2,0$  e  $r/a = 1,5$  – fattore d'influenza = 0,127

Con  $z/a = 2,0$  e  $r/a = 2,0$  – fattore d'influenza = 0,073

$$I_p = 0,073 + (0,127 - 0,073)/5 \cdot 2 = 0,0946$$

Calcolo della pressione alla profondità di 6,0 m.

$$\sigma_z = Q \cdot I_p = 800 \cdot 0,0946 = 75,68 \text{ kPa}$$

