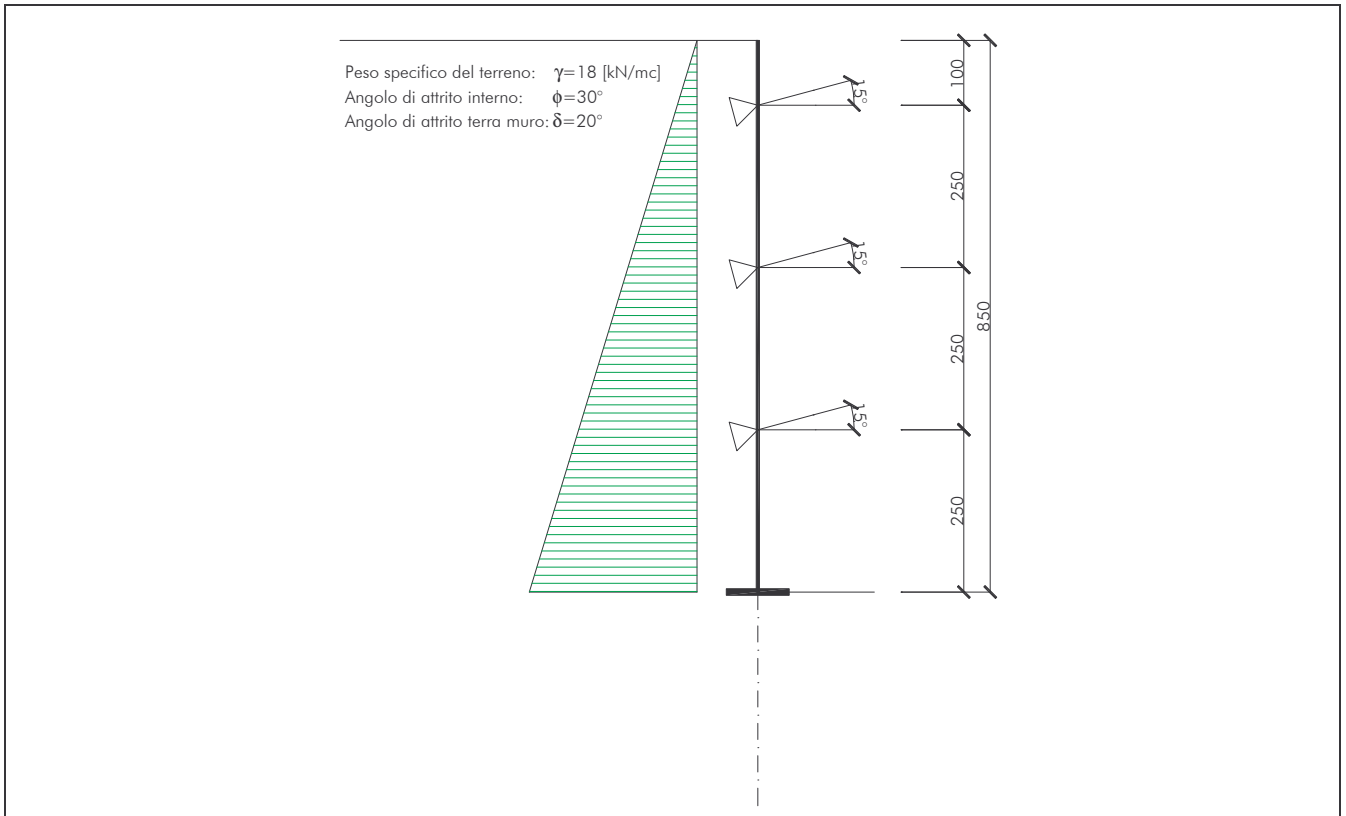


## ESEMPIO DI UNA PARATIA A TRE TIRANTI



Modello classico a trave continua

### Calcolo della pressione orizzontale del terreno a metro quadro di paratia

Il coefficiente di spinta attiva viene calcolato attraverso la teoria di Coulomb:  $K_A(\phi, \delta) = 0.297$

$$p(z) = K_A \cdot \gamma_t \cdot z \cdot \cos \delta = 0.297 \cdot 18 \cdot \cos(20^\circ) \cdot z = 5.03 \cdot z$$

