NUMERO: 923

DATA: 31/03/2014

A P P U N T I

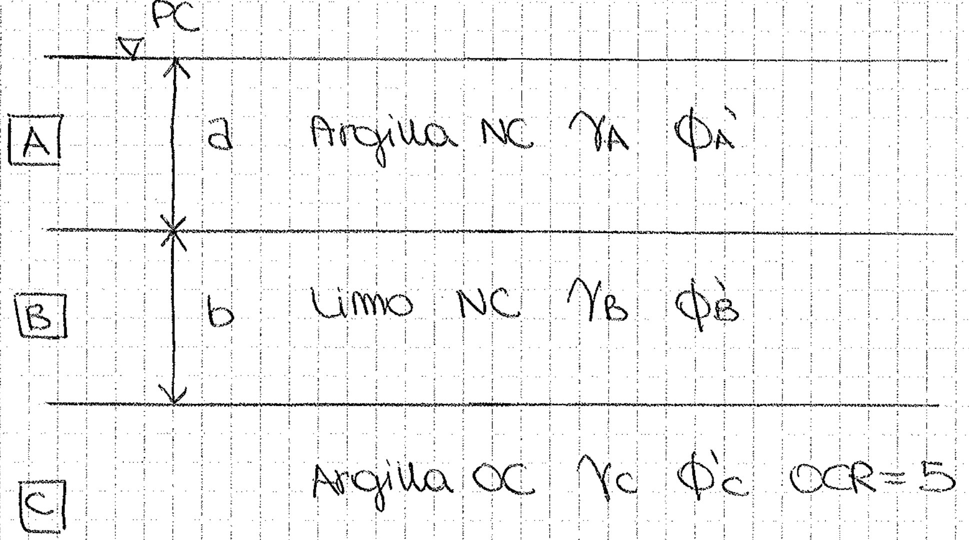
STUDENTE: Fiorello

MATERIA: Fondazioni Esercizi

Prof. Costanzo

RICHIAMI

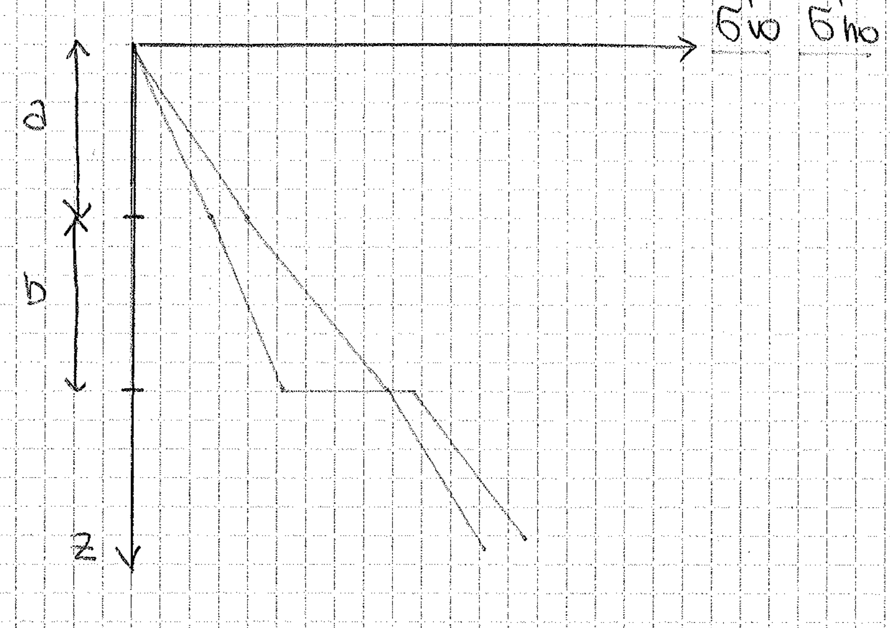
ES. 1a : STATO TENSIONALE GEOSTATICO



$\gamma_A < \gamma_C < \gamma_B$

$\phi'_A = \phi'_B < \phi'_C$

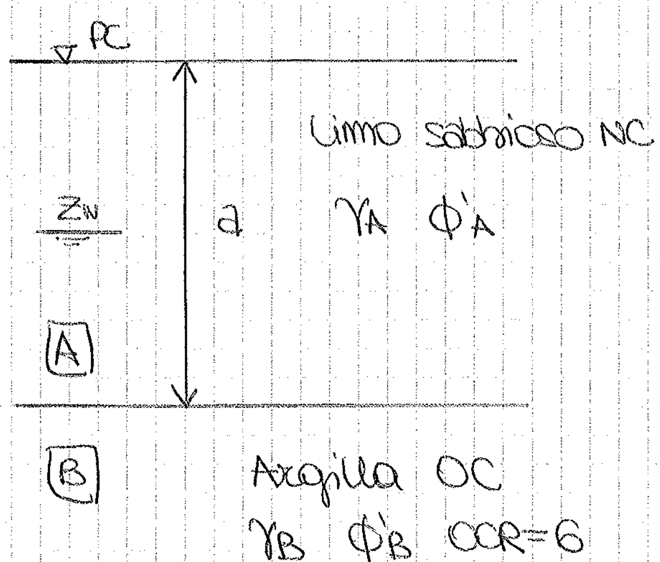
Disegnare sullo stesso grafico l'andamento della tensione geostatica efficace verticale ed orizzontale usando la stessa scala



© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 3 di 146

z [m]	σ'_{v0} [kPa]	K_{0NC}	K_{0OC}	σ'_{h0} [kPa]
0	0	/		0
4	72	0,53 / 0,53		38,16 / 38,16
9	177	0,53 / 0,47	→ 1,05	93,81 / 185,85
	$\gamma' \cdot z$	$1 - \text{sen}\,\phi'$	$K_{0NC} \cdot (OCR)^{0,5}$	$K_0 \cdot \sigma'_{v0}$

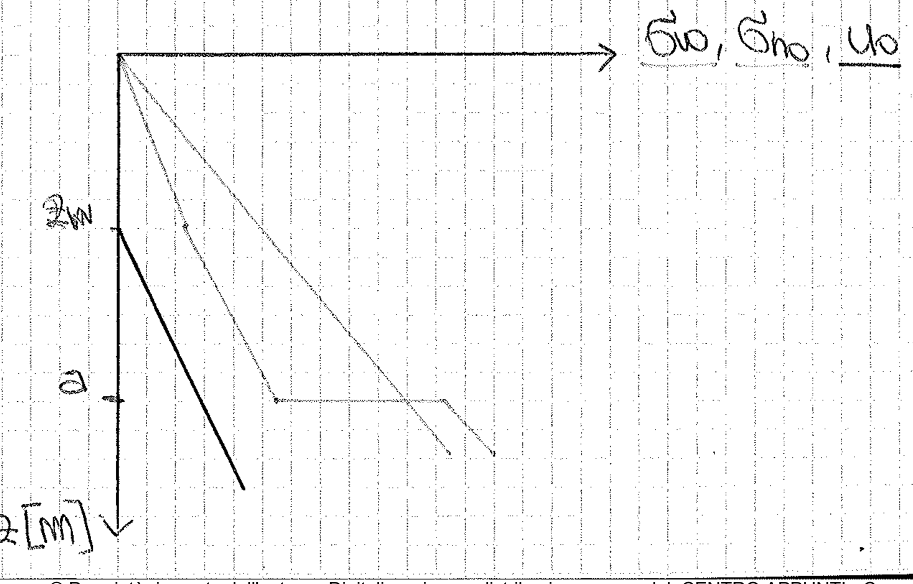
ES. 2a: STATO TENSIONALE GEOSTATICO

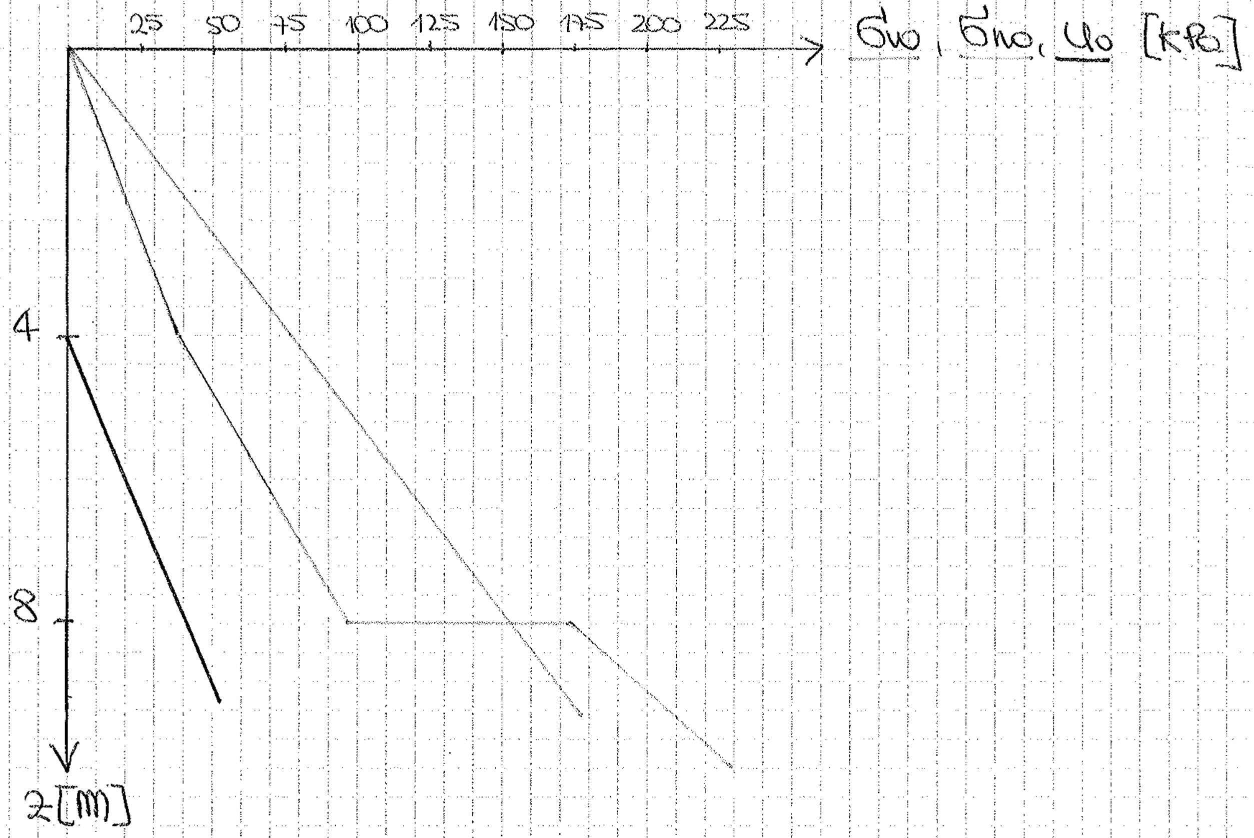


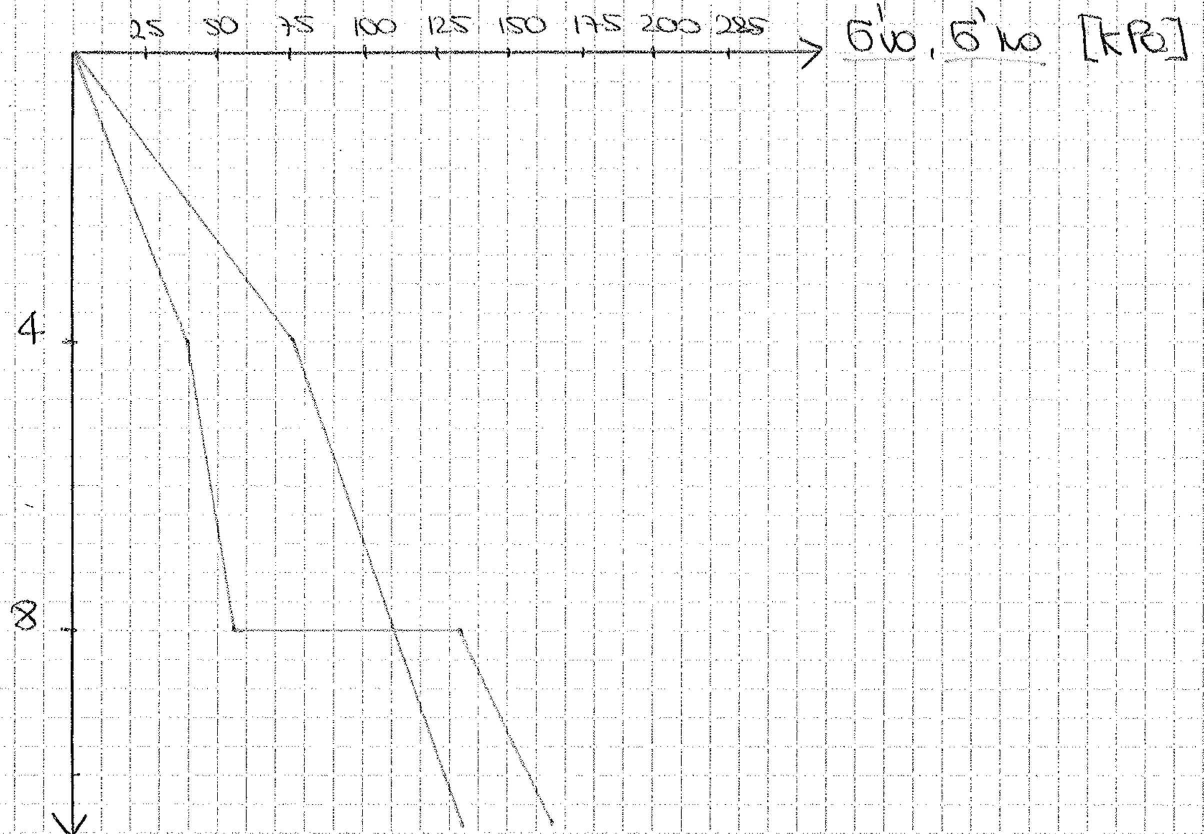
$\gamma_A = \gamma_B$

$\phi'_A = \phi'_B$

Disegnare i grafici delle tensioni e della pressione relativa dell'acqua (come indicato sugli assi) usando la stessa scala.




25 50 75 100 125 150 175 200 225
σ'vo, σho, uo [kPa]
4
8
z [m]


25 50 75 100 125 150 175 200 225
σ'vo, σ'ho [kPa]
4
8
z [m]

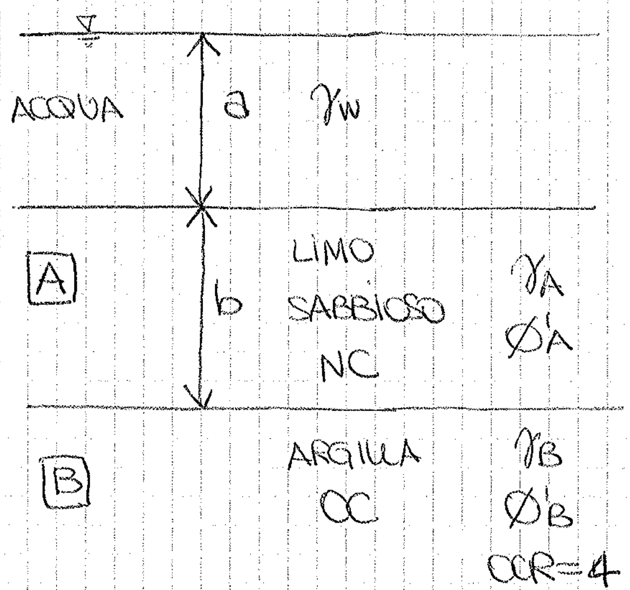
$$q_{NETTA} = q - \gamma D = 169,76 - 19 \cdot 3 = 112,76 \text{ kPa}$$

$$\Delta\sigma_v = q_{NETTA} \left\{ 1 - \left[\frac{1}{1 + \left(\frac{R}{z}\right)^2} \right]^{3/2} \right\} =$$

$$= 112,76 \cdot \left\{ 1 - \left[\frac{1}{1 + \left(\frac{7,5}{5}\right)^2} \right]^{3/2} \right\} = 93,47 \text{ kPa}$$

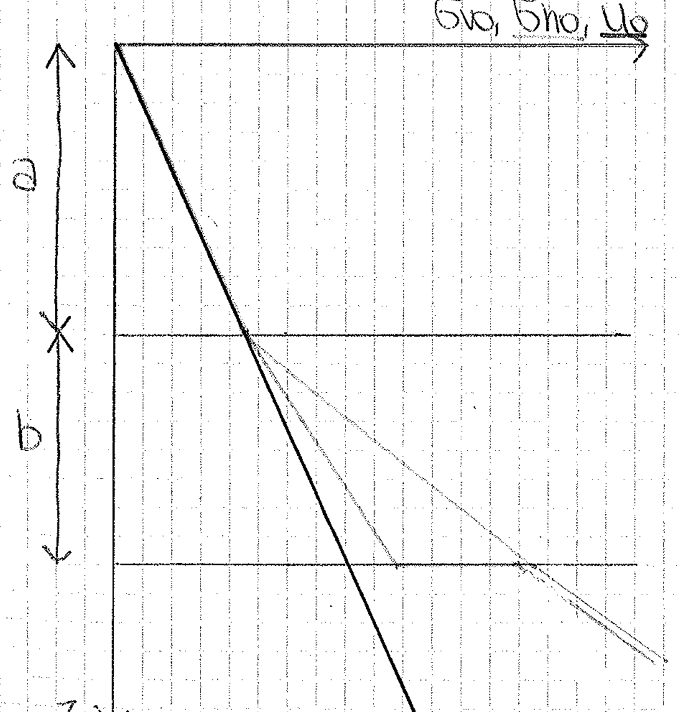
$$\sigma'_{vF} = \sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v = 122 + 93,47 = 215,47 \text{ kPa}$$

