

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση



Blue Ocean
Copyright Emilio Komodromos

Απόκριση Θεμελιώσεων με Πασσάλους
υπό Οριζόντια Φόρτιση

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Απόκριση Πασσάλων υπό Οριζόντια Φόρτιση

Μενονωμένος
Πάσσαλος

Ομάδα Πασσάλων

☐ Φέρουσα Ικανότητα

Μέθοδος Broms

☐ Υπολογισμός Καμπύλης Απόκρισης

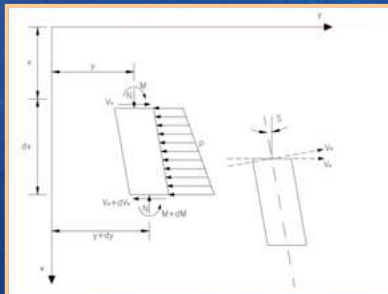
☐ p-v μέθοδος

☐ 3D ανάλυση

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Κατάστροση εξίσωσης δοκού



(Hetenyi 1946)

$$(M+dM) - M + N \cdot dy - V_v \cdot dx = 0 \Rightarrow$$

$$\frac{dM}{dx} + N \frac{dy}{dx} - V_v = 0 \Rightarrow \frac{d^2M}{dx^2} + N \frac{d^2y}{dx^2} - \frac{dV_v}{dx} = 0$$

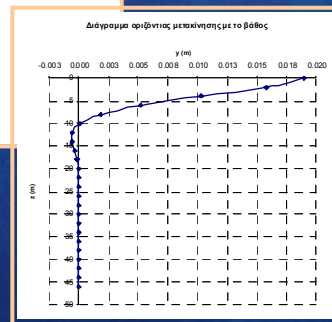
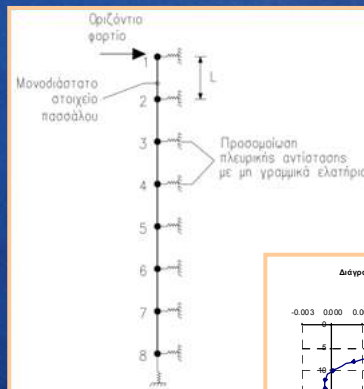
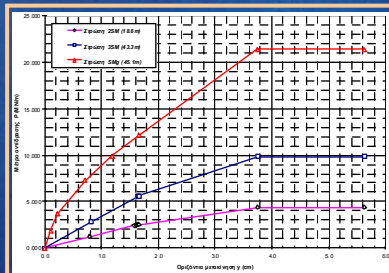
$$M = E_p I_p \frac{d^2y}{dx^2} \Rightarrow \frac{d^2M}{dx^2} = E_p I_p \frac{d^4y}{dx^4}$$

$$p = \frac{dV_v}{dx}, \quad p = E_{py} \cdot y$$

$$E_p I_p \frac{d^4y}{dx^4} + N \frac{d^2y}{dx^2} + E_{py} \cdot y = 0$$

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

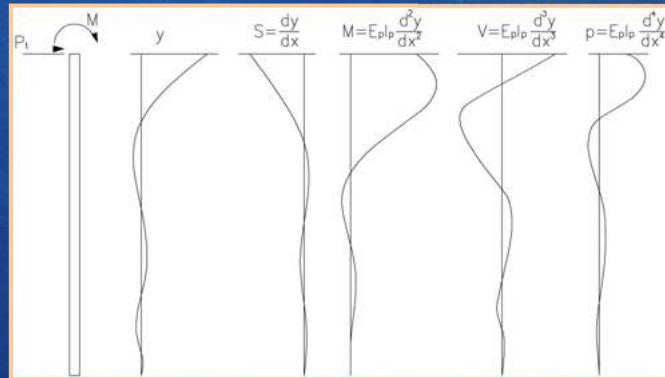
Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Επίλυση εξίσωσης δοκού

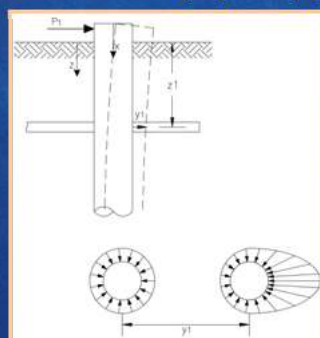


$$E_p I_p \frac{d^4 y}{dx^4} + N \frac{d^2 y}{dx^2} + E_{py} \cdot y = 0$$

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

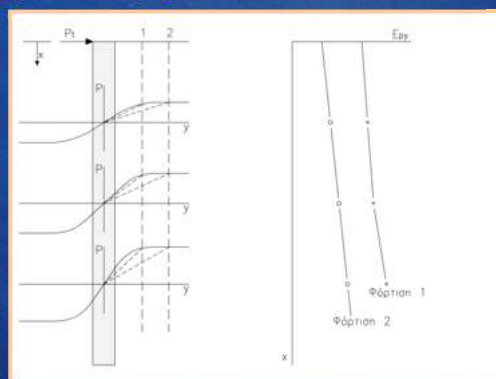
Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Υπολογισμός Καμπύλης Απόκρισης Πασσάλου υπό οριζόντια φόρτιση με τη μέθοδο p-y



$$E_{py} = p/y$$









- E_{py} : Μέτρο αντίδρασης πασσάλου υπό οριζόντια φόρτιση (F/L^2)
- p : Αντίδραση εδάφους (F/L)
- y : Οριζόντια μετακίνηση πασσάλου (L)



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση











Προσδιορισμός καμπυλών $p-y$

- 
Μαλακή Άργιλος
 - Στατική φόρτιση
 - Ανακυκλιζόμενη φόρτιση
- 
Σκληρή Άργιλος
 - Στατική φόρτιση
 - Ανακυκλιζόμενη φόρτιση
- 
Άμμος

- 
Μαλακός βράχος


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Προσδιορισμός Απόκρισης με 3D ανάλυση

- 

Δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου
για το σχεδιασμό θεμελιώσεων σημαντικών έργων
- 

Αντίστροφη Ανάλυση
με βάση τα αποτελέσματα (μετακινήσεις, παραμορφώσεις, φορτία) της δοκιμαστικής φόρτισης
- 

Απόκριση μεμονωμένου πασσάλου
Προσδιορισμός καμπύλης απόκρισης ($P-y$) και κατανομής καμπυλοτήτων ή/και ροπών με το βάθος ($\varphi-z$, $M-z$)
- 

Ενιαία Παρουσίαση (συνέδριο)
- 

Απόκριση ομάδας πασσάλων
Προσδιορισμός καμπύλης απόκρισης ομάδας (συντελεστής μείωσης της δυσκαμψίας της ομάδας, RG) και κατανομής του φορτίου στους χαρακτηριστικούς πασσάλους

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση



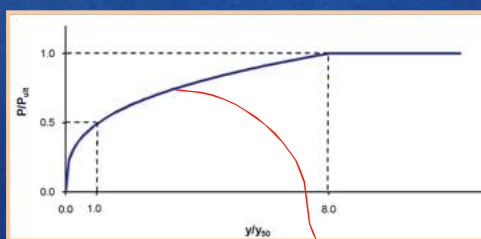
τέλος

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Καμπύλες p-y για Μαλακή Άργιλο

Στατική φόρτιση



• Οριακή πλευρική αντίσταση:

$$p_{ult} = \min(p_{ut}, p_{ud})$$

$$p_{ut} = \left[3 + \frac{\gamma'}{c_u} x + J \frac{x}{D} \right] c_u \cdot D, \quad J = 0.25 \div 0.50$$

$$p_{ud} = 9 \cdot c_u \cdot D$$

• Εξίσωση Καμπύλης :

$$p = 0.5(y/y_{50})^{1/3}, \quad p \leq p_{ult}$$

$$y_{50} = 2.5 \cdot \varepsilon_{50} \cdot D, \quad \varepsilon_{50} = 0,005 \div 0,02$$

	ε_{50}
Μαλακή Άργιλος	0.020
Μέσης Συνεκτικ.	0.010
Σπφρή Άργιλος	0.005

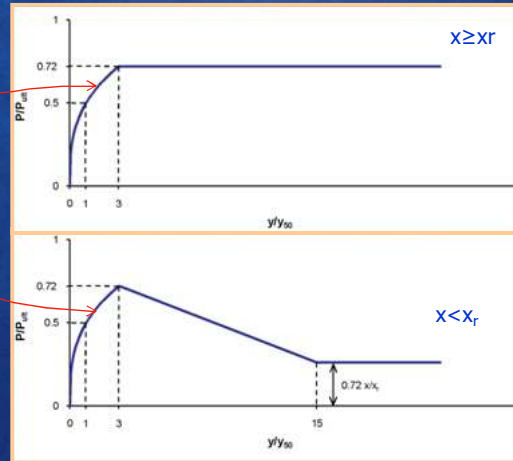
Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Καμπύλες p-y για Μαλακή Άργιλο

Ανακυκλιζόμενη φόρτιση

- Υπολογισμός του κρίσιμου βάθους x_c (όταν $p_{ult} = p_{ult}$)
- Εξίσωση Καμπύλης :
 - για $p \leq 0.72 p_{ult}$ και $y \leq 3y_{50}$: $p = 0.5(y/y_{50})^{1/3}$
 - για $x \geq x_c$ και $y > 3y_{50}$: $p = 0.72 p_{ult}$
 - για $x < x_c$ και $3y_{50} \leq y \leq 15y_{50}$: Ευθύγραμμο τμήμα που ορίζεται από τα σημεία $[3y_{50}, 0.72 p_{ult}]$ και $[15y_{50}, 0.72 p_{ult}(x/x_c)]$
 - για $x < x_c$ και $y > 15y_{50}$: $p = 0.72 p_{ult}(x/x_c)$



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Υπολογισμός καμπύλων P-y σε μαλακή άργιλο

(L. Reese 1997 & D. Wyllie 1999/for Reese, Cox and Koozi, NUMERICAL METHODS IN GEOTECHNICAL ENGINEERING, C.S. Desai and J.T. Christian)

ΔΕΔΟΜΕΝΑ - INPUT DATA	
Διατηρητικό αντοχής S_u (t/m ²)	7
Διάμετρος πασσάλου b (m)	0.80
Βάθος από την επιφάνεια του εδάφους x (m)	3.00
Βιθισμένο φαινόμενο βάρος γ' (t/m ³)	1.95
Παραμόρφωση ϵ_{ult}	0.005
(Μαλακή άργιλος: 0.020, Μέγιστη ανακυκλιζόμενη: 0.020, Στατική: 0.005)	
Συνθήκες φόρτισης (στατική/ανακυκλιζόμενη)	στατική

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ - CALCULATIONS	
Οριακή πλευρική αντοχή P_{ult} (t/m)	31.98
Πλευρική μετατόπιση για $P = P_{ult}/2$, y_{50} (m)	1.00E-02
Βάθος για $P = P_{ult}$, x_c (m)	6.640

ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ - EQUATIONS

- Στατικές συνθήκες φόρτισης
 Η οριακή πλευρική αντοχή της οριζόντιας υπολογίζεται:
 $P_{ult} = \pi b (r_{u1} + r_{u2})$ όπου
 $r_{u1} = (3 + (\gamma' / S_u) x) \cdot (0.5b)^{0.7} \cdot S_u \cdot b$ και $r_{u2} = 9 \cdot S_u \cdot b$
 γ' : βιθισμένο φαινόμενο βάρος (t/m³)
 S_u : διατηρητική αντοχή αργίλου (t/m²)
 b : διάμετρος πασσάλου (m)
 x : βάθος κάτω από την ελεύθερη επιφάνεια του εδάφους (m)
 Υπολογισμός της καμπύλης P-y (2 δεκαδικά ψηφία)

α) Καμπύλο τμήμα: $p = 0.5 \cdot p_{ult} \cdot (y/y_{50})^{1/3}$, $y_{50} = 2.5 \cdot \epsilon_{ult} \cdot b$ για $p \leq P_{ult}$ και
 β) το οριζόντιο τμήμα $p = P_{ult}$

- Συνθήκες ανακυκλιζόμενης φόρτισης
 Υπολογισμός του βάθους, όπου $R = 0.7$
 $x_c = 6 \cdot S_u \cdot b / (\gamma' + 0.5 S_u)$
 Υπολογισμός της καμπύλης P-y

α) Καμπύλο τμήμα: $p = 0.5 \cdot p_{ult} \cdot (y/y_{50})^{1/3}$, για $p \leq 0.72 P_{ult}$ και $y < 3 y_{50}$
 β) Για $x \geq x_c$: Οριζόντιο τμήμα: $p = 0.72 P_{ult}$ για $y > 3 y_{50}$
 Για $x < x_c$: Ευθύγραμμο τμήμα για $3 y_{50} \leq y \leq 15 y_{50}$ που ορίζεται από τα σημεία $(3 y_{50}, 0.72 P_{ult})$ και $(15 y_{50}, 0.72 P_{ult} (x/x_c))$ και οριζόντιο τμήμα: $p = 0.72 P_{ult} (x/x_c)$ για $y > 15 y_{50}$
 Η πλευρική μετατόπιση y_{50} προσαρμόζεται ως εξής: $y_{50} = 2.5 \cdot \epsilon_{ult} \cdot b$

Καμπύλες P-y σε μαλακή άργιλο

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ				
α/α	P (t/m)	y (cm)	Κ (t/m ³)	Παρατηρήσεις
1	0.00	0.00	-	-
2	9.35	0.20	46.8	-
3	15.99	1.00	16.0	$\gamma' y_{50}$
4	23.06	3.00	7.7	$\gamma' y_{50}$
5	31.98	6.00	4.0	p_{ult}
6	31.98	12.00	2.7	p_{ult}

Σχήμα: Στρώση C1 (3m)

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Υπολογισμός καμπύλης P-γ σε μαλακή άργιλο
(L. Reese, 1997 & O. Wyllie, 1999 After Reese, Cox and Koop, NUMERICAL METHODS IN GEOTECHNICAL ENGINEERING, C.S. Desai and J.T. Christian)

ΔΕΔΟΜΕΝΑ - INPUT DATA	
Διαμετρικό ανάστρο S_u (t/m ²)	7
Διάμετρος πασσάλου b (m)	0.80
Βάθος από την επιφάνεια του εδάφους x (m)	3.00
Βυθιζόμενα φαινόμενα δάγκυ v' (t/m ²)	1.95
Παραμόρφωση ϵ_{cu}	0.005
(Μαλακή άργιλος 0.020, Μέσης αντοκότητας 0.010, Στερεή 0.005)	
Συνθήκες φόρτισης (στατική/ανακυκλούμενη)	οριζία

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ - CALCULATIONS	
Οριακή πλευρική αντοχή p_{ul} (t/m)	31.98
Πλευρική μετατόπιση για $P=P_{ul}/2$, y_{50} (m)	1.00E-02
Βάθος για P_{ul} , x_u (m)	6.640

ΕΙΣΙΓΩΓΕΙΣ - EQUATIONS

- Στατικές συνθήκες φόρτισης
 Η οριακή πλευρική αντοχή της άργιλου υπολογίζεται:
 $p_{ul} = \min(p_{ul}, p_{ul})$ όπου
 $p_{ul} = (3 + (v'/S_u) \cdot x + (0.5b/x) \cdot S_u) \cdot b$ και $p_{ul} = 9 \cdot S_u \cdot b$
 v' : βυθιζόμενα φαινόμενα βάρος (t/m²)
 S_u : διαμετρική αντοχή άργιλου (t/m²)
 b : διάμετρος πασσάλου (m)
 x : βάθος κάτω από την ελεύθερη επιφάνεια του εδάφους (m)
 Υπολογισμός της καμπύλης P-γ (2 διακριτά τμήματα):
 α) Καμπύλο τμήμα: $p = 0.5 \cdot p_{ul} \cdot (y/y_{50})^{10}$, $y_{50} = 2.5 \cdot x_u \cdot b$ για $p \leq p_{ul}$ και
 β) το οριζόντιο τμήμα $p = p_{ul}$
 - Συνθήκες ανακυκλούμενης φόρτισης
 Υπολογισμός των βάθους όπου $p = 50 \cdot u$
 $x_u = 6 \cdot S_u \cdot b / (v' + 0.5 \cdot S_u)$
 Υπολογισμός της καμπύλης P-γ:
 α) Καμπύλο τμήμα: $p = 0.5 \cdot p_{ul} \cdot (y/y_{50})^{10}$, για $p \leq 0.72 \cdot p_{ul}$ και $y < 3 \cdot y_{50}$
 β) Για $x < x_u$: Οριζόντιο τμήμα $p = 0.72 \cdot p_{ul}$ για $y > 3 \cdot y_{50}$
 Για $x > x_u$: Ευθύγωνο τμήμα για $3 \cdot y_{50} < y < 15 \cdot y_{50}$ που ορίζεται από τα σημεία ($3 \cdot y_{50}$, $0.72 \cdot p_{ul}$) και ($15 \cdot y_{50}$, $0.72 \cdot p_{ul}$ (t/m)) και οριζόντιο τμήμα: $p = 0.72 \cdot p_{ul}$ (t/m) για $y > 15 \cdot y_{50}$
 Η πλευρική μετατόπιση y_u προσδιορίζεται ως εξής: $y_u = 2.5 \cdot x_u \cdot b$

Καμπύλες P-γ σε μαλακή άργιλο

α/α	P (t/m)	y (cm)	K (t/m ³)	Παρατηρήσεις
1	0.00	0.00		
2	9.35	0.20	40.8	
3	15.99	1.00	16.0	$y = y_{50}$
4	23.58	3.00	7.7	$p = p_{ul}$
5	10.42	15.00	0.7	$y = 15 \cdot y_{50}$
6	10.42	22.50	0.5	$p = 0.72 \cdot p_{ul}$ (t/m)

Σχήμα: Στροφή C1 (3m)

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
 Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Υπολογισμός καμπύλης P-γ σε μαλακή άργιλο
(L. Reese, 1997 & O. Wyllie, 1999 After Reese, Cox and Koop, NUMERICAL METHODS IN GEOTECHNICAL ENGINEERING, C.S. Desai and J.T. Christian)

