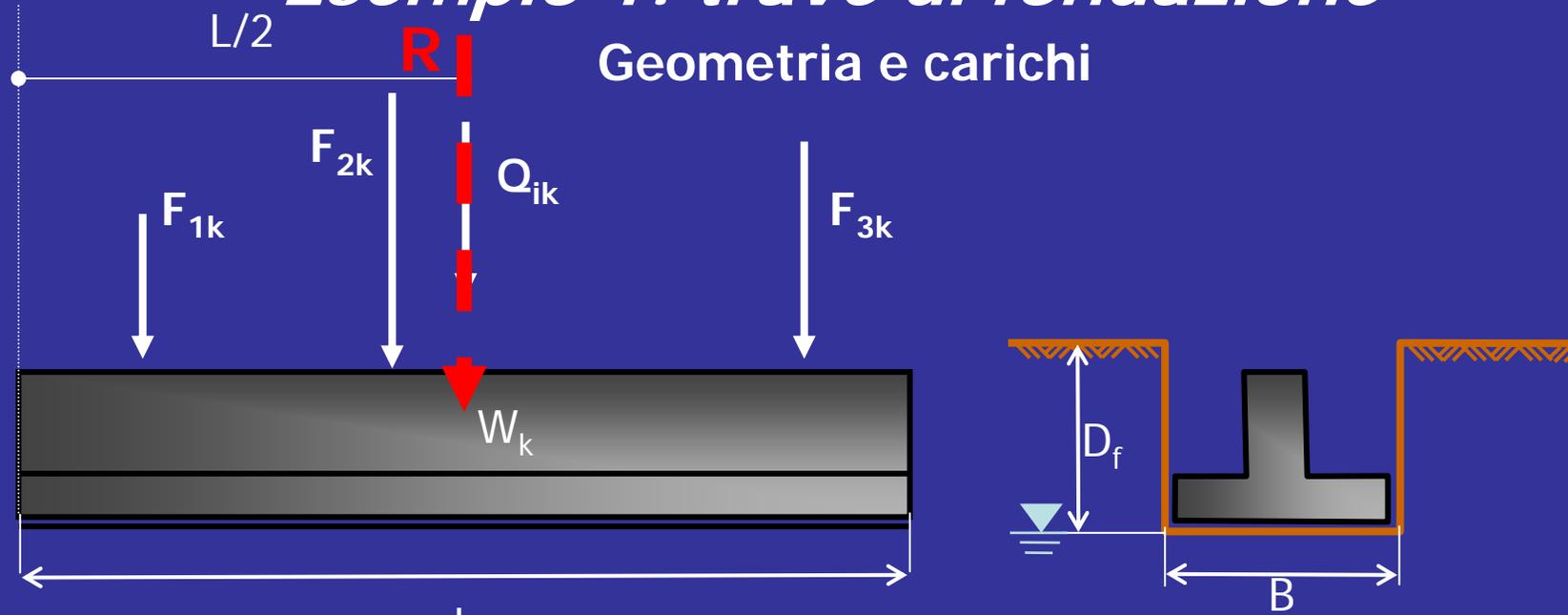


# Esempio 1: trave di fondazione



•  $B = 1.5 \text{ m}$

$L$

•  $D_f = 2 \text{ m}$

•  $L = 12 \text{ m}$

•  $W_k = 0.4 \text{ MN}$

•  $F_{1k} = 0.8 \text{ MN}$

•  $F_{2k} = 1.8 \text{ MN}$

•  $F_{3k} = 1.5 \text{ MN}$

•  $Q_{ik} = 1.0 \text{ MN}$

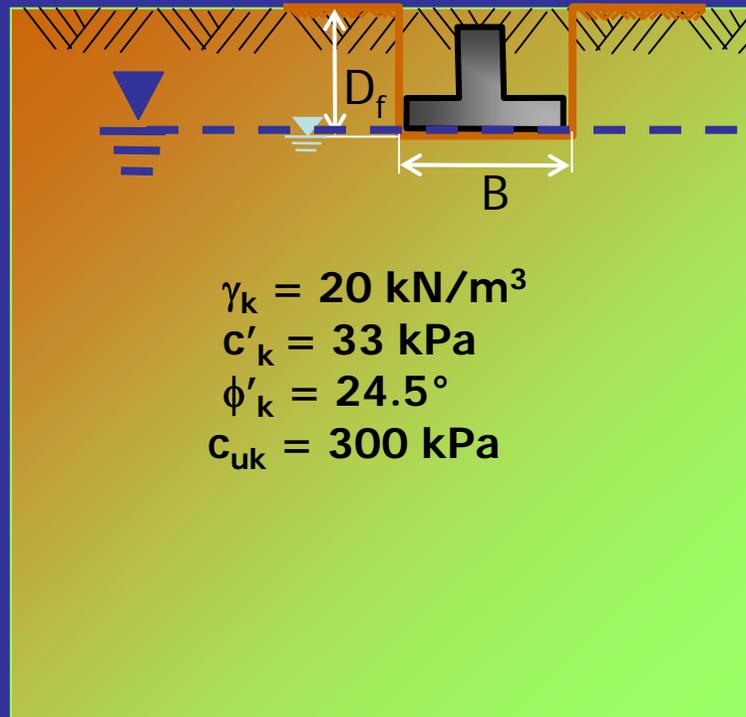
N.B.: non c'è sottospinta dovuta alla falda

$F_i$  e  $W$ : azioni permanenti derivanti da valori caratteristici dei carichi (non amplificati) (risultante centrata)

$Q_i$ : azioni variabili derivanti da valori caratteristici dei carichi (non amplificati) (per ipotesi agenti sia a BT che a LT)