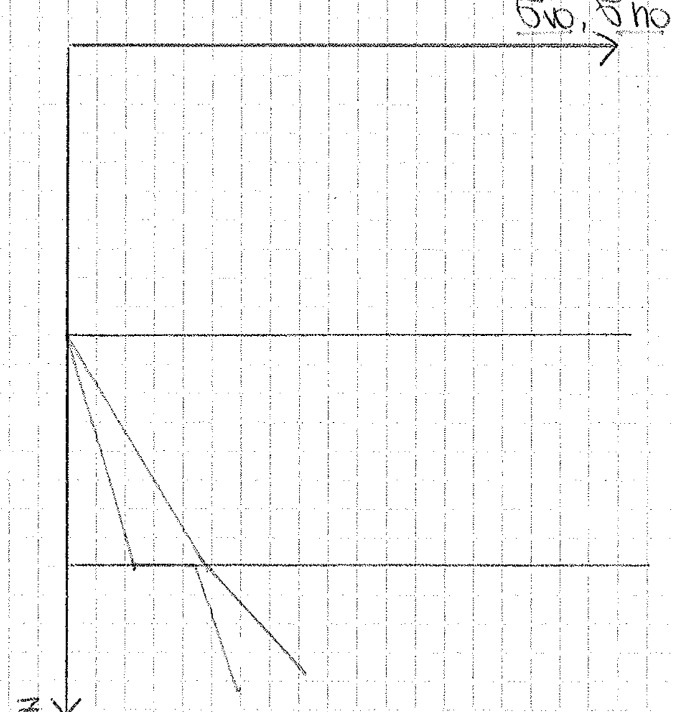
ES. 4a STATO TENSIONALE GEOSTATICO

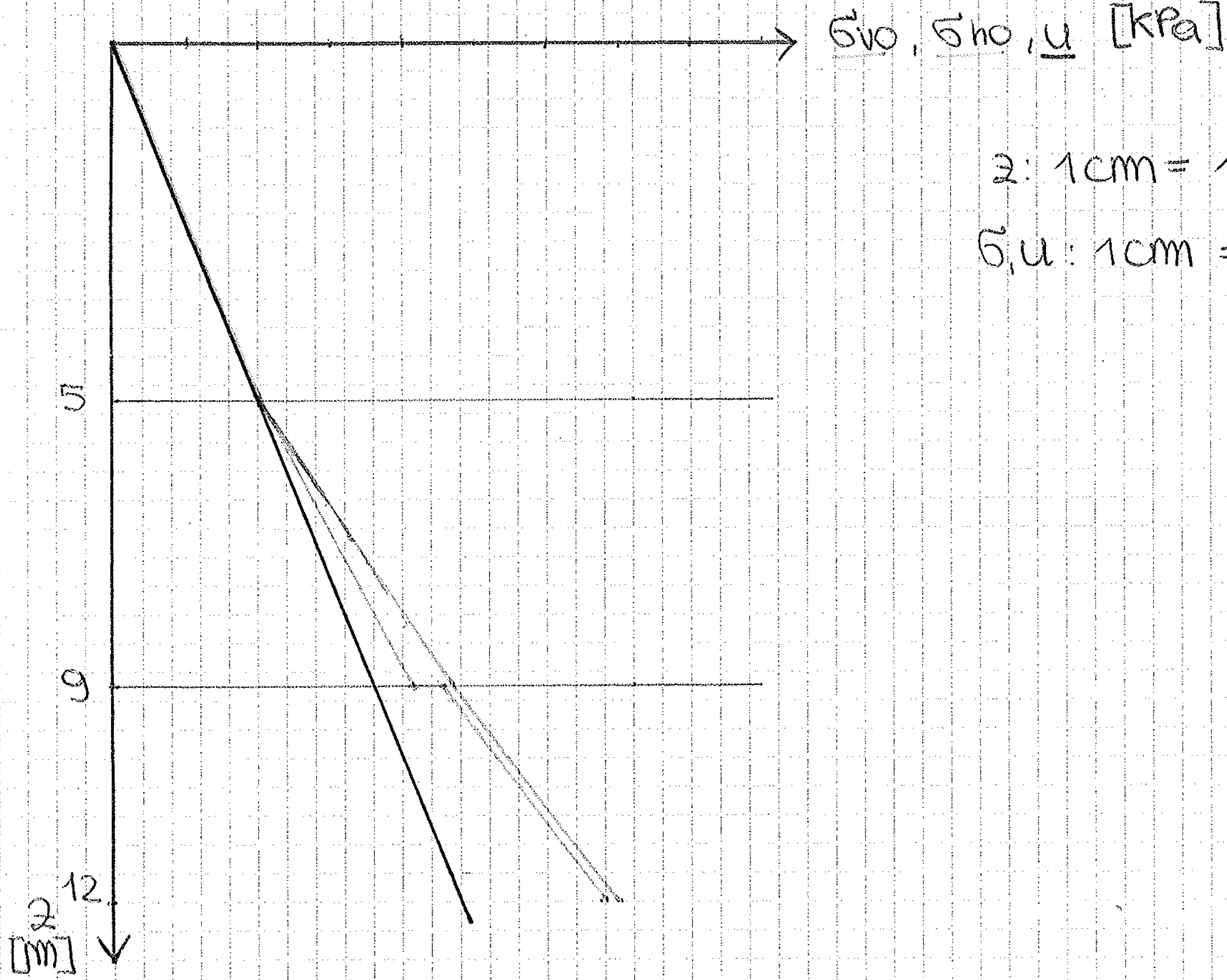


$\gamma_A < \gamma_B$

$\phi'_A < \phi'_B$

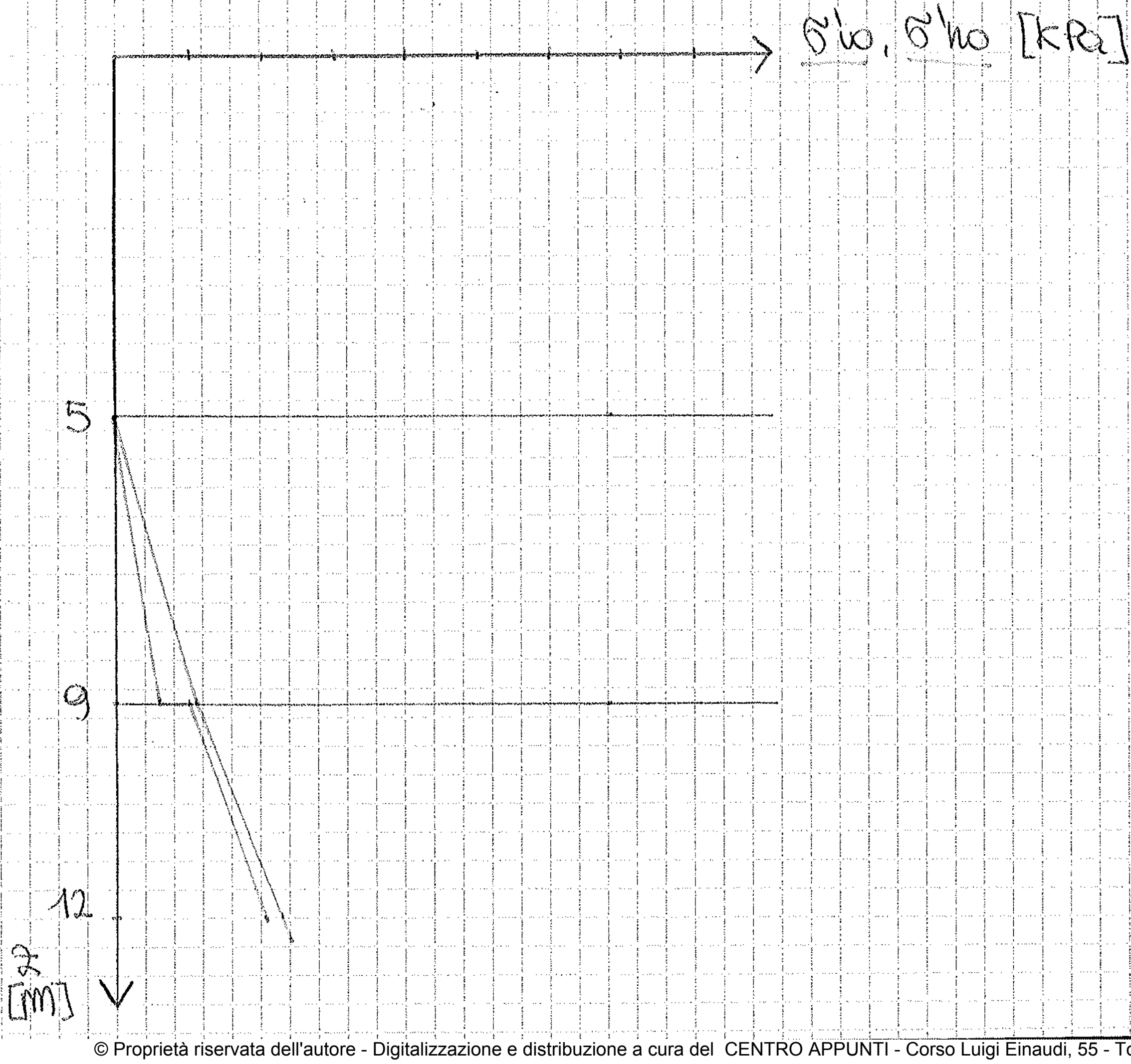






z: 1cm = 1m

σ, u: 1cm = 25 kPa



$s = 1$ perché fondazione nastriforme

$i = 1$ " carico verticale

$b = 1$ " base orizzontale

$g = 1$ " PC orizzontale

① $e = 0 \rightarrow B = 1{,}5 \text{ m}$

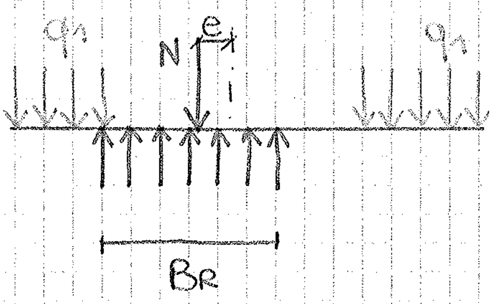
$$q'_{LIM} = \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma + N_q \cdot q =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 18 \cdot 1{,}5 \cdot 56{,}3 + 27 \cdot 37{,}8 =$$

$$= 760 + 1021 = 1781 \text{ KPa}$$

$$N_{LIM} = q'_{LIM} \cdot B = 1781 \cdot 1{,}5 = 2671 \text{ KN/m}$$

② $e = 0{,}25 \rightarrow B_R = B - 2 \cdot e = 1{,}5 - 2 \cdot (0{,}25) = 1 \text{ m}$



B_R è la sola parte di base reagente.

$$q'_{LIM} = \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma + N_q q = \frac{1}{2} \cdot 18 \cdot 1 \cdot 56{,}3 + 27 \cdot 37{,}8 =$$

$$= 507 + 1021 = 1528 \text{ KPa}$$

$$N_{LIM} = q'_{LIM} \cdot B = 1528 \cdot 1 = 1528 \text{ KN/m}$$

$$P_A = \frac{1}{2}\sigma'_{A\,MAX}\cdot\overline{AB} = \frac{1}{2}\cdot 41\cdot 6{,}6 = 135{,}3 \text{ KN/m}$$

Punto di applicazione di P_A:

$$\overline{BS} = \frac{1}{3}\overline{AB} = \frac{1}{3}\cdot 6{,}6 = 2{,}2 \text{ m}$$

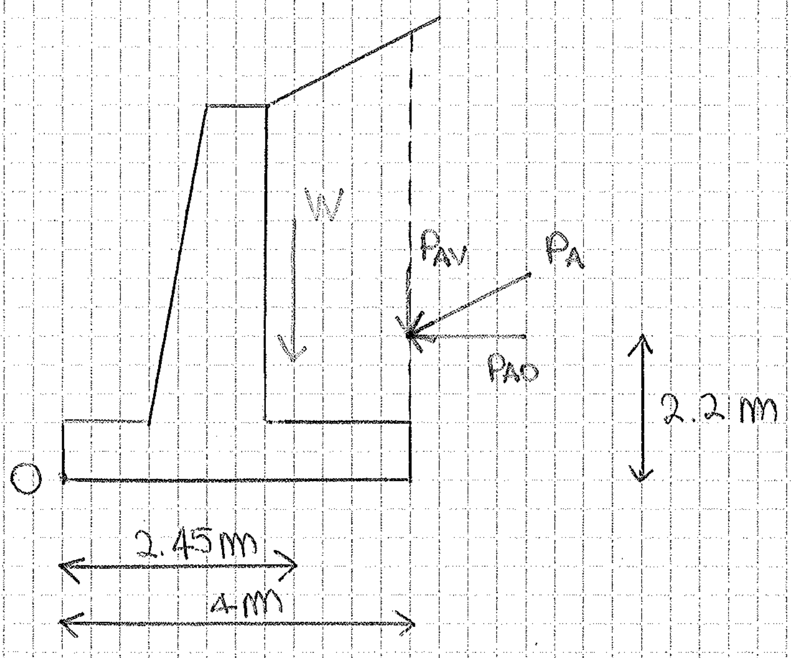
AREA	SUP. [m^2]	γ [kN/m^3]	PESO [KN/m] (SUP. × γ)	b (da O)	M_o (PESO × b)
1	3,2	24	76,8	2	153,6
2	2	24	48	1,6	76,8
3	1	24	24	1,27	30,4
4	11	18	198	2,90	574,2
5	0.88	18	15,9	3,27	51,8
			362,7 KN/m		886,8

$M_{STAB} = 886,8$ KN

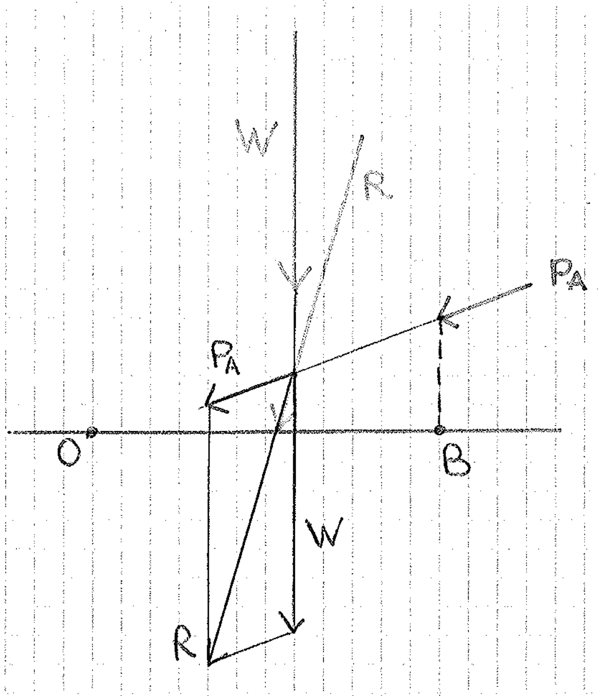
$W = 362,7$ KN/m

Punto di applicazione di W:

$$d\,(\text{da }O) = \frac{M_{STAB}}{W} = \frac{886{,}8}{362{,}7} = 2{,}45 \text{ m}$$

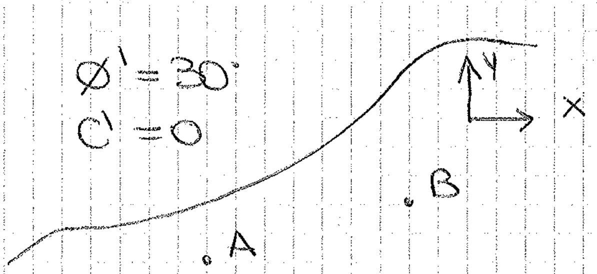


METODO GRAFICO:



ES. 7 RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLO STATO TENSIONALE IN UN PUNTO

$\phi' = 30°$
$c' = 0$

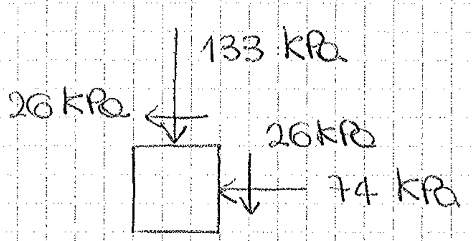


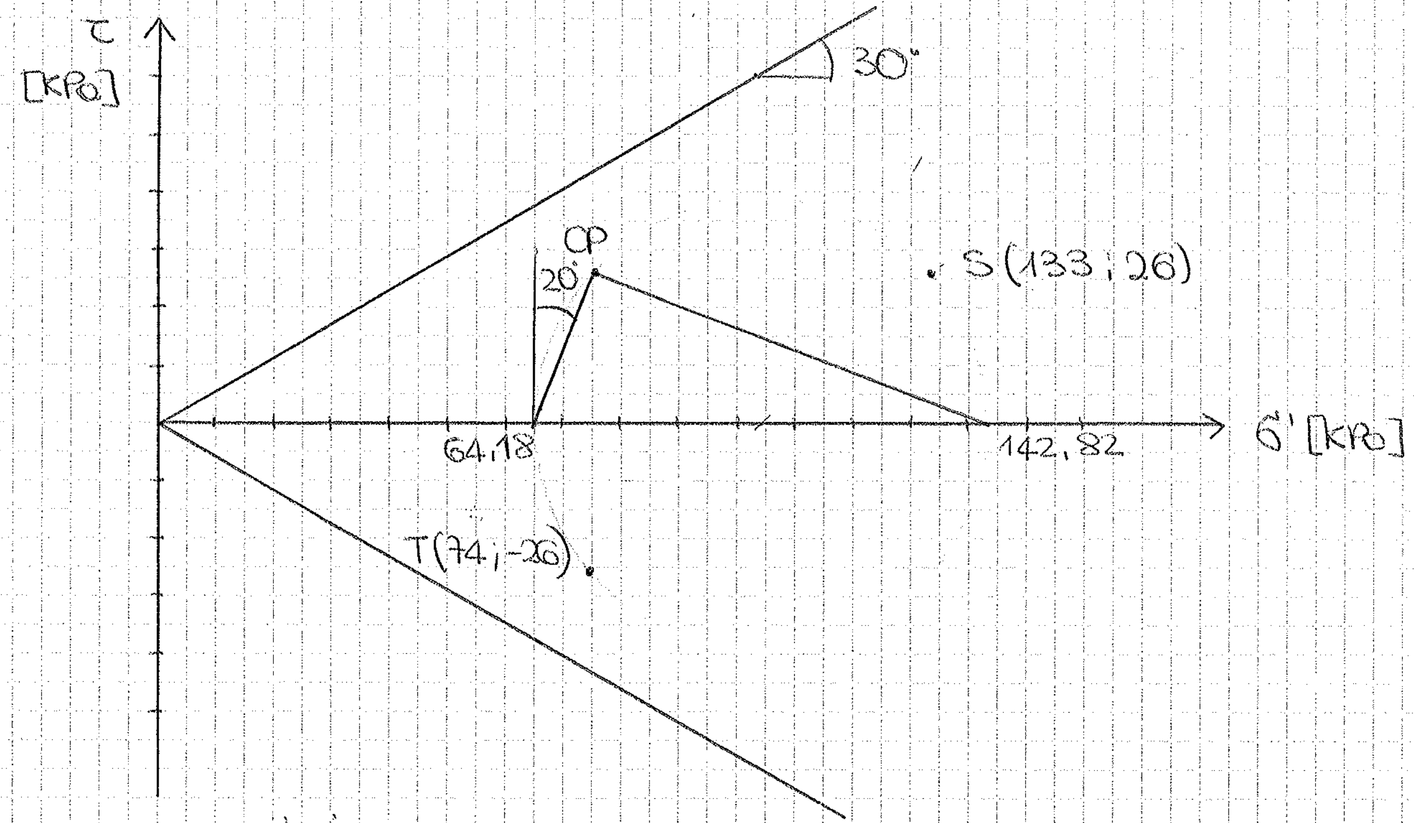
$$\begin{bmatrix} \sigma'_x & \tau_{xy} \\ \tau_{yx} & \sigma'_y \end{bmatrix}_A = \begin{bmatrix} 32 & 21 \\ 21 & 75 \end{bmatrix} \text{kPa}$$

$$\begin{bmatrix} \sigma'_x & \tau_{xy} \\ \tau_{yx} & \sigma'_y \end{bmatrix}_B = \begin{bmatrix} 74 & 26 \\ 26 & 133 \end{bmatrix} \text{kPa}$$

Si chiede di:
- rappresentare il valori dello stato tensionale sul cubetto elementare
- valutare con il cerchio di Mohr se i valori indicati sono ammissibili per il terreno con i parametri di resistenza sopra indicati.
- di definire, per B, tensioni principali e direzione
- di valutare e rappresentare graficamente, per B, il tensore degli sforzi assumendo un SR ruotato di 25° in senso antiorario rispetto al precedente

- PUNTO B





COMPATIBILE

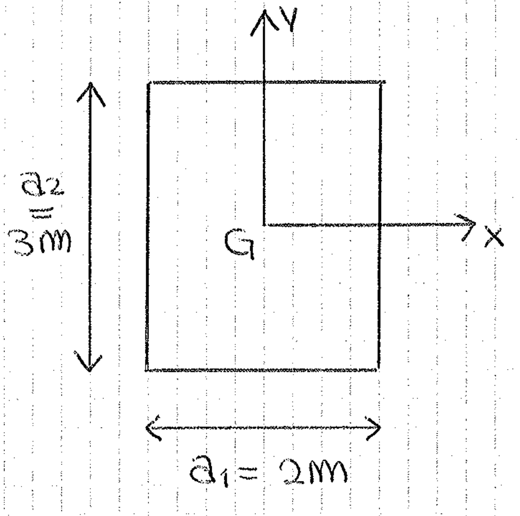
$$\tau_{xy} = -\frac{74-133}{2} \operatorname{sen} 2\alpha + 26 \cos 2\alpha = 0$$

$$\hookrightarrow \alpha = -20{,}69^\circ \sim -21^\circ$$

$$\sigma_n = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\alpha - \tau_{xy} \operatorname{sen} 2\alpha = 142{,}82$$

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y - \sigma_n = 64{,}18$$

ES 8: CAPACITÀ PORTANTE di un PLINTO RETTANGOLARE



Il plinto rettangolare si fonda su un terreno sabbioso, senza falda, con le seguenti caratteristiche:

$\gamma_t = 18\ kN/m^3$

$\phi' = 34°$

$c' = 0$

Tenendo conto del rinterro della fondazione, corrispondente ad un sovraccarico laterale $q' = 20 kPa$ si valuti il fattore di sicurezza globale per le diverse condizioni di carico sotto indicate.