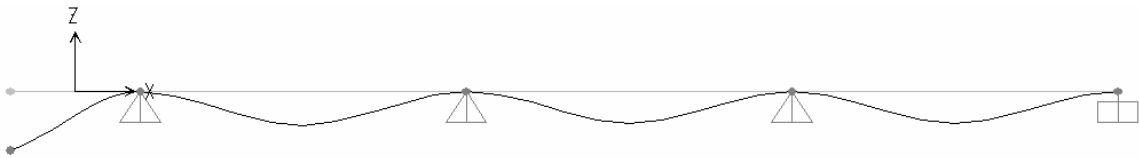
$$p(z = 8.5) = 5.03 \cdot 8.5 = 42.7 \quad [kN/m^2]$$

### Calcolo delle sollecitazioni sui pali

Per semplicità analizziamo unicamente la condizione finale di esercizio e non le fasi provvisorie di scavo e calcoliamo le sollecitazioni che insistono su un metro di paratia, una volta ottenute queste le confrontiamo con il momento resistente elastico del micropalo e valutiamo quale sia l'interasse longitudinale dei pali:



Modello a trave continua caricata con la pressione laterale del terreno a tergo del paramento.



Deformata qualitativa del paramento.



Diagramma dei momenti flettenti espresso in  $[kN \cdot m/m]$ .

Momento massimo desunto dal calcolo:  $M_{Sd,max} = 20.44$   $[kN \cdot m/m]$



Reazioni sulle travi di contrasto espresse in  $[kN/m]$

**Progetto dell'interasse dei pali**

Si immagini di realizzare la palificata a tergo del paramento con micropali  $\phi 220$  orditi con tubolari  $\phi 139.7/7.1$  in acciaio Fe430:

Area del tubolare:	$A = 29.58$	$[cm^2]$
Modulo di resistenza:	$W_{el} = 93.33$	$[cm^3]$
Valore di snervamento:	$f_y = 27.5$	$[kN/cm^2]$
Coefficiente di sicurezza:	$F.S. = 1.45$	

Momento elastico: 
$$M_{Rd,el} = \frac{W_{el} \cdot f_y}{F.S.} = \frac{93.33 \cdot 27.5}{1.45 \cdot 100} = 17.70 \quad [kN \cdot m]$$

Poiché la sollecitazione sulla paratia è stata calcolata a metro di paramento la relazione da verificare è la seguente:

Verifica di resistenza: 
$$M_{Sd} \cdot i \leq M_{Rd,el}$$

Interasse max dei pali: 
$$i \leq \frac{M_{Rd,el}}{M_{Sd}} = \frac{17.70}{20.44} = 0.86 \quad [m]$$

Adottiamo un interasse di progetto pari a  $80 [cm]$ .

**Progetto dei tiranti di ancoraggio**

Assumiamo di inclinare i tiranti di  $\vartheta = 15^\circ$  rispetto al piano orizzontale e assumiamo di conferire un interasse longitudinale pari a  $i_t = 3.00 [m]$ .

La formula che fornisce il tiro di esercizio su ciascun tirante risulta:

$$T_{eff} = \frac{R \cdot i_t}{\cos \vartheta}$$

Tiro sul primo ordine di tiranti:  $T_{eff,1} = \frac{10.58 \cdot 3}{\cos(15^\circ)} = 33 \quad [kN]$

Tiro sul secondo ordine di tiranti:  $T_{eff,2} = \frac{44.78 \cdot 3}{\cos(15^\circ)} = 139 \quad [kN]$

Tiro sul terzo ordine di tiranti:  $T_{eff,3} = \frac{76.19 \cdot 3}{\cos(15^\circ)} = 237 \quad [kN]$

Calcoliamo la lunghezza del tratto attivo di ciascun tirante attraverso la seguente formula:

La resistenza dell'ancoraggio risulta:  $T_L = \frac{\pi \cdot D \cdot L \cdot \gamma_{med} \cdot K_0 \cdot d \cdot \tan \phi_{med} + c_a \cdot \pi \cdot D \cdot L}{F.S.}$

- $D = 0.15 \quad [m]$
- $L$  lunghezza della sigillatura.
- $\gamma_{med} = 18 \quad [kN/m^3]$
- $K_0 = 0.5$
- $d$  profondità media della fondazione
- $\phi_{med} = 30^\circ$
- $c_a = 0.9 \cdot 60 = 54 \quad [kN/m^2]$
- $F.S.$  coefficiente di sicurezza pari a 1.5 per tiranti provvisionali.