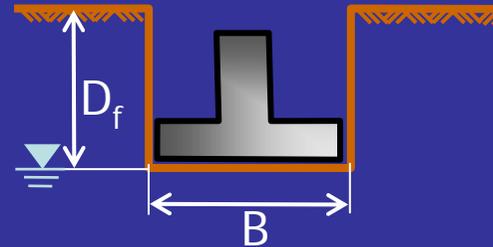
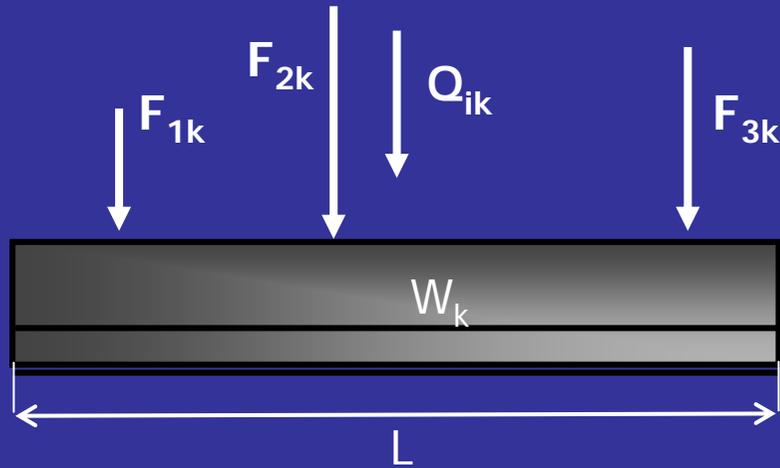
# *E1: trave di fondazione*

## Definizione del modello geotecnico



# E1: trave di fondazione

Analisi di un meccanismo di collasso: caso di rottura generale



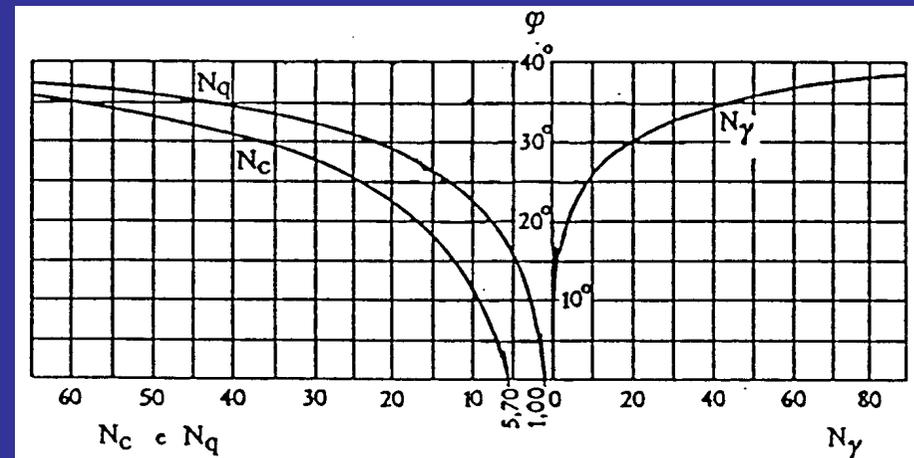
- $B = 1.5 \text{ m}$
- $D_f = 2 \text{ m}$
- $L = 12 \text{ m}$
- $W_K = 0.4 \text{ MN}$
- $F_{1K} = 0.8 \text{ MN}$
- $F_{2K} = 1.8 \text{ MN}$
- $F_{3K} = 1.5 \text{ MN}$
- $Q_{iK} = 1.0 \text{ MN}$

Calcolo della  $q_{Lim}$  secondo la formula trinomia di Terzaghi (1943):

$$q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c + \gamma_1 \cdot D \cdot N_q + \frac{1}{2} B \cdot \gamma_2 \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma$$

- $\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$
- $c'_k = 33 \text{ kPa}$
- $\phi'_k = 24.5^\circ$
- $c_{uk} = 300 \text{ kPa}$

Fondazione	Nastriforme	Circolare	Quadrata
$s_c$	1.0	1.3	1.3
$s_\gamma$	1.0	0.6	0.8



# E1: trave di fondazione

## APPROCCIO 1 COMBINAZIONE 2 (GEO) – A1C2: A2+M2+R2

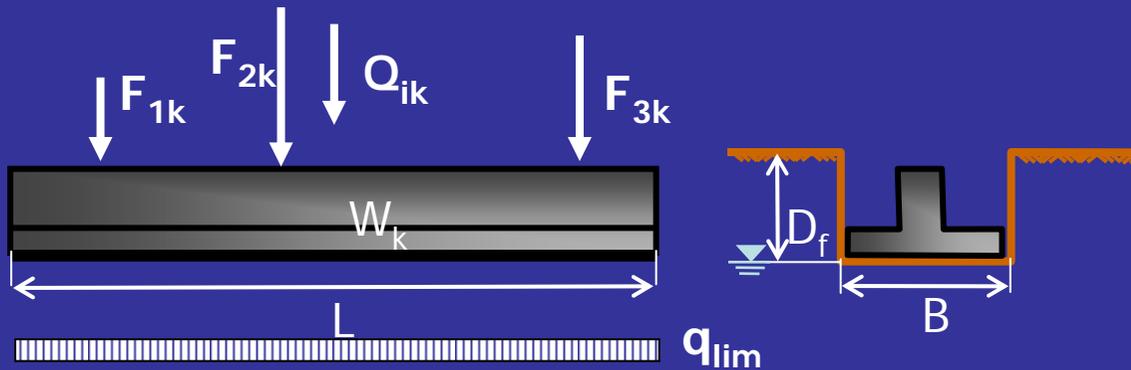
CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	$\gamma$	$\gamma_{\gamma}$	1,0	1,0