1. $N = 1100\ kN$
   $H_x = H_y = 0\ kN$
   $M_x = M_y = 0\ kN \cdot m$

$$q'_{lim} = \frac{1}{2} \gamma \cdot B\, N_\gamma\, S_\gamma + q'\, N_q\, S_q$$

$$S_\gamma = S_q = 1 + 0{,}1 \cdot \frac{B}{L} \cdot \frac{1 + \operatorname{sen}\phi'}{1 - \operatorname{sen}\phi'} =$$

$$= 1 + 0{,}1 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{1 + \operatorname{sen} 34}{1 - \operatorname{sen} 34} = 1{,}24$$

$N_\gamma = 41{,}06$
$N_q = 29{,}44$

$$q'_{lim} = \frac{1}{2} \cdot 18 \cdot 2 \cdot 41{,}06 \cdot 1{,}24 + 20 \cdot 29{,}44 \cdot 1{,}24 =$$

$$= 916{,}46 + 730{,}11 = 1646{,}57\ kPa$$

$$N_{lim} = q'_{lim} \cdot B\, L = 1646{,}57 \cdot 3 \cdot 2 = 9879{,}43\ kN$$

$$F_s = \frac{N_{lim}}{N_{ES}} = \frac{9879{,}43}{1100} = 8{,}98 \quad OK$$

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 21 di 146

3. $N = 1200$ kN

$H_x = H_y = 0$ kN

$M_x = -240$ kN m

$M_y = 420$ kN m

$$e_x = \frac{M_x}{N} = -0{,}2 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{M_y}{N} = 0{,}35 \text{ m}$$

$$B = a_1 - 2e_x = 2 - 2\cdot(+0{,}2) = 1{,}6 \text{ m}$$

$$L = a_2 - 2e_y = 3 - 2\cdot(0{,}35) = 2{,}3 \text{ m}$$

$N_\gamma = 41{,}06$

$N_q = 29{,}44$

$$S_\gamma = S_q = 1 + 0{,}1 \cdot \frac{B}{L} \cdot \frac{1+\operatorname{sen}\phi'}{1-\operatorname{sen}\phi'} =$$

$$= 1 + 0{,}1 \cdot \frac{1{,}6}{2{,}3} \cdot \frac{1+\operatorname{sen}34'}{1-\operatorname{sen}34} = 1{,}24$$

$$q_{uH} = \frac{1}{2} \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot S_\gamma + q' \cdot N_q \cdot S_q =$$

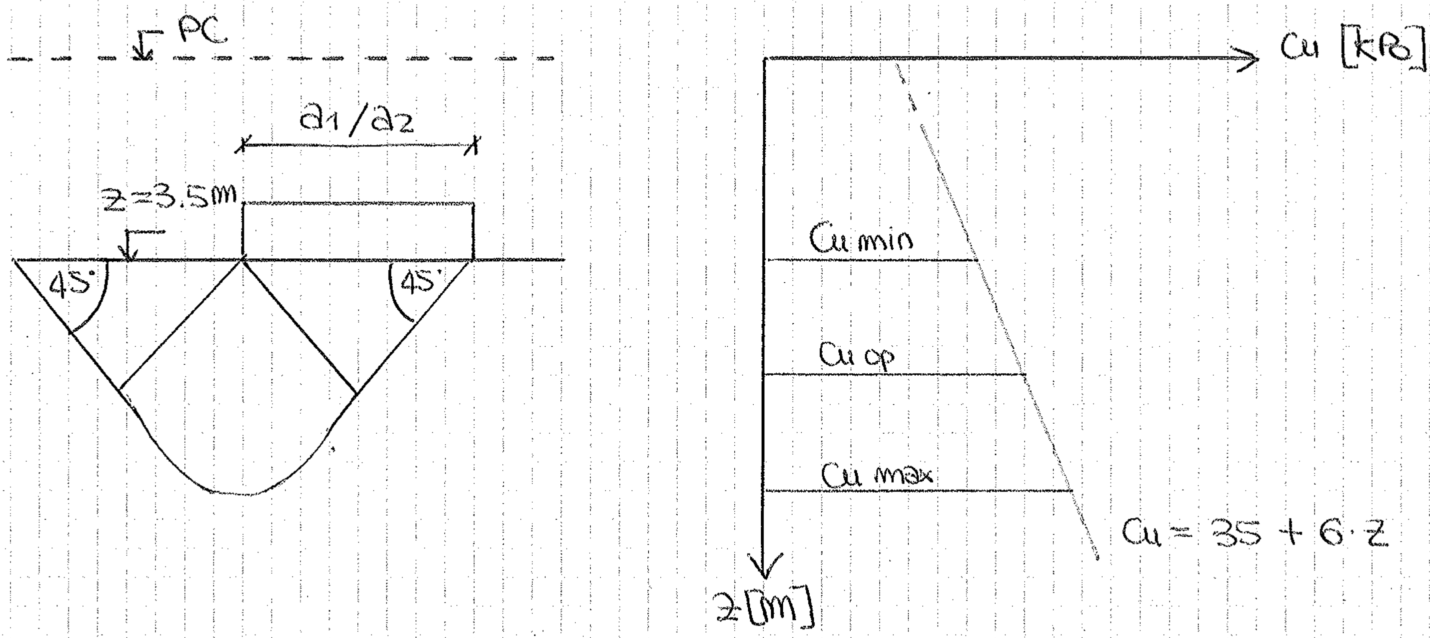
$$= \frac{1}{2} \cdot 1{,}6 \cdot 18 \cdot 41{,}06 \cdot 1{,}24 + 20 \cdot 29{,}44 \cdot 1{,}24 =$$

$$= 733{,}17 + 730{,}11 = 1463{,}28 \text{ kPa}$$

$$N_{uH} = q_{uH} \cdot B \cdot L = 1463{,}28 \cdot 1{,}6 \cdot 2{,}3 = 5384{,}88 \text{ kN}$$

$$F_s = \frac{N_{uH}}{N_{ES}} = \frac{5384{,}88}{1200} = 4{,}48 \quad \text{OK}$$

ES 9: VERIFICA A CAPACITÀ PORTANTE (a breve termine) PER UN PLINTO SU ARGILLA



Argilla moderatamente OC : $\gamma_t = 18\ kN/m^3$

Plinto quadrato : $a_1 = a_2 = 2{,}5\ m$

verificare la capacità portante a breve termine per le seguenti combinazioni di carico:

1. $N_{es} = 770\ kN \qquad e_x = e_y = 0\ m$
2. $N_{es} = 770\ kN \qquad e_x = 0.32\ m \qquad e_y = 0\ m$

1. $B = 2{,}5\ m$

$L = 2{,}5\ m$

$$C_u = 35 + 6 \cdot z = 35 + 6 \cdot \left(3{,}5 + \frac{B}{2}\right) =$$
$$= 35 + 6 \cdot \left(3{,}5 + \frac{2{,}5}{2}\right) = 63{,}5\ kPa$$

$$S_c = 1 + 0{,}2 \cdot \frac{B}{L} = 1 + 0{,}2 \frac{2{,}5}{2{,}5} = 1 + 0{,}2 = 1{,}2$$

$N_c = 5{,}14$

$q_{lim} = C_u \cdot N_c \cdot S_c = 63{,}5 \cdot 5{,}14 \cdot 1{,}2 = 391{,}67\ kPa$

$N_{lim} = q_{lim}\ L \cdot B = 391{,}67 \cdot 2{,}5 \cdot 2{,}5 = 2447{,}9\ kN$

$F_S = N_{lim}/N_{es} = 2447{,}9/770 = 3{,}18$ SI

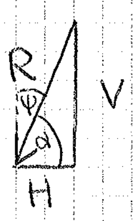
$H_{PA} = P_A \cos 13° = 200 \cdot \cos 13 = 194,87 \ kN/m \sim 195 \ kN/m$

$V_{PA} = P_A \operatorname{sen} 13° = 200 \cdot \operatorname{sen} 13 = 44,99 \ kN/m \sim 45 \ kN/m$

$V = V_{PA} + W = 45 + 455 = 500 \ kN/m = N_{ES}$

$H = 195 \ kN/m$

$R = \sqrt{H^2 + V^2} = \sqrt{195^2 + 500^2} = 536,68 \ kN/m$



$\alpha = \arccos \frac{H}{R} = \arccos \frac{195}{536,68} = 68,70°$

$\psi = 90° - \alpha = 90° - 68,70° = 21,3°$

$F_S = \frac{tg\, \delta}{tg\, \psi} = \frac{tg\, 26°}{tg\, 21,3°} = 1,25 < 1,5 \rightarrow$ NO VERIFICA A SCORRIMENTO

$\phi' = 36 \rightarrow \begin{cases} N_\gamma = 56,3 \\ N_q = 37,8 \end{cases}$

$M_{STAB} = W \cdot b = 455 \cdot (3 - 1,2) = 819 \ kN$

$M_{RIB} = H_{PA} \cdot b_H - V_{PA} \cdot b_V = 195 \cdot 1,8 - 45 \cdot 3 = 216 \ kN$

$M_O = M_S - M_R = 819 - 216 = 603 \ kN$

$d = \frac{M_O}{V} = \frac{603}{500} = 1,2 \ m$

$B = 2 \cdot d = 1,2 \cdot 2 = 2,4 \ m$

$L \rightarrow \infty$

$m = \frac{2 + B/L}{1 + B/L} = 2$

$i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V} \right]^{m+1} = \left[1 - \frac{195}{500} \right]^{2+1} = 0,23$

$i_q = \left[1 - \frac{H}{V} \right]^{m} = \left[1 - \frac{195}{500} \right]^{2} = 0,37$

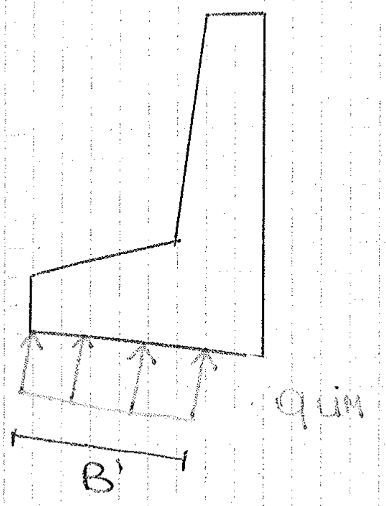
$q_{lim} = \frac{1}{2} B \gamma N_\gamma i_\gamma + q \cdot N_q i_q$

$= \frac{1}{2} \cdot 2,4 \cdot 20 \cdot 0,23 \cdot 56,3 + (0,5 \cdot 20) \cdot 37,8 \cdot 0,37 =$

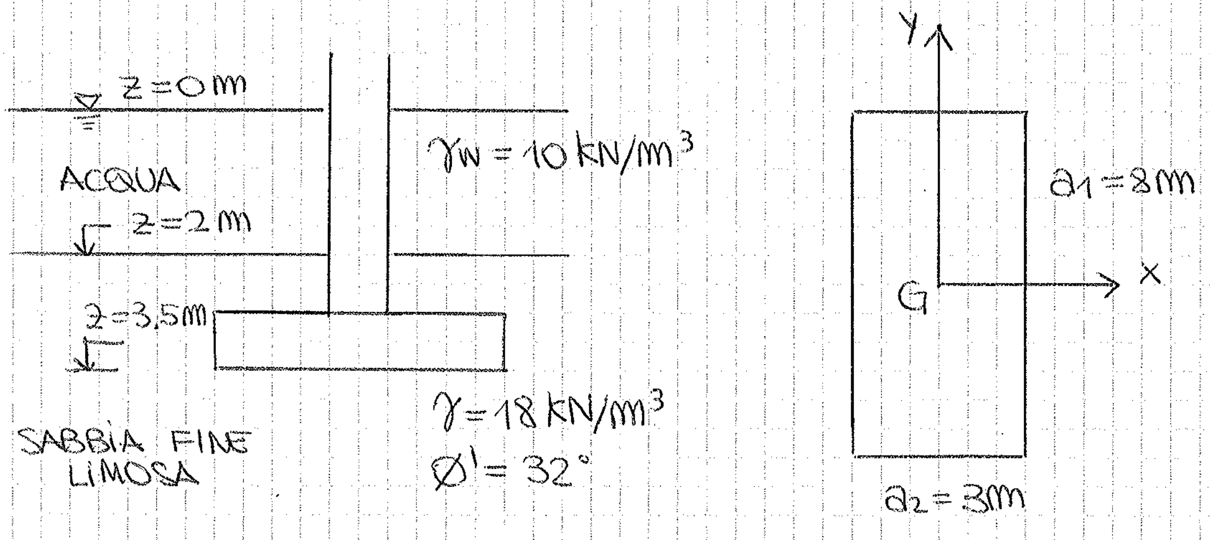
$= 310,78 + 139,86 = 450,64 \ kPa$

$N_{uH} = q_{uH} \cdot BL = 686 \cdot 2{,}3 = 1577{,}48 \text{ kN}$

$F_s = \dfrac{N_{uH}}{N_{es}} = \dfrac{1577{,}48}{526{,}3} = 2{,}99$



ES 11: VERIFICA di CAPACITÀ PORTANTE per una PILA da PONTE in ALVEO



Le componenti (riferite al baricentro G) del carico totale in esercizio agente sul piano di fondazione valgono:

$N = 2870$ kN

$H_x = 0$

$H_y = 487$ kN

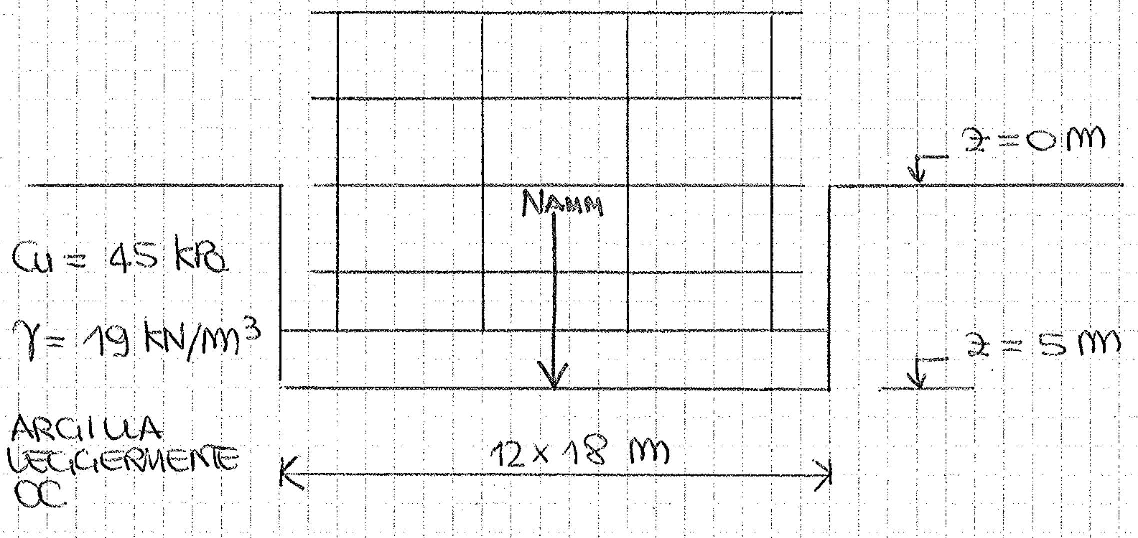
$M_x = 0$

$M_y = 2436$ kN m

valutare il coefficiente di sicurezza.

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 29 di 146

ES. 12: DETERMINARE LA PORTATA AMMISSIBILE DI UNA PLATEA DI FONDAZIONE SU ARGILLA



Determinare la portata ammissibile della platea corrispondente ad un $F_s = 3$.

$q = \gamma \cdot D = 19 \cdot 5 = 95$ kPa

$S_c = 1 + 0{,}2 \frac{B}{L} = 1 + 0{,}2 \frac{12}{18} = 1{,}13$

$q_{lim} = c_u \cdot N_c \cdot S_c^{\circ} + q = 45 \cdot 5{,}14 \cdot 1{,}13 + 95 = 261 + 95$
$= 356$ kPa

$q_{AMM} = \frac{q_{lim} - q}{F_s} + q = \frac{356 - 95}{3} + 95 = 182$ kPa

$N_{AMM} = q_{AMM} \cdot A = 182 \cdot 12 \cdot 18 = 39310$ kN

$$q = \gamma \cdot D = 19 \cdot 1{,}2 = 23 \text{ kPa}$$

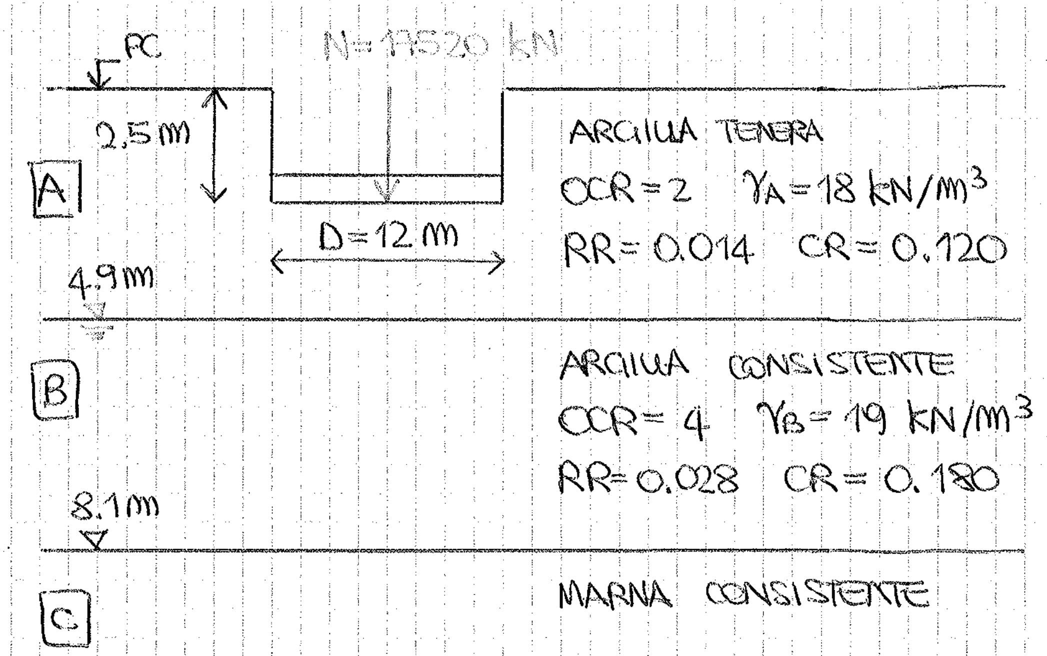
$$C_u = 15 + 2{,}5 \left(\frac{2{,}2}{2} + 3{,}5 \right) = 26{,}5 \text{ kPa} \sim 27 \text{ kPa}$$

$$q_{lim} = C_u \cdot N_c + q = 27 \cdot 5{,}14 + 23 = 162 \text{ kPa}$$

$$R_{lim} = q_{lim} \cdot B = 162 \cdot 2{,}2 = 356{,}4 \text{ kN/m}$$

$$F_s = \frac{R_{lim}}{R} = \frac{356{,}4}{106} = 3{,}4 > 3$$ VERIFICATO!

ES 14: CALCOLO DEL CEDIMENTO EDOMETRICO DI UN SERBATOIO CIRCOLARE SU ARGILLE



Calcolare il cedimento edometrico del serbatoio circolare rappresentato in figura, trascurando il contributo del substrato marnoso e suddividendo le formazioni A, B in strati di spessore costante pari a 0,80 m.

$$\Delta H = H_0 \left(RR \log \frac{\sigma'_p}{\sigma'_{v0}} + CR \log \frac{\sigma'_{vF}}{\sigma'_p} \right) \quad \boxed{1} \quad \text{con} \quad \sigma'_{vF} > \sigma'_p$$

$$\Delta H = H_0 \left(RR \log \frac{\sigma'_p}{\sigma'_{v0}} \right) \quad \boxed{2} \quad \text{con} \quad \sigma'_{vF} < \sigma'_p$$

p.to	s^e (RR) [mm]	s^{ep} (CR) [mm]	S_i [mm]
A	3,4	18,4	21,7
B	3,4	11,6	14,9
C	3,4	6,1	9,5
D	7,3	—	7,3
E	6,5	—	6,5
F	5,8	—	5,8
G	5,1	—	5,1

$S_{TOT} = \sum S_i = 70,9$ mm

Calcoliamo le N_{TOT} per le 3 combinazioni:

$N_{TOT} = N_1 + N_2 + N_3 + N_4$

$N_{1TOT} = 1050 + 1097 + 693 + 652 = 3492 \text{ kN}$

$N_{2TOT} = 850 + 798 + 712 + 850 = 3210 \text{ kN}$

$N_{3TOT} = 900 + 1316 + 797 + 680 = 3693 \text{ kN}$

scelgo la 3^ combinazione perchè è la più grande.