ΔΕΔΟΜΕΝΑ - INPUT DATA	
Διαμετρικό ανάστρο S_u (t/m ²)	7
Διάμετρος πασσάλου b (m)	0.80
Βάθος από την επιφάνεια του εδάφους x (m)	7.00
Βυθιζόμενα φαινόμενα δάγκυ v' (t/m ²)	1.95
Παραμόρφωση ϵ_{cu}	0.005
(Μαλακή άργιλος 0.020, Μέσης αντοκότητας 0.010, Στερεή 0.005)	
Συνθήκες φόρτισης (στατική/ανακυκλούμενη)	οριζία

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ - CALCULATIONS	
Οριακή πλευρική αντοχή p_{ul} (t/m)	50.40
Πλευρική μετατόπιση για $P=P_{ul}/2$, y_{50} (m)	1.00E-02
Βάθος για P_{ul} , x_u (m)	6.640

ΕΙΣΙΓΩΓΕΙΣ - EQUATIONS

- Στατικές συνθήκες φόρτισης
 Η οριακή πλευρική αντοχή της άργιλου υπολογίζεται:
 $p_{ul} = \min(p_{ul}, p_{ul})$ όπου
 $p_{ul} = (3 + (v'/S_u) \cdot x + (0.5b/x) \cdot S_u) \cdot b$ και $p_{ul} = 9 \cdot S_u \cdot b$
 v' : βυθιζόμενα φαινόμενα βάρος (t/m²)
 S_u : διαμετρική αντοχή άργιλου (t/m²)
 b : διάμετρος πασσάλου (m)
 x : βάθος κάτω από την ελεύθερη επιφάνεια του εδάφους (m)
 Υπολογισμός της καμπύλης P-γ (2 διακριτά τμήματα):
 α) Καμπύλο τμήμα: $p = 0.5 \cdot p_{ul} \cdot (y/y_{50})^{10}$, $y_{50} = 2.5 \cdot x_u \cdot b$ για $p \leq p_{ul}$ και
 β) το οριζόντιο τμήμα $p = p_{ul}$
 - Συνθήκες ανακυκλούμενης φόρτισης
 Υπολογισμός των βάθους όπου $p = 50 \cdot u$
 $x_u = 6 \cdot S_u \cdot b / (v' + 0.5 \cdot S_u)$
 Υπολογισμός της καμπύλης P-γ:
 α) Καμπύλο τμήμα: $p = 0.5 \cdot p_{ul} \cdot (y/y_{50})^{10}$, για $p \leq 0.72 \cdot p_{ul}$ και $y < 3 \cdot y_{50}$
 β) Για $x < x_u$: Οριζόντιο τμήμα $p = 0.72 \cdot p_{ul}$ για $y > 3 \cdot y_{50}$
 Για $x > x_u$: Ευθύγωνο τμήμα για $3 \cdot y_{50} < y < 15 \cdot y_{50}$ που ορίζεται από τα σημεία ($3 \cdot y_{50}$, $0.72 \cdot p_{ul}$) και ($15 \cdot y_{50}$, $0.72 \cdot p_{ul}$ (t/m)) και οριζόντιο τμήμα: $p = 0.72 \cdot p_{ul}$ (t/m) για $y > 15 \cdot y_{50}$
 Η πλευρική μετατόπιση y_u προσδιορίζεται ως εξής: $y_u = 2.5 \cdot x_u \cdot b$

Καμπύλες P-γ σε μαλακή άργιλο

α/α	P (t/m)	y (cm)	K (t/m ³)	Παρατηρήσεις
1	0.00	0.00		
2	14.74	0.20	73.7	
3	25.20	1.00	25.2	$y = y_{50}$
4	36.34	3.00	12.1	$y = 3 \cdot y_{50}$
5	36.29	15.00	2.4	$y = 15 \cdot y_{50}$
6	36.29	22.50	1.6	$p = 0.72 \cdot p_{ul}$

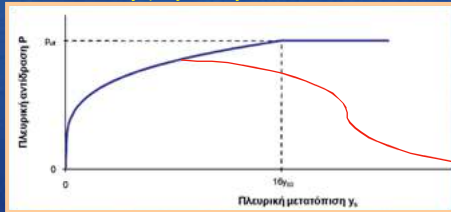
Σχήμα: Στροφή C1 (7m)

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
 Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Καμπύλες p-y για Σκληρή Άργιλο

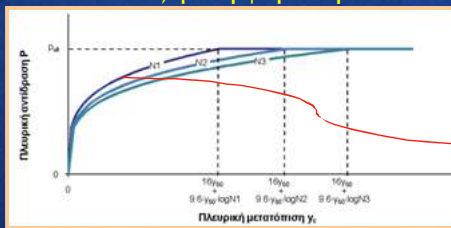
Στατική φόρτιση



- Οριακή πλευρική αντίσταση:
 $p_{ult} = \min(p_{ut}, p_{ud})$

• Εξίσωση Καμπύλης:
 $p = 0.5(y/y_{50})^{1/4}, y \leq 16y_{50}$
 $y_{50} = 2.5 \cdot \varepsilon_{50} \cdot D, \varepsilon_{50} = 0,005 \div 0,02$

Ανακυκλιζόμενη φόρτιση



• Εξίσωση Καμπύλης:
 $p = 0.5(y/y_{50})^{1/4}, y \leq 16y_{50}$
 $y_c = y_s + y_{50} \cdot C \cdot \log N, C = 9.6 \cdot (p/p_{ult})^4$

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
 Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Υπολογισμός καμπύλων P-y σε σκληρή άργιλο
(After Reese, Cox and Koop, NUMERICAL METHODS IN GEOTECHNICAL ENGINEERING, C.S. Desai and J.T. Christian)

ΔΕΔΟΜΕΝΑ - INPUT DATA	
Διατηρητική αντοχή S_u (t/m^2)	16.00
Διαμέτρος πασσάλου b (m)	1.00
Βάθος από την επιφάνεια του εδάφους z (m)	15.00
Βιβαλιμένο φαινόμενο έδαφους γ' (t/m^3)	1.10
Παραμόρφωση ε_{50}	0.005
(Μαλακή άριστη: 0.020, Μέση αντοκέντητος: 0.010, Σκληρή: 0.005)	
Συνθήκες φόρτισης (στατική/ανακυκλιζόμενη)	στατική
Αριθμός κύκλων φόρτισης N (ανάμεσα φόρτιση)	0

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ - CALCULATIONS	
Οριακή πλευρική αντοχή p_{ult} (t/m)	144.00
Πλευρική μετατόπιση για $P=0.5 \cdot p_{ult}$ y_{50} (m)	0.013

ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ - EQUATIONS

- Στατική ανθήκης φόρτισης
 Η οριακή πλευρική αντίδραση της άργιλου υπολογίζεται:
 $p_u = \min(p_{ut}, p_{ud})$ όπου:
 $p_{ut} = (3 + (\gamma' S_u) z + (0.5b) \gamma') \cdot S_u \cdot b$ και $p_{ud} = 9 \cdot S_u \cdot b^2$
 γ' : βιβαλιμένο φαινόμενο βάρος (t/m^3)
 S_u : διατηρητική αντοχή άργιλου (t/m^2)
 b : διαμέτρος πασσάλου (m)
 z : βάθος κάτω από την ελεύθερη επιφάνεια του εδάφους (m)
 Υπολογισμός της καμπύλης $P-y$ (2 διαστάσιμη τριανταία):
 α) Καμπύλο τμήμα: $p = 0.5 \cdot p_{ult} \cdot (y/y_{50})^{1/4}$, $y_{50} = 2.5 \cdot \varepsilon_{50} \cdot b$ για $y \leq 16y_{50}$ και
 β) το οριζόντιο τμήμα $p = p_{ult}$
 - Συνθήκες ανακυκλιζόμενης φόρτισης
 Υπολογισμός της καμπύλης $P-y$
 α) Καμπύλο τμήμα $p-y$: $p = 0.5 \cdot p_{ult} \cdot (y/y_{50})^{1/4}$ για $y \leq 16y_{50}$
 $y_c = y_s + y_{50} \cdot C \cdot \log N$, $C = 9.6 \cdot (p/p_{ult})^4$
 N : πλευρική μετατόπιση υπό στατική φόρτιση
 y_s : πλευρική μετατόπιση υπό ανακυκλιζόμενη φόρτιση για N κύκλους φόρτισης
 β) το οριζόντιο τμήμα $p = p_{ult}$

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ				
α/α	P (t/m)	y (cm)	K (t/m ³)	Παρατήρησης
1	0.0	0.00	-	-
2	70.5	1.15	61.3	-
3	83.9	2.30	26.5	-
4	90.2	3.08	29.3	-
5	144.0	20.00	7.2	$(P/P_{ult}) \cdot y^{16/y_{50}}$
6	144.0	30.00	4.8	p_{ult}

Σχήμα: Στρώση C2 (15m)

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
 Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Υπολογισμός καμπύλων P-γ σε σκληρή άργιλο
(After Reese, Cox and Koop, NUMERICAL METHODS IN GEOTECHNICAL ENGINEERING, C.S. Desai and J.T. Christian)

ΔΕΔΟΜΕΝΑ - INPUT DATA	
Διαμετρική αντοχή S_u (t/m ²)	16.00
Διάμετρος πασσάλου b (m)	1.00
Βάθος από την επιφάνεια του εδάφους κ (m)	15.00
Βιθόμενα φαινόμενα βάθος γ' (t/m ³)	1.10
Παράφραση C_{α} (Μαλακή άργιλος: 0.020, Μέσης αντοκότητας: 0.050, Σκληρή: 0.080)	0.005
Συνθήκες φόρτισης (στατική/ανακυκλιζόμενη)	οριζική
Αριθμός κύκλων φόρτισης N (στατική φόρτιση)	6

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ - CALCULATIONS	
Οριακή πλευρική αντίσραση P_{ult} (t/m)	144.00
Πλευρική μετατόπιση για $P=P_{ult}/2$, γ_{ho} (cm)	0.073

ΕΙΣΙΔΕΙΞΕΙΣ - EQUATIONS

- Στατικές συνθήκες φόρτισης
 Η οριακή πλευρική αντίσραση της άργιλου υπολογίζεται:
 $P_u = \pi b (r_{su} + r_{su})$ όπου
 $r_{su} = [3 + (V/S_u)^2 + (0.5b)^2] \cdot S_u \cdot b$ και $r_{su} = 9 \cdot S_u \cdot b$
 γ : βιθόμενα φαινόμενα βάθος (t/m³)
 S_u : διαμετρική αντοχή άργιλου (t/m²)
 b : διάμετρος πασσάλου (m)
 κ : βάθος κάτω από την ελεύθερη επιφάνεια του εδάφους (m)
 Υπολογισμός της καμπύλης P-γ (2 διακριτά τμήματα):
 α) Καμπύλο τμήμα: $p = 0.5^* r_{su} (\gamma/\gamma_{ho})^{1.5}$, $\gamma_{ho} = 2.5^* \gamma_{ho}$ για $\gamma \leq 15^* \gamma_{ho}$ και
 β) το οριζόντιο τμήμα $p = P_u$
 - Συνθήκες ανακυκλιζόμενης φόρτισης
 Υπολογισμός της καμπύλης P-γ:
 α) Καμπύλο τμήμα p-γ: $p = 0.5^* r_{su} (\gamma/\gamma_{ho})^{1.5}$ για $\gamma \leq 15^* \gamma_{ho}$
 $\gamma_{ho} = \gamma_{ho} \cdot C \cdot \log N$, $C = 0.6^* (r_{su})^2$
 γ_{ho} : πλευρική μετατόπιση υπό στατική φόρτιση
 γ_{ho} : πλευρική μετατόπιση υπό ανακυκλιζόμενη φόρτιση για N κύκλους φόρτισης
 β) το οριζόντιο τμήμα $p = P_u$

α/α	P (t/m)	γ (cm)	K (t/m ³)	Παρατηρήσεις
1	0.0	0.00	-	-
2	70.5	1.15	61.3	-
3	83.9	3.37	24.9	-
4	90.2	4.51	20.0	-
5	144.0	29.24	4.9	$p = P_u$, $\gamma = 15^* \gamma_{ho}$
6	144.0	44.01	3.3	P_u

Σχήμα: Στρώση C2 (15m)

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
 Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Καμπύλες p-γ για Άμμο

- Οριακή πλευρική αντίσραση:

$$P_{ult} = A_s \cdot p_c \quad \text{ή} \quad P_{ult} = A_c \cdot p_c$$

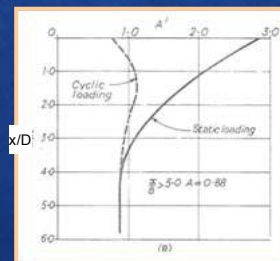
- Για $x < x_t$:

$$p_{ct} = \gamma \cdot x \left[\frac{K_o \cdot x \cdot \tan \phi \cdot \tan \beta}{\tan(\beta - \phi) \cdot \cos \alpha} + \frac{\tan \beta}{\tan(\beta - \phi)} (D + x \cdot \tan \beta \cdot \tan \alpha) + K_o \cdot x \cdot \tan \beta (\tan \phi \cdot \tan \beta - \tan \alpha) - K_o \cdot D \right]$$

- Για $x \geq x_t$:

$$p_{cd} = K_o \cdot D \cdot \gamma \cdot x \cdot (\tan^8 \beta - 1) + K_o \cdot D \cdot \gamma \cdot x \cdot \tan \phi \cdot \tan^4 \beta$$

- Συντελεστές A_s , A_c :



α	$\phi/2$
β	$45 + \phi/2$

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
 Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Καμπύλες p-y για Άμμο

• Εξίσωση Καμπύλης :

- για $y \geq y_u = 3D/80$:

$$p = p_{ult} = A \cdot p_c$$

- για $y_u > y \geq y_m = D/60$:

Ευθύγραμμο τμήμα κλίσης m που ορίζεται από τα σημεία $(y_m, B \cdot p_c)$ και (y_u, p_{ult})

- για $y_m > y \geq y_k = (C/k \cdot x)^{n(n-1)}$:

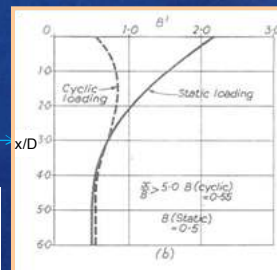
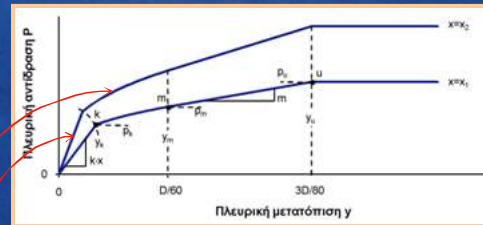
$$p = C \cdot y^{1/n}$$

$$n = \frac{p_m}{m \cdot y_m}, \quad C = \frac{p_m}{y_m^{1/n}}$$

- για $y < y_k$:

$$p = k \cdot x \cdot y$$

Σχετική Πυκνότητα	k (kPa)
Χαλαρή Άμμος	5500
Μέσης Πυκνότητας	16000
Πυκνή	34000



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Υπολογισμός καμπυλών P-y σε άμμο

(L. Reese, 1987 & D. Wyllie, 1994)for Reese, Cox and Topper, NUMERICAL METHODS IN GEOTECHNICAL ENGINEERING, C.S. Desai and J.T. Christian)

ΔΕΔΟΜΕΝΑ - INPUT DATA	
Γενικό βάθος α (m)	30.00
Διάμετρος πασσάλου B (m)	1.00
Βάθος από την επιφάνεια του εδάφους x (m)	4.00
Βυθαιμένο αναλογικό βάθος γ' (1/m ³)	0.95
Βάθος για P _m =P _{ult} x _k (m)	11.82
Συντελεστής k	17000
Συντελεστής φέρτησης (στατική/αναλογική)	0.50

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ - CALCULATIONS	
σ _{eq} /2	14.00
p ₁₄₅ =σ _{eq} /2	59.00
z ₁ =z _{σ_{eq}}	0.53
K ₁ =tan ² (45+φ ₁ /2)	0.28
Οριζική πλευρική αντίδραση p ₁ (1/m)	48.02
Αδιάστατος συντελεστής A' για αποτίμηση της οριζικής πλευρικής αντίδρασης με το βάθος	0.68
Αδιάστατος συντελεστής B' για αποτίμηση της πλευρικής αντίδρασης με το βάθος	0.57
Πλευρική μετατόπιση για p ₁ , y ₁ (m)	0.0375

ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ - EQUATIONS

Η οριζική πλευρική αντίδραση της αμμοειδούς υποστήριξης

Οριζική πλευρική αντίδραση κοντά στην επιφάνεια του εδάφους (y < y_k)

$$p_{145} = \frac{K_1 \cdot \tan^2(\frac{\phi_1}{2}) \cdot \tan^2(\frac{\phi_1}{2}) \cdot \sigma_{eq}}{1 + \tan^2(\frac{\phi_1}{2})} + K_2 \cdot \tan^2(\frac{\phi_1}{2}) \cdot \sigma_{eq} - \tan^2(\frac{\phi_1}{2}) \cdot \sigma_{eq}$$

Οριζική πλευρική αντίδραση σε μεγάλο βάθος (y > y_k)

$$p_{145} = \frac{K_1 \cdot \tan^2(\frac{\phi_1}{2}) \cdot \sigma_{eq}}{1 + \tan^2(\frac{\phi_1}{2})} + K_2 \cdot \tan^2(\frac{\phi_1}{2}) \cdot \sigma_{eq} - \tan^2(\frac{\phi_1}{2}) \cdot \sigma_{eq}$$

Οριζική πλευρική αντίδραση μετά την αποτίμηση με το βάθος p_m=A'·p₁

Υπολογισμός της καμπύλης P-y (4.4. δασκαλιό τμήματα)

α) Ευθύγραμμο τμήμα: $p = k \cdot x \cdot y$, $y \leq y_k$, όπου $y_k = (C/k)^{1/n}$