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

# E1: trave di fondazione

Analisi di un meccanismo di collasso: caso di rottura generale (A1C2)



- B = 1.5 m
- D<sub>f</sub> = 2 m
- L = 12 m
- W<sub>k</sub> = 0.4 MN
- F<sub>1k</sub> = 0.8 MN
- F<sub>2k</sub> = 1.8 MN
- F<sub>3k</sub> = 1.5 MN
- Q<sub>ik</sub> = 1.0 MN

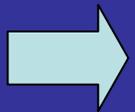
Verifica di capacità portante nelle condizioni di **LUNGO TERMINE**

$$q_{lim} = c'_{d} \cdot N_{c,d} \cdot s_c + \gamma_{1,d} \cdot D_f \cdot N_{q,d} + \frac{1}{2} B \cdot \gamma'_{2,d} \cdot N_{\gamma,d} \cdot s_{\gamma}$$

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_{\gamma}$	1,0	1,0

Parametri caratteristici

- $\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$
- $c'_k = 33 \text{ kPa}$
- $\phi'_k = 24.5^\circ$

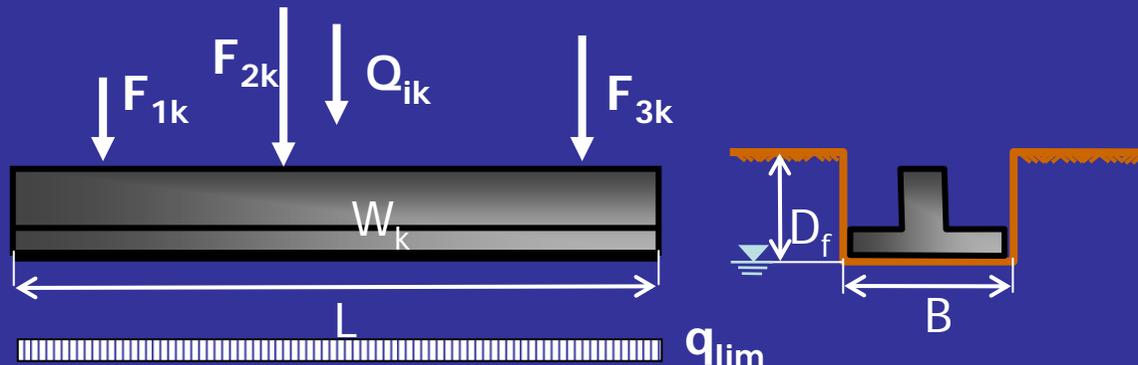


Parametri di progetto

- $\gamma_d = \gamma_k / \gamma_{\gamma} = 20 \text{ kN/m}^3$
- $c'_d = c'_k / \gamma_{c'} = 26.4 \text{ kPa}$
- $\phi'_d = \arctan ((\tan \phi'_k) / \gamma_{\phi'}) = 20^\circ$

# E1: trave di fondazione

Analisi di un meccanismo di collasso: caso di rottura generale (A1C2)



- $B = 1.5 \text{ m}$
- $D_f = 2 \text{ m}$
- $L = 12 \text{ m}$
- $W_K = 0.4 \text{ MN}$
- $F_{1K} = 0.8 \text{ MN}$
- $F_{2K} = 1.8 \text{ MN}$
- $F_{3K} = 1.5 \text{ MN}$
- $Q_{iK} = 1.0 \text{ MN}$

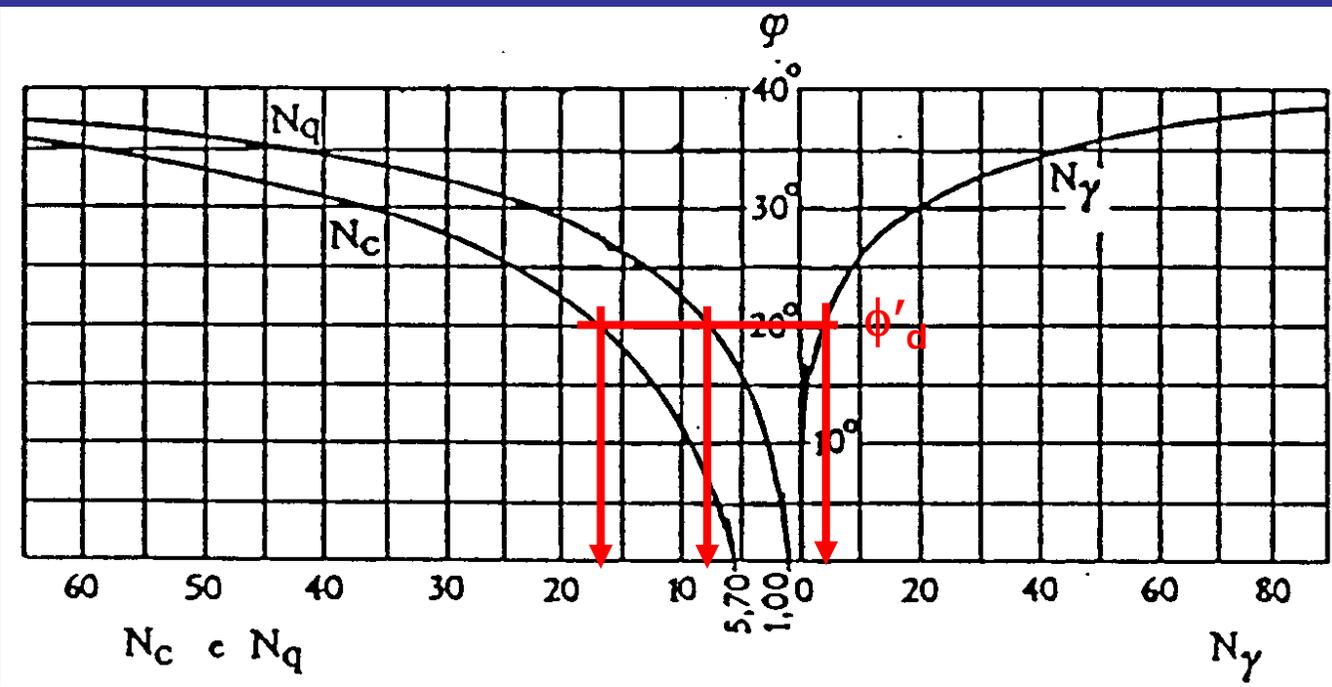
Verifica di capacità portante nelle condizioni di **LUNGO TERMINE**