Si è assunto che la zona ove si va a fondare il bulbo del tirante possieda un certo grado di coesione.

Il calcolo è stato condotto con Excel, e di seguito si riporta la tabella delle resistenze:

		D	L	$\gamma_{med}$	$K_0$	d	$\tan(\phi)$	$c_a$	F.S.	TL
		[m]	[m]	[kN/mc]	-	[m]	-	[kN/mq]		[kN]
Tirante 1°	33	0,15	3	18	0,5	5	0,577	54	1,5	<b>75</b>
Tirante 2°	139	0,15	5	18	0,5	8	0,577	54	1,5	<b>150</b>
Tirante 3°	237	0,15	7,5	18	0,5	10	0,577	54	1,5	<b>250</b>

Poiché per ciascun tirante risulta  $T_{eff} < T_L$ , le verifiche sono soddisfatte.

Verifica di resistenza dei trefoli: 
$$\frac{T_L}{n_t \cdot A_t \cdot f_y} \cong 0.7$$

Dove:

- $n_t$     numero trefoli presenti nel tirante
- $A_t$     area di un trefolo ( $1.38 \text{ cm}^2$ )
- $f_y$     valore limite di snervamento  $16700 \text{ daN/cm}^2$

Si adottano:

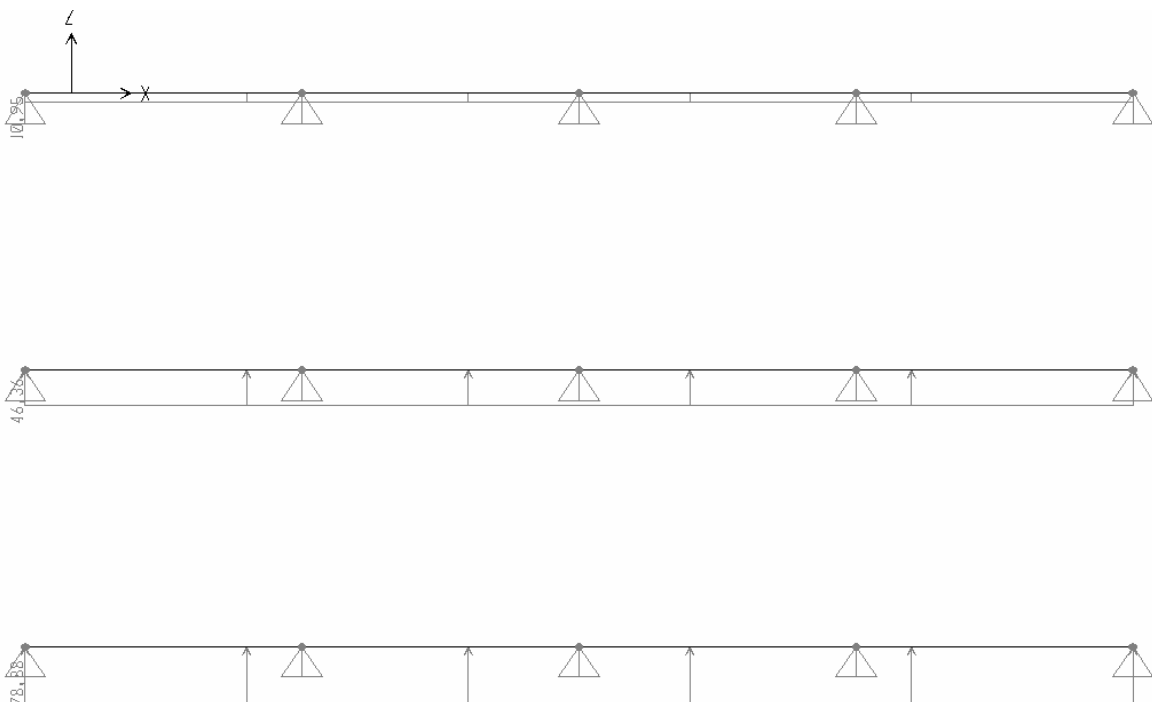
1° Tirante :	$n_t = 1$	$\frac{75}{1 \cdot 1.38 \cdot 167} \cong 0.33$
2° Tirante :	$n_t = 1$	$\frac{150}{1 \cdot 1.38 \cdot 167} \cong 0.65$
3° Tirante :	$n_t = 2$	$\frac{250}{2 \cdot 1.38 \cdot 167} \cong 0.54$

