STRUTTURE DI FONDAZIONE E FONDAZIONI

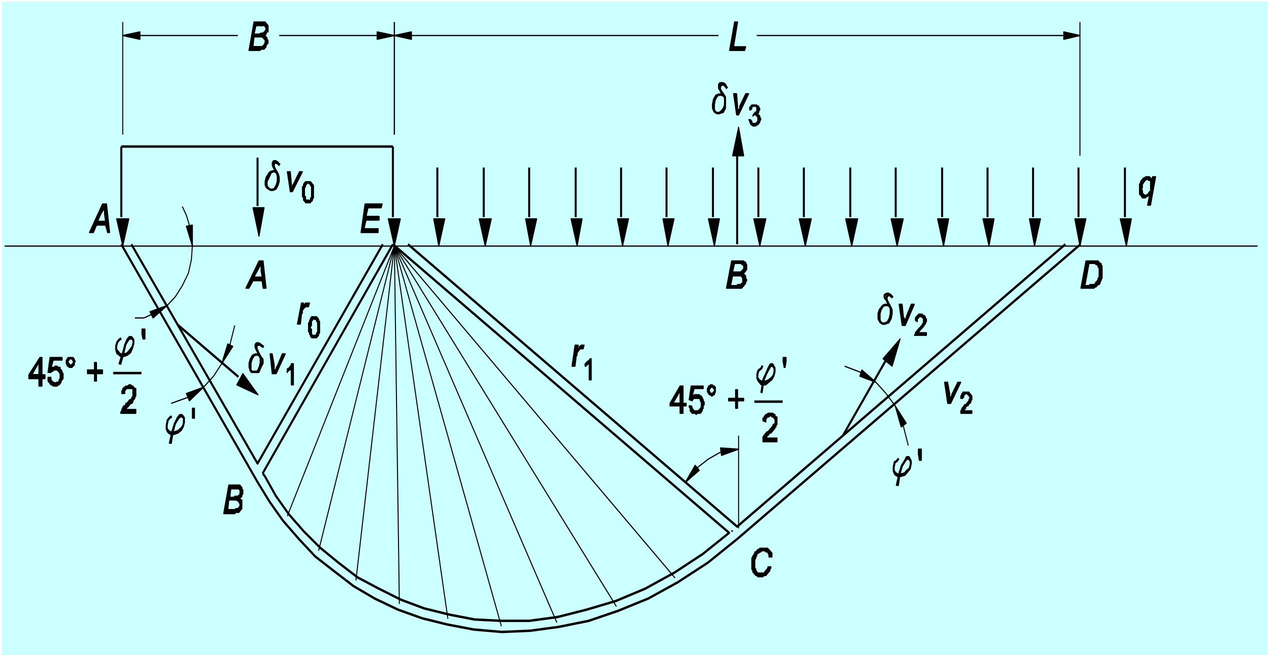
ing. Nunziante Squeglia

FONDAZIONI SUPERFICIALI

INFLUENZA DELLA FALDA E DELL'AZIONE SISMICA SUL CARICO LIMITE

CALCOLO DEL CARICO LIMITE

Formula di Brinch-Hansen (1970)



$$q_{lim} = \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma s_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma + c N_c s_c d_c i_c b_c g_c + q N_q s_q d_q i_q b_q g_q$$

CALCOLO DEL CARICO LIMITE

Formula di Brinch-Hansen (1970)

FATTORI DI CAPACITÀ PORTANTE

$$N_q = \frac{1 + sen\varphi'_d}{1 - sen\varphi'_d} e^{\pi \tan\varphi'_d}$$

$$N_\gamma = 2\left(N_q + 1\right)\tan\varphi'$$

$$N_c = (N_q - 1)\cot an\varphi'_d$$

CALCOLO DEL CARICO LIMITE

Formula di Brinch-Hansen (1970)

COEFFICIENTI DI FORMA

$$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1 \frac{B}{L} \frac{1 + sen\,\varphi_d^{'}}{1 - sen\,\varphi_d^{'}}$$

$$s_c = 1 + 0.2 \frac{B}{L} \frac{1 + sen\varphi_d^{'}}{1 - sen\varphi_d^{'}}$$

$$s_c^0 = 1 + 0.2 \frac{B}{L}$$

CALCOLO DEL CARICO LIMITE

Formula di Brinch-Hansen (1970)

COEFFICIENTI DI PROFONDITÀ

$$d_q = 1 + 2\frac{D}{B}\tan\varphi'_d(1 - \mathrm{sen}\varphi'_d)^2 \quad \text{se } D \leq B$$

$$d_q = 1 + 2\tan\varphi'_d(1 - \mathrm{sen}\varphi'_d)\,a\tan(D/B) \quad \text{se } D > B$$

$$d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \tan\varphi'_d}$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_c^0 = 1 + 0.4\frac{D}{B} \quad \text{se } D \leq B$$

$$d_c^0 = 1 + 0.4\arctan\frac{D}{B} \quad \text{se } D > B$$

CALCOLO DEL CARICO LIMITE

Formula di Brinch-Hansen (1970)

COEFFICIENTI DI INCLINAZIONE

$$i_q = \left[1 - \frac{V_d}{N_d + BLc'_d \cot\varphi'_d}\right]^m$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \tan\varphi'_d}$$

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{V_d}{N_d + BLc'_d \cot\varphi'_d}\right]^{m+1}$$

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

$$i_c^0 = 1 - \frac{m \cdot V}{B \cdot L \cdot c_u \cdot N_c}$$

CALCOLO DEL CARICO LIMITE

Formula di Brinch-Hansen (1970)

$$b_q = \left(1 - \alpha \tan \varphi'_d\right)^2$$

INCLINAZIONE (α)
DEL PIANO DI POSA

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_c^0 = 1 - \frac{2\alpha}{N_c}$$

$$b_c = b_q - \frac{1 - b_q}{N_c \tan \varphi'_d}$$

CALCOLO DEL CARICO LIMITE

Formula di Brinch-Hansen (1970)

$$g_q = (1 - \tan\omega)^2$$

INCLINAZIONE (ω)
DEL PIANO CAMPAGNA

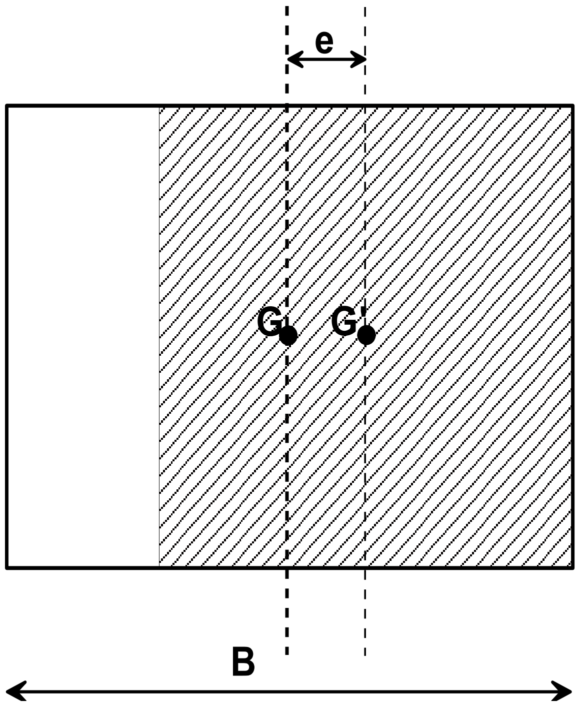
$$g_\gamma = g_q$$

$$g_c^0 = 1 - \frac{2\omega}{N_c}$$

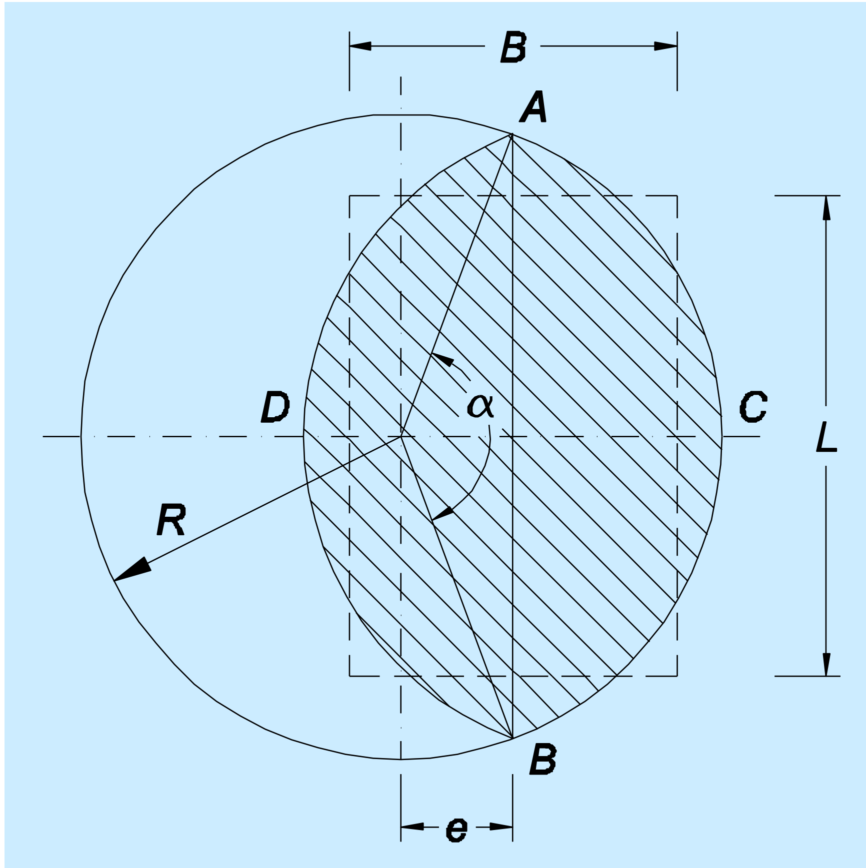
$$g_c = g_q - \frac{1 - g_q}{N_c \tan\varphi'_d}$$

CALCOLO DEL CARICO LIMITE

Formula di Brinch-Hansen (1970)

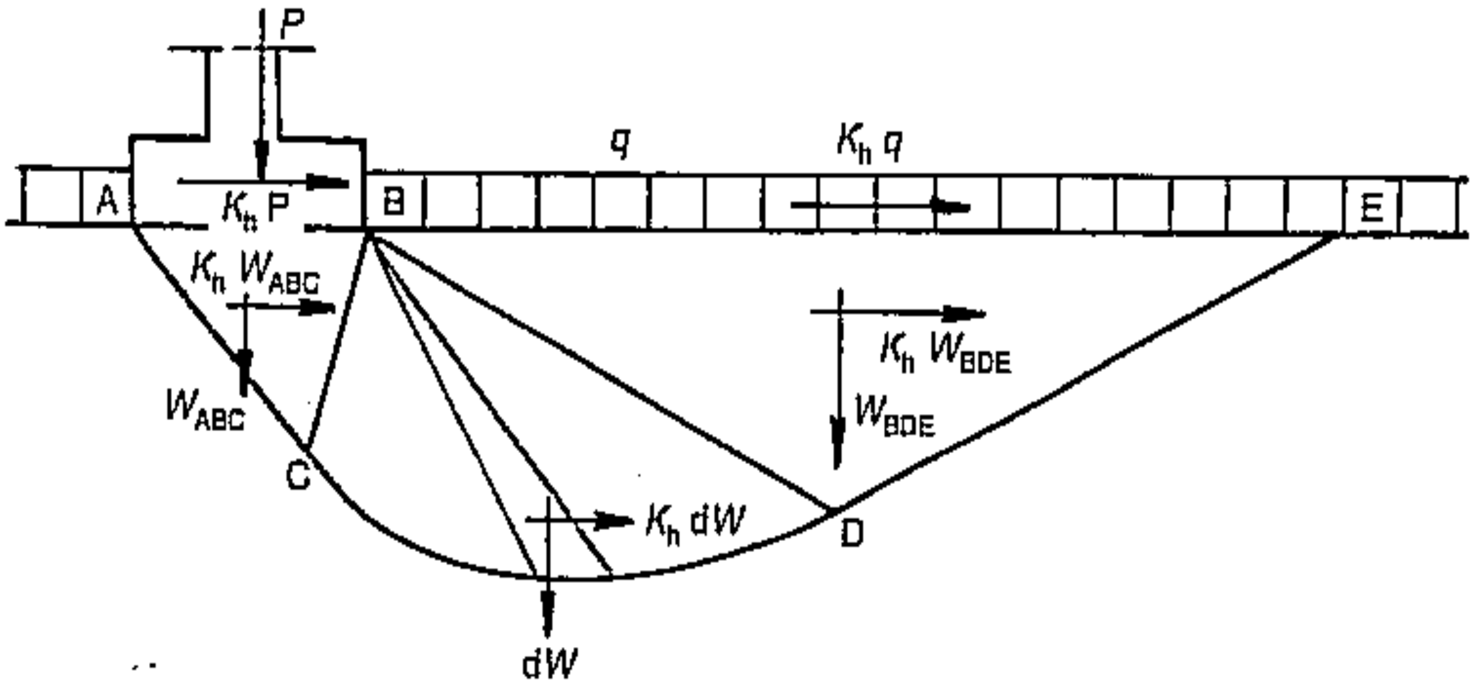


$$B' = B - 2e$$



CALCOLO DEL CARICO LIMITE

Effetti inerziali dovuti al sisma
(Paolucci & Pecker, 1995)