$C = p_m \cdot y_m^n$

$p_m = B' \cdot p_c$

$y_m = 3D/80$

μακρά ήμμος n=5500, μέση πυκνότητας n=17000, πυκνή n=3500

β) Παραβολικό τμήμα: $p = C \cdot y^{1/n}$, $y_k \leq y \leq y_m$

γ) Ευθύγραμμο τμήμα κλίσης m για $y_m \leq y \leq y_u$

δ) Οριζόντιο τμήμα $p = A \cdot p_c$, $y \geq y_u$

Αδιάστατος συντελεστής B για τον υπολογισμό της πλευρικής αντίδρασης με το βάθος

α/α	P (kN)	γ (cm)	K (kN/m ³)	Παρατηρήσεις
1	0.00	0.00		
2	4.35	0.06	69.0	
3	8.70	0.13	69.0	γ _k
4	17.78	0.64	27.8	
5	23.09	1.15	20.0	
6	27.19	1.87	16.3	γ _m
7	42.28	3.75	11.3	γ _u
8	42.28	5.63	7.5	

Σχήμα: Στρώση S2 (4m)

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Καμπύλες p-y για Μαλακό Βράχο

• Οριακή πλευρική αντίσταση:

- Για $0 \leq x_r \leq 3D$: $p_{ult} = \alpha_r \cdot \sigma_c \cdot D \left(1 + 1.4 \frac{x_r}{D} \right)$

- Για $x_r > 3D$: $p_{ult} = 5.2 \cdot \alpha_r \cdot \sigma_c \cdot D$

• Κλίση του αρχικού τμήματος της καμπύλης P-y: $E'_{mi} = k_i \cdot E_{mi}$

- Για $0 \leq x_r \leq 3D$: $k_i = \left(100 + \frac{400 \cdot x_r}{3 \cdot D} \right)$

- Για $x_r > 3D$: $k_i = 500$

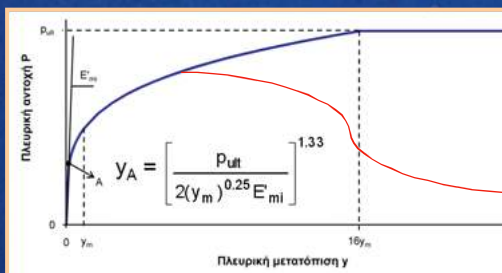
• Εξίσωση Καμπύλης :

- για $y < y_A$: $p = E'_{mi} \cdot y$

- για $y \geq y_A$ και $p \leq p_{ult}$: $p = (p_{ult}/2) \cdot (y/y_m)^{0.25}$

$y_m = k_m \cdot D$, $k_m = 5 \cdot 10^{-5} \div 5 \cdot 10^{-4}$

- $p = p_{ult}$



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Υπολογισμός καμπυλών P-y σε βραχομάζα
(L. Reese, 1997 & D. Wylie, 1999)

ΔΕΔΟΜΕΝΑ - INPUT DATA	
Μοναζονική θλιπτική αντοχή βράχου σ_c (MPa)	65
Βαθ. (%)	45
Διάμετρος πασσάλου D (m)	0.80
Βάθος από την επιφάνεια του βράχου x_r (m)	4.9
Αρχικό Μέτρο Ελαστικότητας Βραχομάζας E_m (MPa)	2,000
Σταθερά k_m ($5 \times 10^{-5} - 5 \times 10^{-4}$)	0.0005

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ - CALCULATIONS	
Οριακή πλευρική αντοχή βραχομάζας P_{ult} (kN/m)	188.674
Μειωτικός συντελεστής αποτίμησης της συμπίεσης α_r	0.70
Αδιάστατο Σταθερό k_i	500
Μεταβλητό Μέτρο Ελαστικότητας E'_{mi} (kPa)	1,000,000
Πλευρική μετατόπιση y_m (m) για τριές γ_m & P_{ult}	0.0004
Πλευρική μετατόπιση στο τέλος του αρχικού γραμμικού τμήματος της καμπύλης (Σταθερά γ_A) (m)	5.85E-05

ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ - EQUATIONS

Η οριακή πλευρική αντοχή της βραχομάζας υπολογίζεται:

$p_{ult} = \alpha_r \cdot \sigma_c \cdot D \cdot (1 + 1.4x_r/D)$ για $0 \leq x_r \leq 3D$, και $p_{ult} = 5.2 \cdot \alpha_r \cdot \sigma_c \cdot D$ για $x_r > 3D$

α. μετωπικός συντελεστής αποτίμησης βραχών συμπίεσης α_r , μοναζονική θλιπτική αντοχή βράχου (MPa)
 β. διάμετρος πασσάλου D
 γ. βάθος από την επιφάνεια του βράχου x_r
 κλίση του αρχικού τμήματος της καμπύλης P-y σε βάθος $E'_{mi} = k_i \cdot E_{mi}$
 $k_i = [100 + (400 \cdot x_r / 3D)]$ για $0 \leq x_r \leq 3D$ ή $k_i = 500$ για $x_r > 3D$
 όπου, k_i = οδίσταστο σταθερό

Υπολογισμός της καμπύλης P-y σε βάθος z (δρακατά τμήματα):

α) Αρχικό ευθύγραμμο τμήμα της καμπύλης: $p = E'_{mi} \cdot y$ για $y < y_A$
 β) Καμπύλο τμήμα: $p = (p_{ult}/2) \cdot (y/y_m)^{0.25}$ για $y \geq y_A$ και $p \leq p_{ult}$ και $p = p_{ult}$ για $y > y_m$
 όπου: $y_m = k_m \cdot D$
 γ) το οριζόντιο τμήμα $p = p_{ult}$

(ημ. σταθερά κυματότητα από $5 \cdot 10^{-5}$ έως $5 \cdot 10^{-4}$)

Το σημείο καμπής που καθορίζει το όριο του αρχικού γραμμικού τμήματος της καμπύλης που ακολουθεί, προσδιορίζεται ως εξής: $y_A = \frac{p_{ult}}{2 \cdot (E'_{mi})^{0.25} \cdot E_{mi}}$

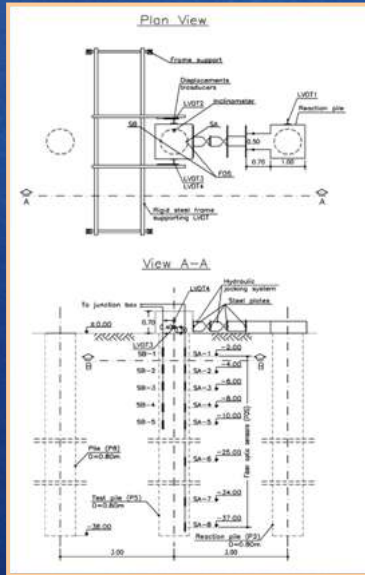
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΑΤΙΚΗΣ & ΔΙΑΚΡΑΦΙΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ			
α/α	P (kN)	y (cm)	Παρατήρησης
1	0	0.000	-
2	5.853	0.000	-
3	8.217	0.000	-
4	9.244	0.040	-
5	13.355	0.160	-
6	15.361	0.280	-
7	16.794	0.400	-
8	17.932	0.520	-
9	18.887	0.640	P_{ult}
10	18.887	0.960	P_{ult}

Σχήμα: Στρώση Δ (4m)

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Δοκιμαστική Φόρτιση Πασσάλου



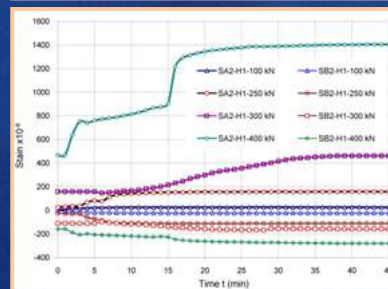
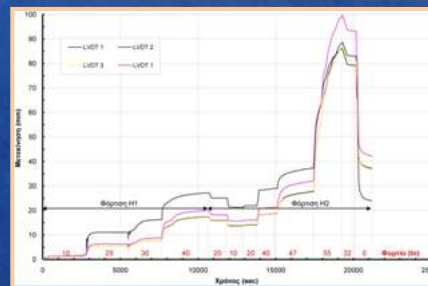
- Διάταξη δοκιμαστικής φόρτισης
- Ενοργάνωση
 - οπτικές ίνες
 - αποκλισιόμετρο
 - μηχανισιόμετρα
 - load cell
- Βήματα φόρτισης

(H1): 0 → 0.10 → 0.25 → 0.30 → 0.40 → 0.20 → 0.10 MN
 (H2): 0.10 → 0.20 → 0.40 → 0.47 → 0.60 → 0.32 → 0 MN

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
 Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

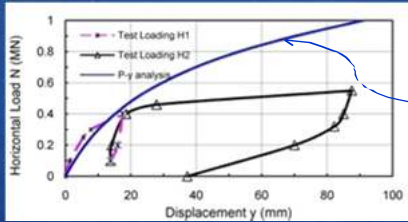
Αποτελέσματα δοκιμαστικής φόρτισης



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
 Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

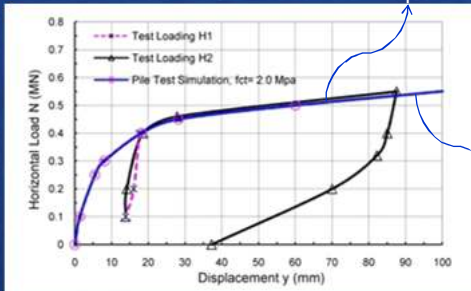
Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Αντίστροφη Ανάλυση

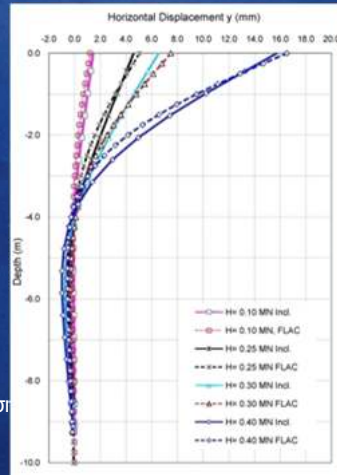


Μέθοδος p-y

Δοκιμαστική φόρτιση

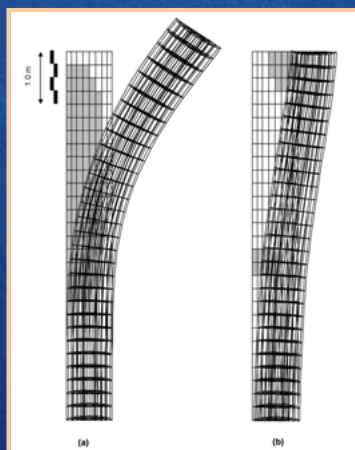


Αριθμητική ανάλυση



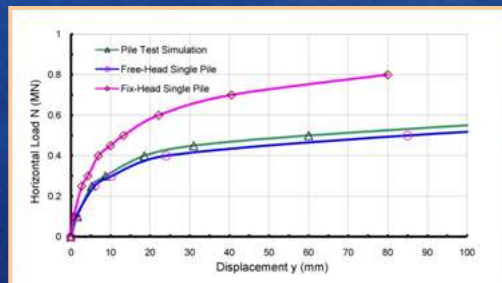
Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση



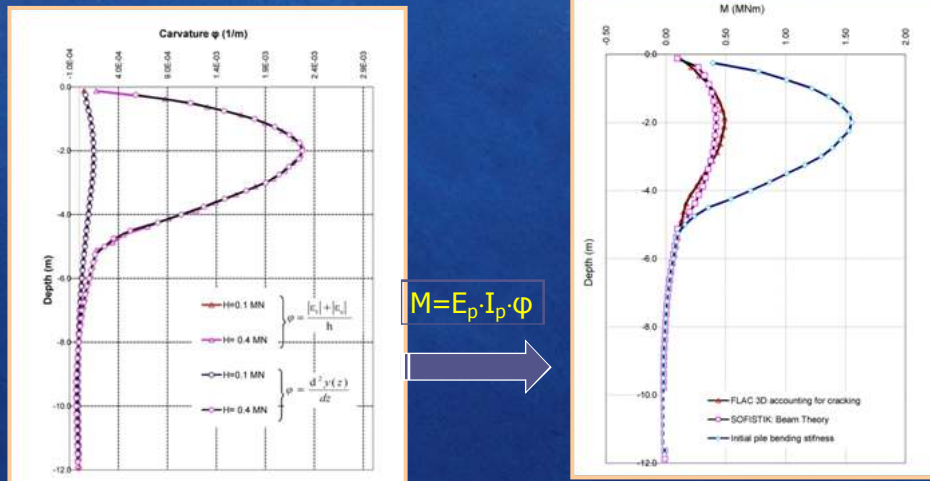
(a) Συνθήκες ελεύθερης κεφαλής

(b) Συνθήκες πακτωμένης κεφαλής



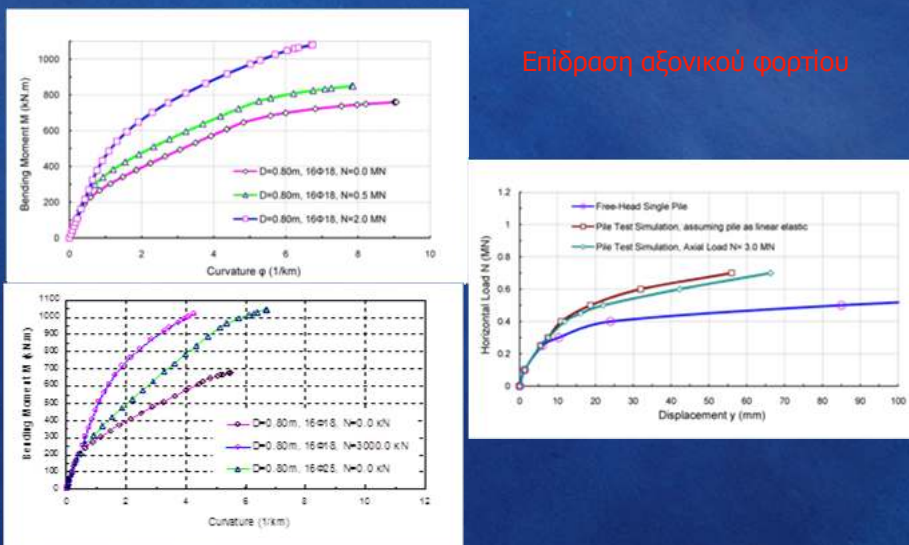
Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση



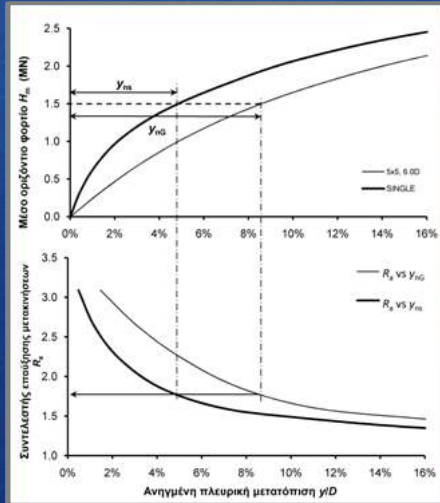
Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση



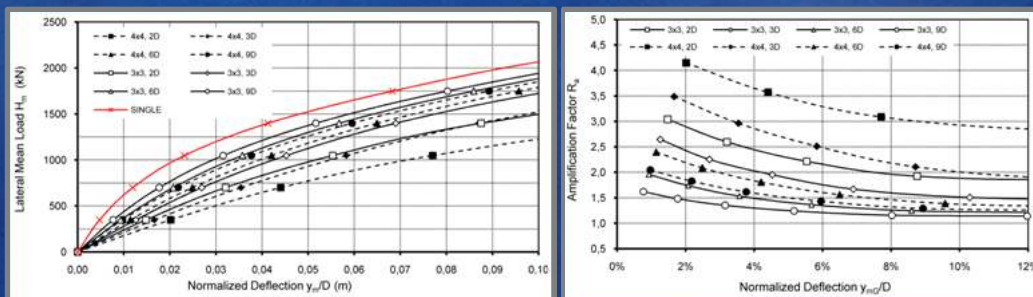
ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΠΑΣΣΑΛΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΟΥ ΠΑΣΣΑΛΟΥ

$$R_a = \frac{y_{nG}}{y_{ns}} = \frac{y_G}{y_s}$$

y_G = μετακίνηση ομάδας
 y_s = μετακίνηση μεμονωμένου πασσάλου

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
 Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

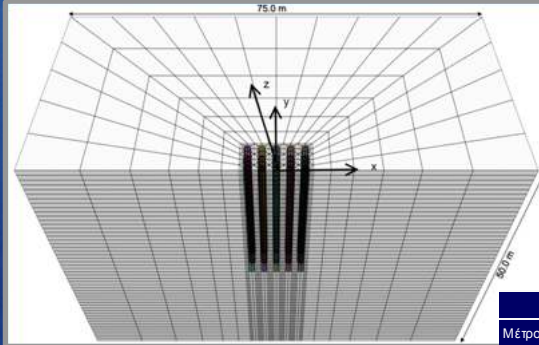


$$R_a = \frac{y_{nG}}{y_{ns}} = \frac{y_G}{y_s}$$

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
 Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Αριθμητική διερεύνηση απόκρισης ομάδας πασσάλων



Αριθμητικό προσομοίωμα

Παραμετρική ανάλυση

$D = 1.0 \text{ m}$

$L/D = 25.0$

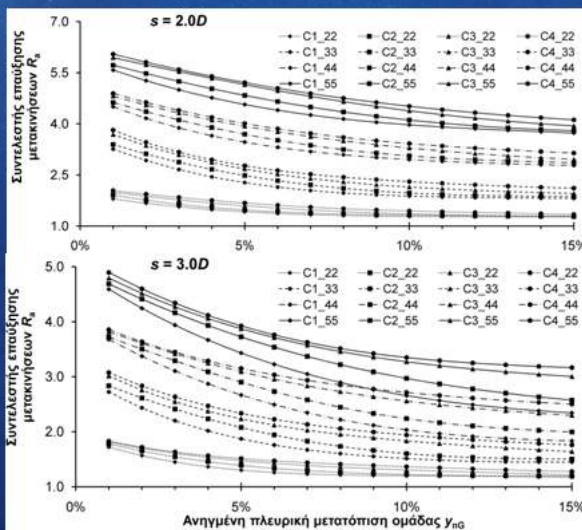
Διατάξεις: 2 x 2 Αξ. αποστάσεις: 2.0 D
 3 x 3 3.0 D
 4 x 4 6.0 D
 5 x 5 9.0 D

	C1	C2	C3	C4	S1	S2	S3
Μέτρο του Young E (MPa)	400 c_u	300 c_u	200 c_u	150 c_u	15	30	80
Συντελεστής Poisson ν	0.49	0.49	0.49	0.49	0.25	0.30	0.35
Αστράγγιστη συνοχή c_u (kPa)	25+1.0z	50+1.0z	100+1.0z	150+1.0z			
Συνάφεια εδάφους – πασσάλου στη διεπιφάνεια c_a (kPa)	25	50	72	75			
Γωνία τριβής ϕ (°)					30	35	40
Γωνία τριβής διεπιφάνειας ϕ_i (°)					28	31	35
Φαινόμενο βάρος γ (kN/m ³)	20	20	20	20	20	20	20

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
 Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΟΜΑΔΑΣ ΣΕ ΑΡΓΤΑΙΚΟ ΕΔΑΦΟΣ



Επίδραση:

- επιπέδου μετακίνησης
- διάταξης
- αξονικής απόστασης
- διατμητικής αντοχής



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
 Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΟΜΑΔΑΣ ΣΕ ΔΥΤΑΙΚΟ ΕΔΑΦΟΣ

$$Q_{G15} = \eta_{L15} n Q_{S15}$$

Q_{G15} : οριζόντια φέρουσα ικανότητα ομάδας πασσάλων, αντιστοχούσα σε μετακίνηση 15% D ,

Q_{S15} : η οριζόντια φέρουσα ικανότητα μεμονωμένου πασσάλου, αντιστοχούσα σε μετακίνηση 15% D ,

η_{L15} : ο συντελεστής απόδοσης φέρουσας ικανότητας για μετακίνηση 15% D ,

n : ο αριθμός πασσάλων της ομάδας.