$$q_{lim} = c'_d \cdot N_{c,d} \cdot s_c + \gamma_{1,d} \cdot D_f \cdot N_{q,d} + \frac{1}{2} B \cdot \gamma'_{2,d} \cdot N_{\gamma,d} \cdot s_\gamma$$

Parametri di progetto

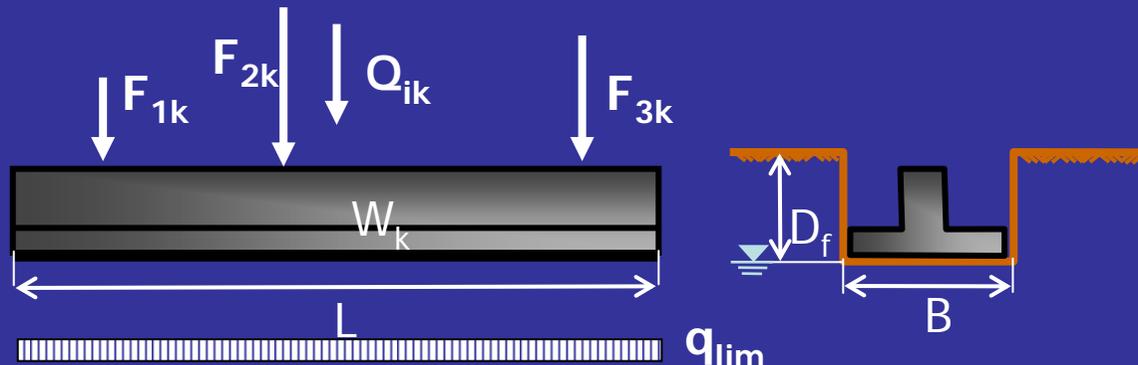
- $\gamma_d = 20 \text{ kN/m}^3$
- $c'_d = 26.4 \text{ kPa}$
- $\phi'_d = 20^\circ$

- $N_{c,d} = 17$
- $N_{q,d} = 7.5$
- $N_{\gamma,d} = 4$



# E1: trave di fondazione

Analisi di un meccanismo di collasso: caso di rottura generale (A1C2)



- B = 1.5 m
- D<sub>f</sub> = 2 m
- L = 12 m
- W<sub>k</sub> = 0.4 MN
- F<sub>1k</sub> = 0.8 MN
- F<sub>2k</sub> = 1.8 MN
- F<sub>3k</sub> = 1.5 MN
- Q<sub>ik</sub> = 1.0 MN

Verifica di capacità portante nelle condizioni di **LUNGO TERMINE**

$$q_{lim} = c'_{d} \cdot N_{c,d} \cdot s_c + \gamma_{1,d} \cdot D_f \cdot N_{q,d} + \frac{1}{2} B \cdot \gamma'_{2,d} \cdot N_{\gamma,d} \cdot s_{\gamma}$$



$$q_{lim} = 26.4 \cdot 17 \cdot 1 + 20 \cdot 2 \cdot 7.5 + 0.5 \cdot 1.5 \cdot 10 \cdot 4 \cdot 1 = 778.8 \text{ kPa}$$

$$Q_{lim} = R = 14 \text{ MN}$$



$$R_d = R / \gamma_{R2} = 7.7 \text{ MN}$$

$$E_d = (F_{1k} + F_{2k} + F_{3k} + W_k) \gamma_{G1}^s + Q_{ik} \gamma_{Qi}^s = 4.5 \cdot 1 + 1 \cdot 1.3 = 5.8 \text{ MN}$$

$$\gamma_d = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$c'_d = 26.4 \text{ kPa}$$