CALCOLO DEL CARICO LIMITE

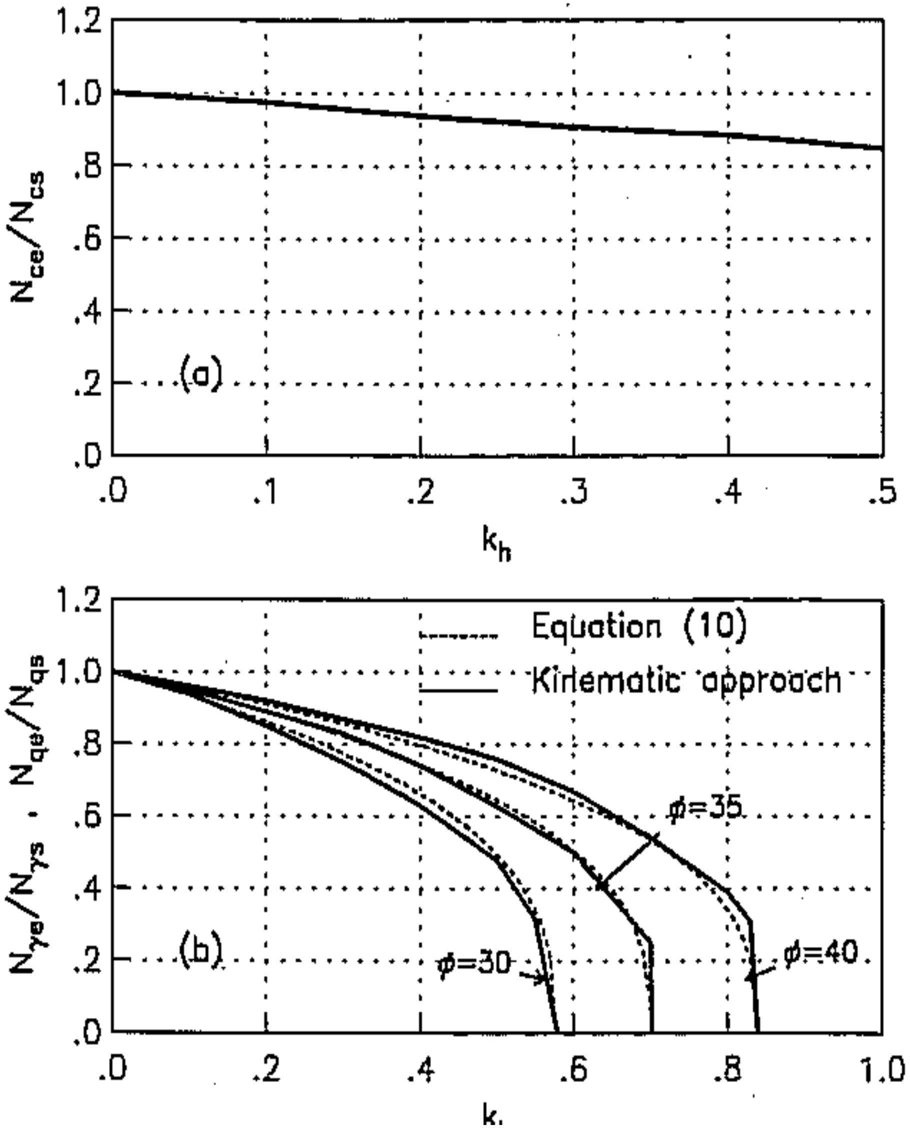
Effetti inerziali: fattori correttivi z

$$q_{lim} = \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma s_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma z_\gamma + c N_c s_c d_c i_c b_c g_c z_c + q N_q s_q d_q i_q b_q g_q z_q$$

$$z_c = 1 - 0{,}32 k_h$$

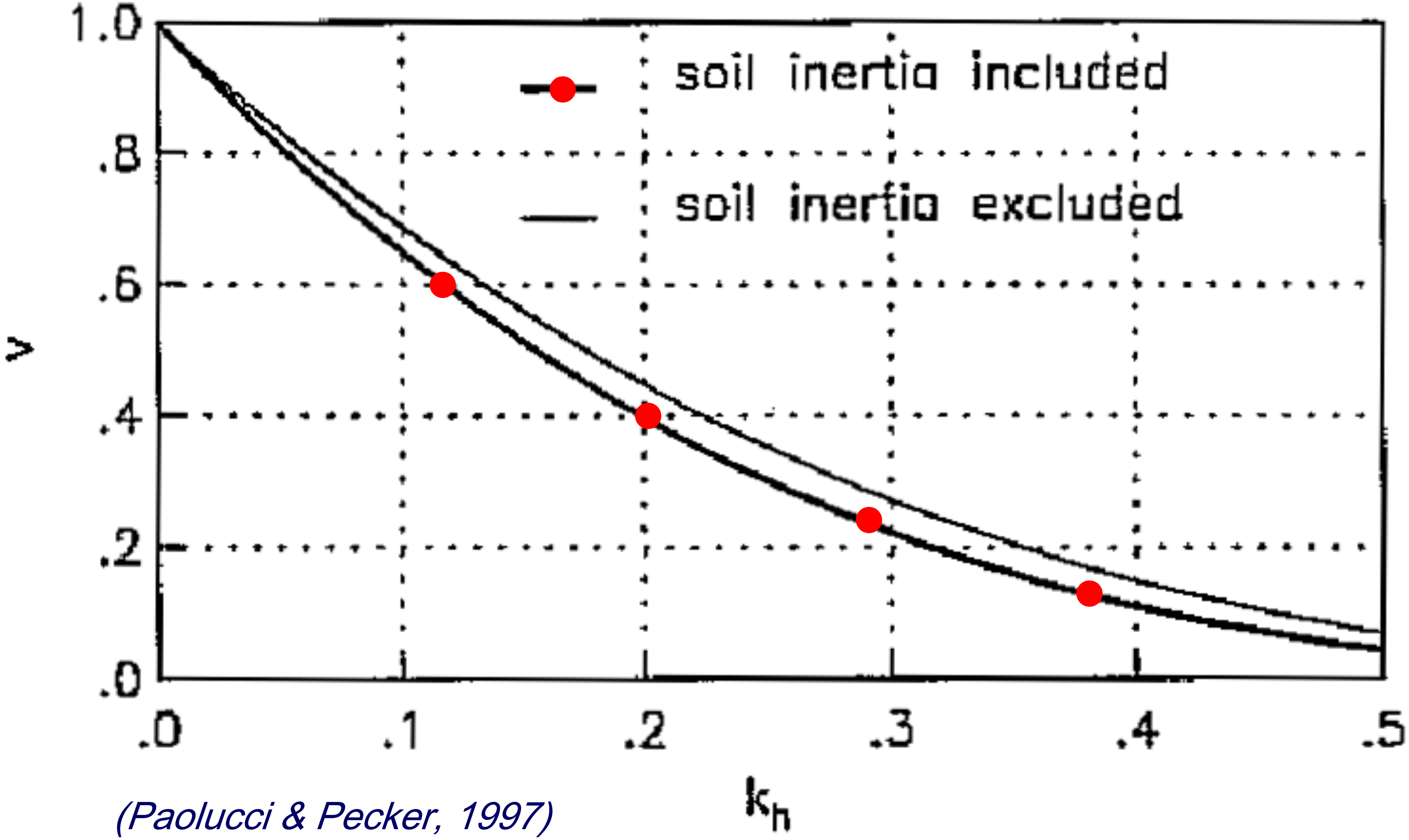
$$z_q = z_\gamma = \left(1 - \frac{k_h}{tg\varphi}\right)^{0{,}35}$$

Effetti inerziali: Coefficienti correttivi dei fattori di capacità portante



(Paolucci & Pecker, 1995)

Influenza degli effetti inerziali



(Paolucci & Pecker, 1997)

Effetti inerziali

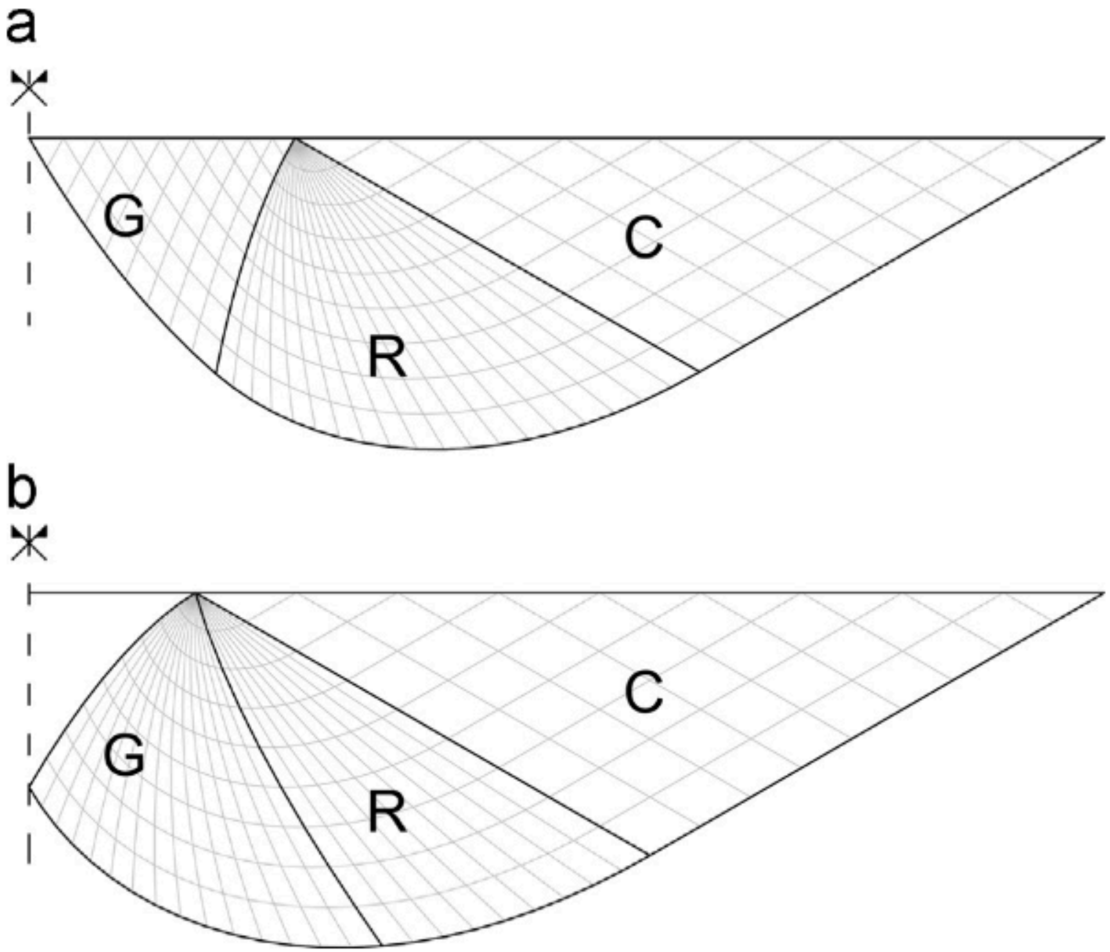
Analisi pseudostatica mediante l'uso del Metodo delle Caratteristiche

Riferimenti:

Cascone & Casablanca (2016)

Cascone, Biondi & Casablanca (2019)