	Τύπος εδάφους s	C1	C2	C3	C4
		2×2	2.0D 3.0D 6.0D 9.0D	0.90 0.94 0.97 0.98	0.92 0.94 0.97 0.98
3×3	2.0D 3.0D 6.0D 9.0D	0.80 0.86 0.94 0.96	0.79 0.85 0.93 0.95	0.75 0.81 0.90 0.94	0.70 0.75 0.88 0.92
4×4	2.0D 3.0D 6.0D 9.0D	0.67 0.78 0.91 0.93	0.66 0.76 0.89 0.91	0.61 0.69 0.85 0.89	0.56 0.63 0.81 0.86
5×5	2.0D 3.0D 6.0D 9.0D	0.59 0.70 0.86 0.92	0.57 0.67 0.82 0.89	0.52 0.61 0.77 0.86	0.47 0.54 0.72 0.83

$\eta_{L15} \rightarrow 1.0$, για μεγάλη αξονική απόσταση

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

ΔΥΣΚΑΜΠΡΙΑ ΟΜΑΔΑΣ ΣΕ ΔΥΤΑΙΚΟ ΕΔΑΦΟΣ

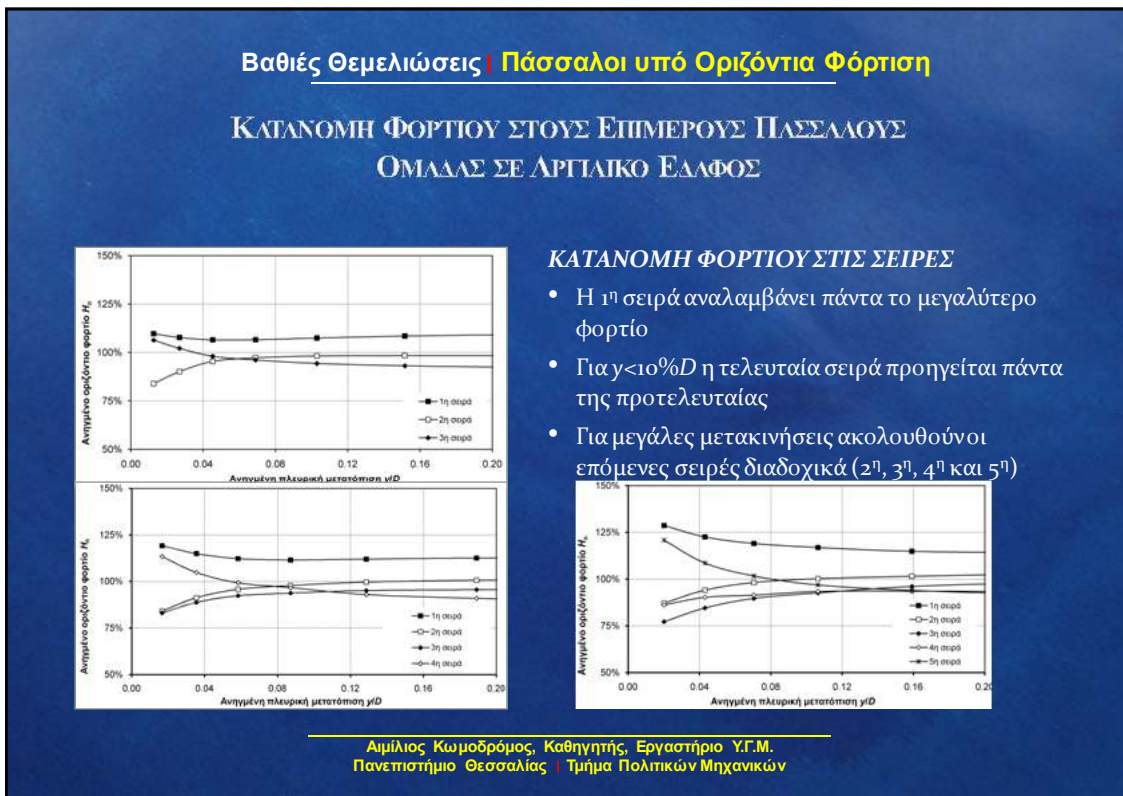
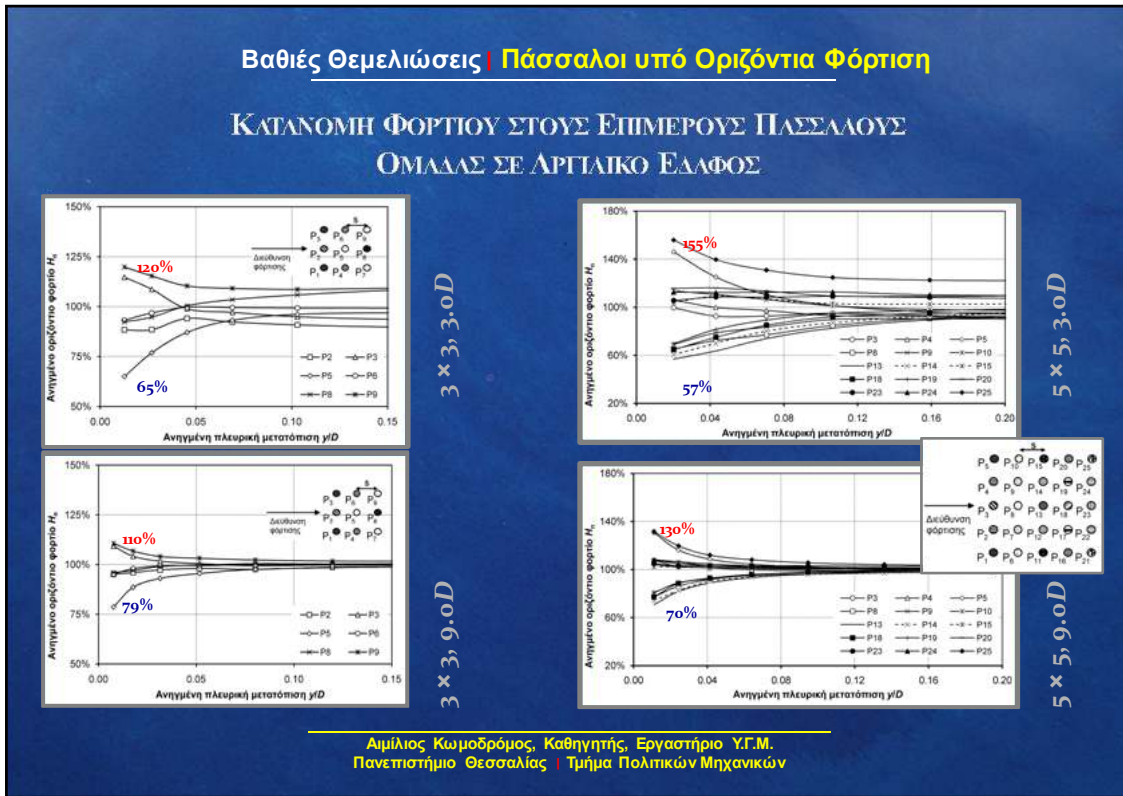
$$K_G = R_G K_S n$$

$$R_G = \frac{1}{R_a} = \frac{y_{ns}}{y_{nG}} = \frac{y_s}{y_G}$$

Μέγιστη επίπτωση της αλληλεπίδρασης σε μικρά επίπεδα μετακίνησης, σε πυκνά διατεταγμένες ομάδες, με μεγάλο αριθμό πασσάλων και μεγάλης συνεκτικότητας αργίλους.

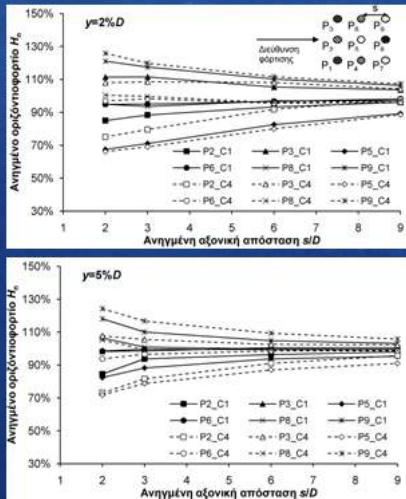
	Τύπος εδάφους s	C1			C2			C3			C4		
		R_{G1}	R_{G5}	R_{G10}	R_{G1}	R_{G5}	R_{G10}	R_{G1}	R_{G5}	R_{G10}	R_{G1}	R_{G5}	R_{G10}
2×2	2.0D	0.56	0.70	0.78	0.52	0.68	0.76	0.50	0.63	0.74	0.49	0.60	0.69
	3.0D	0.58	0.77	0.83	0.56	0.72	0.82	0.55	0.68	0.77	0.55	0.66	0.73
	6.0D	0.70	0.87	0.92	0.69	0.82	0.90	0.69	0.81	0.87	0.68	0.79	0.85
	9.0D	0.79	0.90	0.94	0.78	0.87	0.93	0.77	0.87	0.91	0.77	0.86	0.90
3×3	2.0D	0.31	0.44	0.53	0.29	0.40	0.51	0.27	0.37	0.47	0.26	0.36	0.43
	3.0D	0.37	0.53	0.66	0.35	0.48	0.62	0.33	0.45	0.54	0.33	0.43	0.51
	6.0D	0.51	0.71	0.81	0.51	0.67	0.79	0.49	0.64	0.74	0.49	0.62	0.71
	9.0D	0.63	0.80	0.88	0.62	0.76	0.86	0.61	0.75	0.82	0.60	0.74	0.81
4×4	2.0D	0.22	0.29	0.34	0.22	0.27	0.33	0.21	0.25	0.30	0.20	0.25	0.29
	3.0D	0.27	0.37	0.49	0.27	0.34	0.45	0.26	0.32	0.39	0.26	0.32	0.37
	6.0D	0.41	0.59	0.72	0.39	0.54	0.69	0.39	0.52	0.62	0.38	0.51	0.58
	9.0D	0.49	0.67	0.79	0.48	0.62	0.74	0.47	0.59	0.69	0.46	0.59	0.67
5×5	2.0D	0.18	0.22	0.25	0.17	0.21	0.24	0.17	0.19	0.23	0.17	0.19	0.22
	3.0D	0.22	0.29	0.38	0.21	0.27	0.34	0.21	0.26	0.31	0.20	0.25	0.30
	6.0D	0.31	0.44	0.60	0.31	0.41	0.54	0.30	0.39	0.47	0.29	0.38	0.45
	9.0D	0.43	0.60	0.74	0.41	0.55	0.68	0.40	0.53	0.62	0.39	0.52	0.59

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

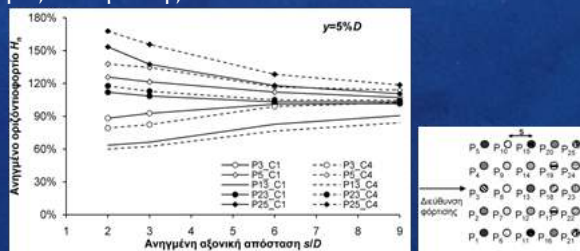


Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΦΟΡΤΙΟΥ
ΣΤΟΥΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΠΑΣΣΑΛΟΥΣ ΟΜΑΔΑΣ ΣΕ ΔΥΤΑΙΚΟ ΕΛΛΗΦΟΣ



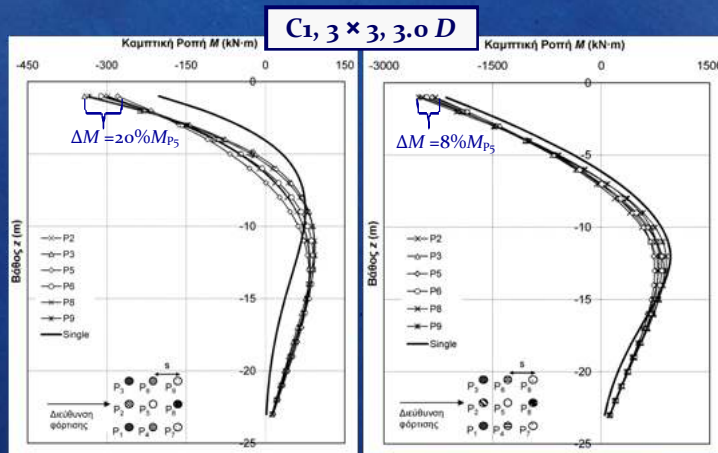
- Η αύξηση της **συνοχής** οδηγεί σε μεγαλύτερη διαφοροποίηση μεταξύ των πασσάλων της ομάδας
- Η αύξηση της **μετακίνησης** οδηγεί σε μικρότερη διακύμανση μεταξύ των πασσάλων της ίδιας ομάδας και σε μεγαλύτερη διαφοροποίηση μεταξύ των ίδιων πασσάλων διαφορετικής ομάδας
- Μεγαλύτερος **αριθμός πασσάλων** οδηγεί σε μεγαλύτερο εύρος διακύμανσης



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΡΟΠΩΝ
ΣΤΟΥΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΠΑΣΣΑΛΟΥΣ ΟΜΑΔΑΣ ΣΕ ΔΥΤΑΙΚΟ ΕΛΛΗΦΟΣ



- Σημαντικά μεγαλύτερη ροπή από τον μεμονωμένο
- Μεγαλύτερη διακύμανση για μικρότερα φορτία
- Υψηλότερο σημείο μηδενισμού ροπών για μικρότερα φορτία
- Μικρότερη διακύμανση σε σχέση με τις τέμνουσες

$y_G = 1.3\%D, H_m = 350 \text{ kN}$

$y_G = 10.3\%D, H_m = 1750 \text{ kN}$

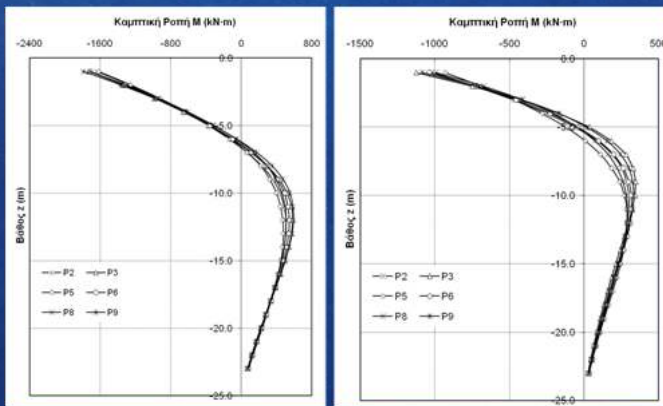
Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΡΟΠΩΝ
ΣΤΟΥΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΠΑΣΣΑΛΟΥΣ ΟΜΑΔΑΣ ΣΕ ΔΡΥΤΑΙΚΟ ΕΛΔΦΟΣ

C1, 3 × 3, 3.0 D

C3, 3 × 3, 3.0 D



$H_m = 1400 \text{ kN}$

$H_m = 1300 \text{ kN}$

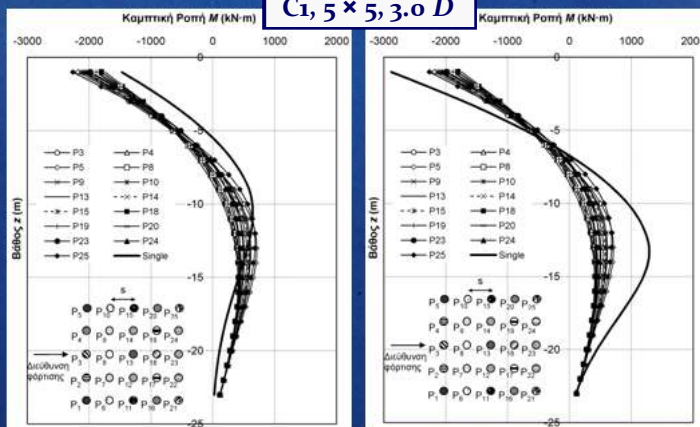
Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

- Η αύξηση της διατμητικής αντοχής οδηγεί σε μικρότερες ροπές - τέμνουσες, με μεγαλύτερο εύρος διακύμανσης
- Υψηλότερο σημείο μηδενισμού ροπών για στιφρότερες αργίλους

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΡΟΠΩΝ
ΣΤΟΥΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΠΑΣΣΑΛΟΥΣ ΟΜΑΔΑΣ ΣΕ ΔΡΥΤΑΙΚΟ ΕΛΔΦΟΣ

C1, 5 × 5, 3.0 D



$H_s = H_m = 1400 \text{ kN}$

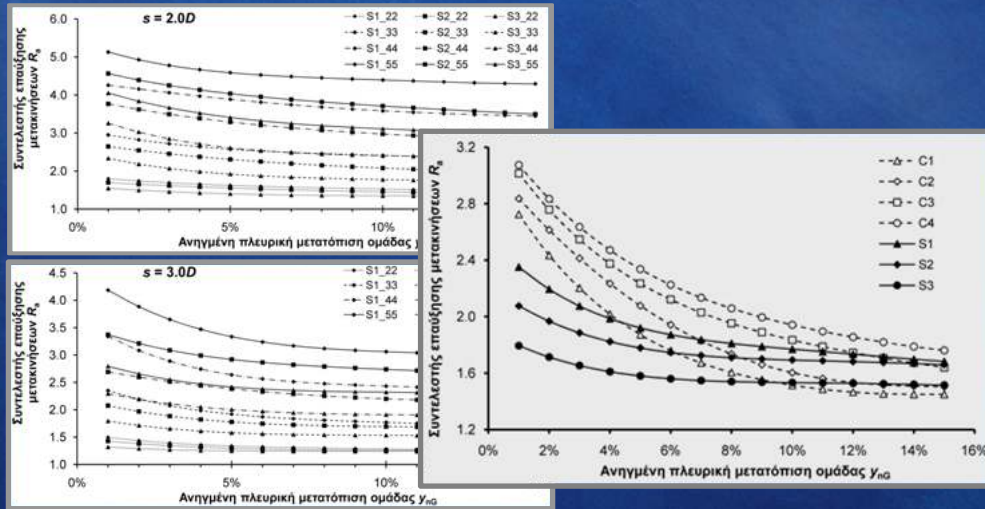
$\gamma_G = \gamma_s \approx 10\%D$ ($H_s = 2100 \text{ kN}$, $H_m = 1400 \text{ kN}$)

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

- Για την ίδια μετακίνηση, ο μεμονωμένος πάσσαλος αναπτύσσει σημαντικά μεγαλύτερη ροπή από τους πασσάλους της ομάδας.