$W_F = V_F \cdot \gamma = 4^2 \cdot 0{,}80 \cdot 24 = 307 \text{ kN}$

il carico q totale è pari a:

$q = \frac{N_{TOT} + W_F}{A_F} = \frac{3693 + 307}{4^2} = 250 \text{ kPa}$

$q_N = q - \gamma \cdot D = 250 - 1{,}5 \cdot 18{,}5 = 222{,}25 \text{ kPa}$

$L/B = 1$

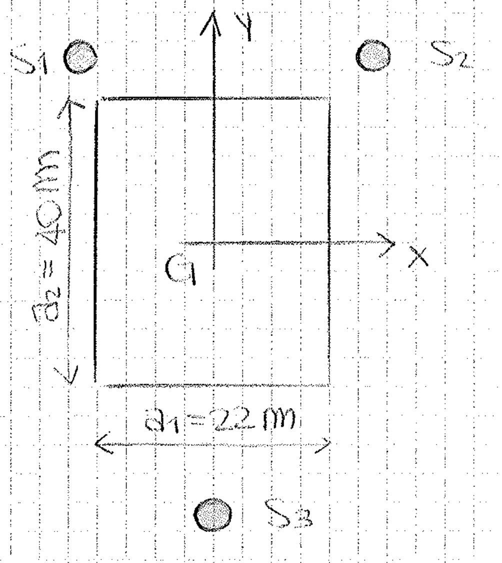
$\sigma''_{vi}\left(\frac{B}{2}\right) = \left(1{,}5 + \frac{4}{2}\right) \cdot 18{,}5 = 64{,}75 \text{ kPa}$

$I_{max} = 0{,}5 + 0{,}1 \left(\frac{q_N}{\sigma'_{vi}}\right)^{0{,}5} = 0{,}68$

$C_1 = 1 - 0{,}5\left(\frac{\sigma'_{v0}}{q_N}\right) = 1 - 0{,}5 \cdot \frac{18{,}5 \cdot 1{,}5}{222{,}25} = 0{,}94$

$C_2 = 1 + 0{,}2 \log\left(\frac{t}{0{,}1}\right) = 1 + 0{,}2 \log\left(\frac{30}{0{,}1}\right) = 1{,}49$

ES 16: CALCOLO DEL CEDIMENTO DI UNA PLATEA DI FONDAZIONE SU SABBIA



SABBIA $\gamma_t = 19$ kN/m^3
$\nu = 0{,}20$

carico in esercizio:
N = 308 MN
$M_y = 170$ MN·m
$M_x = 65$ MN·m

PP = 5 m

Un edificio di civile abitazione è fondato sulla platea rettangolare il cui piano di posa è a 5m di profondità rispetto al PC.
Il terreno è costituito da una sabbia caratterizzata con prove le N_{SPT} eseguite lungo 3 verticali e con parametri sopra riportati. Nell'ambito della profondità indagata non è stata intercettata la falda. Considerare le componenti (riferite a G) del carico complessivo in esercizio, calcolare il cedimento a fine costruzione e al tempo t=50 anni utilizzando i 2 metodi: Burland-Burbidge e Berardi-Lancellotta.

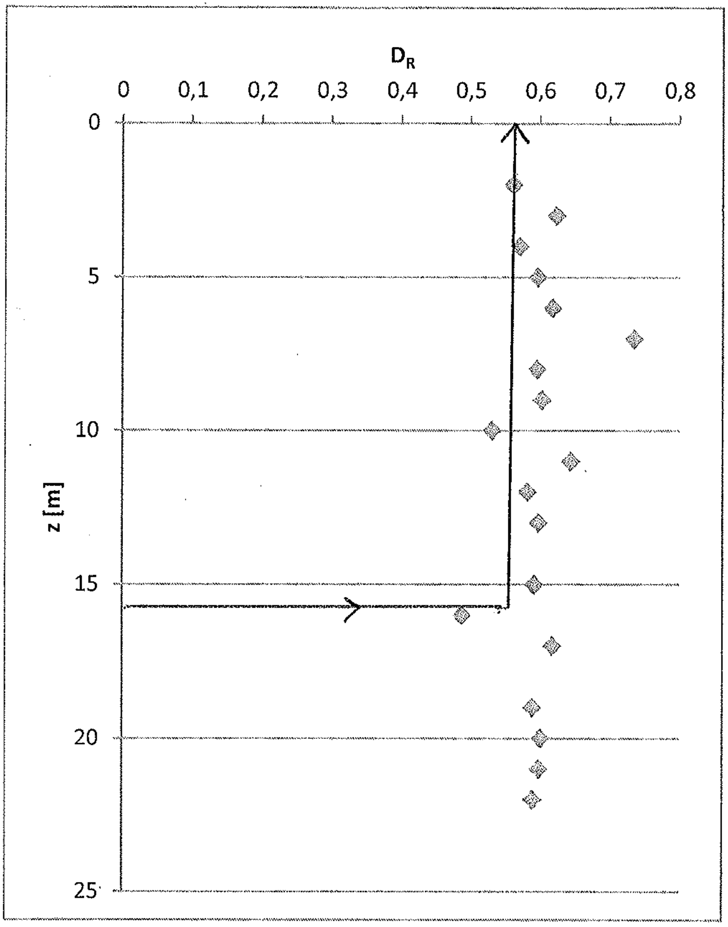
Sondaggio S_1		Sondaggio S_2		Sondaggio S_3	
z (m)	N_{SPT}	z (m)	N_{SPT}	z (m)	N_{SPT}
3	20	2	15	4	18
6	24	5	21	7	36
9	27	8	25	10	22
12	29	11	34	13	32
15	34	14	R	16	24
18	R	17	40	19	39
21	43	20	42	22	43

→ BERARDI E LANCELLOTTA

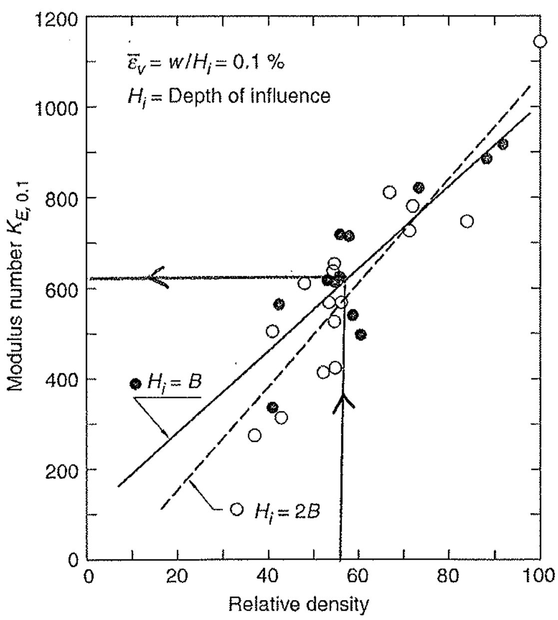
$$D_R = \sqrt{\frac{N_1}{60}}$$

$$N_1 = C_N \cdot N_{SPT}$$

$$C_N = \frac{3}{2 + \frac{\sigma'_v}{100}}$$



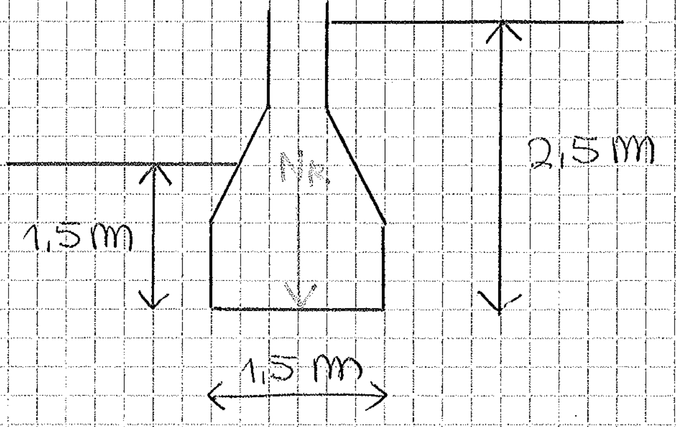
$D_R \sim 55 - 60\ \%$



$K_E \sim 600 - 650$

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 41 di 146

ES 17: VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE DI UNA FONDAZIONE NASTRIFORME (NTC_2008)



$\gamma_t = 18\ kN/m^3$

$\phi'_k = 36°$

$c'_k = 0$

Non c'è falda

$N_k = 645\ \frac{kN}{m} = \begin{cases} 440 & G_1 \\ 205 & G_2, Q \end{cases}$

Eseguire la verifica di capacità portante secondo la NTC_2008, adottando prima l'approccio progettuale DA2 e successivamente l'approccio DA1.

DA2 = A1 + M1 + R3

$\gamma_M = 1$

$\gamma_R = 2,3$

$N_d = \gamma_G N_G + \gamma_Q N_Q = 1,3 \cdot 440 + 1,5 \cdot 205 = 880\ kN/m$

$\phi' = 36° \rightarrow N_\gamma = 56,3$
$\searrow N_q = 37,8$

$q = \gamma D = 1,5 \cdot 18 = 27$

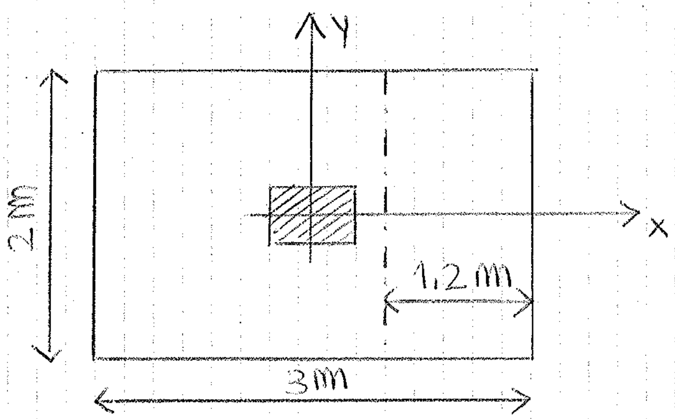
$q_{lim} = \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma + q N_q = \frac{1}{2} \cdot 18 \cdot 1,5 \cdot 56,3 + 27 \cdot 37,8 =$

$= 760 + 1021 = 1781\ kPa$

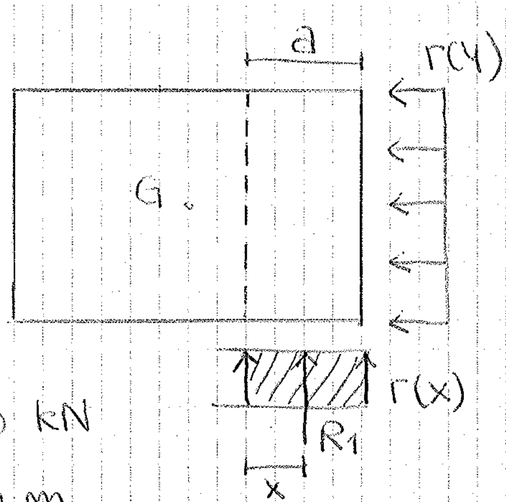
$Q_{lim} = \frac{q_{lim} \cdot B}{\gamma_R} = \frac{1781 \cdot 1,5}{2,3} = 1161$

$N_d = 880 < R_d = 1161 \rightarrow$ OK!

ES 18: CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI INTERNE AD UN PLINTO RETTANGOLARE



Calcolare le sollecitazioni interne di taglio V e di momento flettente M, agenti nella sezione AA per le diverse condizioni di carico.



① $N_d = 900$ kN

$$\sigma_t = \frac{N_d}{A} = \frac{900}{3 \times 2} = 150 \text{ kPa}$$

$$r(x) = \frac{N}{L} = \frac{900}{3} = 300 \text{ kN/m}$$

$$V_1 = R_1 = r(x) \cdot a = 300 \cdot 1{,}2 = 360 \text{ kN}$$

$$M_d = R_1 \cdot x_1 = 360 \cdot 0{,}6 = 216 \text{ kN m}$$

$$r(y) = \frac{N}{B} = \frac{900}{2} = 450 \text{ kN/m}$$

② $N_d = 900$ kN
$M_{xd} = 315$ kN m

$$e_x = \frac{M_{xd}}{N} = \frac{315}{900} = 0{,}35 < \frac{L}{6} = 0{,}5 \rightarrow \text{pressoflessione}$$

$$\sigma_{min,max} = \frac{N}{BL} \pm \frac{6M_x}{BL^2} = \frac{900}{3 \times 2} \pm \frac{6 \cdot 315}{3^2 \cdot 2} = \begin{cases} 45 \text{ kPa} \\ 255 \text{ kPa} \end{cases}$$

$$r(x)_{min\,max} = \frac{N}{L} \pm \frac{6M_x}{L^2} = \frac{900}{3} \pm \frac{6 \cdot 315}{3^2} = \begin{cases} 90 \text{ kN} \\ 510 \text{ kN} \end{cases}$$

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 45 di 146

(4) $N_d = 720$ kN

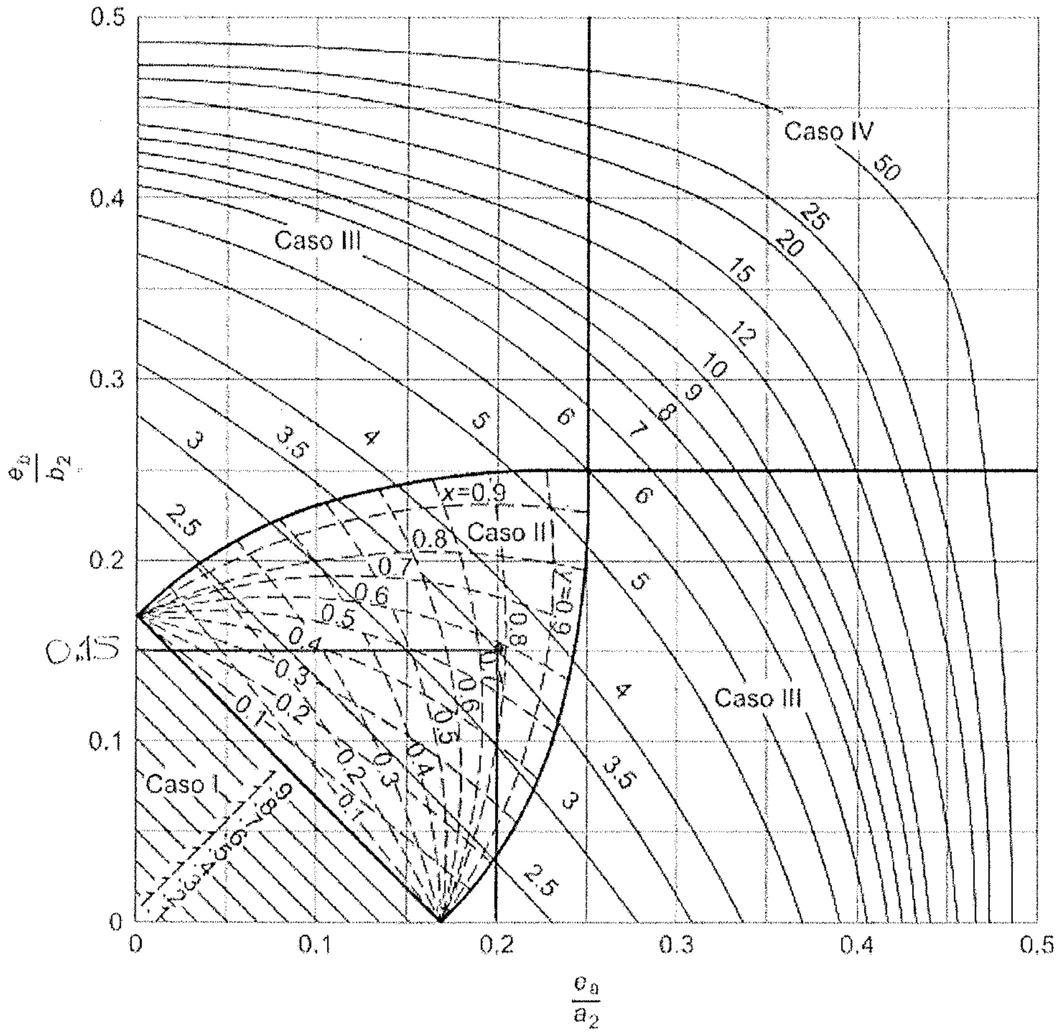
$M_{xd} = 432$ kN·m

$M_{yd} = 216$ kN·m

$$e_x = \frac{M_{xd}}{N_d} = \frac{432}{720} = 0{,}6 \text{ m} > L/6$$

$$e_y = \frac{M_{yd}}{N_d} = \frac{216}{720} = 0{,}3 \text{ m}$$

Uso l'abaco di Teng:



$$\frac{e_x}{L} = \frac{0{,}6}{3} = 0{,}2 \text{ m}$$

$$\frac{e_y}{B} = \frac{0{,}3}{2} = 0{,}15 \text{ m}$$

$K = 3{,}5$

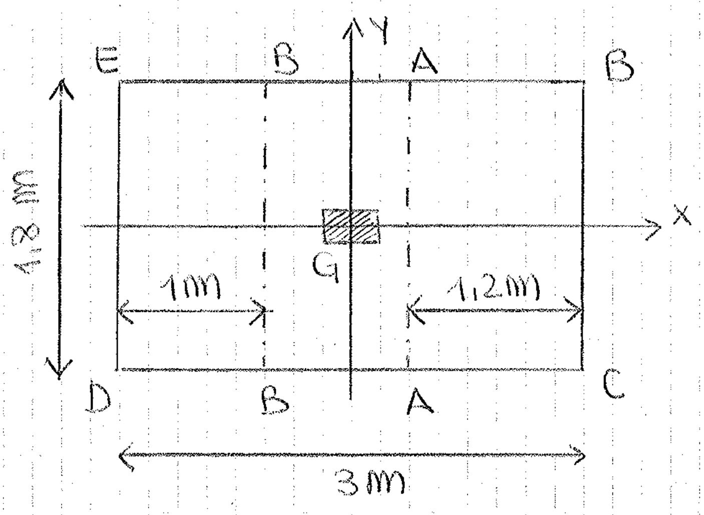
$X = 0{,}6$ m

$Y = 0{,}78$ m

} ricavati dal grafico

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 47 di 146

ES 19. CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI INTERNE AD UN PLINTO RETTANGOLARE



calcolare le sollecitazioni interne di taglio V e di momento flettente M agenti nelle sezioni AA e BB per la seguente condizione di carico (componenti riferite a baricentro G):

$N_d = 1080$ kN

$M_{xd} = 216$ kN m

$M_{yd} = -108$ kN m

disegnare, lungo ogni lato del plinto, l'andamento delle pressioni di contatto del terreno σ_t e infine calcolare e disegnare la reazione del terreno $r_t(x)$.

$$e_x = \frac{M_{xd}}{N} = 0{,}2 \text{ m} < L/6$$

$$e_y = \frac{M_{yd}}{N} = 0{,}1 \text{ m} < B/6$$

$$\sigma_T = \frac{N}{BL} \pm \frac{6Ne_x}{B \cdot L^2} \pm \frac{6Ne_y}{L \cdot B^2}$$

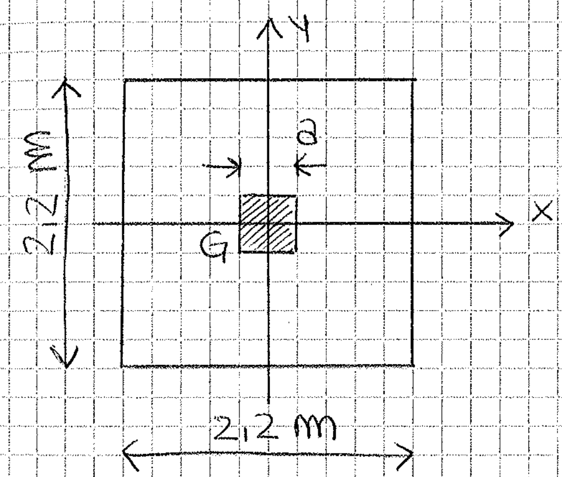
$$R_{1A} = \left(\frac{504+389}{2}\right) 1,2 = 535,8 \text{ kN}$$

$$R_{1B} = \left(\frac{312+216}{2}\right) \cdot 1 = 264 \text{ kN}$$

$$M_{1A} = 389 \cdot 1,2 \cdot \frac{1,2}{2} + \frac{504-389}{2} \cdot 1,2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,2 = 335,3$$

$$M_{1B} = 216 \cdot 1 \cdot 0,5 + \frac{312-216}{2} \cdot 1 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1 = 124 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

ES 20: DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE DI UN PLINTO



$N_d = 1250$ kN

$a = 40$ cm

Il pilastro, quadrato e di lato a, trasmette un carico verticale baricentrico di progetto N_d, calcolato utilizzando per le Azioni i coefficienti di sicurezza parziali della colonna (A1).
Dimensionare il pilastro sapendo che il calcestruzzo è di classe C 20/25.