Analisi statica mediante l'uso del Metodo delle Caratteristiche



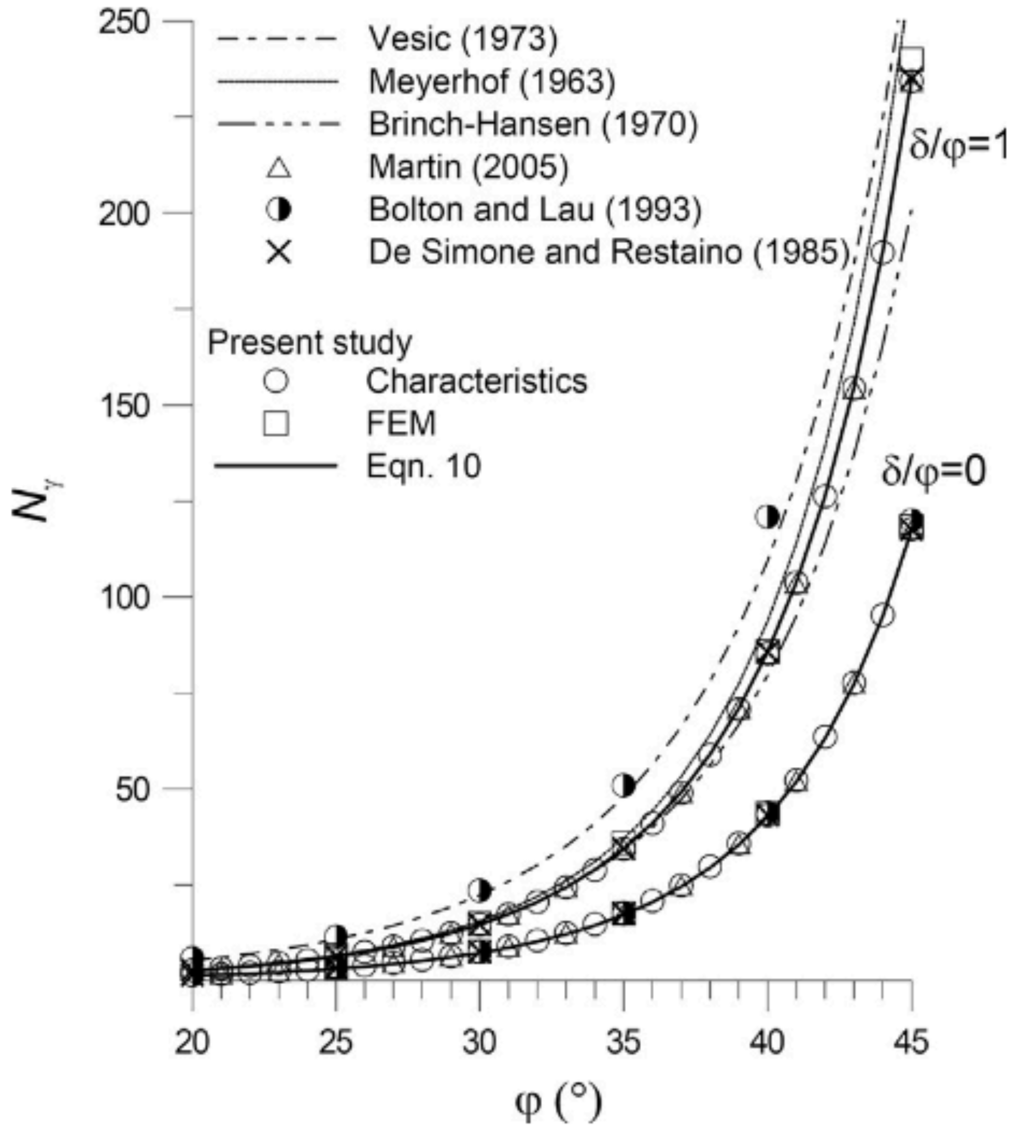
$\delta = 0$

$\delta \neq 0$

Analisi statica mediante l'uso del Metodo delle Caratteristiche

$$N_\gamma = (N_q - 1)\tan(1.34\varphi)\left(n + \frac{1-n^3}{2}\right)$$

$$n = \tan\delta / \tan\varphi$$



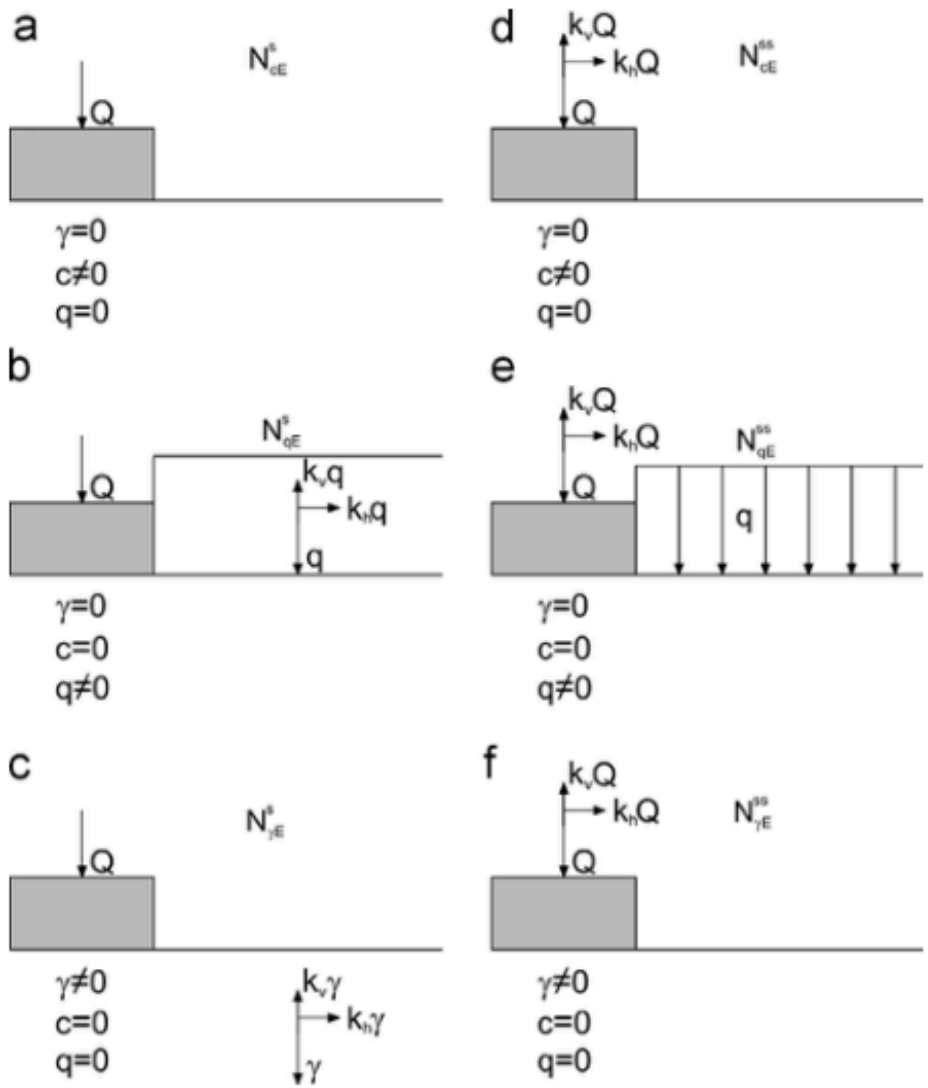
Analisi pseudostatica mediante l'uso del Metodo delle Caratteristiche

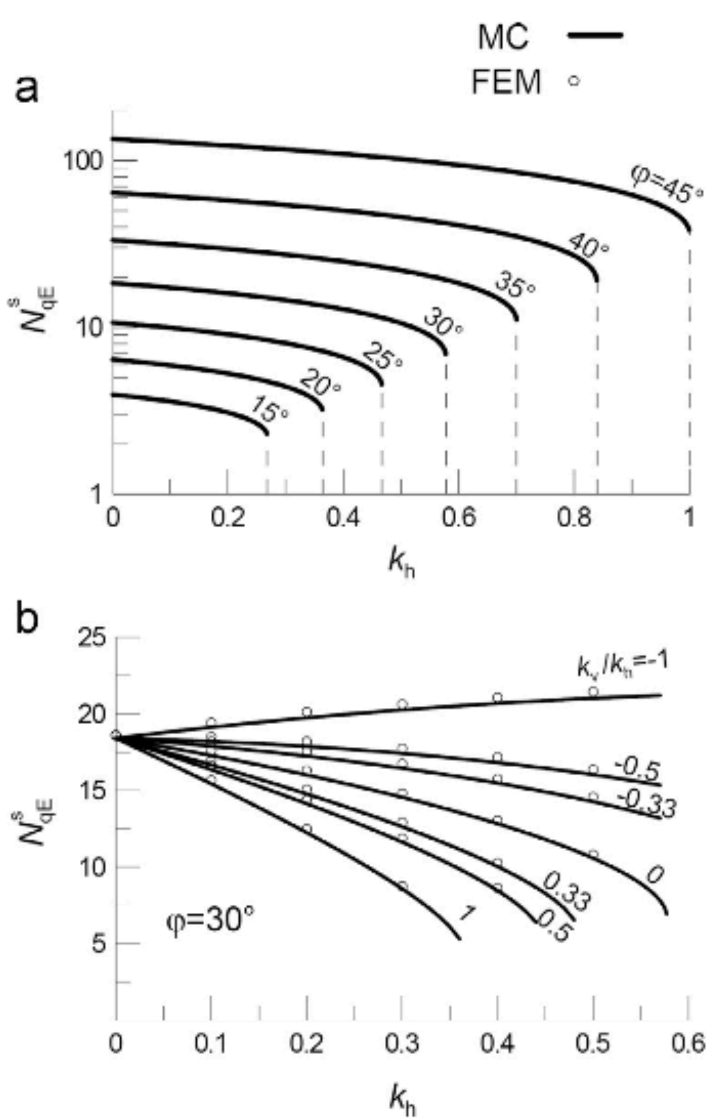
$$q_{\mathrm{ultE}} = cN_{\mathrm{cE}} + qN_{\mathrm{qE}} + \frac{1}{2}\gamma B\ N_{\gamma E}$$

N^{s}_{cE} N^{s}_{qE} $N^{s}_{\gamma E}$

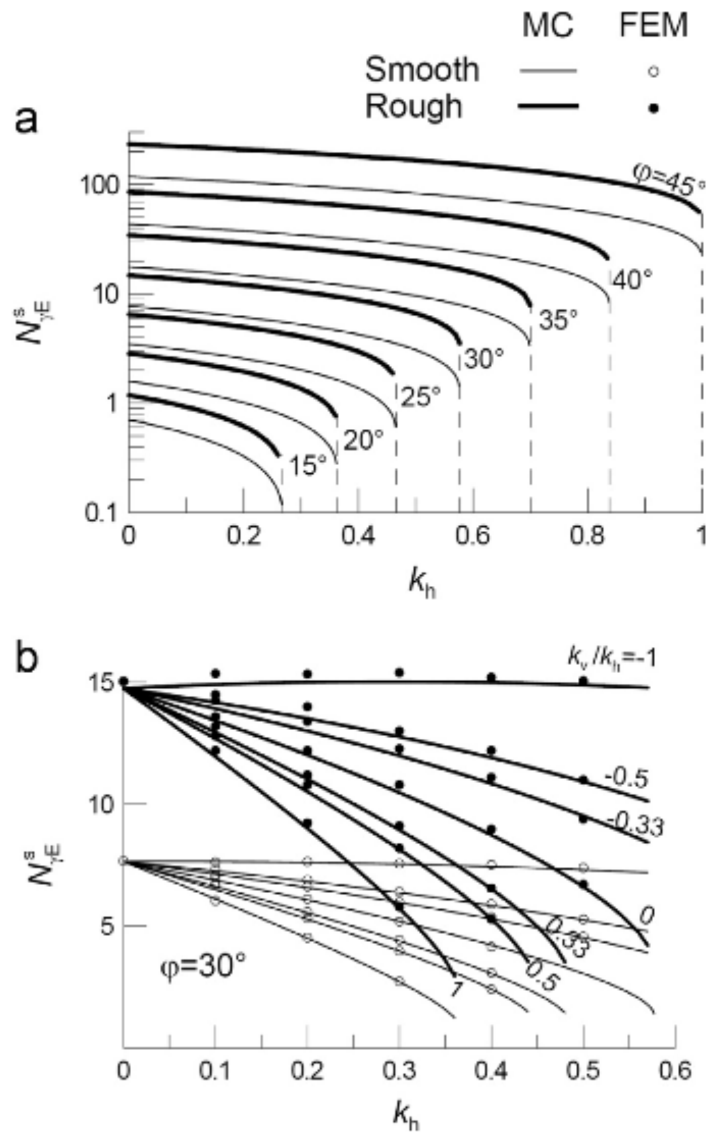
N^{ss}_{cE} N^{ss}_{qE} $N^{ss}_{\gamma E}$