**Progetto delle travi di contrasto**

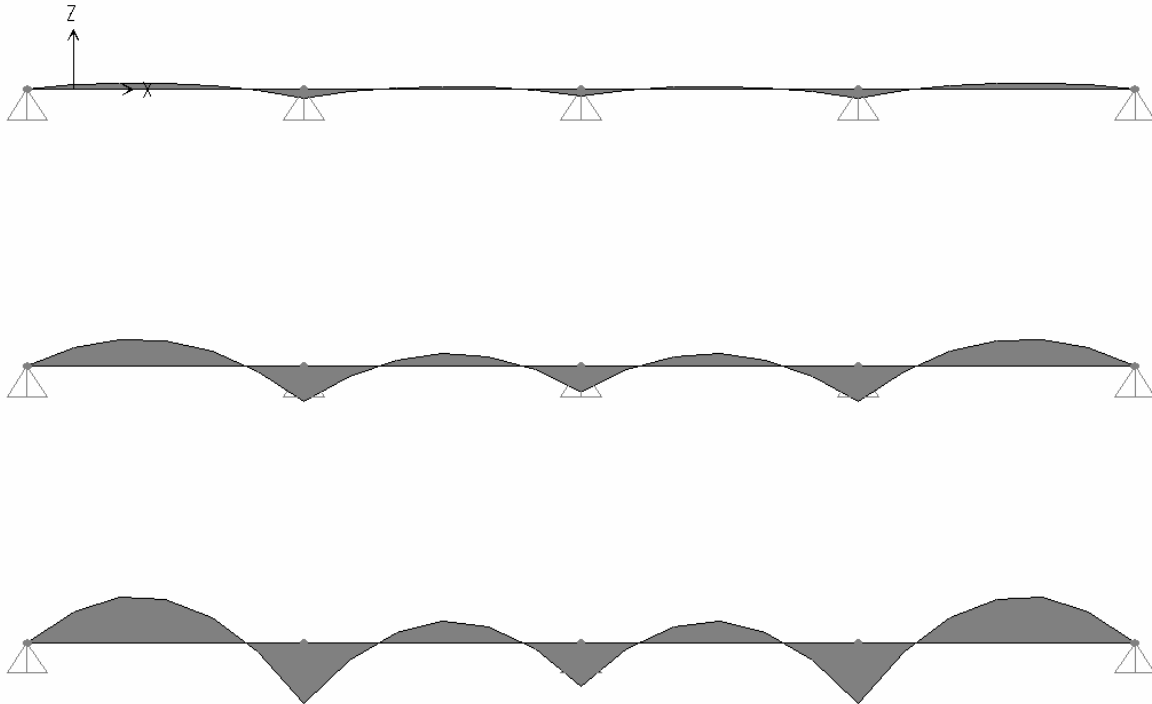
Le travi di contrasto sono caricate con le reazioni vincolari  $\frac{R_i}{\cos \vartheta}$  già espresse in  $[kN/m]$ .

Si sottolinea che nella realtà la componente verticale  $R_i \cdot \tan \vartheta$  genera uno stato di flessione composta sulle travi di contrasto, tuttavia per semplicità si ometterà questo effetto in questa sede.

Schema di calcolo delle travi di contrasto:



Digramma dei momenti flettenti:



$$M_{\max}^{1^{\text{trave}}} = 11 \quad [\text{kN} \cdot \text{m}]$$

$$M_{\max}^{2^{\text{trave}}} = 43 \quad [\text{kN} \cdot \text{m}]$$

$$M_{\max}^{3^{\text{trave}}} = 73 \quad [\text{kN} \cdot \text{m}]$$

Immaginiamo di realizzare i contrasti con putrelle accoppiate secondo l'asse forte.  
Valutiamo per tanto il modulo di resistenza necessario, ipotizzando di utilizzare un acciaio Fe430:

$$W_{\min} = \frac{M_{sd, \max}}{\sigma_{amm}} = \frac{73 \cdot 10^2}{19} = 385 \quad [\text{cm}^3]$$

Si utilizzano 2 HEA 160 con modulo di resistenza pari a  $W = \frac{2 \cdot J_x}{h} = 440 \quad [\text{cm}^3]$ .