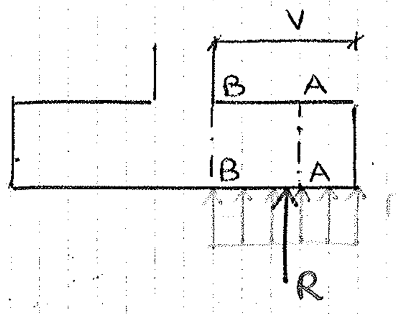
C 20/25 → $f_{ck} = 20$ N/mm²
↘ $f_{cd} = 11,8$ N/mm²

$f_{yk} = 450$ N/mm²
$f_{yd} = 391,3$ N/mm²

$h = d + c = 0{,}40 + 0{,}05 = 0{,}45\ m$

$\frac{v}{h} = \frac{0{,}9}{0{,}45} = 2 \rightarrow$ plinto snello

$Md = (r \cdot v)\frac{v}{2} = (568{,}2 \cdot 0{,}9) \cdot \frac{0{,}9}{2} = 230{,}1\ kN \cdot m$



Calcolo dell'area dell'armatura:

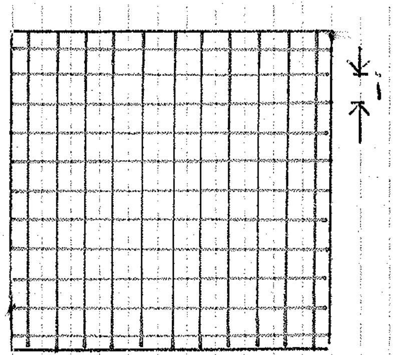
$Ad = \frac{Md}{0{,}9 \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{230{,}1 \cdot 10^6}{0{,}9 \cdot 391{,}3 \cdot 400} = 1635\ mm^2$

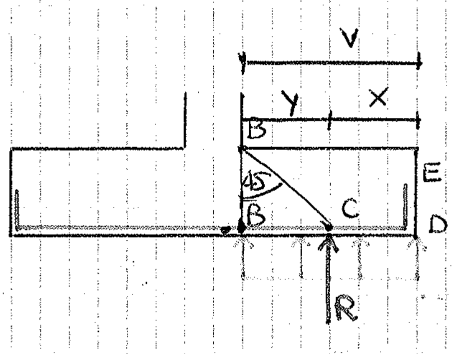
scelgo il numero di armature:

$11\ \phi_{14} = 1692{,}5\ mm^2$

il plinto è quadrato quindi la distribuzione delle barre sarà uniforme

$i = \frac{B - 2c}{n-1} = \frac{2200 - 2 \cdot 50}{11-1} = 210\ mm < 300$ OK





$CD = V - Y = 0{,}9 - 0{,}45 = 0{,}45\ m = 450\ mm$

$l_b = n \cdot \phi = 40 \cdot 14 = 560\ mm > CD \rightarrow$ PIEGO

$l_{b\,eff} = l_b \cdot \frac{A_{f\,TEO}}{A_{f\,REAL}} \cdot \alpha = 560 \cdot \frac{1635}{1692{,}5} \cdot 0{,}7 = 378{,}68\ mm$

Ipotizzo $d = 40$ cm $= 0{,}40$ m $\qquad V/h = 0{,}9/0{,}45 = 2 \rightarrow$ flessibile

$S = \frac{(2{,}2 - 0{,}4)}{2} - 0{,}40 = 0{,}50$ m $\rightarrow$ sez. AA

$r_A = 693 - \frac{(693-98)\cdot 0{,}5}{2{,}2} = 557{,}78$ kN/m

$V_{Ed} = \frac{557{,}8 + 693}{2} \cdot 0{,}5 = 312{,}7$ kN

$K = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{400}} = 1{,}71$

$v_{min} = 0{,}35 \cdot K^{1{,}5} \cdot f_{ck}^{0{,}5} = 0{,}35 \cdot 1{,}71^{1{,}5} \cdot 20^{0{,}5} = 0{,}35$ N/mm²

$V_{Rd} = v_{min} \cdot B \cdot d = 0{,}35 \cdot 2200 \cdot 400 = 308000$ N $= 308$ kN

$V_{Rd} < V_{Ed}$ (ER 1,5%) $\rightarrow$ accettabile

$M_d = R_{RET} \cdot b_{RET} + R_{TR} \cdot b_{TR} = (449{,}6 \cdot 0{,}9) \cdot \frac{0{,}9}{2} + \frac{(693 - 449{,}6)}{2} \cdot \frac{0{,}9^2}{2}$

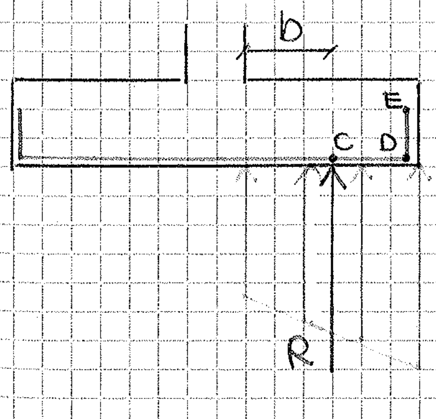
$= 247{,}8$ kN·m

$A_f = \frac{M_d}{0{,}9\, f_{yd} \cdot d} = \frac{247{,}8 \cdot 10^6}{0{,}9 \cdot 391{,}3 \cdot 400} = 1759{,}1$ mm²

Scelgo il numero e il diametro delle barre: 12 Ø14

$A = 1847$ mm²

$i = \frac{B - 2C}{n-1} = \frac{2200 - 2\cdot 50}{12-1} = 190$ mm < 300 mm $\rightarrow$ sì



$b = \frac{M_d}{R} = \frac{247{,}8}{\left(\frac{449{,}6 + 693}{2}\right) \cdot 0{,}9} = 0{,}48$ m

$CD = V - b = 0{,}9 - 0{,}48 = 0{,}42$ m

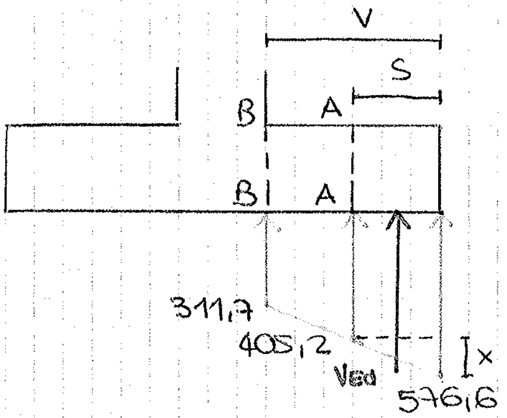
$l_b = n \cdot \phi = 40 \cdot 14 = 560$ mm $> CD$

$l_{b,eff} = l_b \frac{A_{f\,TEO}}{A_{f\,REAL}} \cdot \alpha = 560 \cdot \frac{1759{,}1}{1847} \cdot 0{,}7 =$

$= 373{,}34$ mm

Ipotizzo $d = 45\ cm = 0,45\ m$ $\qquad V/h = 1,275/0,5 = 2,55 \rightarrow$ fless.

$$S = \frac{L}{2} - \frac{b}{2} - d = 1,5 - \frac{0,45}{2} - 0,45 = 0,825\ m \rightarrow \text{sez. AA}$$



$r_{max} : X = 2,775 : 0,825$

$$X = \frac{576,6 \cdot 0,825}{2,775} = 171,4\ kN\,m$$

$$r_A = r_{max} - X = 576,6 - 171,4 = 405,2\ kNm$$

$$V_{Ed} = \frac{(405,2 + 576,6)}{2} \cdot 0,825 = 405\ kN$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{450}} = 1,67$$

$$v_{min} = 0,35 \cdot k^{1,5} \cdot f_{ck}^{0,5} = 0,35 \cdot 1,67^{1,5} \cdot 25^{0,5} = 0,38\ N/mm^2$$

$$V_{Rd} = v_{min} \cdot B \cdot d = 0,38 \cdot 2400 \cdot 450 = 410400\ N = 410,4\ kN$$

$V_{Rd} > V_{Ed} \rightarrow$ OK

$$r_B = r_{max} - \frac{r_{max} \cdot V}{a} = 576,6 - \frac{576,6 \cdot (\frac{B}{2} - 0,45/2)}{2,775} = 311,7\ kNm$$

$$M_d = R_{RET} \cdot b_{RET} + R_{TR} \cdot b_{TR} = (311,7 \cdot 1,275) \cdot \frac{1,275}{2} +$$

$$+ (576,6 - 311,7) \cdot \frac{1,275}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,275 = 396,89\ kN\,m$$

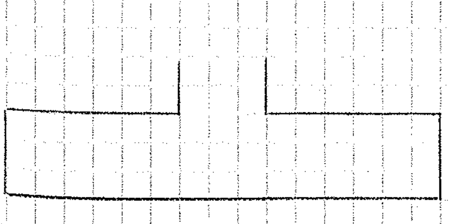
$$A_f = \frac{M_d}{0,9 \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{396,89 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 391 \cdot 450} = 2506\ mm^2$$

scelta del nr di ferri e del loro diametro: 17 Ø14

$$A = 17 \cdot \left(\frac{14}{2}\right)^2 \cdot \pi = 2617\ mm^2$$

$$i = \frac{B - 2C}{n-1} = \frac{2400 - 2 \cdot 50}{17 - 1} = 143,75\ mm < 300\ mm \rightarrow \text{Ok}$$

$$b = \frac{M_d}{R} = \frac{396,89}{\frac{(311,7 + 576,6)}{2} \cdot 1,275} =$$

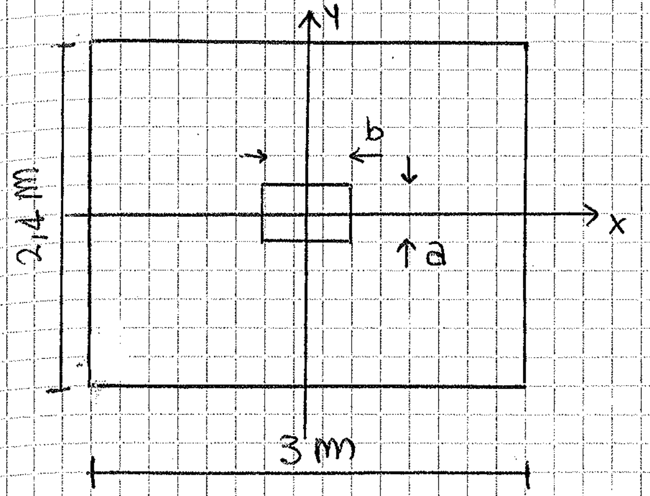


$CD = V - C - d = 1275 - 50 - 450 = 775\ mm$

$l_b = n \cdot Ø = 36 \cdot 14 = 504 < CD$

↳ NO piego

ES 23: DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE DEL PLINTO



$N_d = 860$ kN

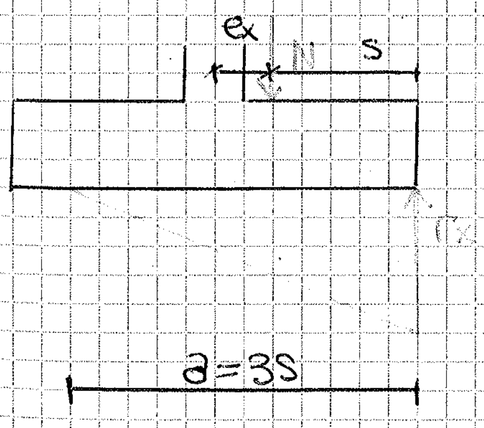
$M_{xd} = 510$ kN·m

$a = 30$ cm

$b = 45$ cm

Il pilastro rettangolare e di lati a e b, trasmette un carico verticale eccentrico di progetto N_d, valutato utilizzando per le Azioni i coefficienti di sicurezza parziali della colonna (A1).
Dimensionare il plinto sapendo che il calcestruzzo è di classe C 25/30.

$$e_x = \frac{M_{xd}}{N_d} = \frac{510}{860} = 0{,}593 \text{ m} > \frac{L}{6} = 0{,}5 \rightarrow \text{sez. parzializ.}$$

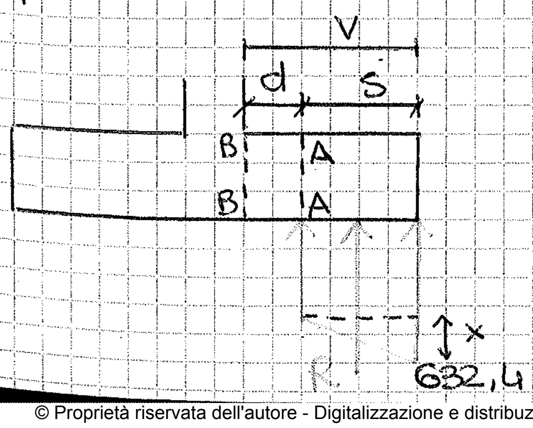


$$S = \frac{L}{2} - e_x = \frac{3}{2} - 0{,}593 = 0{,}91 \text{ m}$$

$$a = 3S = 3 \cdot 0{,}91 = 2{,}72 \text{ m}$$

$$r_{max} = \frac{2N}{3S} = \frac{2 \cdot 860}{2{,}72} = 632{,}4 \text{ kN/m}$$

Ipotizzo $d = 50$ cm $= 0{,}5$ m $\rightarrow V/h = 1{,}275/0{,}55 = 2{,}3 \rightarrow$ flex.

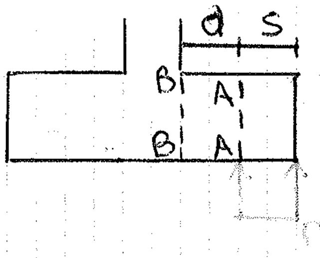


$$S = \frac{L}{2} - \frac{b}{2} - d = \frac{3}{2} - \frac{0{,}45}{2} - 0{,}5 = 0{,}775$$

↳ posizione sez. AA

$$a : r_{max} = S : x \rightarrow x = \frac{632{,}4 \cdot 0{,}775}{2{,}72}$$

$$x = 180{,}18 \text{ kN/m}$$



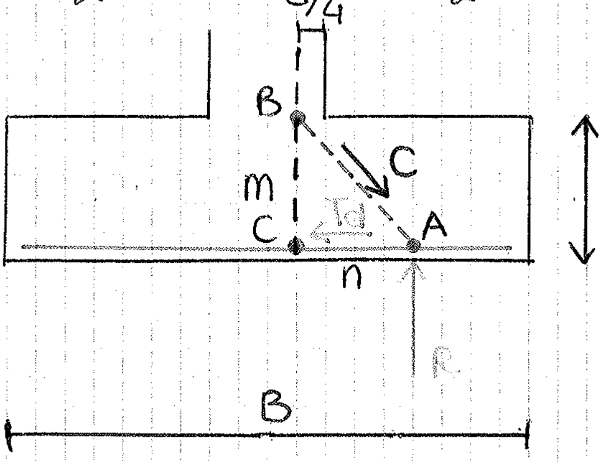
$$r_y = \frac{N}{B} = \frac{860}{2,4} = 358 \text{ KN/m}$$

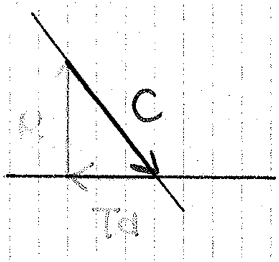
$$V_{Ed} = r_y \cdot S = 358 \cdot (1,05 - 0,5) = 197 \text{ KN}$$

$$v_{min} = 0,364 \text{ KPa}$$

$$V_{Rd} = v_{min} \cdot L \cdot d = 0,364 \cdot 3000 \cdot 500 = 546 \text{ KN} > V_{Ed} \rightarrow Ok$$

$$R = \frac{B}{2} \cdot r_y = 2,4 \cdot \frac{358}{2} = 430 \text{ KN}$$





$$m = 0,85 \cdot d = 0,85 \cdot 0,5 = 0,425 \text{ m}$$

$$n = \frac{B}{4} - \frac{a}{4} = \frac{2,4}{4} - \frac{0,3}{4} = 0,525 \text{ m}$$

$$m : n = R : T_d$$

$$T_d = \frac{n}{m} \cdot R = \frac{0,525}{0,425} \cdot 430 = 531,2 \text{ KN}$$

$$A_f = \frac{T_d}{f_{yd}} = \frac{531,2 \cdot 10^3}{391} = 1358 \text{ mm}^2$$

Scelgo numero e diametro delle barre → 12 Ø12

$$i = \frac{L - 2C}{n-1} = \frac{3000 - 2 \cdot 50}{12 - 1} = 264 \text{ mm} < 300 \text{ mm Ok}$$

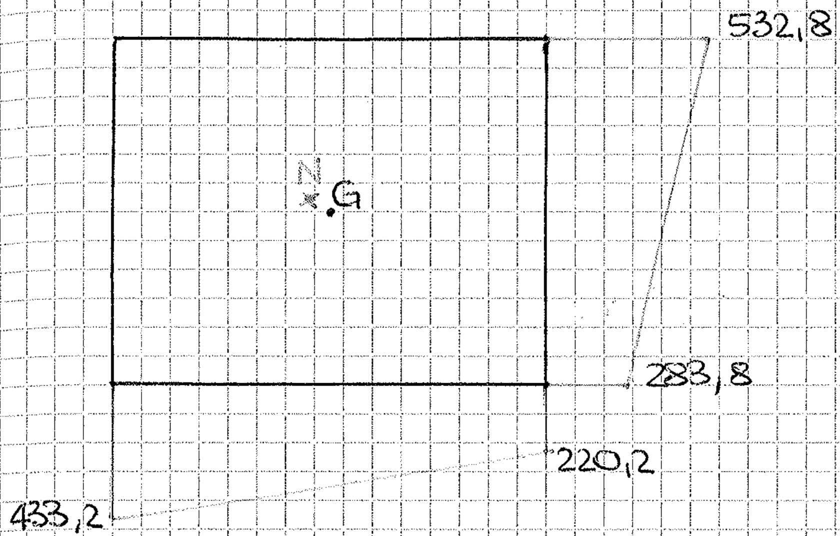
$$l_b = n \cdot \varnothing = 36 \cdot 12 = 432 \text{ mm}$$

$$l_{b\,eff} = \max \begin{cases} l_b/3 = 432/3 = 144 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{cases}$$

$$e_x = \frac{M_x}{N} = \frac{-160}{980} = -0{,}163 \text{ m} < \frac{L}{6} = 0{,}5$$

$$e_y = \frac{M_y}{N} = \frac{120}{980} = 0{,}122 \text{ m} < \frac{B}{6} = 0{,}4$$

→ valgono le leggi della pressoflessione.



$$r_x = \frac{N}{L} \pm \frac{6 \cdot N \cdot e_x}{L^2} = \frac{980}{3} \pm \frac{6 \cdot 980 \cdot 0{,}163}{3^2} = \begin{cases} 433{,}16 \text{ kN/m} \\ 220{,}17 \text{ kN/m} \end{cases}$$

$$r_y = \frac{N}{B} \pm \frac{6 \cdot N \cdot e_y}{B^2} = \frac{980}{2{,}4} \pm \frac{6 \cdot 980 \cdot 0{,}122}{2{,}4^2} = \begin{cases} 532{,}8 \text{ kN/m} \\ 283{,}8 \text{ kN/m} \end{cases}$$