Problemi elementari analizzati





MC
FEM
a
N^s_{qE}
100
10
1
φ=45°
40°
35°
30°
25°
20°
15°
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
k_h
b
25
20
15
10
5
k_v/k_h=-1
-0.5
-0.33
0
0.33
0.5
1
φ=30°
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
k_h



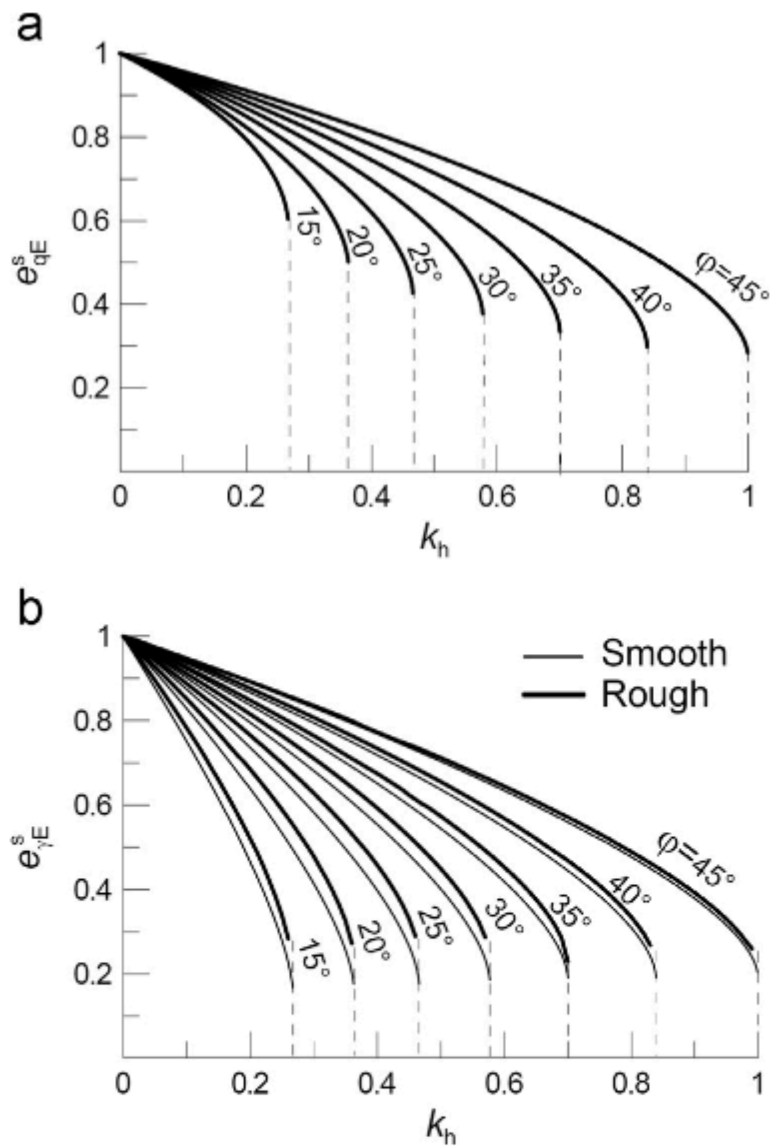
MC
FEM
Smooth
Rough
a
$N^s_{\gamma E}$
100
10
1
0.1
φ=45°
40°
35°
30°
25°
20°
15°
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
k_h
b
15
10
5
k_v/k_h=-1
-0.5
-0.33
0
0.33
0.5
1
φ=30°
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
k_h

Coefficienti correttivi

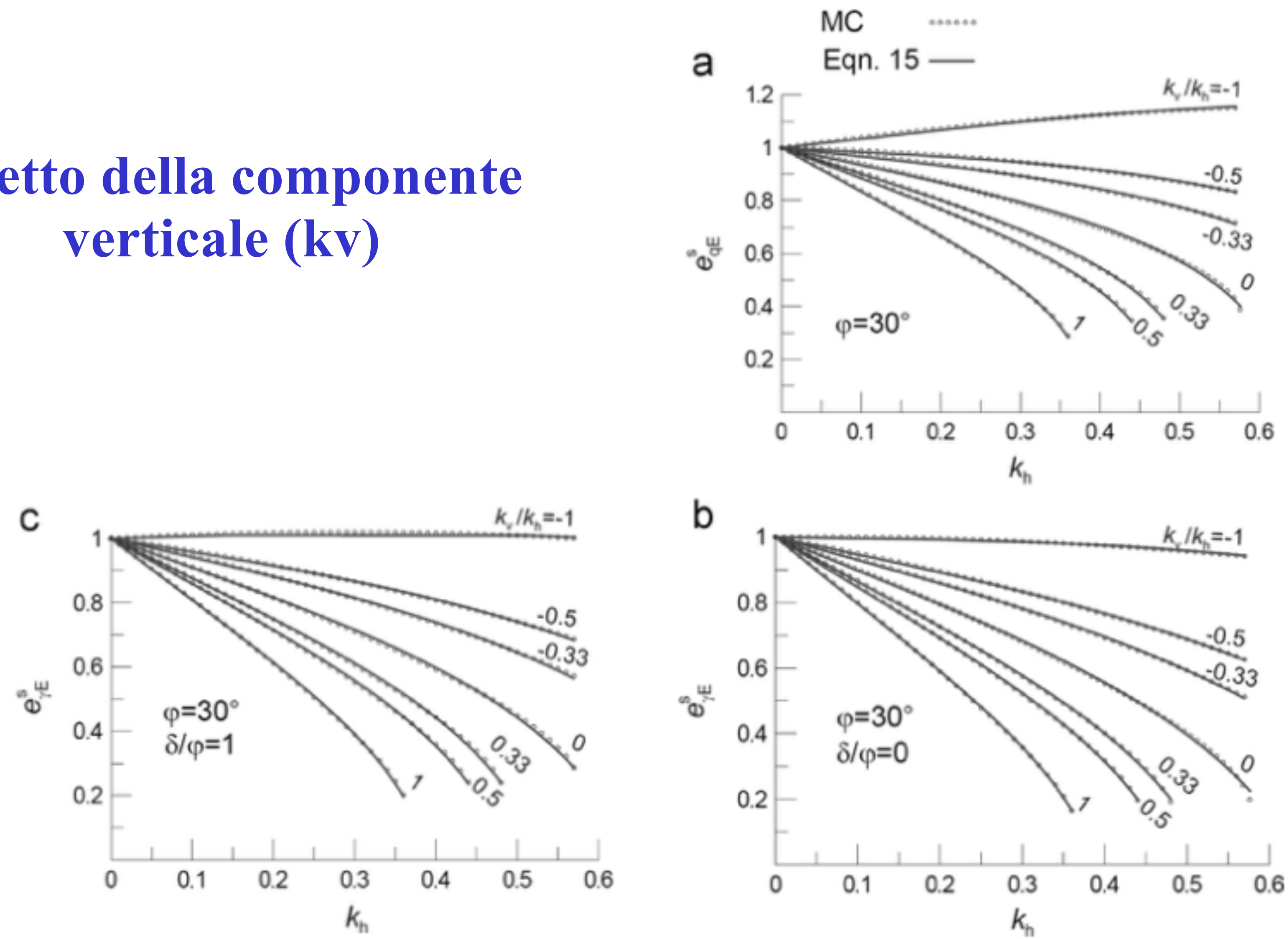
$$e^s_{cE} = \frac{N^s_{cE}}{N_c} = 1$$

$$e^s_{qE} = \frac{N^s_{qE}}{N_q}$$

$$e^s_{\gamma E} = \frac{N^s_{\gamma E}}{N_\gamma}$$



Effetto della componente verticale (kv)



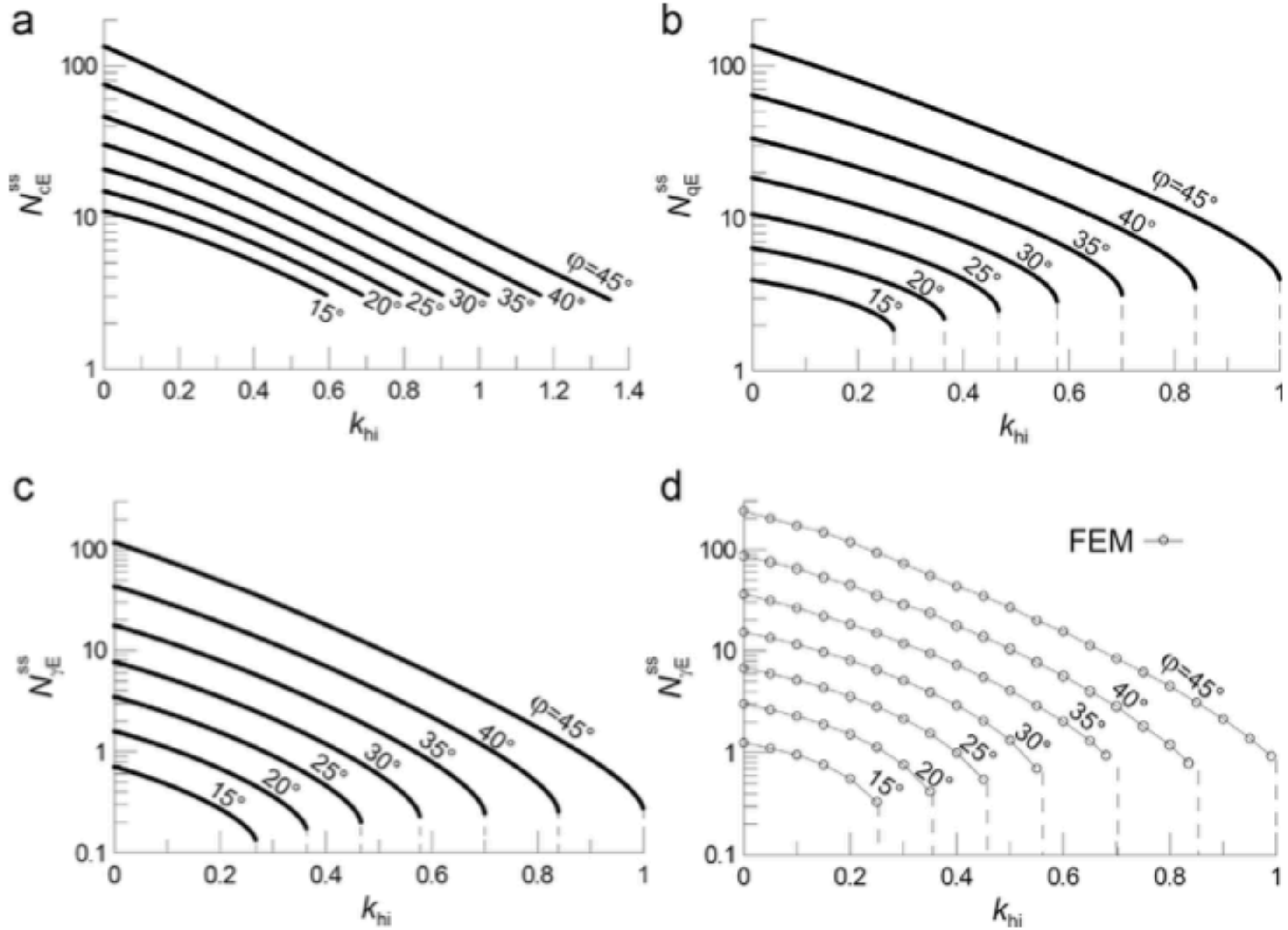
Coefficienti correttivi (espressioni in forma chiusa)

$$e^{s}_{jE} = \frac{N^{s}_{jE}}{N_j} = \left(1 - A\frac{k_h}{1-k_v}\cot\varphi\right)^{B}\sqrt{k_h^2 + (1-k_v)^2}$$

$$B = b_1 \tan^2\varphi + b_2 \tan\varphi + b_3$$

	A	b_1	b_2	b_3
e^{s}_{qE}	0.92	0	0.511	0.118
$e^{s}_{\gamma E}$ $(\delta/\varphi=0)$	0.92	0.290	−0.277	0.716
$e^{s}_{\gamma E}$ $(\delta/\varphi=1)$	0.92	0.198	−0.014	0.528