$$\phi'_d = 20^\circ$$

$$N_{c,d} = 17$$

$$N_{q,d} = 7.5$$

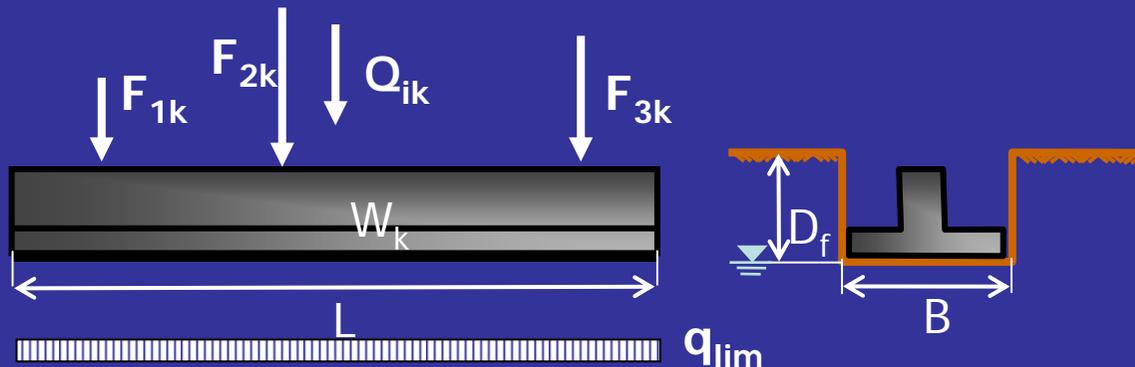
$$N_{\gamma,d} = 4$$

$$R_d / E_d = 1.3$$

> 1

# E1: trave di fondazione

Analisi di un meccanismo di collasso: caso di rottura generale (A1C2)



- B = 1.5 m
- D<sub>f</sub> = 2 m
- L = 12 m
- W<sub>k</sub> = 0.4 MN
- F<sub>1k</sub> = 0.8 MN
- F<sub>2k</sub> = 1.8 MN
- F<sub>3k</sub> = 1.5 MN
- Q<sub>ik</sub> = 1.0 MN

Verifica di capacità portante nelle condizioni di **BREVE TERMINE**

$$q_{lim} = c_{u,d} \cdot N_{c,d}^0 + \gamma_{1,d} \cdot D_f \cdot N_{q,d}^0$$

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_{\gamma}$	1,0	1,0

Parametri caratteristici

$$\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$c_{uk} = 300 \text{ kPa}$$



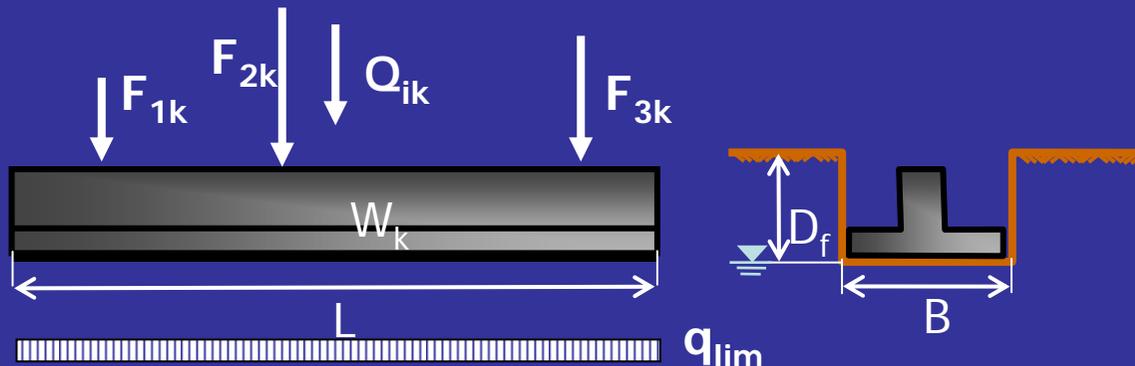
Parametri di progetto

$$\gamma_d = \gamma_k / \gamma_{\gamma} = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$c_{u,d} = c_{uk} / \gamma_{cu} = 214 \text{ kPa}$$

# E1: trave di fondazione

Analisi di un meccanismo di collasso: caso di rottura generale (A1C2)



- B = 1.5 m
- D<sub>f</sub> = 2 m
- L = 12 m
- W<sub>k</sub> = 0.4 MN
- F<sub>1K</sub> = 0.8 MN
- F<sub>2K</sub> = 1.8 MN
- F<sub>3K</sub> = 1.5 MN
- Q<sub>iK</sub> = 1.0 MN

Verifica di capacità portante nelle condizioni di **BREVE TERMINE**

$$q_{lim} = c_{u,d} \cdot N_{c,d}^0 + \gamma_{1,d} \cdot D_f \cdot N_{q,d}^0$$



$$q_{lim} = 214 \cdot 5.7 + 20 \cdot 2 \cdot 1 = 1261 \text{ kPa}$$

$$Q_{lim} = R = 22 \text{ MN} \quad \longrightarrow \quad R_d = R / \gamma_{R2} = 12 \text{ MN}$$

$$E_d = (F_1 + F_2 + F_3 + W) \gamma_{G1}^s + Q_i \gamma_{Qi}^s = 4.5 \cdot 1 + 1 \cdot 1.3 = 5.8 \text{ MN}$$

$$\gamma_d = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$c_{u,d} = 214 \text{ kPa}$$

$$N_{c,d}^0 = 5.7$$

$$N_{q,d}^0 = 1$$

$$N_{\gamma,d}^0 = 0$$

$$R_d / E_d = 2.2$$

# E1: trave di fondazione

## APPROCCIO 2 (GEO) – A2: A1+M1+R3

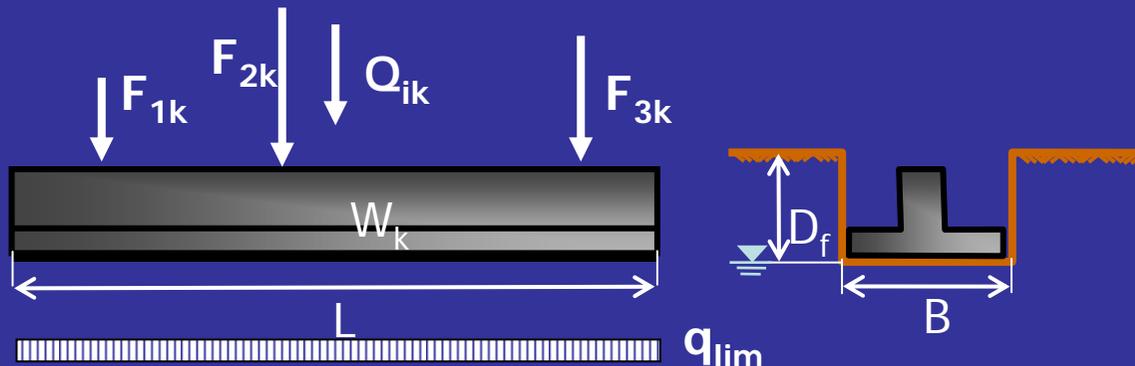
CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	$\gamma$	$\gamma_{\gamma}$	1,0	1,0