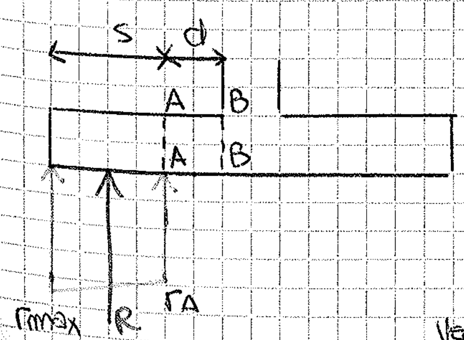
Ipotizzo $d = 40$ cm $= 0{,}4$ m

Analizzo direzione x:

$$V = \frac{L-b}{2} = \frac{3-0{,}45}{2} = 1{,}275 \text{ m}$$

$$h = d + c = 0{,}4 + 0{,}05 = 0{,}45 \text{ m}$$

$$\frac{V}{h} = \frac{1{,}275}{0{,}45} = 2{,}83 > 2 \rightarrow \text{plinto flessibile}$$



$$S = V - d = 1{,}275 - 0{,}4 = 0{,}875 \text{ m}$$

$$r_A = r_{max} - \frac{(r_{max} - r_{min}) \cdot S}{L} = $$

$$= 433{,}2 - \frac{(433{,}2 - 220{,}2) \cdot 0{,}875}{3} = 371 \text{ kN/m}$$

$$V_{Ed} = R = (r_{max} + r_A) \cdot \frac{S}{2} = (433{,}2 + 220{,}2) \cdot \frac{0{,}875}{3} = 352 \text{ kN}$$

$$r_B = r_{MAX} - \frac{(r_{MAX} - r_{MIN}) \cdot V}{B} = 532{,}8 - (532{,}8 - 283{,}8) \cdot \frac{1{,}05}{2{,}4} =$$
$$= 423{,}8 \ kN/m$$

$$Md = R_{RET} \cdot b_{RET} + R_{TR} \cdot b_{TR} =$$
$$= 423{,}8 \cdot \frac{1{,}05^2}{2} + (532{,}8 - 423{,}8) \cdot \frac{1{,}05^2}{3} = 274 \ KN$$

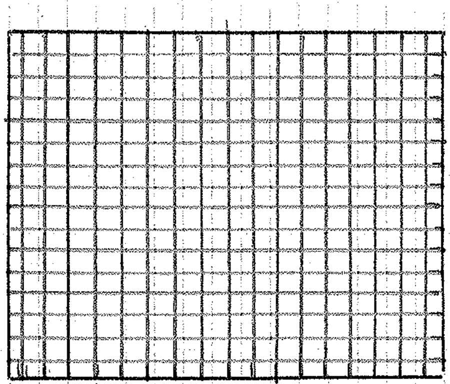
$$A_f = \frac{Md}{0{,}9 \ f_{yd} \cdot d} = \frac{274 \cdot 10^6}{0{,}9 \cdot 391 \cdot 400} = 1946 \ mm^2$$

scelgo n. di barre e diametro → 17 $\varnothing 12$

$$i = \frac{L - 2C}{n-1} = \frac{3 - 2 \cdot 0{,}05}{17 - 1} = 0{,}181 = 181 \ mm < 300 \rightarrow \text{sì}$$

$$\ell_b = n \cdot \varnothing = 36 \cdot 12 = 432 \ mm < CD \rightarrow \text{NO PIEGO}$$

$$CD = V - C - d = 1{,}05 - 0{,}05 - 0{,}4 = 0{,}6 = 600 \ mm$$



$K = 1 + \sqrt{\frac{200}{500}} = 1{,}63$

$v_{min} = 0{,}35 \; K^{1,5} \cdot f_{ck}^{0,5} = 0{,}35 \cdot 1{,}63^{1,5} \cdot 25^{0,5} = 0{,}364 \; MPa$

$V_{Rd} = v_{min} \cdot B \cdot d = 0{,}364 \cdot 2000 \cdot 500 = 364{,}2 \; KN > V_{Ed} \rightarrow OK$

$r_B = r_{MAX} - \frac{r_{MAX} \cdot V}{a} = 641{,}35 - 641{,}35 \cdot \frac{1{,}1}{2{,}37} = 343{,}7 \; KN/m$

$M_d = R_{RET} \cdot b_{RET} + R_{TR} \cdot b_{TR} =$

$= 343{,}7 \cdot \frac{1{,}1^2}{2} + (641{,}35 - 343{,}7) \frac{1{,}1^2}{3} = 328 \; KN$

$A_f = \frac{M_d}{0{,}9 \, f_{yd} \, d} = \frac{328 \cdot 10^6}{0{,}9 \cdot 391 \cdot 500} = 1864 \; mm^2$

scelgo n° di barre e diametro $\rightarrow 12 \, \emptyset 14$

$i = \frac{B - 2C}{n-1} = \frac{2000 - 2 \cdot 50}{12 - 1} = 173 \; mm < 300 \; mm \rightarrow OK$

$CD = V - C - d = 1{,}1 - 0{,}05 - 0{,}5 = 0{,}55 = 550 \; mm$

$l_b = n \cdot \emptyset = 36 \cdot 14 = 504 \; mm < CD \rightarrow$ NO PIEGO

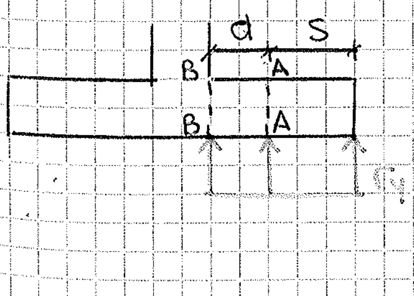
Analizzo la direzione y:

$d = 50 \; cm \quad h = 55 \; cm$

$V = \frac{B - a}{2} = \frac{2 - 0{,}3}{2} = 0{,}85 \; m = 85 \; cm$

$V/h = 0{,}85/0{,}55 = 1{,}54 \rightarrow$ plinto TOZZO

$r_y = \frac{N}{B} = \frac{760}{2} = 380 \; KN/m$

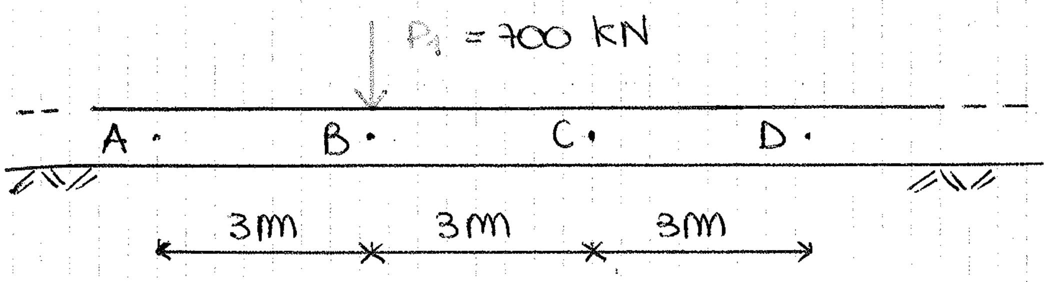


$S = V - d = 0{,}85 - 0{,}5 = 0{,}35 \; m$

$V_{Ed} = r_y \cdot S = 380 \cdot 0{,}35 = 133 \; KN$

$V_{Rd} = v_{min} \cdot L \cdot d = 0{,}364 \cdot 2600 \cdot 500 = 473 \; KN$

ES 26: TRAVE INFINITA SU SUOLO ALLA WINKLER



$EJ = 4{,}4 \cdot 10^{11}$ kg · cm^2

$K = K_1 \cdot B = 220$ kg/cm^2

calcolare i valori di momento flettente e taglio nei punti A, B, C e D e tracciare i relativi diagrammi.

$$\frac{1}{\lambda} = \sqrt[4]{\frac{4EI}{K}} = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot 4{,}4 \cdot 10^{11}}{220}} = 300 \text{ cm} = 3 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{1}{3} \text{ m}$$

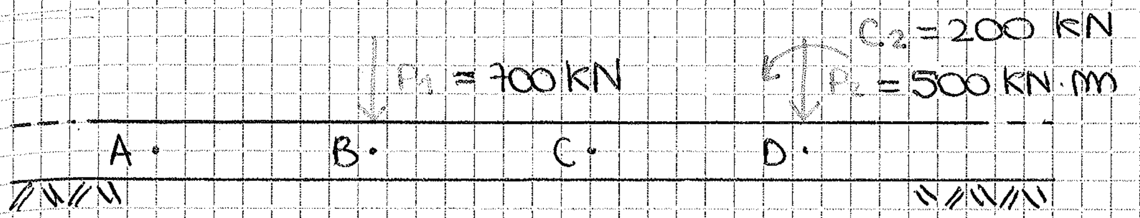
$$M = \frac{P}{4\lambda} \cdot C(\lambda x) = \frac{700}{4} \cdot 3 \cdot C(\lambda x) = 525 \cdot C(\lambda x)$$

$$V = \mp \frac{P}{2} D(\lambda x) = \mp \frac{700}{2} \cdot D(\lambda x) = \mp 350 \cdot D(\lambda x) \quad \begin{cases} x \geq 0 \\ x \leq 0 \end{cases}$$

	X [m]	λx	$C(\lambda x)$	$D(\lambda x)$	M [kN·m]	V [kN]	
A	-3	-1	-0,111	0,199	-58,3	69,7	
B	0	0	1	1	525	350 -350	SX DX
C	3	1	-0,111	0,199	-58,3	-69,7	
D	6	2	-0,179	-0,056	-94	19,6	

↑ ↑
ricavati dalle tabelle A, B, C, D

ES 27: TRAVE INFINITA SU SUOLO ALLA WINKLER



$EJ = 4{,}4 \cdot 10^{11}$ kg·cm^2

$K = K_1 \cdot B = 220$ kg/cm^2

calcolare i valori di Momento Flettente e Taglio nei punti A, B, C, D e tracciare i relativi diagrammi

$$\frac{1}{\lambda} = \sqrt[4]{\frac{4EJ}{K}} = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot 4{,}4 \cdot 10^{11}}{220}} = 300 \text{ cm} = 3\text{ m}$$

$$M = \frac{P}{4\lambda} C(\lambda x) \pm \frac{C}{2} D(\lambda x)$$

$$V = \mp \frac{P}{2} D(\lambda x) - \frac{\lambda C}{2} A(\lambda x)$$

$$\frac{P_1}{4\lambda} = \frac{700}{4} \cdot 3 = 525 \text{ kN·m}$$

$$\frac{P_2}{4\lambda} = \frac{500}{4} \cdot 3 = 375 \text{ kN·m}$$

$$\frac{C_2\lambda}{2} = \frac{200}{2} \cdot \frac{1}{3} = 33{,}3 \text{ kN}$$

$$\frac{C_2}{2} = \frac{200}{2} = 100 \text{ kN}$$

X [m]	λx	$A(\lambda x)$	$C(\lambda x)$	$D(\lambda x)$
0	0	1	1	1
3	1	0,508	−0,111	0,199
6	2	0,067	−0,179	−0,0506
9	3	−0,042	−0,056	−0,049

(D) $\underline{M_D^-} = \frac{P_1}{4\lambda} \cdot C(2) + \frac{P_2}{4\lambda} \cdot C(0) - \frac{C_2}{2} \cdot D(0) =$

$= 525 \cdot (-0{,}179) + 375 \cdot 1 + 100 \cdot 1$

$= -93{,}9 + 375 + 100 = \underline{381 \text{ kN}\cdot\text{m}}$

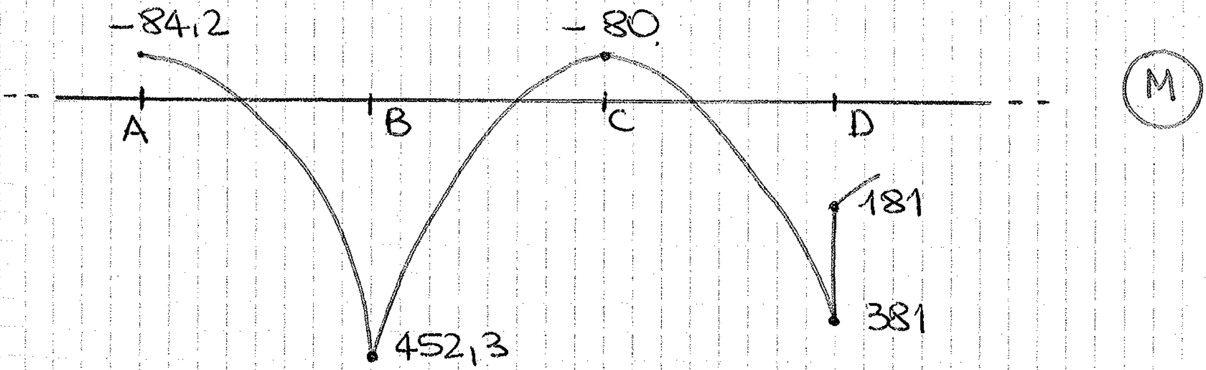
$\underline{M_D^+} = M_D^- + C_2 = 381 + (-200) = \underline{181 \text{ kN}\cdot\text{m}}$

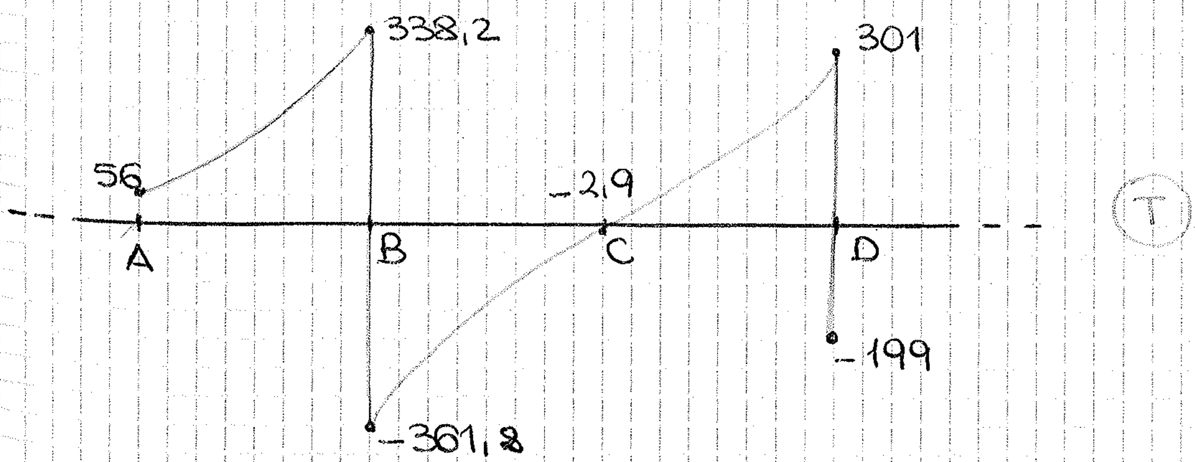
$\underline{V_D^-} = -\frac{P_1}{2} \cdot D(2) + \frac{P_2}{2} \cdot D(0) - \frac{\lambda C_2}{2} \cdot A(0) =$

$= -350 \cdot (-0{,}0506) + 250 \cdot 1 - (-33{,}3) \cdot 1 =$

$= 17{,}7 + 250 + 33{,}3 = \underline{301 \text{ kN}}$

$\underline{V_D^+} = V_D^- - P_2 = 301 - 500 = \underline{-199 \text{ kN}}$





$$\frac{P_1}{4\lambda} = \frac{500}{4} \cdot 3 = 375 \text{ kN m}$$

$$\frac{P_2}{4\lambda} = \frac{700}{4} \cdot 3 = 525 \text{ kN m}$$

$$\frac{P_1}{2} = \frac{500}{2} = 250 \text{ kN m}$$

$$\frac{P_2}{2} = \frac{700}{2} = 350 \text{ kN m}$$

$$\frac{\lambda C_1}{2} = \frac{200}{2 \cdot 3} = 33,3 \text{ kN}$$

$$\frac{C_1}{2} = \frac{200}{2} = 100 \text{ kN}$$

(A) $M_A = \frac{P_1}{4\lambda} \cdot C(1) - \frac{C_1}{2} \cdot D(1) + \frac{P_2}{4\lambda} \cdot C(3) + \frac{P_3}{4\lambda} \cdot C(5) - \frac{C_3}{2} \cdot D(5)$

$= 375 \cdot (-0{,}111) - 100\,(0{,}199) + 525 \cdot (-0{,}056) + 375\,(0{,}008) - (-100)(0{,}002)$

$= -41{,}625 - 19{,}9 - 29{,}4 + 3 + 0{,}2 = -87{,}725 \text{ kNm}$

$V_A = \frac{P_1}{2} \cdot D(1) - \frac{\lambda C_1}{2} \cdot A(1) + \frac{P_2}{2} \cdot D(3) =$

$= 250 \cdot (0{,}199) - 33{,}3\,(0{,}508) + 350 \cdot (-0{,}049) =$

$= 49{,}75 - 16{,}9 - 17{,}15 = 15{,}7 \text{ kN}$

(B) $M_B^- = \frac{P_1}{4\lambda} \cdot C(0) - \frac{C_1}{2} \cdot D(0) + \frac{P_2}{4\lambda} \cdot C(2) =$

$= 375 \cdot 1 - 100 \cdot 1 + 525 \cdot (-0{,}179) =$

$= 375 - 100 - 93{,}9 = 181 \text{ kNm}$

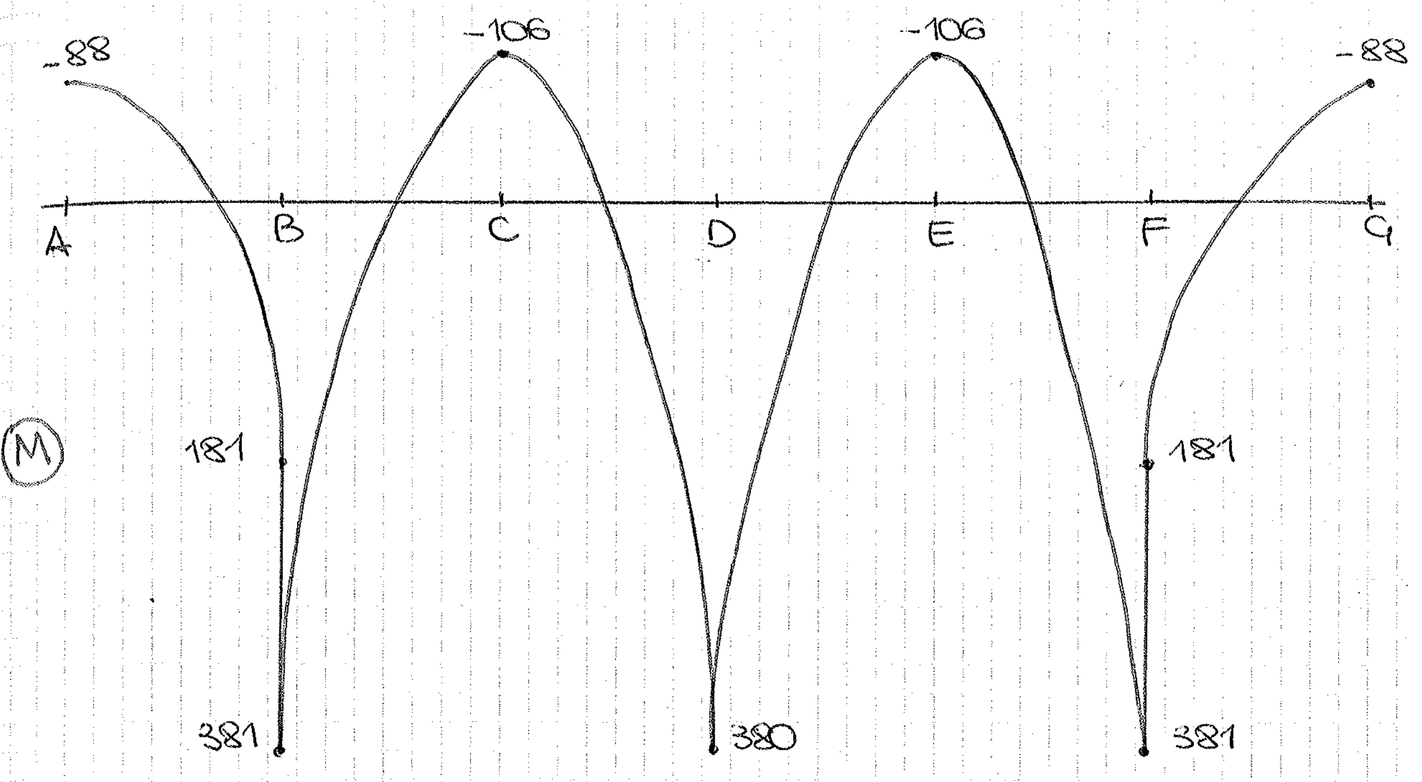
$M_B^+ = M_B^- + C_1 = 181 + 200 = 381 \text{ kNm}$