Effetto dell'inerzia della sovrastruttura

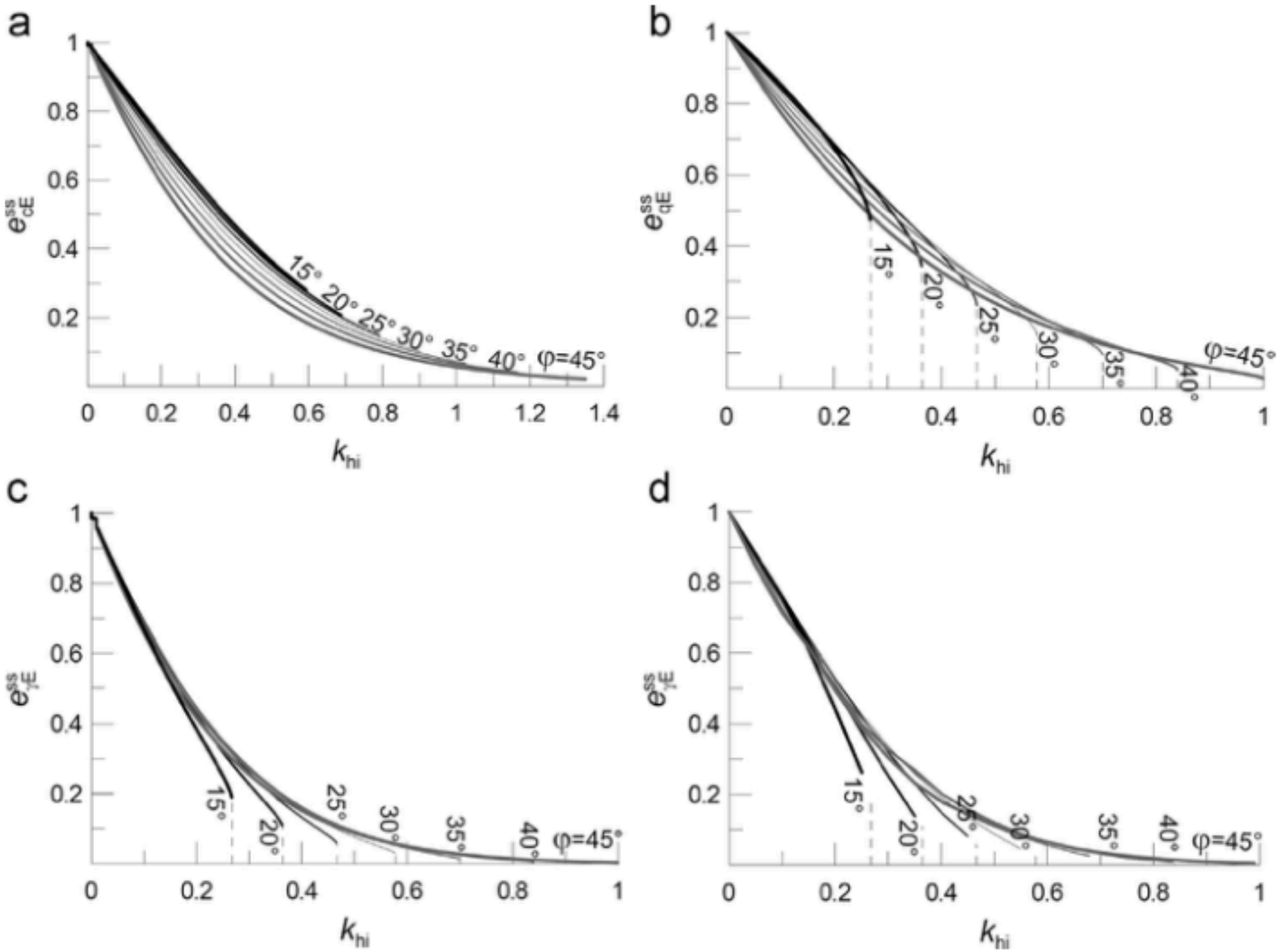


Coefficienti correttivi

$$e_{cE}^{ss} = \frac{N_{cE}^{ss}}{N_c}$$

$$e_{qE}^{ss} = \frac{N_{qE}^{ss}}{N_q}$$

$$e_{\gamma E}^{ss} = \frac{N_{\gamma E}^{ss}}{N_\gamma}$$

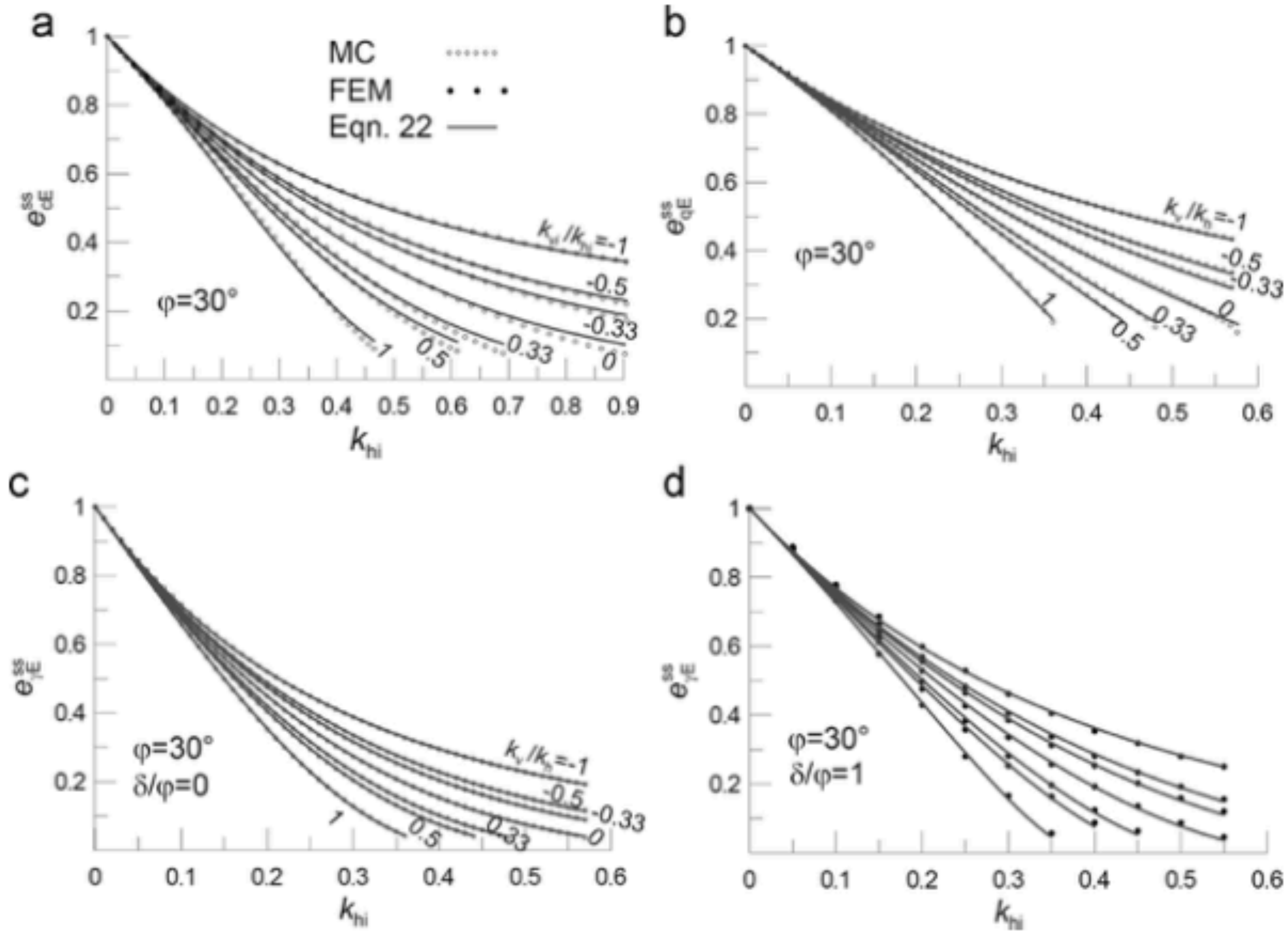


Coefficienti correttivi

$$e_{cE}^{ss} = \frac{N_{cE}^{ss}}{N_c}$$

$$e_{qE}^{ss} = \frac{N_{qE}^{ss}}{N_q}$$

$$e_{\gamma E}^{ss} = \frac{N_{\gamma E}^{ss}}{N_\gamma}$$



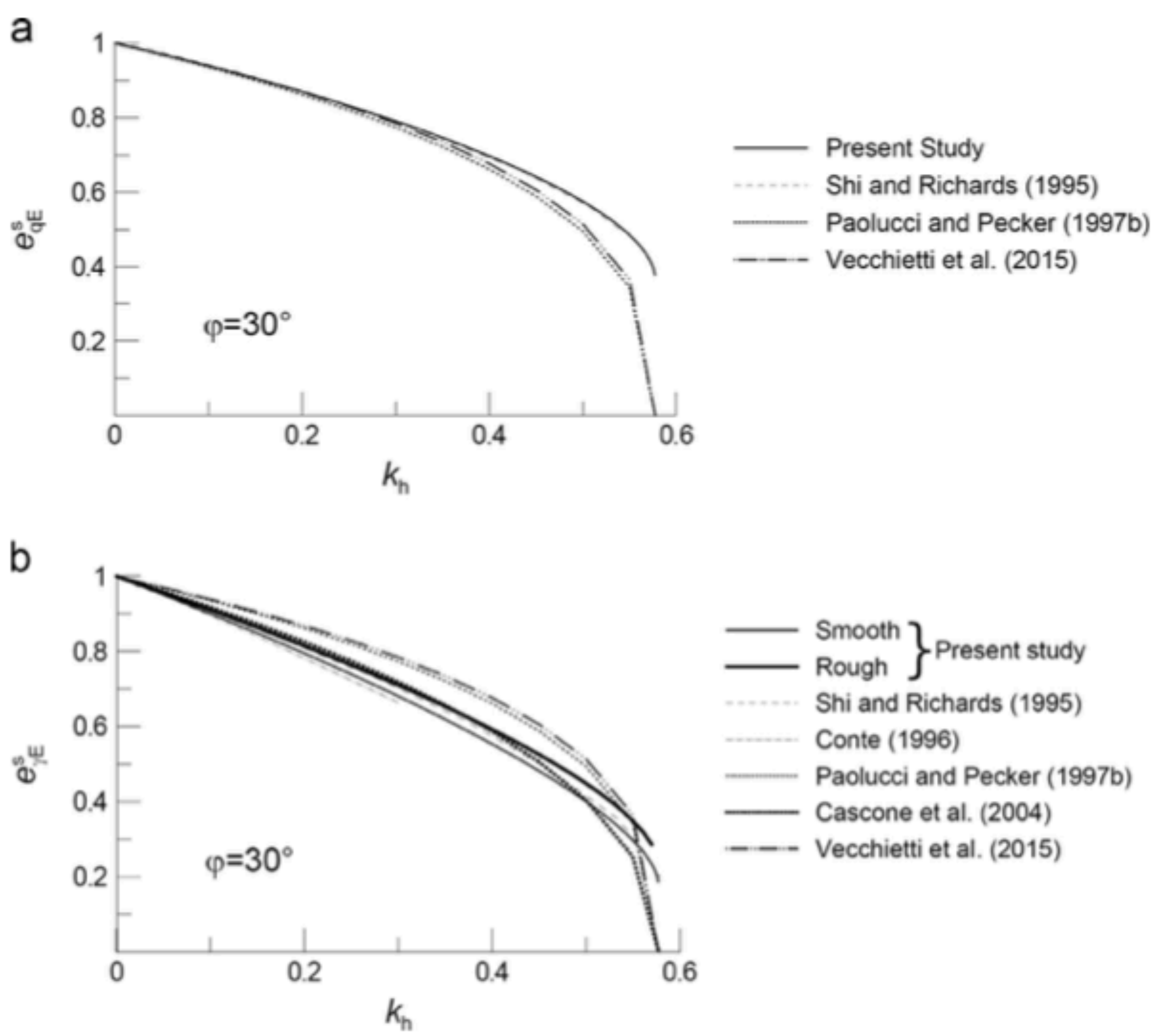
Coefficienti correttivi (espressioni in forma chiusa)

$$e_{jE}^{ss} = \frac{N_{jE}^{ss}}{N_j} = \left(1 - C\frac{k_{hi}}{1-k_{vi}}\cot\varphi\right)^D$$