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

# E1: trave di fondazione

Analisi di un meccanismo di collasso: caso di rottura generale (A2)



- B = 1.5 m
- D<sub>f</sub> = 2 m
- L = 12 m
- W<sub>k</sub> = 0.4 MN
- F<sub>1k</sub> = 0.8 MN
- F<sub>2k</sub> = 1.8 MN
- F<sub>3k</sub> = 1.5 MN
- Q<sub>ik</sub> = 1.0 MN

Verifica di capacità portante nelle condizioni di **LUNGO TERMINE**

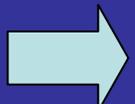
$$q_{lim} = c'_{d} \cdot N_{c,d} \cdot s_c + \gamma_{1,d} \cdot D_f \cdot N_{q,d} + \frac{1}{2} B \cdot \gamma'_{2,d} \cdot N_{\gamma,d} \cdot s_{\gamma}$$

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_{\gamma}$	1,0	1,0

N.B. IN A2 SI ADOTTANO DIRETTAMENTE I PARAMETRI CARATTERISTICI DI RESISTENZA DEL TERRENO

Parametri caratteristici

- $\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$
- $c'_k = 33 \text{ kPa}$
- $\phi'_k = 24.5^\circ$

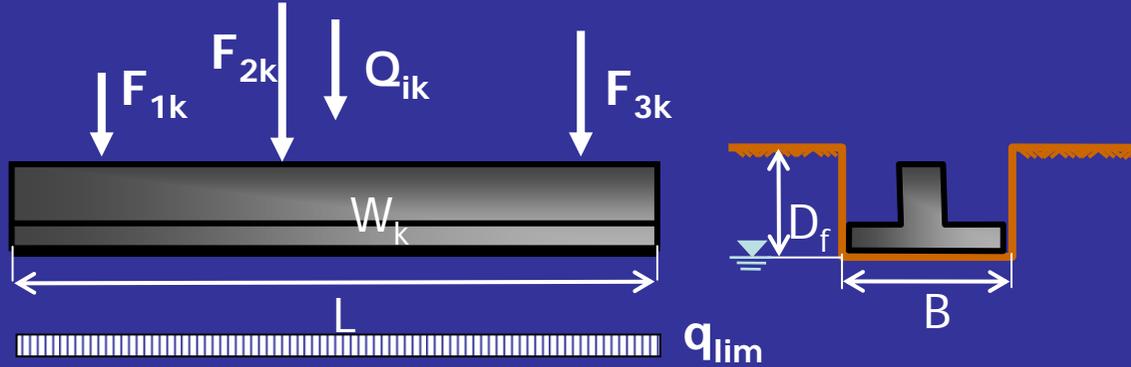


Parametri di progetto

- $\gamma_d = \gamma_k / \gamma_{\gamma} = 20 \text{ kN/m}^3$
- $c'_d = c'_k / \gamma_{c'} = 33 \text{ kPa}$
- $\phi'_d = \arctan ((\tan \phi'_k) / \gamma_{\phi'}) = 24.5^\circ$

# E1: trave di fondazione

Analisi di un meccanismo di collasso: caso di rottura generale (A2)



- B = 1.5 m
- D<sub>f</sub> = 2 m
- L = 12 m
- W<sub>K</sub> = 0.4 MN
- F<sub>1K</sub> = 0.8 MN
- F<sub>2K</sub> = 1.8 MN
- F<sub>3K</sub> = 1.5 MN
- Q<sub>iK</sub> = 1.0 MN

Verifica di capacità portante nelle condizioni di **LUNGO TERMINE**

$$q_{lim} = c'_{d} \cdot N_{c,d} \cdot s_c + \gamma_{1,d} \cdot D_f \cdot N_{q,d} + \frac{1}{2} B \cdot \gamma'_{2,d} \cdot N_{\gamma,d} \cdot s_{\gamma}$$