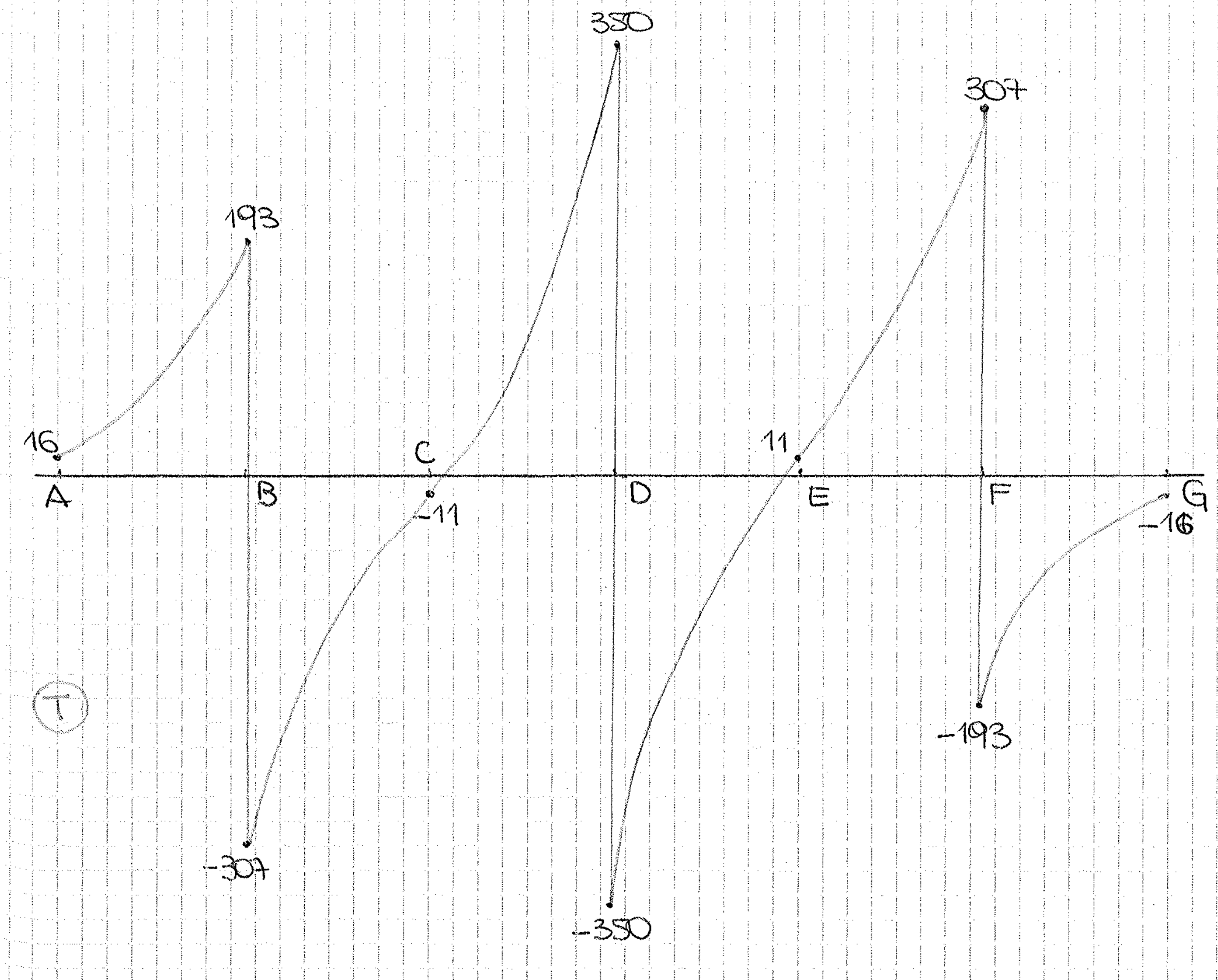
$V_B^- = \frac{P_1}{2} \cdot D(0) - \frac{\lambda C_1}{2} \cdot A(0) + \frac{P_2}{2} \cdot D(2) + \frac{P_3}{2} \cdot D(4) - \frac{\lambda C_3}{2} \cdot A(4)$

$= 250 \cdot 1 - 33{,}3 \cdot 1 + 350 \cdot (-0{,}056) + 350\,(-0{,}012) - (-33{,}3)(-0{,}028)$

$= 250 - 33{,}3 - 19{,}6 - 4{,}2 - 0{,}9 = 192 \text{ kN}$

$V_B^+ = V_B^- - P_1 = 192 - 500 = -308 \text{ kN}$





© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 77 di 146

$$M_A' = \frac{P_A}{4\lambda} \cdot C(0) + \frac{C_A}{2} \cdot D(0) + \frac{P_G}{4\lambda} \cdot C(6) - \frac{C_G}{2} \cdot D(6) =$$
$$= \frac{P_A}{4} \cdot 3 + \frac{C_A}{2} + \frac{P_A}{4} \cdot 3 \cdot (0{,}003) + \frac{C_A}{2} \cdot (0{,}002) =$$
$$= 0{,}752\, P_A + 0{,}501\, C_A$$

Metto a sistema le espressioni di V_A' ed M_A'
e sommando loro V_A ed M_A della trave ∞ ricavo P_A e C_A:

$$\begin{cases} -0{,}499\, P_A - 0{,}167\, C_A + V_A = 0 \\ 0{,}752\, P_A + 0{,}501\, C_A + M_A = 0 \end{cases}$$

dove:

$$V_A = \frac{P_1}{2} \cdot D(1) - \frac{\lambda C_1}{2} A(1) + \frac{P_2}{2} \cdot D(3) =$$
$$= 250 \cdot (0{,}199) - 33{,}3\, (0{,}508) + 350 \cdot (-0{,}049) =$$
$$= 49{,}75 - 16{,}9 - 17{,}15 = 15{,}7 \text{ kN}$$

$$M_A = \frac{P_1}{4\lambda} \cdot C(1) - \frac{C_1}{2} D(1) + \frac{P_2}{4\lambda} \cdot C(3) + \frac{P_3}{4\lambda} C(5) - \frac{C_3}{2} D(5)$$
$$= 375 \cdot (-0{,}111) - 100(0{,}199) + 525 \cdot (-0{,}056) +$$
$$+ 375(0{,}008) - (-100)(0{,}002)$$
$$= -41{,}625 - 19{,}9 - 29{,}4 + 3 + 0{,}2 = 87{,}7 \text{ kNm}$$

$$\begin{cases} -0{,}499 \cdot P_A - 0{,}167 \cdot C_A + 15{,}7 = 0 \\ 0{,}752 \cdot P_A + 0{,}501 \cdot C_A - 87{,}7 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -0{,}499 \cdot \left(\dfrac{87{,}7 - 0{,}501\, C_A}{0{,}752}\right) - 0{,}167 \cdot C_A + 15{,}7 = 0 \\ P_A = \dfrac{87{,}7 - 0{,}501 \cdot C_A}{0{,}752} \end{cases}$$

$$-58{,}19 + 0{,}332\, C_A - 0{,}167\, C_A + 15{,}7 = 0$$

$$0{,}165\, C_A = 42{,}49$$

$$C_A = \frac{42{,}49}{0{,}165} = 257{,}52 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$P_A = -54{,}94$ kN → cambio i versi nel disegno

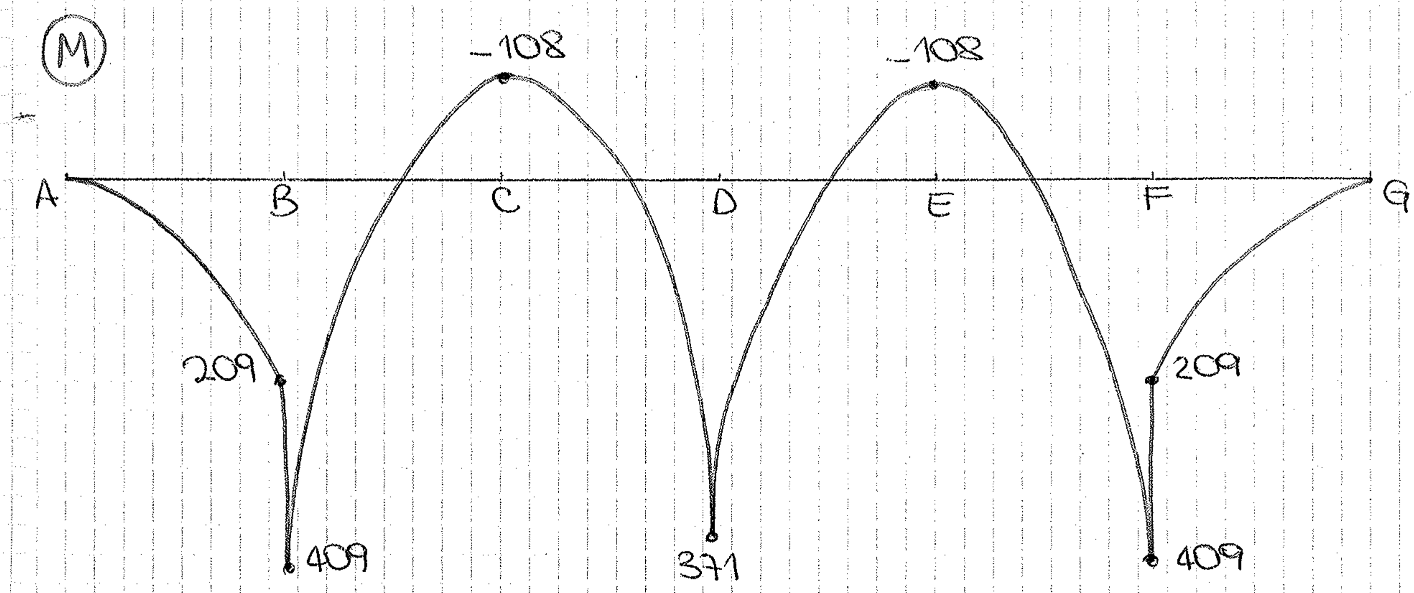
$C_G = -257{,}52$ kNm

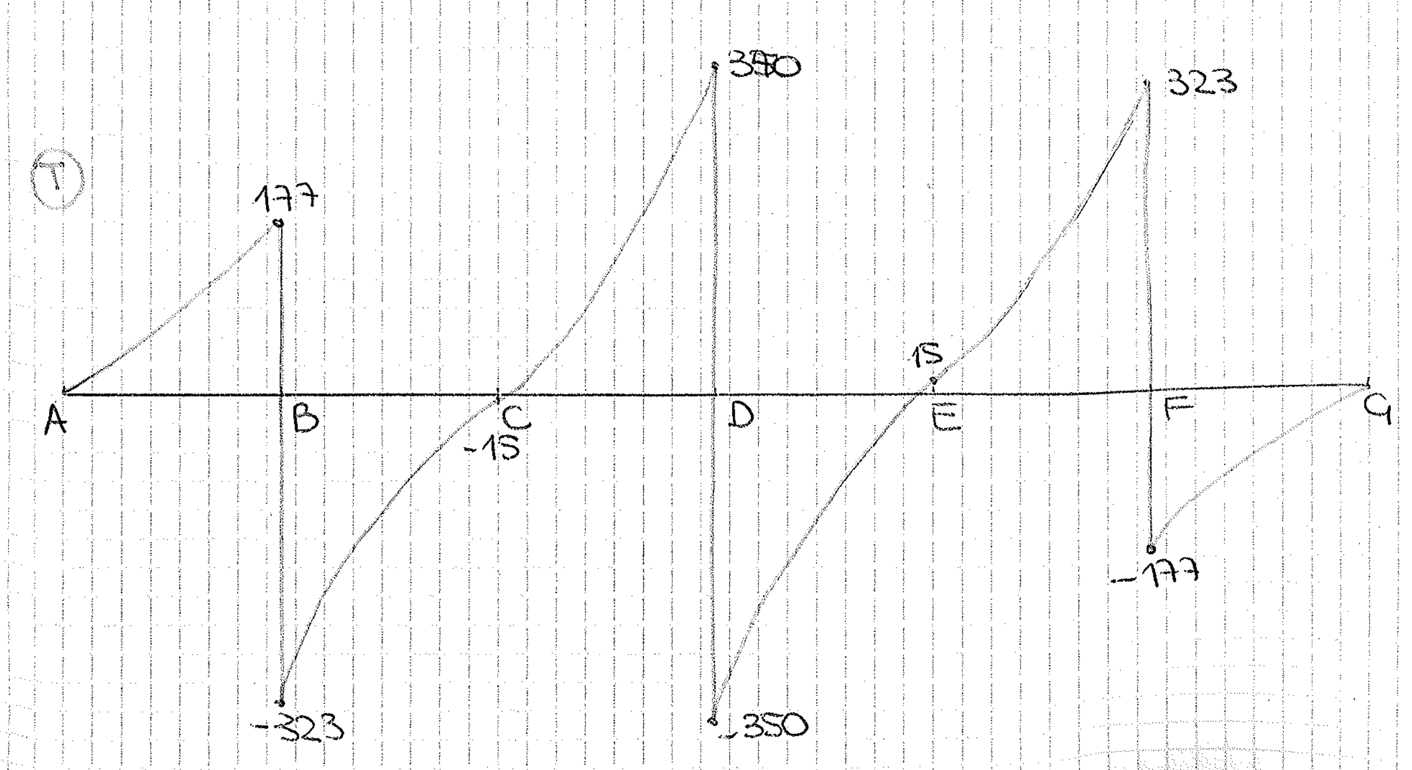
$P_G = -54{,}94$ kN

$$M_D = 379,55 + \frac{P_A}{4\lambda}\cdot C(3) + \frac{C_A}{2}\cdot D(3) + \frac{P_G}{4\lambda}\cdot C(3) - \frac{C_G}{2}\cdot D(3)$$
$$= 379,55 + (-41,205)\cdot(-0,056) + 128,76\cdot(-0,049) +$$
$$+ (-41,205)\cdot(-0,056) - (-128,76)\cdot(-0,049) =$$
$$= 379,55 + 2,31 - 6,31 + 2,31 - 6,31 = \underline{371,55 \text{ kNm}}$$

$$V_D^- = 350 + \frac{P_A}{2}\cdot D(3) - \frac{\lambda C_A}{2}\cdot A(3) - \frac{P_G}{2}\cdot D(3) - \frac{\lambda C_G}{2}\cdot A(3) =$$
$$= 350 + (-27,47)(-0,049) - 42,92\cdot(-0,042) - (-27,47)(-0,049) -$$
$$- (-42,92)\cdot(-0,042) =$$
$$= 350 + 1,35 + 1,80 - 1,35 - 1,80 = \underline{350 \text{ kN}}$$

$$V_D^+ = -350 + 1,35 + 1,80 - 1,35 - 1,80 = \underline{-350 \text{ kN}}$$





© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 81 di 146

∞

(2) $M_A = -48\,(-0{,}001) + 88\,(0{,}002) = 0{,}224$ kNm

$M_B = -48 \cdot (-0{,}006) + 88\,(-0{,}005) = -0{,}152$ kNm

$M_C = -48\,(-0{,}014) + 88\,(-0{,}026) = -1{,}616$ kNm

$M_D = -48 \cdot 0{,}007 + 88 \cdot (-0{,}042) = -4{,}032$ kNm

$M_E = -48 \cdot 0{,}123 + 88 \cdot 0{,}067 = 0{,}008$ kNm

$M_F = -48 \cdot 0{,}31 + 88 \cdot 0{,}508 = 29{,}824$ kNm

$M_G = -48 \cdot 0 + 88 \cdot 1 = 88$ kNm

$V_A = +16 \cdot (0{,}003) + 58{,}67 \cdot (-0{,}001) = -0{,}01$ kN

$V_B = +16 \cdot 0{,}008 + 58{,}67 \cdot (-0{,}006) = -0{,}22$ kN

$V_C = +16 \cdot 0{,}002 + 58{,}67 \cdot (-0{,}014) = -0{,}78$ kN

$V_D = +16 \cdot (-0{,}056) + 58{,}67 \cdot 0{,}007 = -0{,}48$ kN

$V_E = +16 \cdot (-0{,}179) + 58{,}67 \cdot 0{,}123 = +4{,}35$ kN

$V_F = +16 \cdot (+0{,}111) + 58{,}67 \cdot 0{,}31 = +16{,}41$ kN

$V_G = +16 \cdot 1 + 58{,}67 \cdot 0 = 16$ kN

SOMMA DELLE 3 SOLUZIONI:

$M_A = -87{,}725 + 88 + 0{,}224 = \underline{0{,}499 \text{ kNm}}$

$M_B^- = 181 + 29{,}824 - 0{,}152 = \underline{210{,}67 \text{ kNm}}$

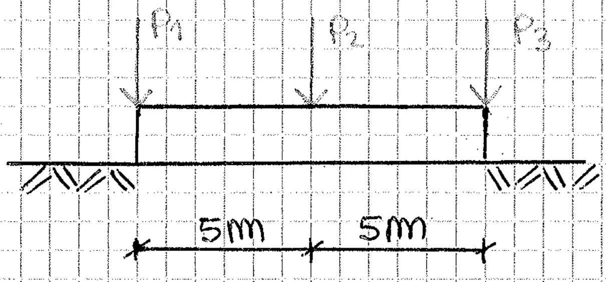
$M_B^+ = 381 + 29{,}824 - 0{,}152 = \underline{410{,}67 \text{ kNm}}$

$M_C = -105{,}9 + 0{,}008 - 1{,}616 = \underline{-107{,}508 \text{ kNm}}$

$M_D = 379{,}55 - 4{,}032 - 4{,}032 = \underline{371{,}486 \text{ kNm}}$

I valori di M_E, M_F, M_G sono simmetrici rispetto a D.

ES 30: TRAVE DI FONDAZIONE NELLE DUE CONFIGURAZIONI LIMITE



$P_1 = 1400$ kN

$P_2 = 1700$ kN

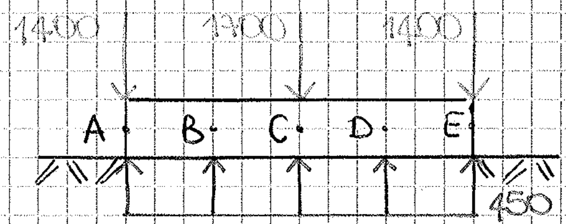
$P_3 = 1400$ kN

Facendo le ipotesi che il terreno sia un suolo alla Winkler e che la trave di fondazione sia infinita= mente rigida, calcolare e diagrammare i valori di momento flettente e taglio nelle due configura= zioni limite (sovrastruttura flessibile e sovrastruttura rigida). I carichi indicati in figura sono stati calcolati applicando ai piedritti della struttura dei vincoli non cedenti.