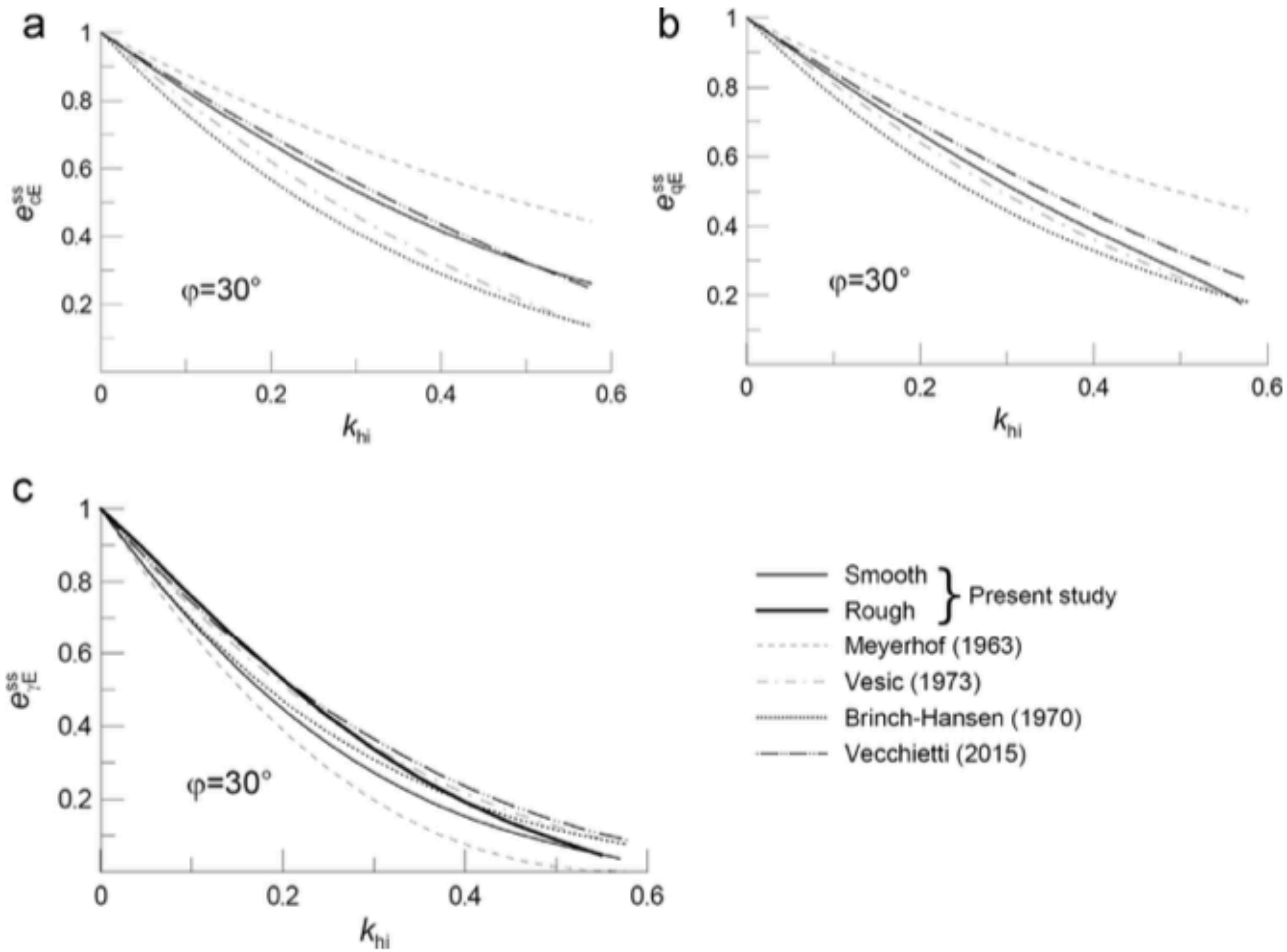
$$D = d_1 \tan^2\varphi + d_2 \tan\varphi + d_3$$

	C	d_1	d_2	d_3
e_{cE}^{ss}	0.4	3.894	2.326	0.019
e_{qE}^{ss}	0.65	1.780	1.727	0.004
$e_{\gamma E}^{ss}$ $(\delta/\varphi=0)$	0.65	3.056	2.683	0.562
$e_{\gamma E}^{ss}$ $(\delta/\varphi=1)$	0.9	2.005	1.452	0.191

Confronto con altre soluzioni



Confronto con altre soluzioni

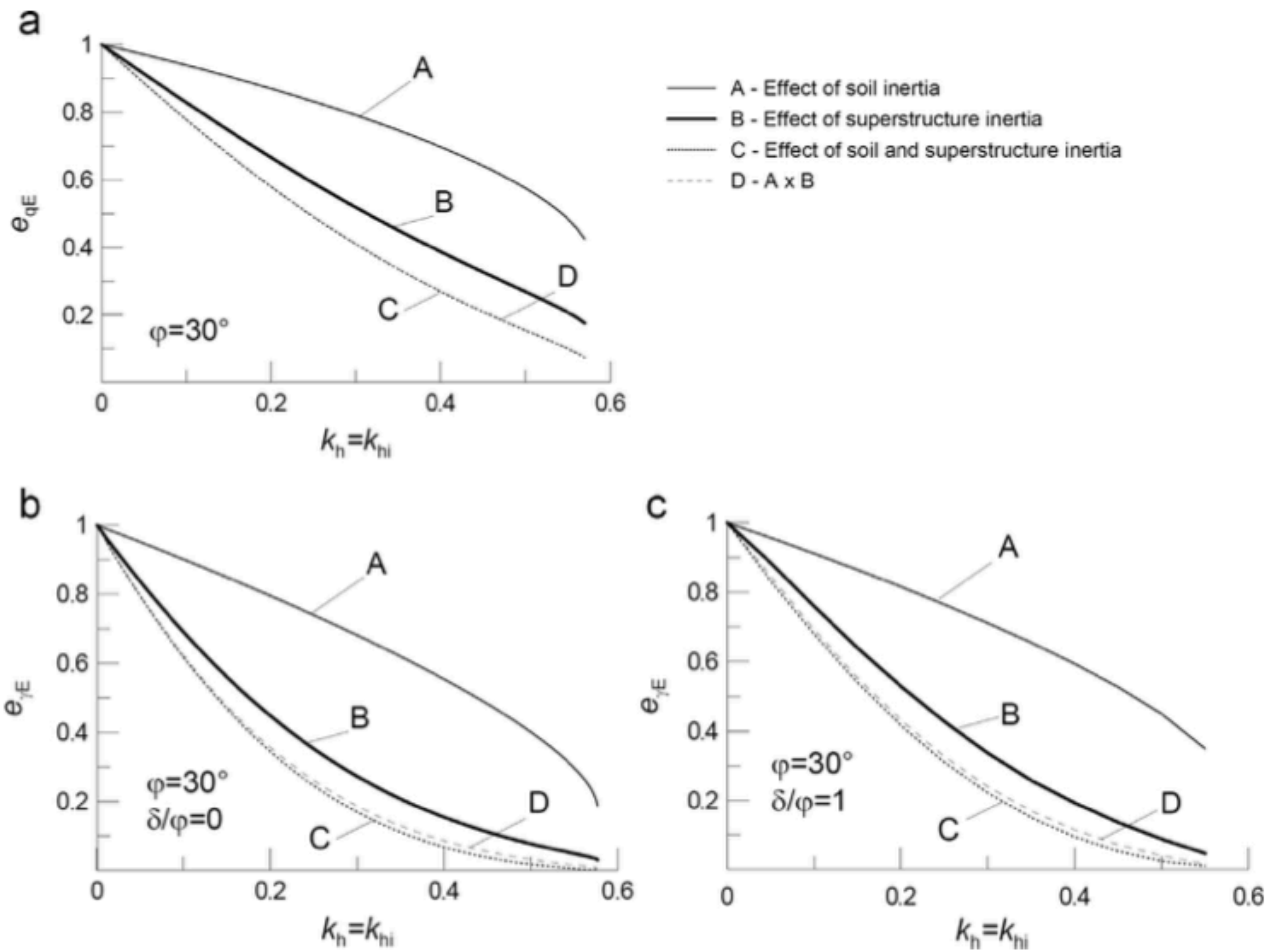


Combinazione degli effetti

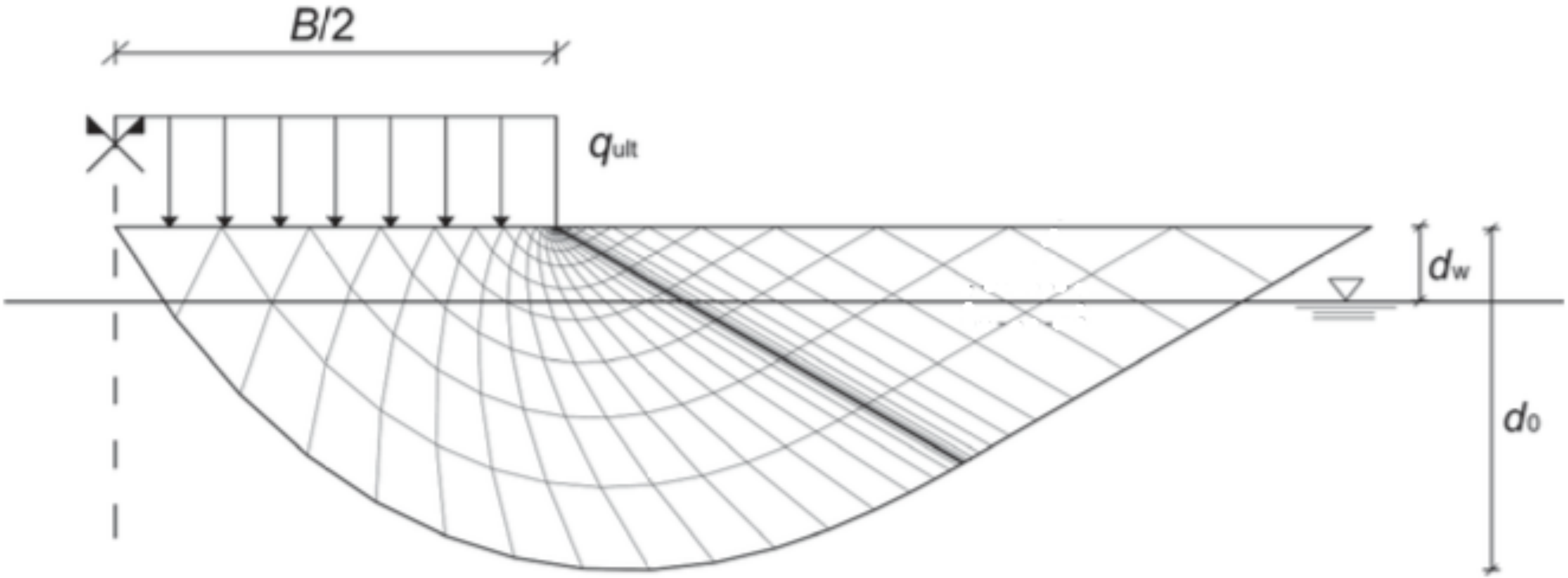
$$N_{cE} = N_c \cdot e^{s}_{cE} \cdot e^{ss}_{cE}$$