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΟΜΑΔΑΣ ΣΕ ΑΜΜΩΔΕΣ ΕΔΑΦΟΣ



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΟΜΑΔΑΣ ΣΕ ΑΜΜΩΔΕΣ ΕΔΑΦΟΣ

	Τύπος εδάφους s	S1		S2		S3	
		η_{L10}	η_{L15}	η_{L10}	η_{L15}	η_{L10}	η_{L15}
2 × 2	2.0D	0.80	0.84	0.83	0.85	0.84	0.84
	3.0D	0.88	0.89	0.86	0.87	0.87	0.87
	6.0D	0.91	0.92	0.93	0.93	0.95	0.95
	9.0D	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98
3 × 3	2.0D	0.63	0.68	0.67	0.72	0.72	0.73
	3.0D	0.72	0.73	0.72	0.74	0.77	0.77
	6.0D	0.83	0.85	0.85	0.87	0.90	0.90
	9.0D	0.89	0.91	0.90	0.90	0.96	0.96
4 × 4	2.0D	0.50	0.54	0.55	0.59	0.60	0.61
	3.0D	0.59	0.61	0.61	0.63	0.67	0.67
	6.0D	0.76	0.79	0.79	0.80	0.84	0.85
	9.0D	0.82	0.84	0.84	0.85	0.91	0.92
5 × 5	2.0D	0.44	0.48	0.49	0.53	0.51	0.53
	3.0D	0.51	0.53	0.54	0.56	0.59	0.60
	6.0D	0.68	0.71	0.72	0.74	0.78	0.79
	9.0D	0.78	0.80	0.81	0.83	0.90	0.90

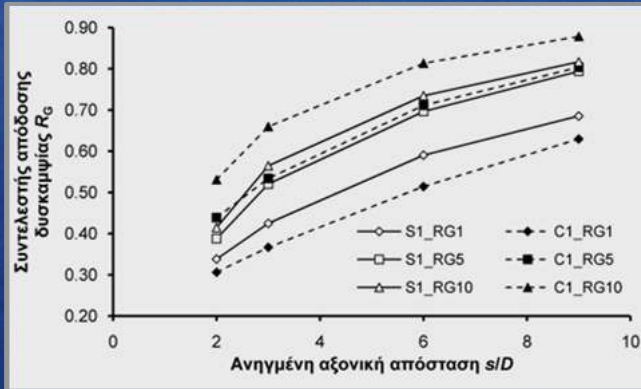
Συντελεστής φέρουσας ικανότητας η_{L15} :

- ίδιας τάξης με των αργιλικών εδαφών
- αυξάνεται με την αύξηση της διατμητικής αντοχής της άμμου

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

ΔΥΣΚΑΜΨΙΑ ΟΜΑΔΑΣ ΣΕ ΔΗΜΙΩΔΕΣ ΕΛΔΦΟΣ



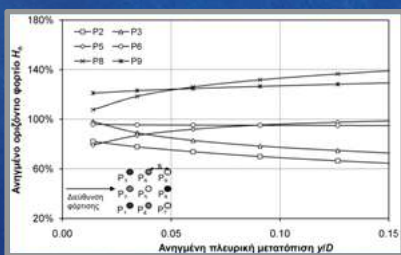
S2			S3		
R_{G1}	R_{G5}	R_{G10}	R_{G1}	R_{G5}	R_{G10}
0.59	0.64	0.69	0.65	0.71	0.74
0.70	0.77	0.79	0.76	0.80	0.81
0.78	0.85	0.88	0.87	0.91	0.92
0.87	0.93	0.95	0.92	0.96	0.96
0.38	0.43	0.48	0.43	0.52	0.56
0.48	0.56	0.59	0.56	0.63	0.65
0.67	0.74	0.78	0.75	0.83	0.84
0.74	0.81	0.83	0.84	0.91	0.92
0.27	0.30	0.33	0.31	0.38	0.42
0.37	0.42	0.45	0.44	0.50	0.52
0.55	0.64	0.67	0.65	0.73	0.75
0.62	0.71	0.75	0.72	0.83	0.87

5 x 5	4.0D	0.19	0.22	0.23
		3.0D	0.24	0.30
6.0D	0.36	0.46	0.51	
9.0D	0.48	0.59	0.64	

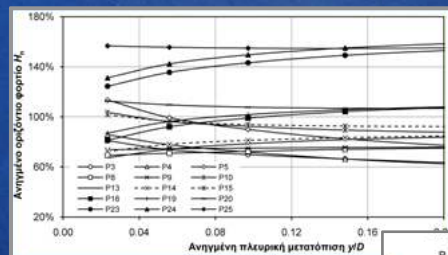
Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

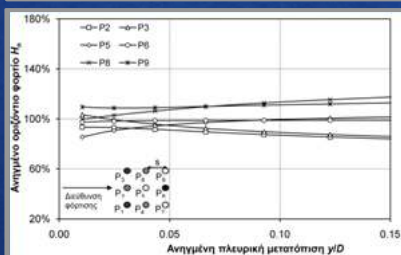
ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΤΟΥΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΠΑΣΣΑΛΟΥΣ ΟΜΑΔΑΣ ΣΕ ΔΗΜΙΩΔΕΣ ΕΛΔΦΟΣ



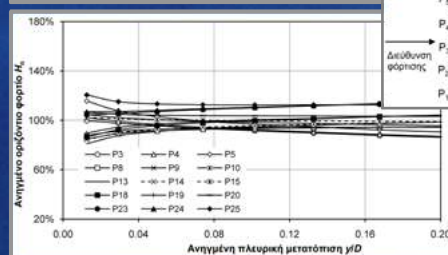
3 x 3, 3.0D



5 x 5, 3.0D



3 x 3, 9.0D



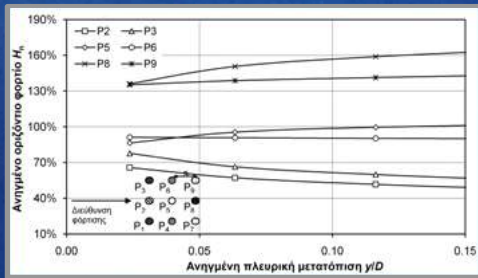
5 x 5, 9.0D

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

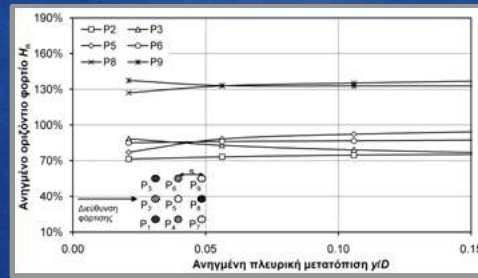
Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΤΟΥΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΠΑΣΣΑΛΟΥΣ ΟΜΑΔΑΣ ΣΕ ΔΗΜΙΩΔΕΣ ΕΛΑΦΟΣ

$S_{2,3} \times 3, 3.0D$



Αυξανόμενη διατμητική αντοχή διεπιφανειών

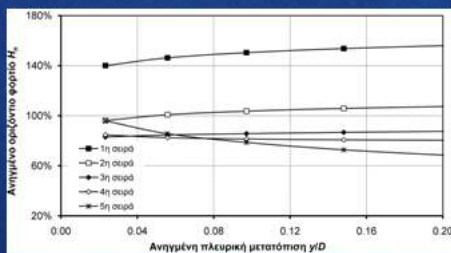
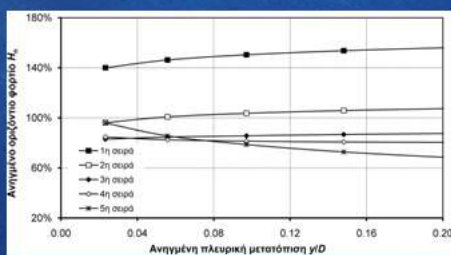


Σταθερή διατμητική αντοχή διεπιφανειών

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

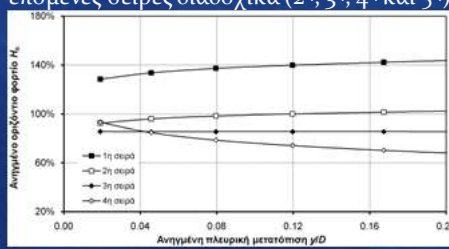
Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΤΟΥΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΠΑΣΣΑΛΟΥΣ ΟΜΑΔΑΣ ΣΕ ΔΗΜΙΩΔΕΣ ΕΛΑΦΟΣ



ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΤΙΣ ΣΕΙΡΕΣ

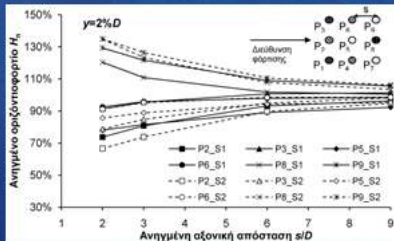
- Η 1^η σειρά αναλαμβάνει πάντα το μεγαλύτερο φορτίο
- Για μικρές μετακινήσεις η τελευταία σειρά προηγείται πάντα τουλάχιστον της προτελευταίας και έπεται της 1^{ης}
- Για μεγάλες μετακινήσεις ακολουθούν οι επόμενες σειρές διαδοχικά (2^η, 3^η, 4^η και 5^η)



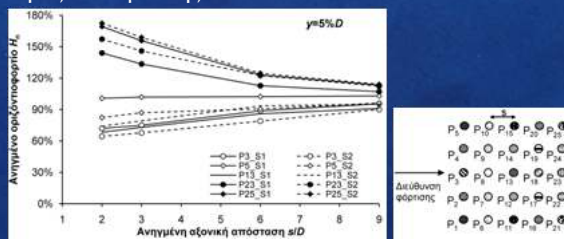
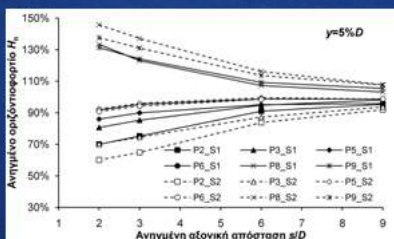
Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΦΟΡΤΙΟΥ
ΣΤΟΥΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΠΑΣΣΑΛΟΥΣ ΟΜΑΔΑΣ ΣΕ ΔΗΜΩΔΕΣ ΕΔΛΦΟΣ



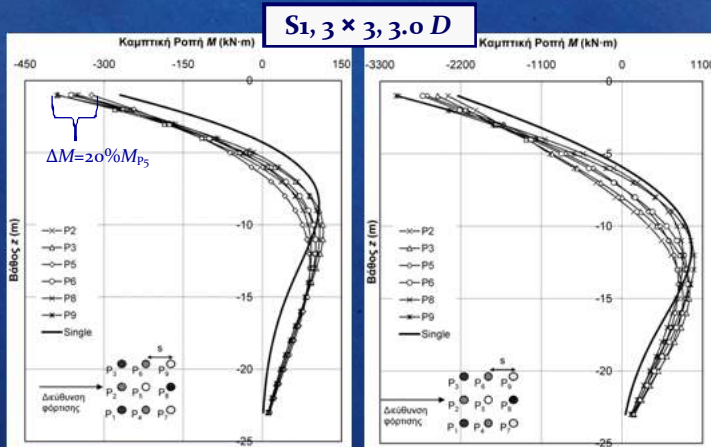
- Η αύξηση της **πυκνότητας** οδηγεί σε μεγαλύτερη διαφοροποίηση μεταξύ των πασσάλων της ομάδας
- Η αύξηση της **μετακίνησης** οδηγεί σε μεγαλύτερη διακύμανση μεταξύ των πασσάλων της ίδιας ομάδας και σε μεγαλύτερη διαφοροποίηση μεταξύ των ίδιων πασσάλων διαφορετικής ομάδας
- Μεγαλύτερος **αριθμός πασσάλων** οδηγεί σε μεγαλύτερο εύρος διακύμανσης



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΡΟΠΩΝ
ΣΤΟΥΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΠΑΣΣΑΛΟΥΣ ΟΜΑΔΑΣ ΣΕ ΔΗΜΩΔΕΣ ΕΔΛΦΟΣ



- Σημαντικά μεγαλύτερη ροπή από τον μεμονωμένο
- Υψηλότερο σημείο μηδενισμού ροπών για μικρότερα φορτία
- Μικρότερη διακύμανση σε σχέση με τις τέμνουσες

$y_G = 1.4\%D, H_m = 350 \text{ kN}$

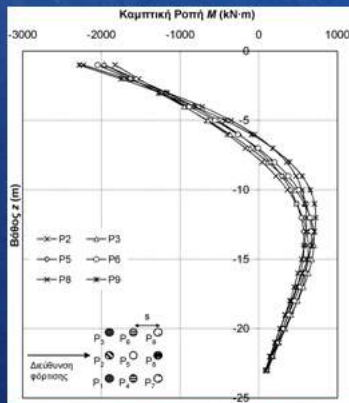
$y_G = 12.5\%D, H_m = 1750 \text{ kN}$

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

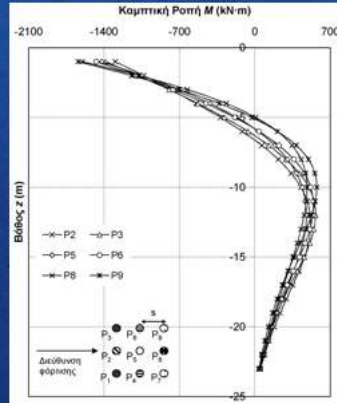
ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΡΟΠΩΝ
ΣΤΟΥΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΠΑΣΣΑΛΟΥΣ ΟΜΑΔΑΣ ΣΕ ΔΙΜΩΔΕΣ ΕΔΛΦΟΣ

S₁, 3 × 3, 3.0 D



$H_m = 1400 \text{ kN}$

S₂, 3 × 3, 3.0 D



$H_m = 1300 \text{ kN}$

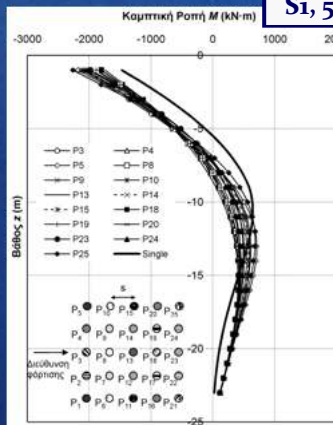
- Η αύξηση της διατμητικής αντοχής οδηγεί σε μικρότερες ροπές - τέμνουσες
- Υψηλότερο σημείο μηδενισμού ροπών - τέμνουσών για πυκνότερες άμμους

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

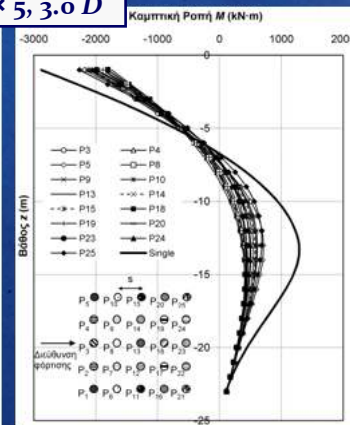
Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΡΟΠΩΝ
ΣΤΟΥΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΠΑΣΣΑΛΟΥΣ ΟΜΑΔΑΣ ΣΕ ΔΙΜΩΔΕΣ ΕΔΛΦΟΣ

S₁, 5 × 5, 3.0 D



$H_s = H_m = 1050 \text{ kN}$



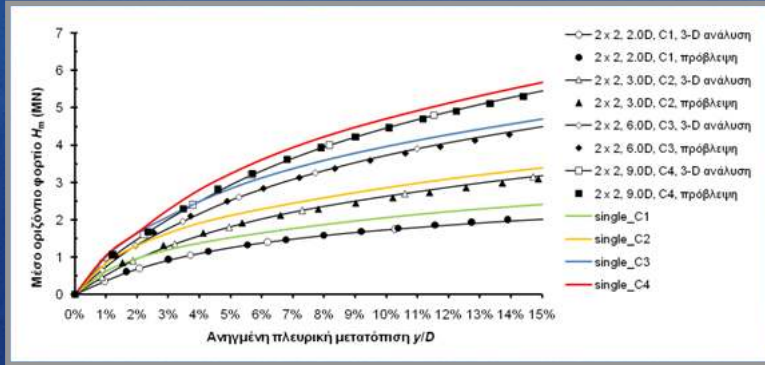
$\gamma_G = \gamma_s \approx 9.5\%D$ ($H_s = 2100 \text{ kN}$, $H_m = 1050 \text{ kN}$)

- Για την ίδια μετακίνηση, ο μεμονωμένος πάσσαλος αναπτύσσει σημαντικά μεγαλύτερη ροπή από τους πάσσάλους της ομάδας.