→ SOVRASTRUTTURA FLESSIBILE

$$R = \Sigma P_i = 1400 + 1700 + 1400 = 4500 \text{ kN}$$

$$r_x = \frac{R}{B} = \frac{4500}{10} = 450 \text{ kN/m}$$



$$V_A = -1400 \text{ kN}$$

$$V_C^- = -1400 + 450 \cdot 5 = 850 \text{ kN}$$

$$V_C^+ = -1400 + 450 \cdot 5 - 1700 = -850 \text{ kN}$$

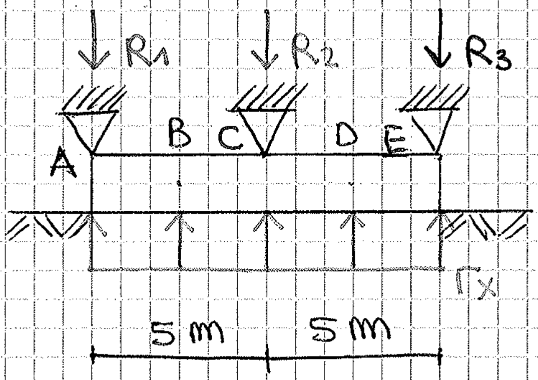
$$M_A = 0 \text{ kNm}$$

$$M_B = -1400 \cdot \frac{5}{2} + 450 \cdot \frac{5}{2} \cdot \frac{5}{4} = -2094 \text{ kNm}$$

$$M_C = -1400 \cdot 5 + 450 \cdot 5 \cdot \frac{5}{2} = -1375 \text{ kNm}$$

→ SOVRASTRUTTURA RIGIDA

Considero una trave soggetta alla spinta del terreno r_x calcolata prima e pari a 450 kN le incognite sono le reazioni che si scambiano struttura e fondazione



Risolvendo l'iperstatica si ottengono le reazioni:

$R_1 = R_3 = 843,75\ kN$

$R_2 = 2812,5\ kN$

$V_C^- = R_1 + r_x \cdot 5 = -843,75 + 450 \cdot 5 = 1406,25\ kN$

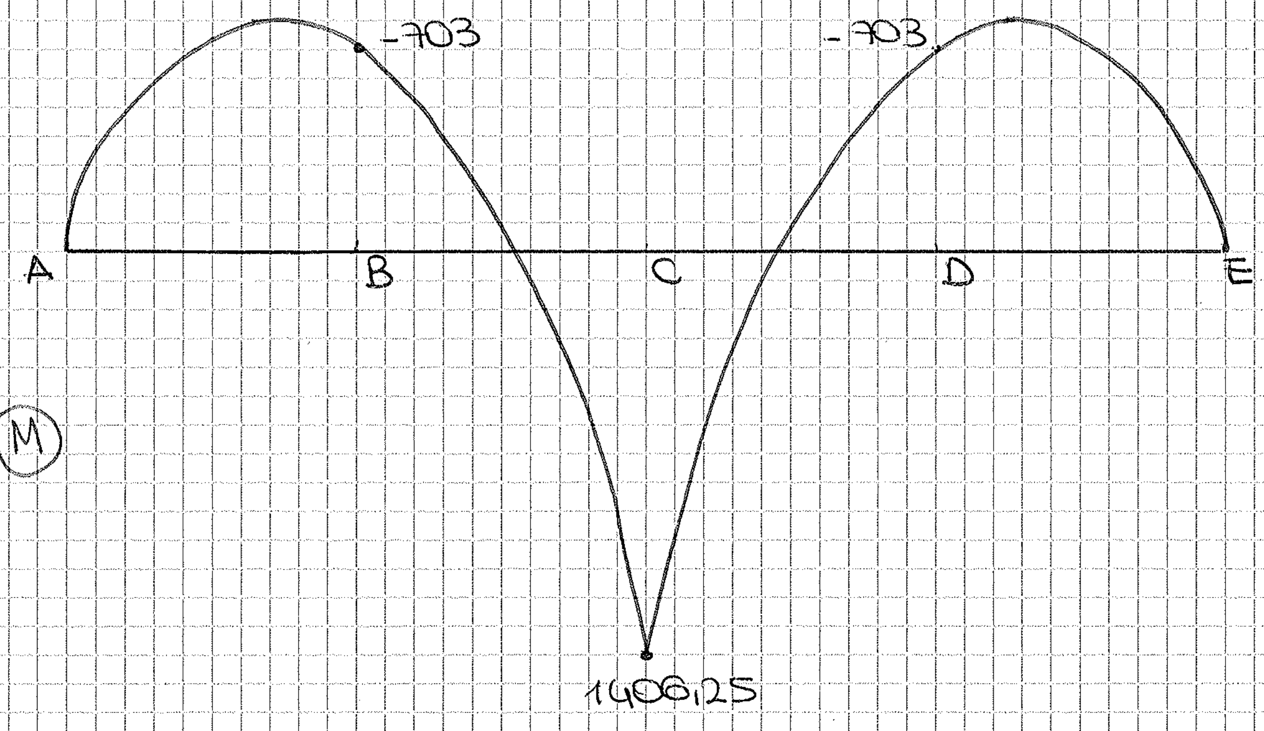
$V_C^+ = R_1 + R_2 + r_x \cdot 5 = -843,75 - 2812,5 + 450 \cdot 5 = -1406,25\ kN$

$M_C = r_x \cdot \frac{5^2}{2} - R_1 \cdot 5 = 450 \cdot \frac{5^2}{2} - 843,75 \cdot 5 = 1406,25\ kN/m$

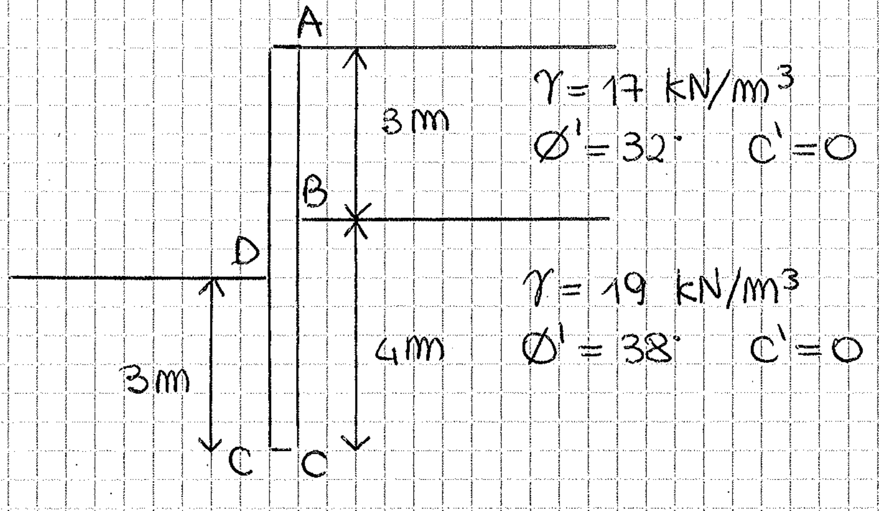
$M(x) = -R_1 \cdot x + r_x \cdot \frac{x^2}{2} \qquad \frac{dM_x}{dx} = -R_1 + r_x \cdot x = 0 \rightarrow x = 1,875\ m$

$M_{MAX} = -843,75 \cdot 1,875 + 450 \cdot \frac{1,875^2}{2} = -791,02\ kN/m$

$M_B = -R_1 \cdot \frac{5}{2} + r_x \left(\frac{5}{2}\right)^2 \cdot \frac{1}{2} = -843,75 \cdot 2,5 + 450 \cdot \frac{25}{8} = -703\ kN/m$



ES 31: SPINTA ATTIVA E RESISTENZA PASSIVA LUNGO UN PARAMENTO VERTICALE



Assumendo valida la teoria di Rankine, calcolare e diagrammare:

a. l'andamento della spinta attiva lungo un paramento verticale AC.

b. l'andamento della resistenza passiva lungo DC

calcolare e disegnare le rispettive risultanti P_A e P_P.

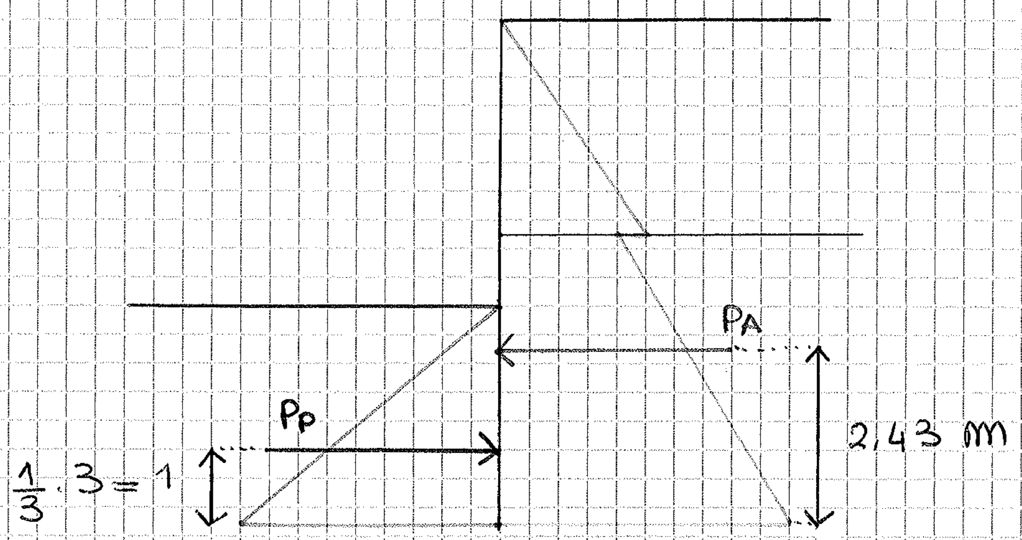
$$\sigma'_A = K_A \cdot \gamma \cdot z + q' \cdot K_A - 2c' \cdot \sqrt{K_A}$$

$$K_A = tg^2\left(45° - \frac{\varnothing'}{2}\right)$$

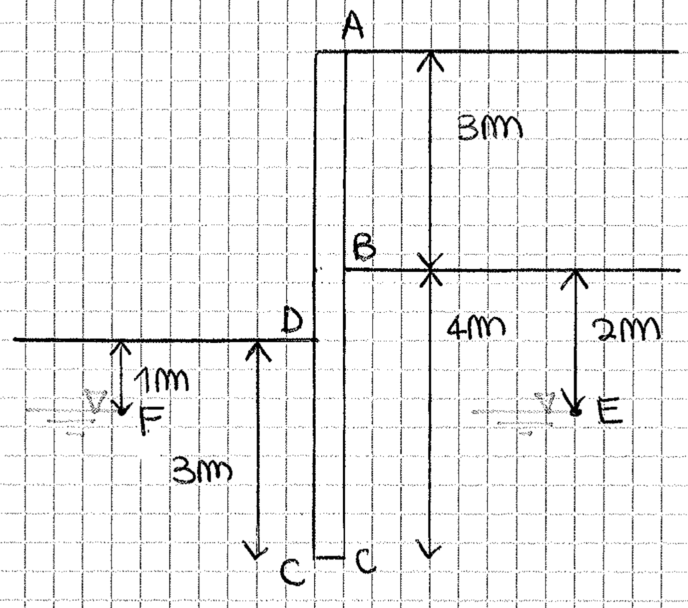
$$K_A(32°) = tg^2\left(45° - \frac{32°}{2}\right) = 0{,}307$$

$$K_A(38°) = tg^2\left(45° - \frac{38°}{2}\right) = 0{,}238$$

	$K_A \cdot \gamma \cdot z$	σ'_A [kPa]
A	$0{,}307 \cdot 17 \cdot 0$	0
B	$0{,}307 \cdot 17 \cdot 3$	15,657
	$0{,}238 \cdot 17 \cdot 3$	12,138
C	$0{,}238 \cdot (17 \cdot 3 + 19 \cdot 4)$	30,226



ES 32: SPINTA ATTIVA E RESISTENZA PASSIVA LUNGO UN PARAMENTO VERTICALE



$\gamma = 17\ kN/m^3$

$\phi' = 32°\quad c' = 0$

$\gamma = 19\ kN/m^3$

$\phi' = 38°\quad c' = 0$

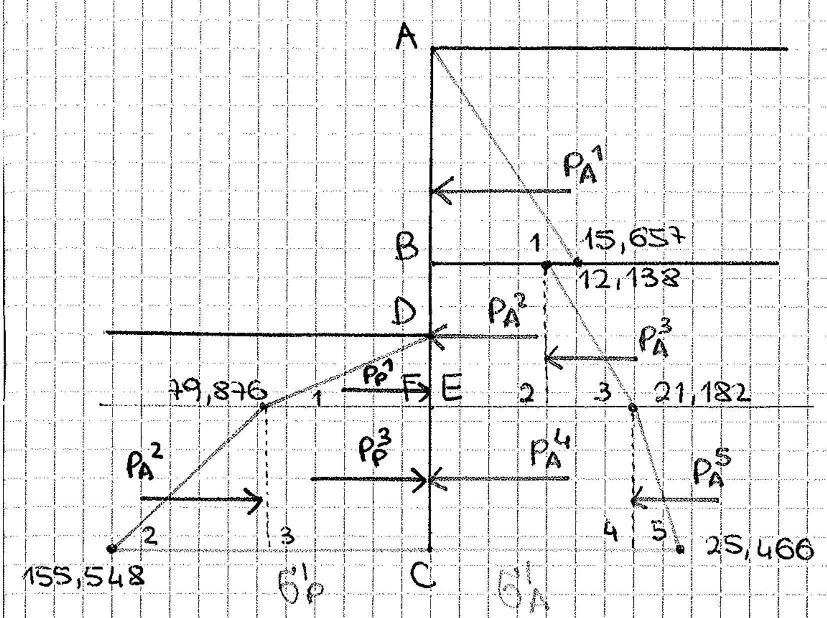
$\gamma_W = 10\ kN/m^3$

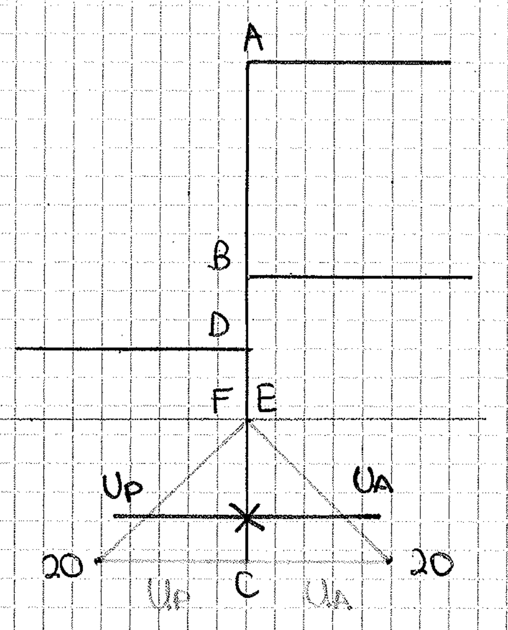
Assumendo valida la teoria di Rankine, calcolare e diagrammare:

- andamento della spinta attiva lungo un paramento verticale AC.
- andamento della resistenza passiva lungo DC.
- le spinte idrauliche

Calcolare e diagrammare le rispettive risultanti P_A, P_P, U.

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 91 di 146





$$P_A^1 = 15{,}657 \cdot \frac{3}{2} = 23{,}48 \text{ kN/m}$$

$$P_A^2 = 12{,}138 \cdot 2 = 24{,}28 \text{ kN/m}$$

$$P_A^3 = (21{,}182 - 12{,}138) \cdot \frac{2}{2} = 9{,}04 \text{ kN/m}$$

$$P_A^4 = 21{,}182 \cdot 2 = 42{,}36 \text{ kN/m}$$

$$P_A^5 = (25{,}466 - 21{,}182) \cdot \frac{2}{2} = 4{,}28 \text{ kN/m}$$

$$P_A = P_A^1 + P_A^2 + P_A^3 + P_A^4 + P_A^5 =$$
$$= 23{,}48 + 24{,}28 + 9{,}04 + 42{,}36 + 4{,}28 = 103{,}44 \text{ kN/m}$$

$$P_P^1 = 79{,}876 \cdot \frac{1}{2} = 39{,}938 \text{ kN/m}$$

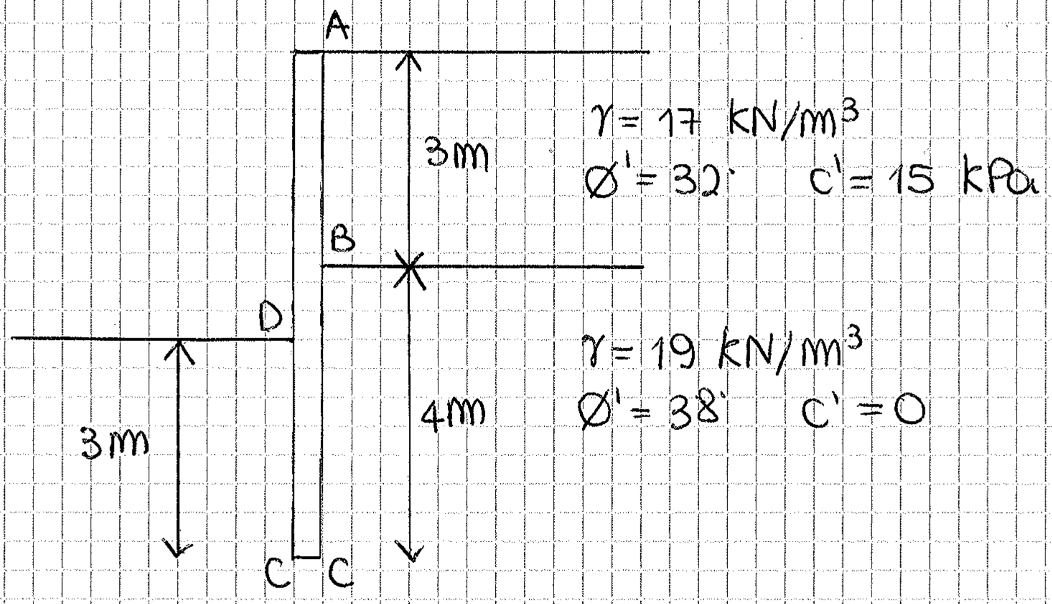
$$P_P^2 = (155{,}548 - 79{,}876) \cdot \frac{2}{2} = 75{,}672 \text{ kN/m}$$

$$P_P^3 = (79{,}876 \cdot 2) = 159{,}752 \text{ kN/m}$$

$$P_P = P_P^1 + P_P^2 + P_P^3 = 39{,}938 + 75{,}672 + 159{,}752 = 275{,}36 \text{ kN/m}$$

$$M_A = P_A^1 \cdot b^1 + P_A^2 \cdot b^2 + P_A^3 \cdot b^3 + P_A^4 \cdot b^4 + P_A^5 \cdot b^5 =$$
$$= 23{,}48 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot 3 + 4\right) + 24{,}28 \cdot 3 + 9{,}04 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot 2 + 2\right) + 42{,}36 \cdot 1 +$$
$$+ 4{,}28 \left(\frac{1}{3} \cdot 2\right) = 264{,}56 \text{ kN}$$

ES 33: SPINTA ATTIVA E RESISTENZA PASSIVA LUNGO UN PARAMENTO VERTICALE



Assumendo valida la teoria di Rankine, calcolare e diagrammare:

- andamento della spinta attiva lungo il paramento verticale AC.
- andamento della resistenza passiva lungo DC.

Calcolare e disegnare le rispettive risultanti P_A e P_P.

$$\sigma'_A = K_A \cdot \gamma \cdot z + q' \cdot K_A - 2c' \sqrt{K_A}$$

$$K_A(32) = tg^2\left(45° - \frac{\phi'}{2}\right) = tg^2\left(45° - \frac{32}{2}\right) = 0{,}307$$

$$K_A(38) = tg^2\left(45° - \frac{\phi'}{2}\right) = tg^2\left(45° - \frac{38}{2}\right) = 0{,}238$$

	$K_A \cdot \gamma \cdot z$	$-2c'\sqrt{K_A}$	σ'_A [kPa]
A	$0{,}307 \cdot 17 \cdot 0$	$-2 \cdot 15 \cdot \sqrt{0{,}307}$	$-16{,}63$
B	$0{,}307 \cdot 17 \cdot 3$	$-2 \cdot 15 \cdot \sqrt{0{,}307}$	$-0{,}965$
	$0{,}238 \cdot 17 \cdot 3$		$12{,}138$
C	$0{,}238\,(17 \cdot 3 + 19 \cdot 4)$		$30{,}226$

$P_A^1 = 12,138 \cdot 4 = 48,552 \ kN/m$

$P_A^2 = (30,226 - 12,138) \cdot \frac{1}{2} \cdot 4 = 36,256 \ kN/m$

$P_A = P_A^1 + P_A^2 = 48,552 + 36,256 = 84,808 \ kN/m$

$M_A = P_A^1 \cdot b^1 + P_A^2 \cdot b^2 = 48,552 \cdot 2 + 36,256 \cdot \frac{1}{3} \cdot 4 = 145,45 \ kN$

$b_A = \frac{M_A}{P_A} = \frac{145,45}{84,808} = 1,71 \ m$

$P_P = 239,628 \cdot \frac{3}{2} = 359,442 \ kN/m$

$b_P = \frac{1}{3} \cdot 3 = 1 \ m$