$$N_{qE} = N_q \cdot e^{s}_{qE} \cdot e^{ss}_{qE}$$

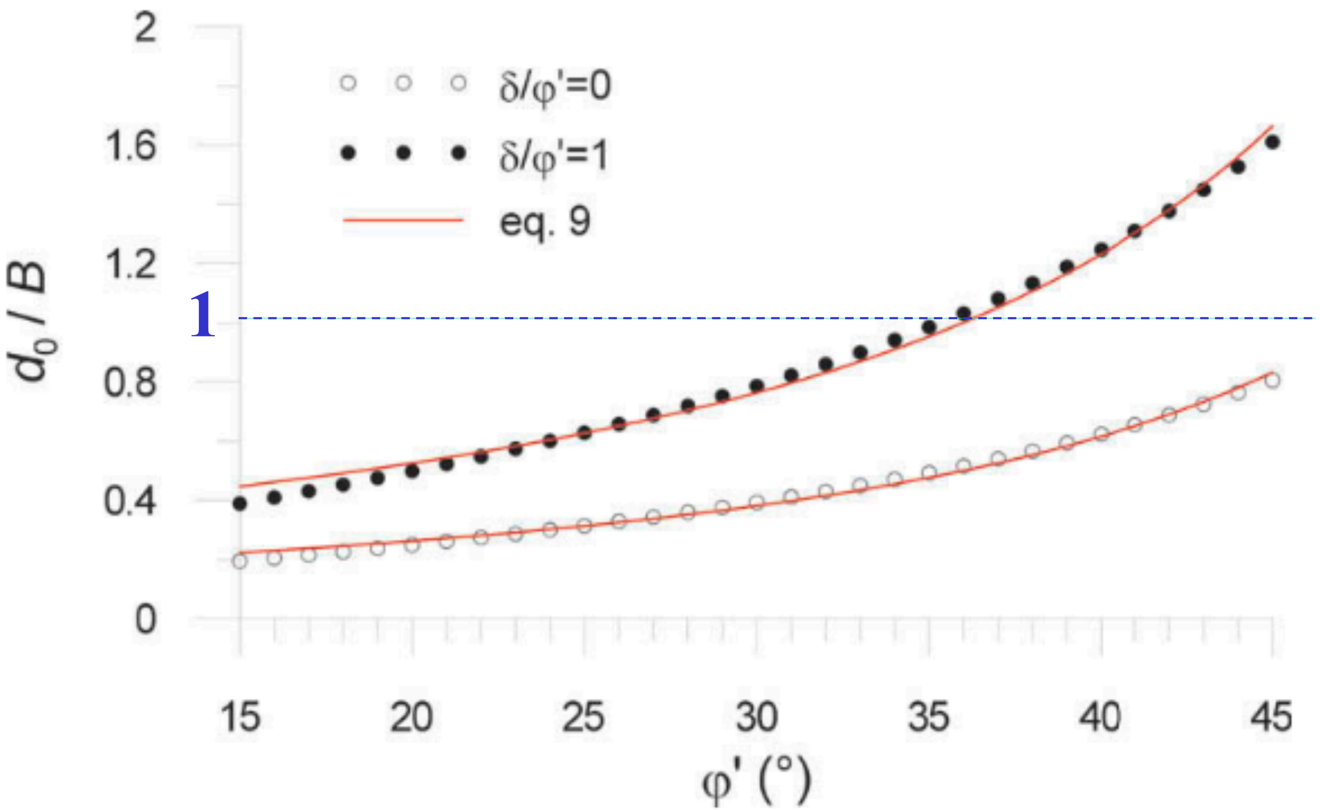
$$N_{\gamma E} = N_\gamma \cdot e^{s}_{\gamma E} \cdot e^{ss}_{\gamma E}$$



INFLUENZA DELLA PROFONDITA' DELLA FALDA
Definizioni di d_0 e d_w



$$\frac{d_0}{B} = a\frac{0.5\cos\varphi'}{\cos(\pi/4+\varphi'/2)}exp[b(\pi/4+\varphi'/2)\tan\varphi']$$



δ = φ

a = 0.408

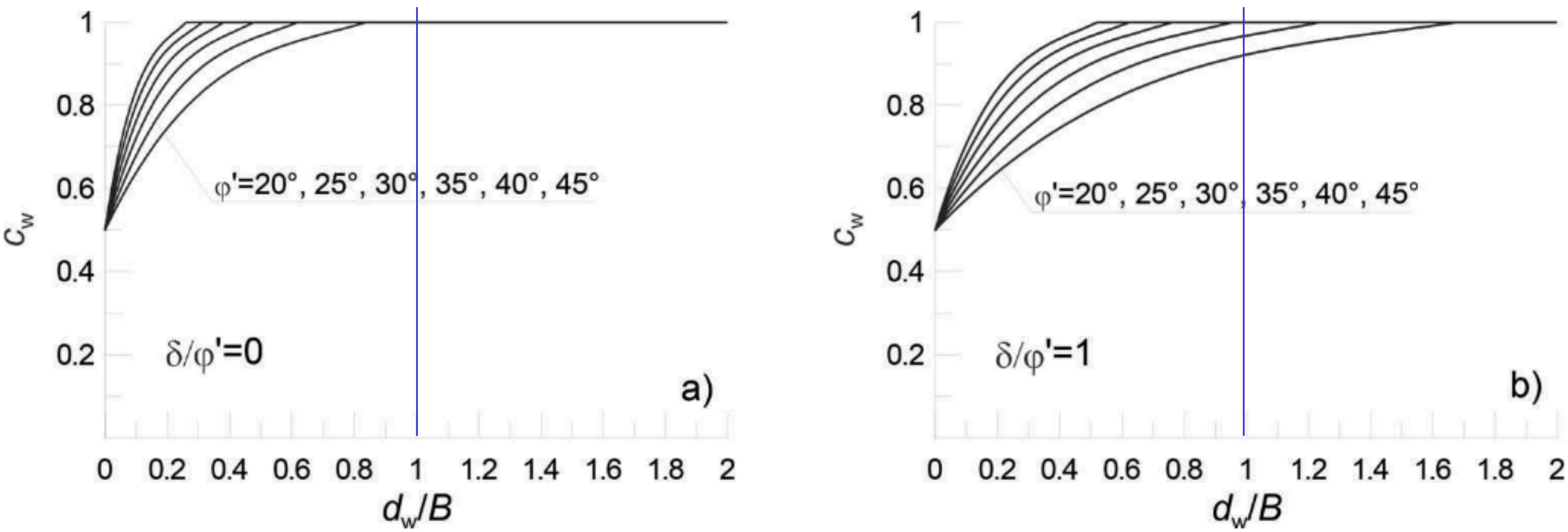
δ = 0

a = 0.204

b = 1.267

INFLUENZA DELLA PROFONDITA' DELLA FALDA
Definizione del coefficiente correttivo c_w

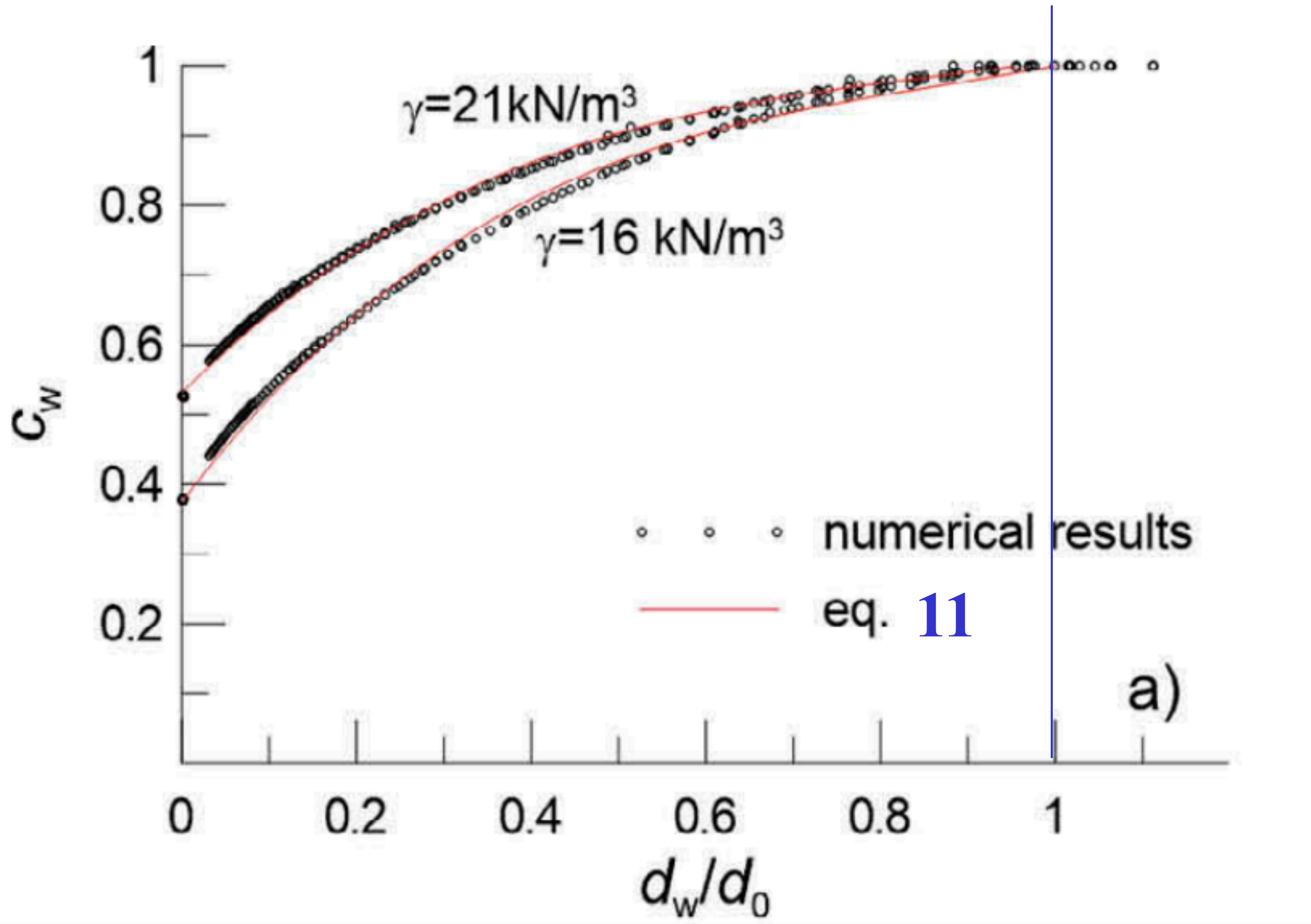
$$c_w = N_{\gamma w}/N_\gamma \qquad q_{ult} = \frac{1}{2} B\gamma N_{\gamma w}$$



$\gamma = 20\ kN/m^3$

INFLUENZA DELLA PROFONDITA' DELLA FALDA

Dipendenza di c_w dal valore di γ



INFLUENZA DELLA PROFONDITA' DELLA FALDA
Definizione del coefficiente correttivo c_w

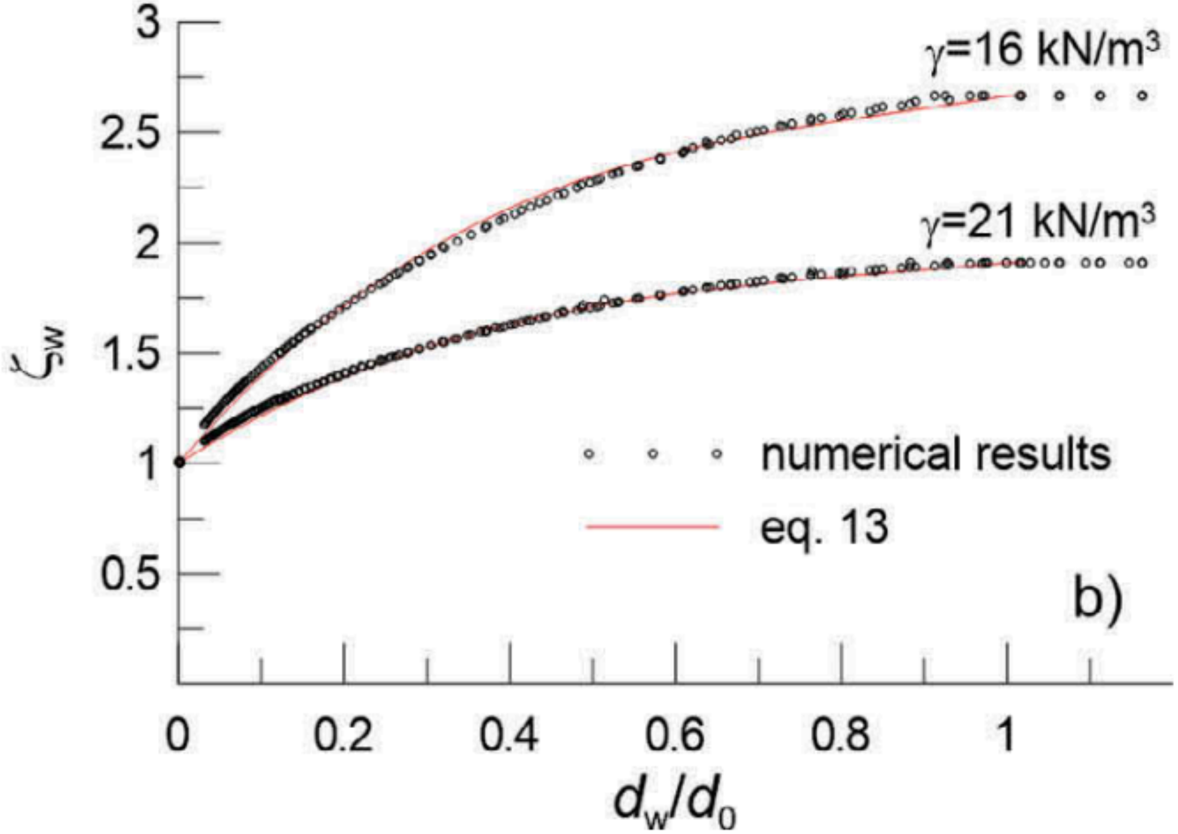
$$c_w = \frac{\gamma'}{\gamma}\left\{1 + \frac{\gamma_w}{\gamma'}\left[A\left(\frac{d_w}{d_0} - \left(\frac{d_w}{d_0}\right)^2\right) + \left(\frac{d_w}{d_0}\right)^3\right]\right\}$$