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Συσχέτιση απόκρισης ομάδας και μεμονωμένου πασσάλου, αξιοποιώντας τα αποτελέσματα της παραμετρικής ανάλυσης.



$$y_{nG} = R_a y_{ns}$$

$$y_G = R_s y_s$$

$$R_s = 1 + (m-1) \left(\frac{d}{s} \right)^a y_{ns}^{-b} d^{-1.3} + \frac{m}{3} (0.70 + \log nc_v) \log \frac{15}{d} (1 - 2y_{ns}), \quad m = \log(n_x^4 + n_y^2) \quad \forall n_x \geq 2$$

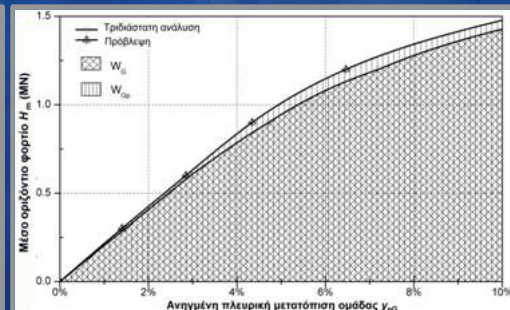
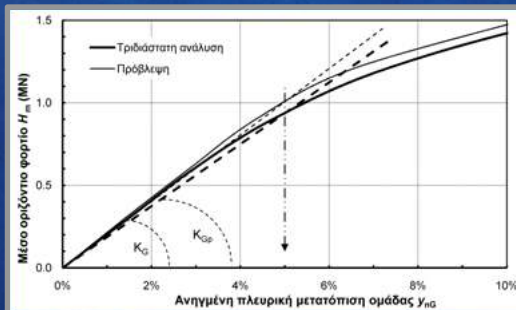
$$R_s = 1 + 2(m-1) \left(\frac{d}{20} \right)^a \frac{y_{ns}^{-b}}{d} - \frac{m}{3} \ln \frac{\tan \phi}{\tan 25^\circ} \log \frac{30}{d} (1 - 2y_{ns}), \quad m = \log(n_x^4 + n_y^2) \quad \forall n_x \geq 2$$

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Υπολογισμός του μέσου σφάλματος δυσκαμψίας και του σφάλματος δυναμικής ενέργειας για τις 112 περιπτώσεις της τριδιάστατης ανάλυσης.



$$K_{err}^m = \frac{1}{j} \sum_{i=1,j} \frac{K_G^i - K_{Gp}^i}{K_G^i}$$

$$W_{err} = \frac{W_G - W_{Gp}}{W_G}$$

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΕ ΑΡΓΙΛΑΚΑ ΕΔΑΦΗ

	τύπος εδάφους s	C1		C2		C3		C4	
		K _{err,m} (%)	W _{err} (%)	K _{err,m} (%)	W _{err} (%)	K _{err,m} (%)	W _{err} (%)	K _{err,m} (%)	W _{err} (%)
2 x 2	2.0D	0.5	0.1	-2.0	-3.5	-3.2	-4.8	-3.5	-4.2
	3.0D	2.6	0.9	1.8	-0.4	1.2	-0.1	-1.1	-0.2
	6.0D	2.3	0.7	1.9	0.1	1.1	-0.1	-0.3	-0.3
	9.0D	1.6	0.6	1.9	0.8	1.1	0.3	0.4	0.4
3 x 3	2.0D	-8.7	-6.2	-8.8	-7.8	-9.7	-7.7	-11.4	-7.7
	3.0D	-2.2	-2.8	-1.4	-2.4	2.9	3.5	-5.7	-2.3
	6.0D	0.7	-0.8	1.0	-0.9	0.1	-0.8	-1.8	-0.6
	9.0D	0.0	-0.7	0.8	-0.4	0.2	-0.4	-1.0	-0.3
4 x 4	2.0D	-6.1	-1.9	-5.4	-2.7	-6.5	-2.2	-8.9	-3.5
	3.0D	1.0	0.8	2.6	2.4	1.6	3.3	-3.1	0.6
	6.0D	2.2	0.3	3.3	1.0	2.6	1.8	0.1	1.8
	9.0D	4.1	2.0	6.2	3.7	6.7	4.9	5.8	5.8
5 x 5	2.0D	-3.3	1.7	-1.8	1.4	-3.4	1.6	-6.4	-0.6
	3.0D	4.7	5.3	6.5	6.9	5.2	7.6	5.2	7.6
	6.0D	9.2	6.8	12.8	9.3	12.8	11.1	10.7	11.5
	9.0D	5.5	2.9	8.5	5.5	9.0	6.9	8.2	8.0

$$R_s = 1 + (m-1) \left(\frac{d}{5} \right)^a y_{ns}^{-b} d^{-1.3} + \frac{m}{3} (0.70 + \log nc_u) \log \frac{15}{d} (1 - 2y_{ns})$$

όπου:

$m = \log(n_s^+ + n_s^-) \quad \forall n_s \geq 2$

R_s : ο συντελεστής επαύξησης των μετακινήσεων,
 d : η ανηγμένη αξονική απόσταση των πασσάλων της ομάδας ($d = s/D$),
 y_{ns} : η ανηγμένη πλευρική μετατόπιση του μεμονωμένου πασσάλου ($y_{ns} = y_s/D$),
 nc_u : η αστρέγγυση συνοχή σε kPa ανηγμένη ως προς την ατμοσφαιρική πίεση ($nc_u = c_u/101.3$ kPa),
 n_s : ο αριθμός των πασσάλων κατά τη διεύθυνση της φόρτισης,
 n_s : ο αριθμός των πασσάλων κάθετα στη διεύθυνση της φόρτισης,
 a, b : παράμετροι προσαρμογής με τη μεθόδευση των παρατηρηθέντων αποτελεσμάτων με τη διαδικασία προσαρμογής (curve fitting procedure) $a = 0.25$ και $b = 0.40$.

Εύρος εφαρμογής: $1\%D \leq y_{ns} \leq 15\%D$

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΕ ΑΡΓΙΛΑΚΑ ΕΔΑΦΗ

ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΜΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Πειραματικά στοιχεία από διατάξεις ομάδας:

- Brown κ.ά., 1987: 3 x 3, 3.0D, $c_u = 70 \pm 180$ kPa, οριακές συνθήκες ίσης μετακίνησης και ελεύθερης περιστροφής κεφαλής
- Rollins κ.ά., 1998: 3 x 3, 3.0D, $c_u = 25 \pm 50$ kPa (τοπικά 100 kPa), οριακές συνθήκες ίσης μετακίνησης και ελεύθερης περιστροφής κεφαλής
- Pyas κ.ά., 2004: σε φυγοκεντριστή, 2 x 2 και 3 x 3, 3.0D, NC καολίνης $c_u = 0 \pm 20$ kPa, OC καολίνης $c_u = 10 \pm 25$ kPa, πακτωμένης κεφαλής

Επαλήθευση μεθοδολογίας για συνθήκες ελεύθερης κεφαλής και για μικρότερο μήκος πασσάλων ($L/D = 12$):

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΕ ΛΗΜΜΩΔΗ ΕΔΑΦΗ

	τύπος εδάφους s	S1		S2		S3	
		K _{err,m} (%)	W _{err} (%)	K _{err,m} (%)	W _{err} (%)	K _{err,m} (%)	W _{err} (%)
2 x 2	2.0D	9.7	10.0	10.0	10.0	8.5	9.3
	3.0D	3.8	3.5	7.0	7.2	8.1	8.9
	6.0D	4.9	4.7	6.7	5.8	5.1	5.1
3 x 3	9.0D	2.8	2.3	2.6	2.0	3.1	3.0
	2.0D	0.2	4.0	-3.3	-0.1	-11.4	-8.1
	3.0D	-2.7	-1.0	-3.5	-1.4	-7.2	-3.8
4 x 4	6.0D	-1.4	-0.4	-2.5	-1.2	-5.9	-3.8
	9.0D	-2.4	-1.6	-1.4	-0.6	-6.1	-4.6
	2.0D	3.0	7.7	-2.6	2.0	-13.6	-9.1
5 x 5	3.0D	0.1	2.2	-3.6	-0.3	-10.9	-6.1
	6.0D	-1.3	-0.5	-4.3	-2.7	-8.5	-5.4
	9.0D	0.1	0.6	-1.1	-0.3	-7.8	-6.8
6.0D	2.0D	1.2	6.5	-3.5	1.4	-11.2	-5.4
	3.0D	2.7	5.1	-2.0	1.8	-10.7	-5.2
	6.0D	5.3	4.9	-1.3	-0.2	-8.4	-5.2
9.0D	1.3	1.4	-2.5	-1.7	-10.0	-9.0	

$$R_s = 1 + 2(m-1) \left(\frac{d}{20} \right)^a \frac{y_m^{-b}}{d} - \frac{m}{3} \ln \frac{\tan \phi}{\tan 25^\circ} \log \frac{30}{d} (1 - 2y_{ms})$$

όπου:

$$m = \log(n_s^2 + n_c^2) \quad \forall n_s \geq 2$$

R_s : ο συντελεστής επαύξησης των μετακινήσεων.
 d : η ανηγμένη αξονική απόσταση των πασσάλων της ομάδας ($d = s/D$),
 y_m : η ανηγμένη πλευρική μετατόπιση του μεμονωμένου πασσάλου ($y_m = y/D$),
 ϕ : η γωνία τριβής της άμμου.
 n_s : ο αριθμός των πασσάλων κατά τη διεύθυνση της φόρτισης.
 n_c : ο αριθμός των πασσάλων κάθετα στη διεύθυνση της φόρτισης.
 a, b : παράμετροι προσδιορισμένες από ειδική διαδικασία προσαρμογής (curve fitting procedure) $a = 0.10$ και $b = 0.20$.

Σύγκριση απόκρισης πρόβλεψης και 3D
ανάλυσης

Επαλήθευση μεθοδολογίας για μεταβαλλόμενο
μέτρο ελαστικότητας με το βάθος

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΕ ΛΗΜΜΩΔΗ ΕΔΑΦΗ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΜΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

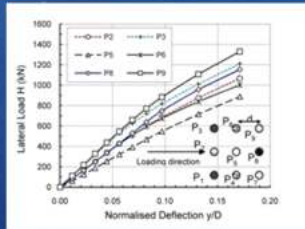
Πειραματικά στοιχεία από διατάξεις ομάδας:

- Brown κ.ά., 1988: 3 x 3, 3.0D, $\phi = 38.5^\circ$, οριακές συνθήκες ίσης μετακίνησης και ελεύθερης περιστροφής κεφαλής
- Rollins κ.ά., 2005: 3 x 3, 3.3D, $\phi = 30 \div 33^\circ$, οριακές συνθήκες ίσης μετακίνησης και ελεύθερης περιστροφής κεφαλής
- Ruesta & Townsend, 1997: πραγματικής κλίμακας, 4 x 4, 3.0D, $\phi = 32^\circ$, ελεύθερης κεφαλής

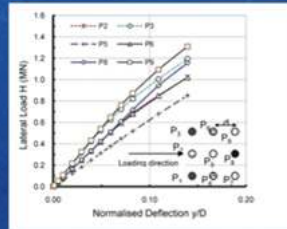
Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

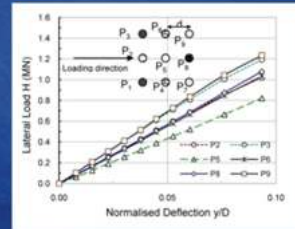
Κατανομή φορτίου στους χαρακτηριστικούς πασσάλους



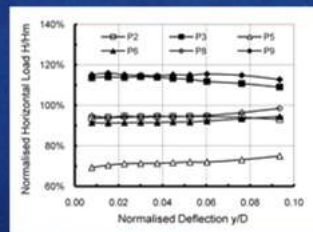
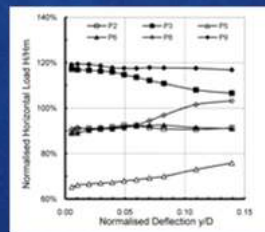
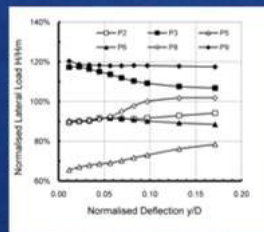
3x3, s=2.0D



3x3, s=3.0D

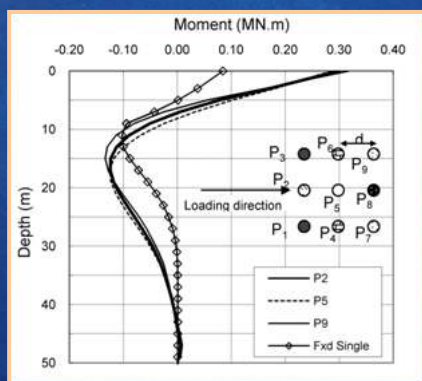


3x3, s=6.0D

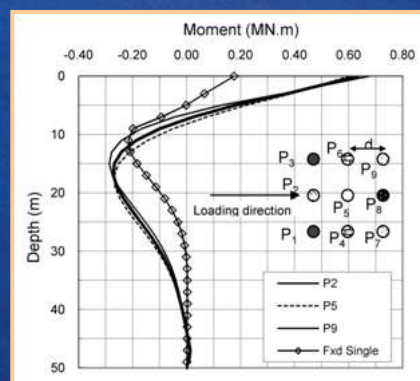


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση



3x3, s=3.0D,
N=0.4MN

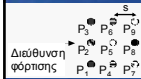


3x3, s=3.0D,
N=0.8MN

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΩΝ ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΩΝ p



Πολλαπλασιαστές p για $\gamma_c = 5\%D$

εδαφος	s	2.0D	3.0D	9.0D
C1		0.62 0.63 0.76	0.73 0.74 0.81	0.91 0.90 0.93
		0.54 0.53 0.69	0.70 0.66 0.75	0.89 0.86 0.90
		0.62 0.63 0.76	0.73 0.74 0.81	0.91 0.90 0.93
	μ.ό. σειράς	0.60 0.60 0.74	0.72 0.71 0.79	0.90 0.89 0.92
C2		0.67 0.59 0.72	0.72 0.68 0.76	0.89 0.88 0.92
		0.47 0.46 0.46	0.63 0.58 0.69	0.87 0.84 0.88
		0.67 0.59 0.72	0.72 0.68 0.78	0.89 0.88 0.92
	μ.ό. σειράς	0.61 0.54 0.63	0.69 0.65 0.75	0.89 0.87 0.90
C3		0.60 0.51 0.66	0.69 0.60 0.72	0.86 0.84 0.89
		0.40 0.39 0.57	0.50 0.50 0.62	0.82 0.79 0.84
		0.60 0.51 0.66	0.69 0.60 0.72	0.86 0.84 0.89
	μ.ό. σειράς	0.53 0.47 0.63	0.63 0.57 0.68	0.85 0.82 0.87
C4		0.54 0.47 0.62	0.60 0.55 0.68	0.83 0.80 0.86
		0.36 0.36 0.52	0.47 0.45 0.57	0.78 0.74 0.81
		0.54 0.47 0.62	0.60 0.55 0.68	0.83 0.80 0.86
	μ.ό. σειράς	0.48 0.43 0.59	0.56 0.52 0.64	0.82 0.78 0.84

Πολλαπλασιαστές p για $\gamma_c = 10\%D$

εδαφος	s	2.0D	3.0D	9.0D
C1		0.65 0.72 0.84	0.80 0.83 0.91	0.93 0.94 0.96
		0.66 0.70 0.77	0.76 0.80 0.89	0.92 0.92 0.95
		0.65 0.72 0.84	0.80 0.83 0.91	0.93 0.94 0.96
	μ.ό. σειράς	0.66 0.72 0.82	0.78 0.82 0.90	0.93 0.94 0.95
C2		0.65 0.68 0.84	0.78 0.81 0.88	0.93 0.93 0.95
		0.60 0.63 0.63	0.77 0.76 0.84	0.91 0.91 0.93
		0.65 0.68 0.84	0.78 0.81 0.88	0.93 0.93 0.95
	μ.ό. σειράς	0.63 0.66 0.77	0.78 0.79 0.86	0.92 0.92 0.95
C3		0.65 0.63 0.76	0.71 0.74 0.82	0.92 0.91 0.94
		0.53 0.56 0.71	0.68 0.65 0.77	0.90 0.89 0.91
		0.65 0.63 0.76	0.71 0.74 0.82	0.92 0.91 0.94
	μ.ό. σειράς	0.61 0.61 0.74	0.70 0.71 0.81	0.91 0.90 0.93
C4		0.59 0.58 0.71	0.67 0.67 0.78	0.90 0.89 0.93
		0.46 0.49 0.65	0.59 0.57 0.72	0.87 0.86 0.89
		0.59 0.58 0.71	0.67 0.67 0.78	0.90 0.89 0.93
	μ.ό. σειράς	0.55 0.55 0.69	0.64 0.64 0.76	0.89 0.88 0.92