Parametri di progetto

$$\gamma_d = \gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$$

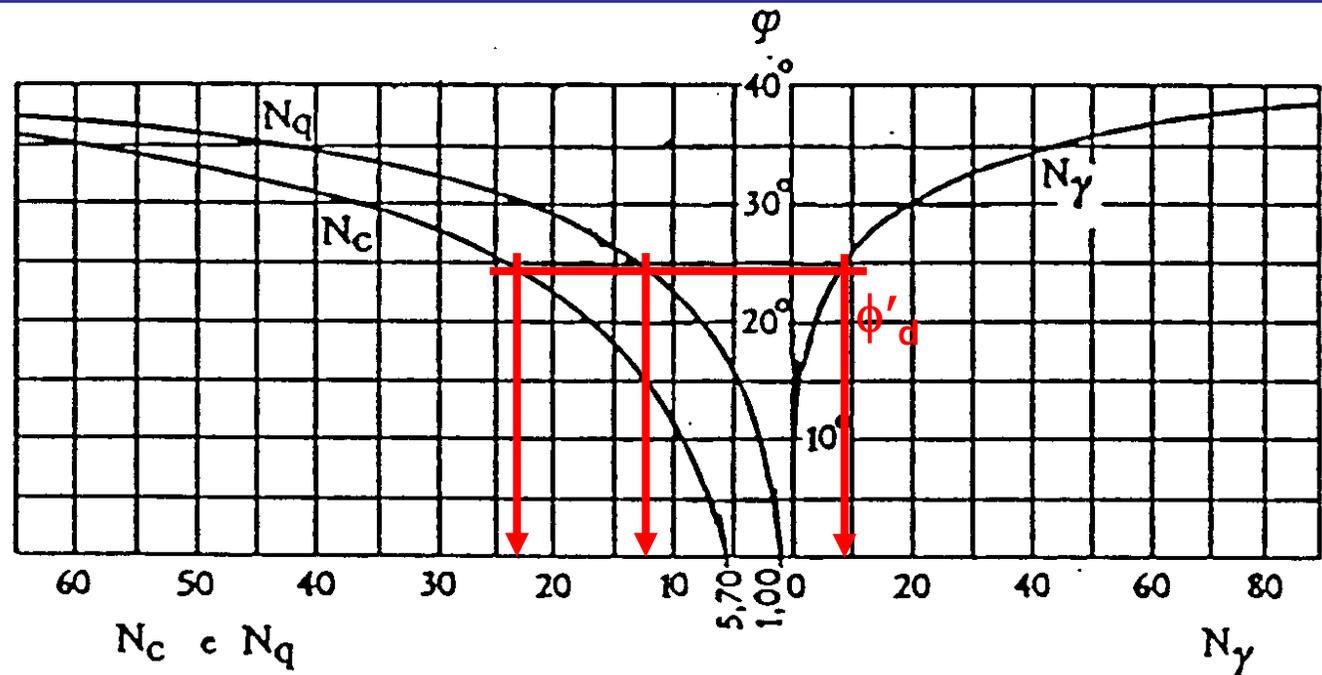
$$c'_d = c'_k = 33 \text{ kPa}$$

$$\phi'_d = \phi'_k = 24.5^\circ$$

$$N_{c,d} = 23.5$$

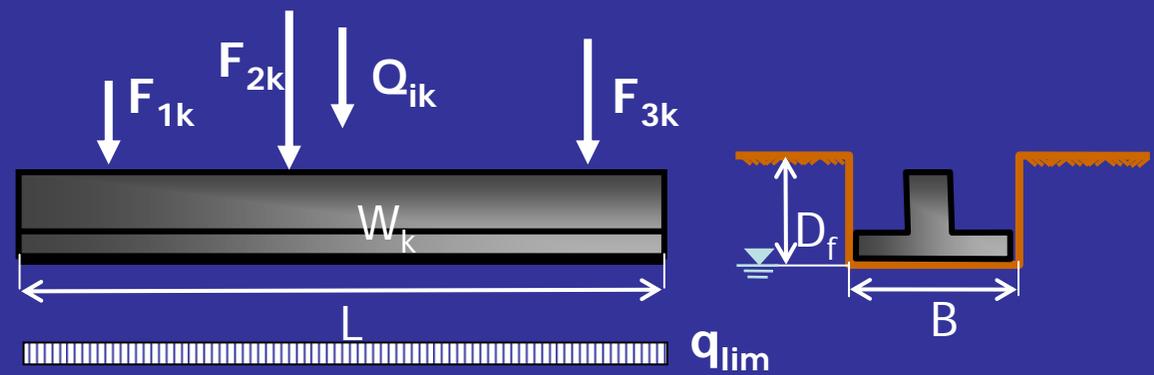
$$N_{q,d} = 12.5$$

$$N_{\gamma,d} = 9$$



# E1: trave di fondazione

Analisi di un meccanismo di collasso: caso di rottura generale (A2)



- B = 1.5 m
- D<sub>f</sub> = 2 m
- L = 12 m
- W<sub>K</sub> = 0.4 MN
- F<sub>1K</sub> = 0.8 MN
- F<sub>2K</sub> = 1.8 MN
- F<sub>3K</sub> = 1.5 MN
- Q<sub>iK</sub> = 1.0 MN

Verifica di capacità portante nelle condizioni di **LUNGO TERMINE**

$$q_{lim} = c'_d \cdot N_{c,d} \cdot s_c + \gamma_{1,d} \cdot D_f \cdot N_{q,d} + \frac{1}{2} B \cdot \gamma'_{2,d} \cdot N_{\gamma,d} \cdot s_\gamma$$

- $\gamma_d = \gamma_K = 20 \text{ kN/m}^3$
- $c'_d = c'_K = 33 \text{ kPa}$
- $\phi'_d = \phi'_K = 24.5^\circ$



$$q_{lim} = 33 \cdot 23.5 \cdot 1 + 20 \cdot 2 \cdot 12.5 + 0.5 \cdot 1.5 \cdot 10 \cdot 9 \cdot 1 = 1343 \text{ kPa}$$