con A = 2.626

INFLUENZA DELLA PROFONDITA' DELLA FALDA
Coefficiente correttivo ζ_w

$$q_{ult} = \frac{1}{2} B\gamma'\zeta_w N_\gamma$$

$$\zeta_w = \frac{\gamma}{\gamma'} c_w$$



INFLUENZA DELLA PROFONDITA' DELLA FALDA

Definizione del coefficiente correttivo ζ_w

$$\zeta_w = \frac{\gamma}{\gamma'} c_w = 1 + \frac{\gamma_w}{\gamma'} \left[A \left(\frac{d_w}{d_0} - \left(\frac{d_w}{d_0} \right)^2 \right) + \left(\frac{d_w}{d_0} \right)^3 \right]$$

con A = 2.626

$$q_{ult} = c' N_c + q N_q + \frac{1}{2} B \gamma' N_\gamma \zeta_w$$

INFLUENZA DELLA SOVRAPPRESSIONE NEUTRA

Effetto dell'inerzia del terreno e della Δu*

$$\Delta u^* = \frac{\Delta u}{p'_0}$$

Se Δu* è costante, vuol dire che Δu varia con la profondità

Considerando solo la Δu $$\Delta u_f^* = 1 - \frac{1}{FS_0}$$

INFLUENZA DELLA SOVRAPPRESSIONE NEUTRA

Effetto dell'inerzia del terreno e della Δu*

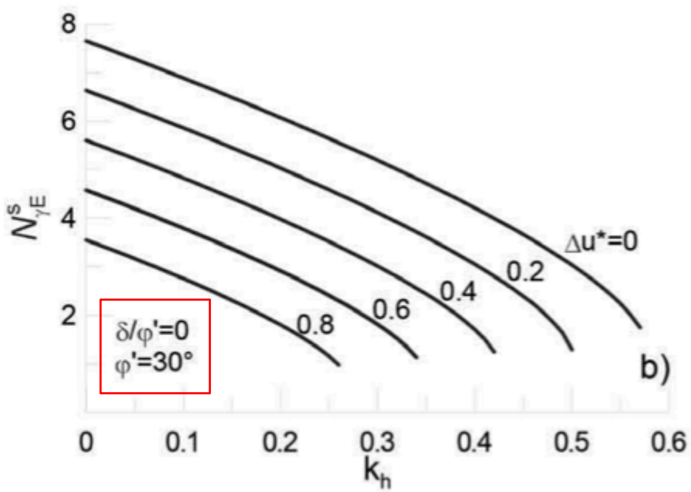
$$\Delta u^{*} = \frac{\Delta u}{p_0'}$$

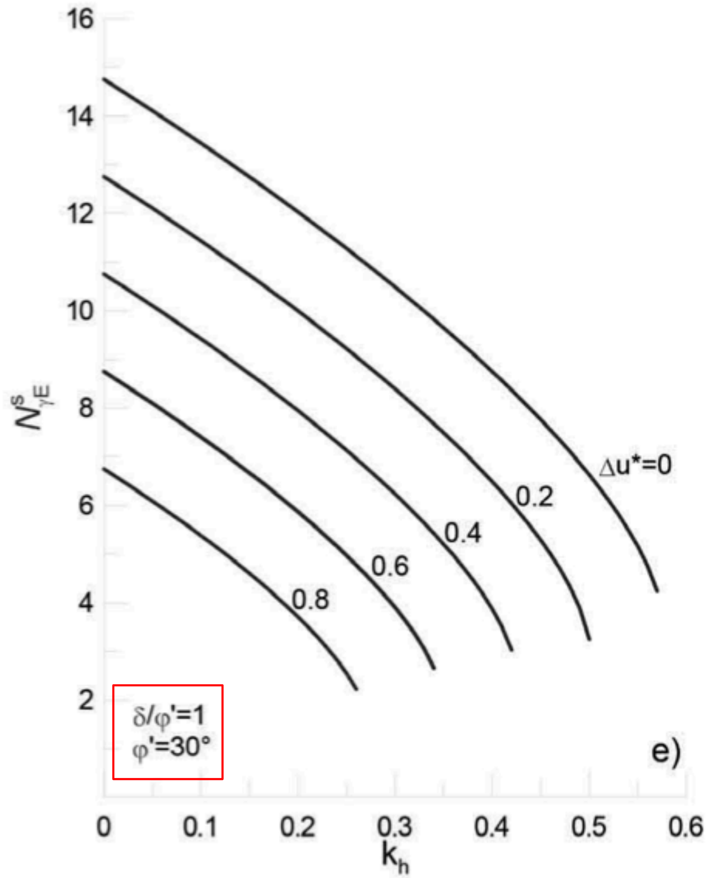
Se Δu* è costante, vuol dire che Δu varia con la profondità

Considerando solo la Δu

$$\Delta u_f^{*} = 1 - \frac{1}{FS_0}$$

INFLUENZA DELLA SOVRAPPRESSIONE NEUTRA
Effetto dell'inerzia del terreno e della Δu*

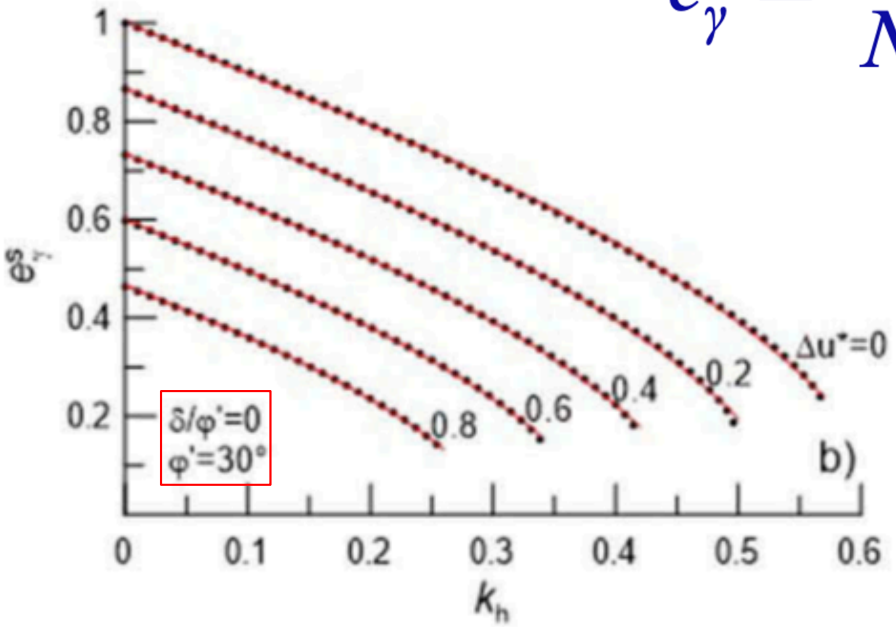


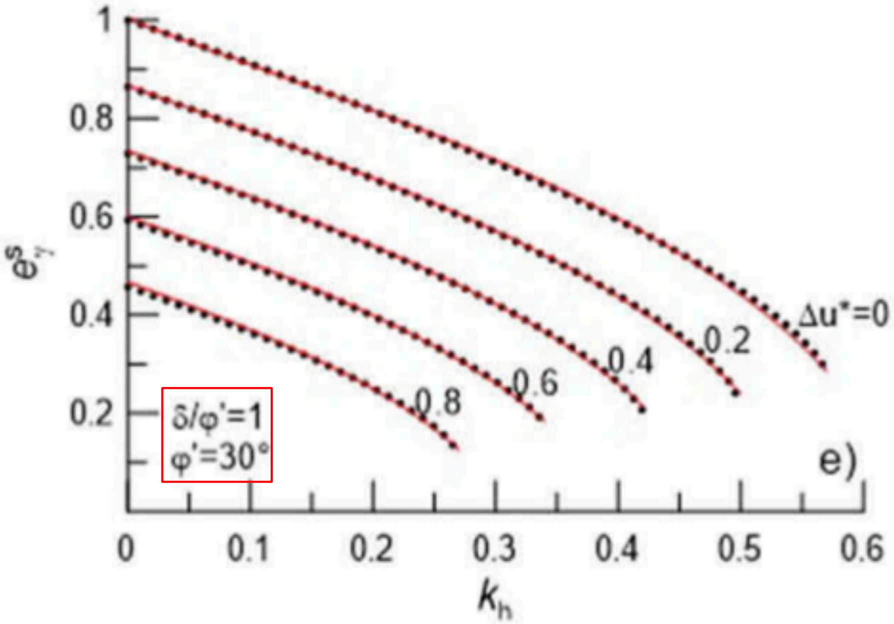


INFLUENZA DELLA SOVRAPPRESSIONE NEUTRA

Effetto dell'inerzia del terreno e della Δu*

$$e_\gamma^s = \frac{N_{\gamma E}^s}{N_\gamma}$$





differenze minime con δ !

INFLUENZA DELLA SOVRAPPRESSIONE NEUTRA

Effetto dell'inerzia del terreno e della Δu*

$$e_\gamma^s = \frac{N_{\gamma E}^s}{N_\gamma} = \left(1 - A\frac{k_h}{1-k_v}\cot\varphi^*\right)^B \sqrt{k_h^2 + (1-k_v)^2}\left[1 - \Delta u^*\left(1 - \frac{2}{3}\sin\varphi'\right)\right]$$

$$\varphi^* = \varphi'\left(1 - r_1 \cdot \Delta u^* \cdot e^{-r_2 \tan\varphi'}\right)$$

in cui A = 0.92; r_1 = 1.193; r_2 = 1.219 e…

$$B = b_1 \tan^2\varphi' + b_2 \tan\varphi' + b_3$$

(δ/φ' = 0)	$b_1 = 0.290$	$b_2 = -0.277$	$b_3 = 0.716$
(δ/φ' = 1)	$b_1 = 0.198$	$b_2 = -0.014$	$b_3 = 0.528$

INFLUENZA DELLA SOVRAPPRESSIONE NEUTRA

Effetto dell'inerzia del terreno, della sovrastruttura e della Δu*

$$N_{\gamma E} = N_\gamma e_\gamma^{s} e_\gamma^{ss}$$

$$e_\gamma^{ss} = \frac{N_{\gamma E}^{ss}}{N_\gamma} = \left(1 - C\,\frac{\eta \cdot k_h}{1 - \eta \cdot k_v}\cot \varphi'\right)^D$$

in cui C = 0.60 o 0.90 se δ = 0 o φ' e…

$$D = d_1 \tan^2\varphi' + d_2 \tan \varphi' + d_3$$

(δ/φ' = 0)	$d_1 = 3.056$	$d_2 = 2.683$	$d_3 = 0.562$
(δ/φ' = 1)	$d_1 = 2.005$	$d_2 = 1.452$	$d_3 = 0.191$

INFLUENZA DELLA SOVRAPPRESSIONE NEUTRA

Effetto dell'inerzia del terreno, della sovrastruttura e della Δu*

in definitiva …

$$q_{\mathrm{ult}} = c' N_{\mathrm{c}} e_{\mathrm{c}}^{\mathrm{ss}} + q N_{\mathrm{q}} e_{\mathrm{q}}^{\mathrm{s}} e_{\mathrm{q}}^{\mathrm{ss}} + \frac{1}{2} B \gamma' N_{\gamma} e_{\gamma}^{\mathrm{s}} e_{\gamma}^{\mathrm{ss}}$$