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

INTERNATIONAL JOURNAL FOR NUMERICAL AND ANALYTICAL METHODS IN GEOMECHANICS
Int. J. Numer. Anal. Meth. Geomech., 2005, 29:597-625
Published online in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com). DOI: 10.1002/ing.428

Response evaluation for horizontally loaded fixed-head pile groups using 3-D non-linear analysis

Emilios M. Comodromos^{1,*} and Kyriazis D. Pitilakis²

¹Department of Civil Engineering, University of Thessaly, Pedion Areas, 265 04 Yolo, G
²Department of Civil Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, PO Box 451, 54 006

Effect of Cracking on the Response of Pile Test under Horizontal Loading

Emilios M. Comodromos¹; Mello C. Papadopoulou²; and Ioannis K. Rentzeperis³

JOURNAL OF GEOTECHNICAL AND GEOENVIRONMENTAL ENGINEERING © ASCE / SEPTEMBER 2009 / 1275

Contents lists available at ScienceDirect

Computers and Geotechnics

journal homepage: www.elsevier.com/locate/compgeo

On the response prediction of horizontally loaded fixed-head pile groups in sands

Mello C. Papadopoulou, Emilios M. Comodromos*

Department of Civil Engineering, University of Thessaly, Pedion Areas, 265 04 Yolo, Greece

Comodromos, E. M. & Papadopoulou, M. C. (2011). *Geotechnique* 61, No. 00, 1-11 [http://dx.doi.org/10.1680/geot.2011.61.00.1]

Response evaluation of horizontally loaded pile groups in clayey soils

E. M. COMODROMOS* and M. C. PAPAPOPOULOU*

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Φέρουσα Ικανότητα Πασσάλου σε Οριζόντια Φόρτιση Μέθοδος Broms

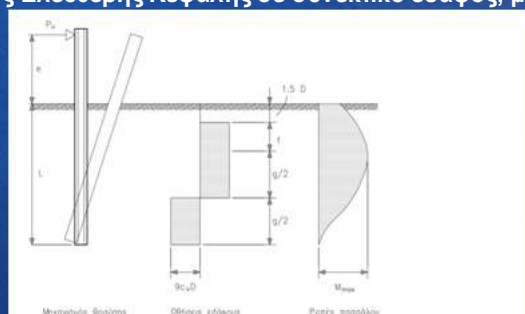
Εμπειρική μέθοδος με εξ αρχής θεώρηση μηχανισμών αστοχίας

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Φέρουσα Ικανότητα Πασσάλου σε Οριζόντια Φόρτιση Μέθοδος Broms

Πάσσαλος Ελεύθερης Κεφαλής σε συνεκτικό έδαφος, μικρού μήκους



Σχήμα 5.1. Μηχανισμός αστοχίας κοντού πασσάλου, ελεύθερης κεφαλής υπό οριζόντια φόρτιση σε συνεκτικό έδαφος

$$f = \frac{P_h}{9 c_u D} \quad (5.1)$$

όπου:

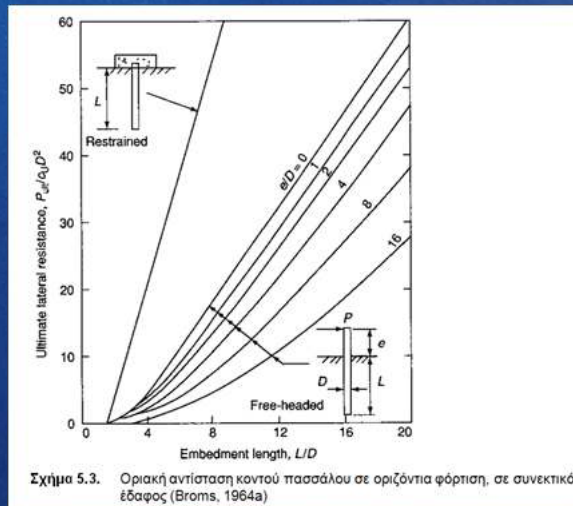
- f : το βάθος εμφάνισης της μέγιστης καμπτικής ροπής, M_{max} ,
- P_h : το οριζόντιο επιβαλλόμενο φορτίο στην κεφαλή του πασσάλου,
- c_u : η αστρέγγιστη διατμητική αντοχή του εδάφους,
- D : η διάμετρος του πασσάλου.

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Φέρουσα Ικανότητα Πασσάλου σε Οριζόντια Φόρτιση Μέθοδος Broms

Πάσσαλος Ελεύθερης Κεφαλής σε συνεκτικό έδαφος, μικρού μήκους

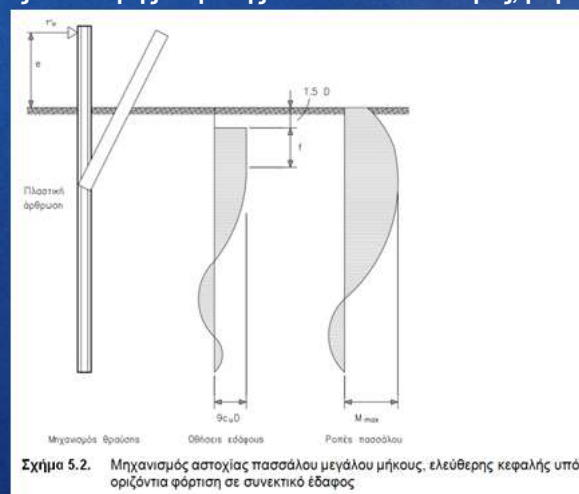


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Φέρουσα Ικανότητα Πασσάλου σε Οριζόντια Φόρτιση Μέθοδος Broms

Πάσσαλος Ελεύθερης Κεφαλής σε συνεκτικό έδαφος, μεγάλου μήκους

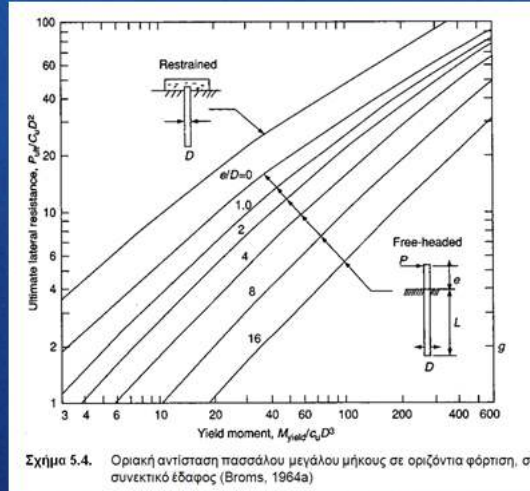


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

**Φέρουσα Ικανότητα Πασσάλου σε Οριζόντια Φόρτιση
Μέθοδος Broms**

Πάσσαλος Ελεύθερης Κεφαλής σε συνεκτικό έδαφος, μεγάλου μήκους



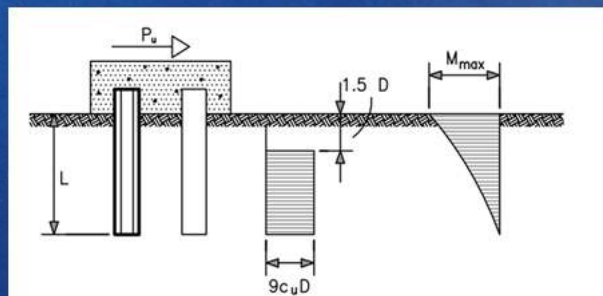
Σχήμα 5.4. Οριακή αντίσταση πασσάλου μεγάλου μήκους σε οριζόντια φόρτιση, σε συνεκτικό έδαφος (Broms, 1964a)

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

**Φέρουσα Ικανότητα Πασσάλου σε Οριζόντια Φόρτιση
Μέθοδος Broms**

Πάσσαλος Πακτωμένης Κεφαλής σε συνεκτικό έδαφος, μικρού μήκους



Μηχανισμός θραύσης Ωθήσεις εδάφους Ροπές πασσάλου

Σχήμα 5.5. Μηχανισμός αστοχίας κοντού πασσάλου πακτωμένης κεφαλής υπό οριζόντια φόρτιση σε συνεκτικό έδαφος

$$P_u = 9c_u D(L - 1.5D) \tag{5.5}$$

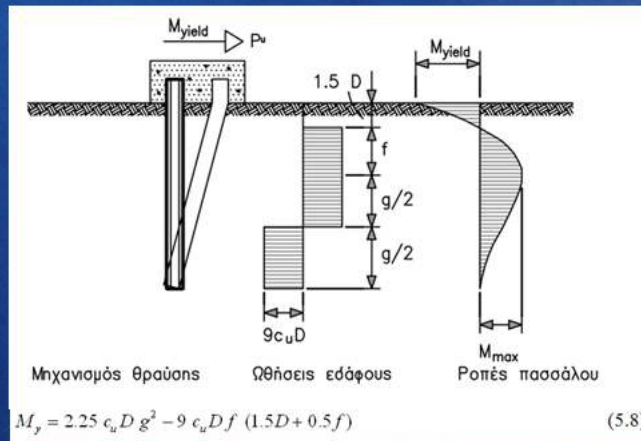
$$M_{max} = P_u(0.5L + 0.75D) \tag{5.6}$$

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

**Φέρουσα Ικανότητα Πασσάλου σε Οριζόντια Φόρτιση
Μέθοδος Broms**

Πάσσαλος Πακτωμένης Κεφαλής σε συνεκτικό έδαφος, ενδιάμεσου μήκους

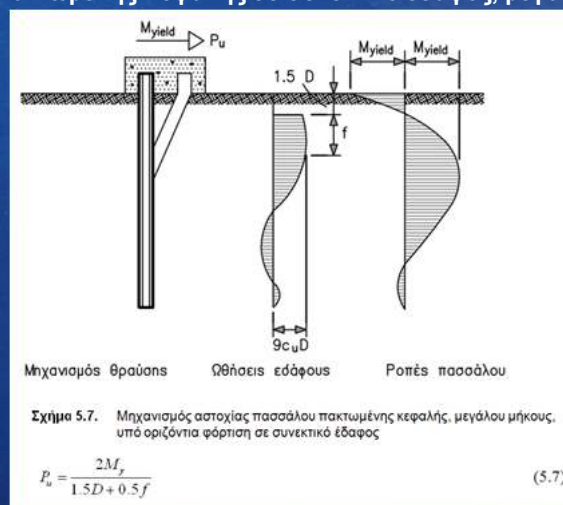


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

**Φέρουσα Ικανότητα Πασσάλου σε Οριζόντια Φόρτιση
Μέθοδος Broms**

Πάσσαλος Πακτωμένης Κεφαλής σε συνεκτικό έδαφος, μεγάλου μήκους

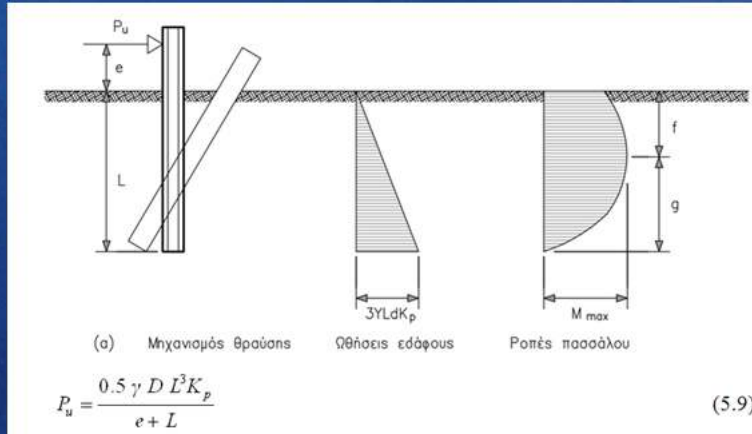


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Φέρουσα Ικανότητα Πασσάλου σε Οριζόντια Φόρτιση
Μέθοδος Broms

Πάσσαλος Ελεύθερης Κεφαλής σε μη συνεκτικό έδαφος, μικρού μήκους

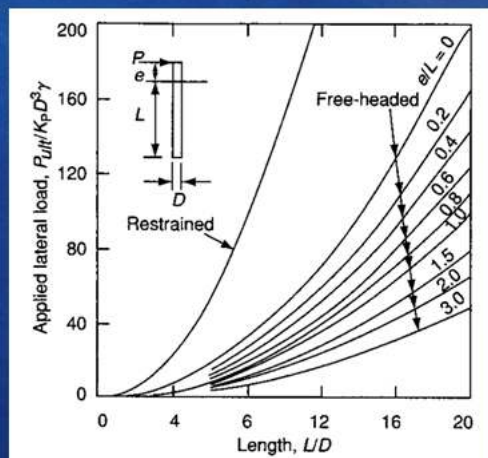


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Φέρουσα Ικανότητα Πασσάλου σε Οριζόντια Φόρτιση
Μέθοδος Broms

Πάσσαλος Ελεύθερης Κεφαλής σε μη συνεκτικό έδαφος, μικρού μήκους

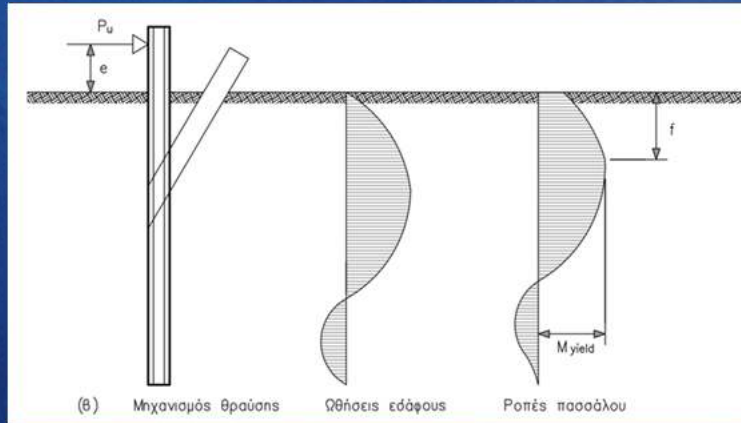


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

**Φέρουσα Ικανότητα Πασσάλου σε Οριζόντια Φόρτιση
Μέθοδος Broms**

Πάσσαλος Ελεύθερης Κεφαλής σε μη συνεκτικό έδαφος, μεγάλου μήκους

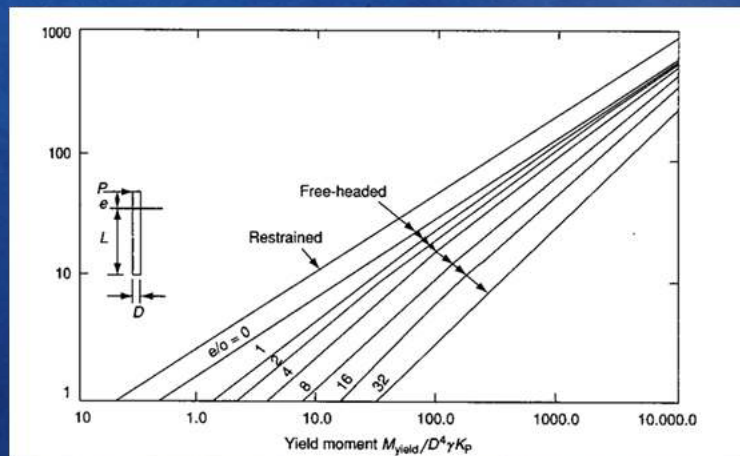


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

**Φέρουσα Ικανότητα Πασσάλου σε Οριζόντια Φόρτιση
Μέθοδος Broms**

Πάσσαλος Ελεύθερης Κεφαλής σε μη συνεκτικό έδαφος, μεγάλου μήκους

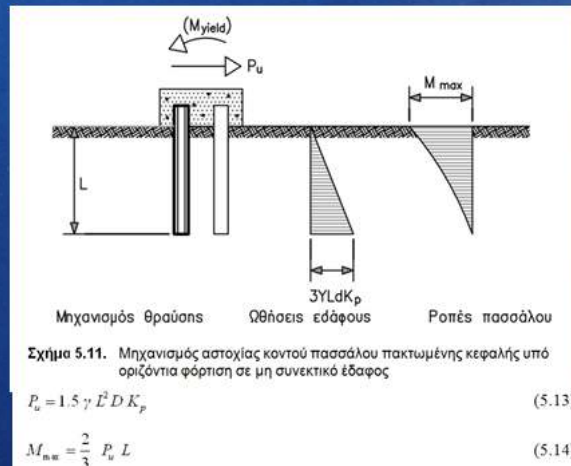


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Φέρουσα Ικανότητα Πασσάλου σε Οριζόντια Φόρτιση Μέθοδος Broms

Πάσσαλος Πακτωμένης Κεφαλής σε μη συνεκτικό έδαφος, μικρού μήκους

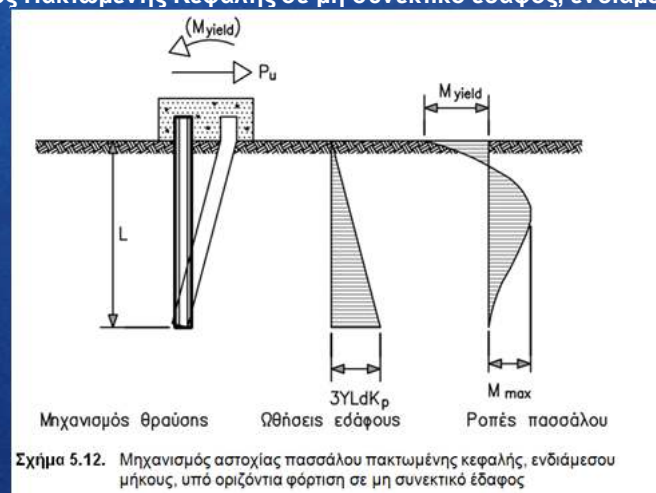


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Φέρουσα Ικανότητα Πασσάλου σε Οριζόντια Φόρτιση Μέθοδος Broms