- $N_{c,d} = 23.5$
- $N_{q,d} = 12.5$
- $N_{\gamma,d} = 9$

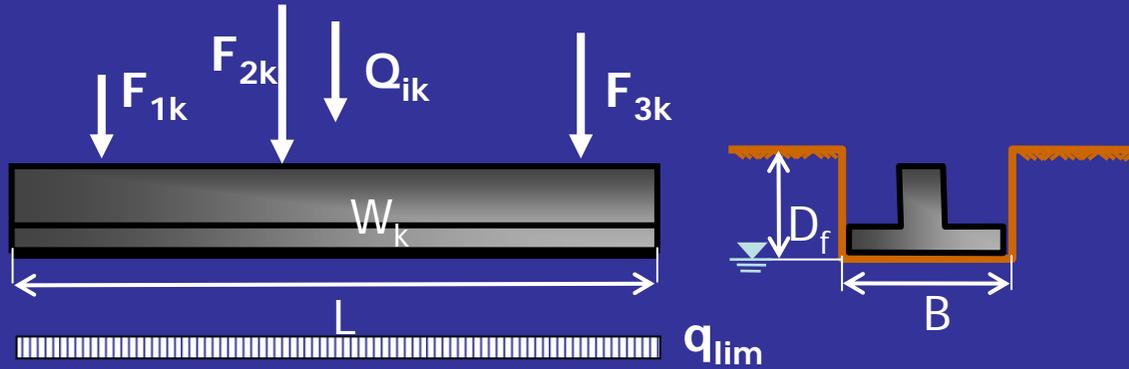
$$Q_{lim} = R = 24 \text{ MN} \quad \longrightarrow \quad R_d = R / \gamma_{R3} = 10 \text{ MN}$$

$$E_d = (F_1 + F_2 + F_3 + W) \gamma_{G1}^s + Q_i \gamma_{Qi}^s = 4.5 \cdot 1.3 + 1 \cdot 1.5 = 7.3 \text{ MN}$$

$$R_d / E_d = 1.3$$

# E1: trave di fondazione

Analisi di un meccanismo di collasso: caso di rottura generale (A2)



- B = 1.5 m
- D<sub>f</sub> = 2 m
- L = 12 m
- W<sub>K</sub> = 0.4 MN
- F<sub>1K</sub> = 0.8 MN
- F<sub>2K</sub> = 1.8 MN
- F<sub>3K</sub> = 1.5 MN
- Q<sub>iK</sub> = 1.0 MN

Verifica di capacità portante nelle condizioni di **BREVE TERMINE**

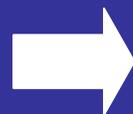
$$q_{lim} = c_{u,d} \cdot N^0_{c,d} + \gamma_{1,d} \cdot D \cdot N^0_{q,d}$$

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_{\gamma}$	1,0	1,0

Parametri caratteristici

$$\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$c_{uk} = 300 \text{ kPa}$$



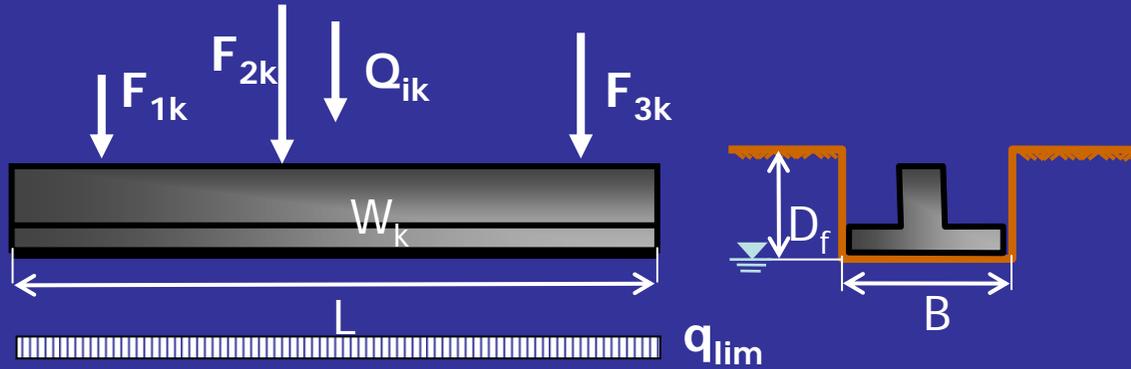
Parametri di progetto

$$\gamma_d = \gamma_k / \gamma_{\gamma} = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$c_{u,d} = c_{uk} / \gamma_{cu} = 300 \text{ kPa}$$

# E1: trave di fondazione

Analisi di un meccanismo di collasso: caso di rottura generale (A2)



- $B = 1.5 \text{ m}$
- $D_f = 2 \text{ m}$
- $L = 12 \text{ m}$
- $W_K = 0.4 \text{ MN}$
- $F_{1K} = 0.8 \text{ MN}$
- $F_{2K} = 1.8 \text{ MN}$
- $F_{3K} = 1.5 \text{ MN}$
- $Q_{iK} = 1.0 \text{ MN}$

Verifica di capacità portante nelle condizioni di **BREVE TERMINE**

$$q_{lim} = c_{u,d} \cdot N_{c,d}^0 + \gamma_{1,d} \cdot D \cdot N_{q,d}^0$$



$$q_{lim} = 300 \cdot 5.7 + 20 \cdot 2 \cdot 1 = 1750 \text{ kPa}$$

$$Q_{lim} = R = 31 \text{ MN}$$



$$R_d = R / \gamma_{R3} = 13 \text{ MN}$$

$$E_d = (F_1 + F_2 + F_3 + W) \gamma_{G1}^s + Q_i \gamma_{Qi}^s = 4.5 \cdot 1.3 + 1 \cdot 1.5 = 7.3 \text{ MN}$$

$$\gamma_d = \gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$c_{u,d} = c_{u,d} = 300 \text{ kPa}$$

$$N_{c,d}^0 = 5.7$$

$$N_{q,d}^0 = 1$$

$$N_{\gamma,d}^0 = 0$$

$$R_d / E_d = 1.7$$