Πάσσαλος Πακτωμένης Κεφαλής σε μη συνεκτικό έδαφος, ενδιάμεσου μήκους

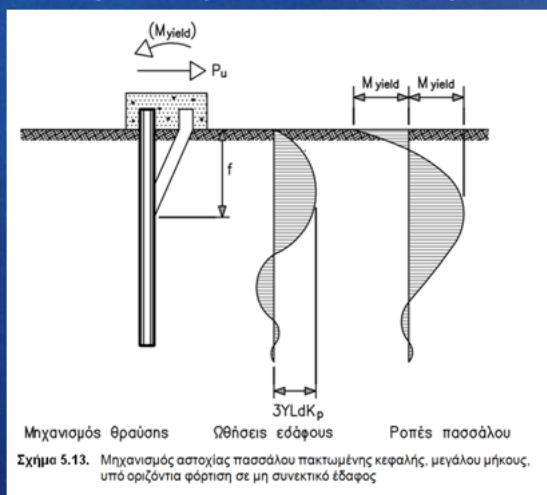


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Φέρουσα Ικανότητα Πασσάλου σε Οριζόντια Φόρτιση Μέθοδος Broms

Πάσσαλος Ελεύθερης Κεφαλής σε συνεκτικό έδαφος, μεγάλου μήκους



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Φέρουσα Ικανότητα Πασσάλου σε Οριζόντια Φόρτιση Μέθοδος Broms Τέλος Broms

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Πειραματική και αριθμητική διερεύνηση απόκρισης ρηγματωμένης διατομής πασσάλου από οπλισμένο σκυρόδεμα

Κωμοδρόμος Α. Μ., Ρεντζεπέρης Ι.Κ., Παπαδοπούλου Μ. Κ.
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών - Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Κατά τη διερεύνηση της απόκρισης κατασκευών η ανάλυση περιορίζεται κατά κύριο λόγο στην μετελαστική συμπεριφορά της ανωδομής

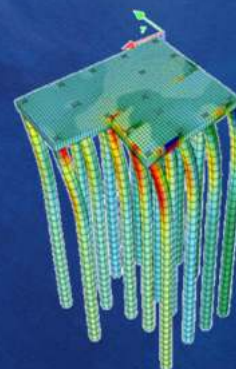
(η απόκριση της θεμελίωσης θεωρείται ελαστική ή ακόμη στερεοπλαστική)

Πιο αξιόπιστη προσέγγιση




- σύζευξη της απόκρισης ανωδομής και θεμελίωσης

Μέθοδος ανάλυσης

- αλληλεπίδραση εδάφους - ανωδομής
- τεχνική υποσυστημάτων (substructuring)




Μη γραμμική απόκριση πασσάλων



-  Μη γραμμική συμπεριφορά τους εδάφους
-  Αλληλεπίδραση πασσάλων λόγω λειτουργίας ομάδας
-  **Μεταλαστική συμπεριφορά πασσάλου**

Μεταλαστική συμπεριφορά πασσάλου

Πειραματική διερεύνηση

-  • **δοκιμαστική φόρτιση πασσάλου**
προσδιορισμός απόκρισης
δεδομένα για επαλήθευση – προσαρμογή παραμέτρων αντοχής
και παραμορφωσιμότητας

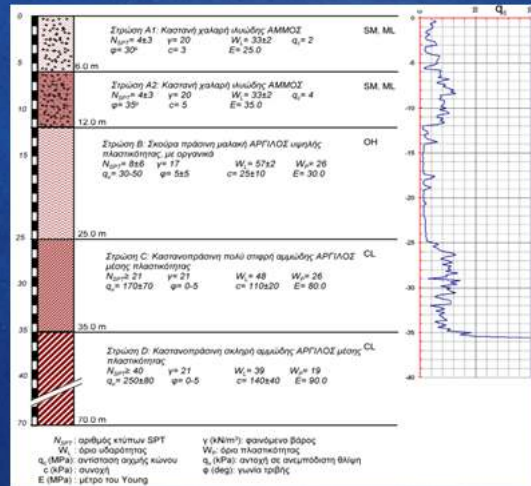
Αριθμητική διερεύνηση

-  • αντίστροφη ανάλυση – επαλήθευση παραμέτρων
-  • επίλυση πασσάλου σε διαφορετικές συνθήκες φόρτισης και διάταξης

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Δοκιμαστική φόρτιση: Εδαφική τομή – γεωτεχνικά στοιχεία

Θέση κατασκευής γέφυρας σύνδεσης 6^{ου} προβλήτα Θεσσαλονίκης και εθνικής οδού Αθήνας – Θεσ/νίκης



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

81

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Δοκιμαστική φόρτιση: Ενοργάνωση

Τοποθέτηση αισθητήρων οπτικών ινών και αποκλισιομετρικού σωλήνα

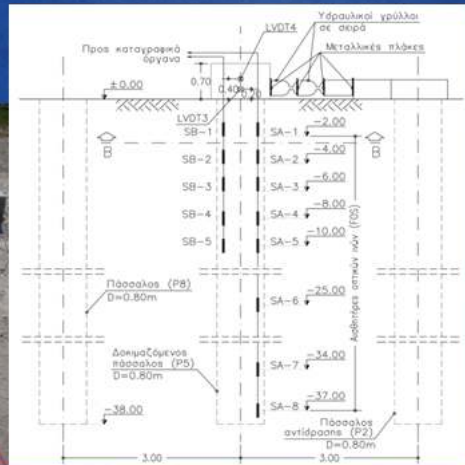


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

82

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Δοκιμαστική φόρτιση: Διάταξη



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

83

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Δοκιμαστική φόρτιση: Επιβολή φορτίου

Κύκλος H1: 0 → 0.10 → 0.25 → 0.30 → 0.40 → 0.20 → 0.10 MN
Κύκλος H2: 0.10 → 0.20 → 0.40 → 0.47 → 0.60 → 0.32 → 0 MN

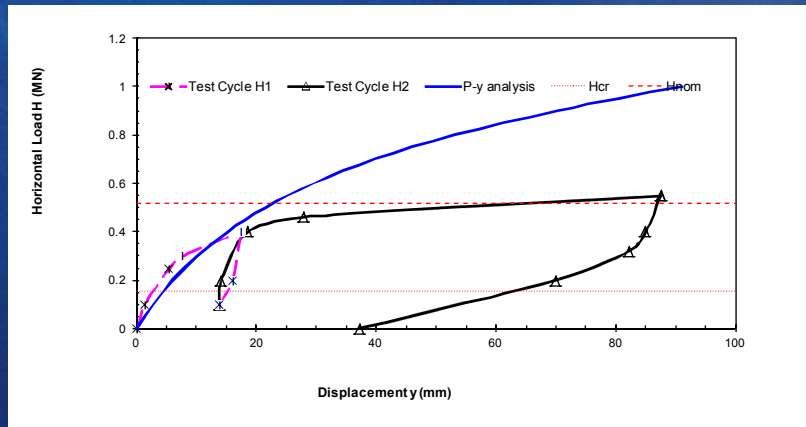


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

84

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Δοκιμαστική φόρτιση:
απόκριση φορτίου μετακίνησης



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

85

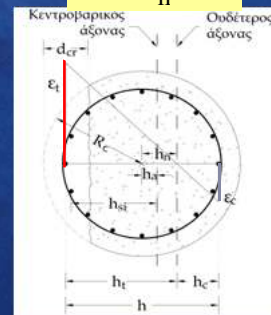
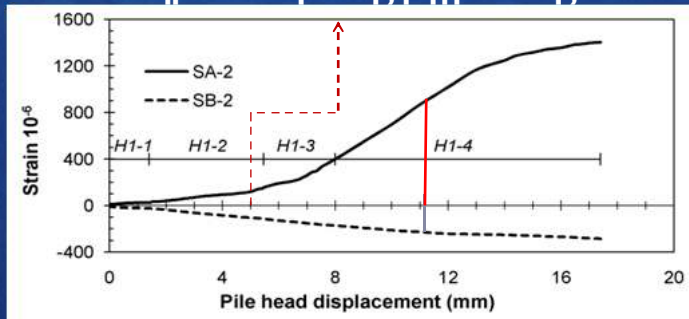
Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Δοκιμαστική φόρτιση:
καταγραφή αισθητήρων οπτικών ινών SA-2 ελκυσμός, SB-2 θλίψη
υπολογισμός παραμορφώσεων, καμπυλότητας, δυσκαμψίας και ροπής

$$M = E_p I_p \varphi = (E_c I_c + E_s I_s) \varphi$$

$$\varphi = \frac{|\varepsilon_t| + |\varepsilon_c|}{h}$$

Σημείο εκδήλωσης ρηγματώσης



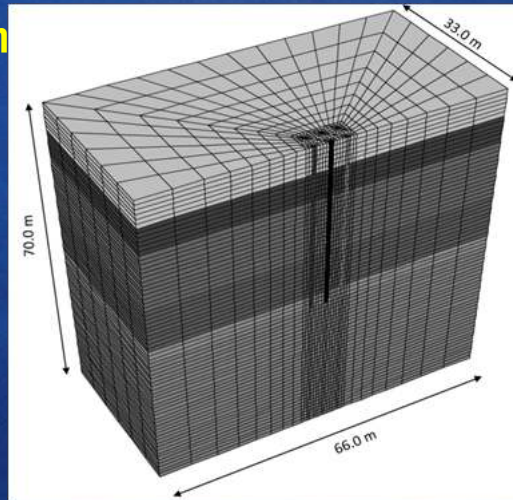
Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

86

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

3-D Αριθμητική προσομοίωση
δοκιμαστικής φόρτισης

- Μη γραμμική ανάλυση
(με προσομοίωση
ρηγμάτωσης)
- 87424 κόμβους
- 87332 στοιχεία
- 342 στοιχεία ράβδου
- Στοιχεία διεπιφάνειας
πάσσάλους - έδαφος
ράβδους χάλυβα - σκυρόδεμα



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

87

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

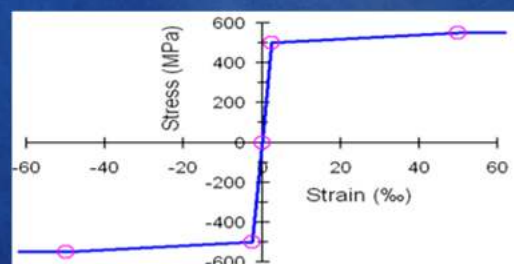
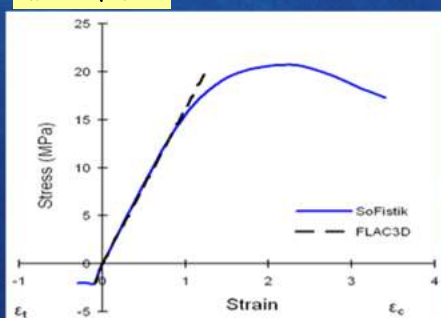
3-D Αριθμητική προσομοίωση
δοκιμαστικής φόρτισης

$$f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{2/3}$$

$$f_{ct} = 2 \sqrt{f_{ck}}$$

Αντοχή σκυροδέματος σε ελκυσμό, Ευρωκώδικας 2

Αντοχή σκυροδέματος σε ελκυσμό, ACI



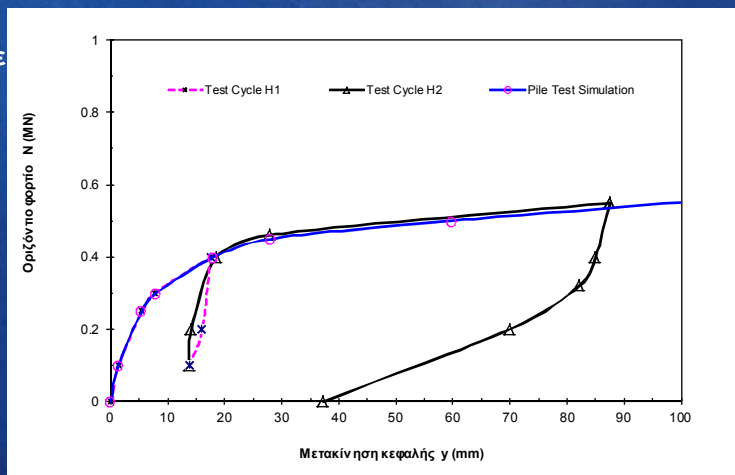
Διαγράμματα τάσεων-παραμορφώσεων σκυροδέματος και χάλυβα
σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 2

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

88

3-D Αριθμητική προσομοίωση δοκιμαστικής φόρτισης

Διαδοχικές επιλύσεις με διορθώσεις των παραμέτρων μέχρι να επέλθει ικανοποιητική προσέγγιση. Οι τιμές των παραμέτρων βέλτιστης προσέγγισης χρησιμοποιούνται στις περαιτέρω επιλύσεις.



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

89

Η επίδραση της ρηγμάτωσης στην απόκριση πασσάλου οπλισμένου σκυροδέματος υπό οριζόντια φόρτιση

Κωμοδρόμος Α. Μ., Παπαδοπούλου Μ. Κ., Ρεντζεπέρης Ι.Κ.,
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών - Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

90

Προσομοίωση θεμελίωσης με πασσάλους

Αντικατάσταση με οριακές συνθήκες πάκτωσης



- ιδιότυπη περίπτωση της τεχνικής substructuring όπου δεν ικανοποιούνται οι αρχές συμβιβαστού στο κοινό όριο ανωδομής και θεμελίωσης

Αλληλεπίδραση εδάφους – ανωδομής



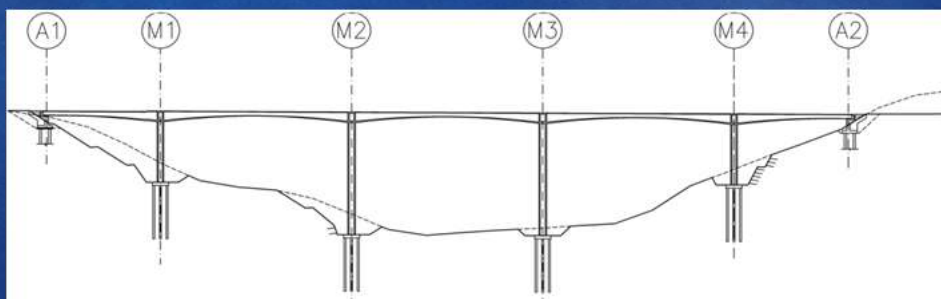
- σύζευξη της απόκρισης ανωδομής και θεμελίωσης

Μέθοδος υποσυστημάτων (substructuring)



- ξεχωριστή μη γραμμική επίλυση ανωδομής και θεμελίωσης στο πλαίσιο εξασφάλισης συμβιβαστού παραμορφώσεων και τάσεων στο κοινό όριο

Εφαρμογή σε περίπτωση χαραδρογένεφρας



- πλήρης αλληλεπίδραση (υπερβολικές υπολογιστικές απαιτήσεις)
- τεχνική υποσυστημάτων
(επαναληπτική διαδικασία επίλυσης με απλούστερη προσέγγιση και συγκριτικά πολύ μικρότερο υπολογιστικό κόστος)

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Εφαρμογή σε περίπτωση χαραδρογέφυρας



Αντικατάσταση της θεμελίωσης πασσάλων με μητρώο δυσκαμψίας 6 x 6 το οποίο συμπεριλαμβάνει και τις επιπτώσεις λόγω λειτουργίας ομάδας

Οι επιπτώσεις της ρηγμάτωσης αγνοούνται σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

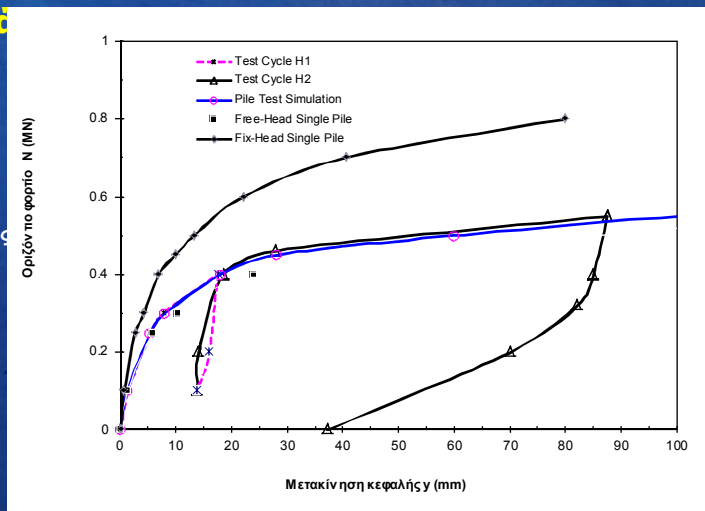
93

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

3-D Αριθμητική ανάλυση

απόκριση

- Δοκιμαστικής φόρτισης
- Προσομοίωσης Δ.Φ.
- Πασσάλου ελεύθερης κεφαλής
- Πασσάλου πακτωμένης κεφαλής



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

94

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

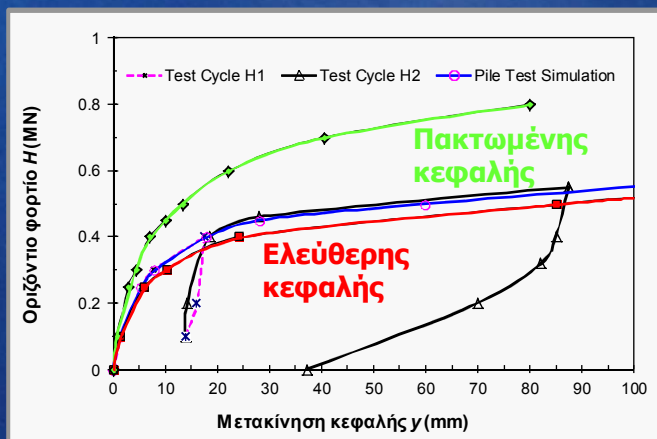
ΕΠΙΠΤΩΣΗ ΟΡΙΑΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ

3-D Αριθμητική ανάλυση

απόκριση

- Δοκιμαστικής φόρτισης
- Προσομοίωσης Δ.Φ.
- Πασσάλου ελεύθερης κεφαλής
- Πασσάλου πακτωμένης κεφαλής

Η δοκιμαστική φόρτιση αντιστοιχεί σε συνθήκες ελεύθερης κεφαλής (ανάπτυξη μεγάλων καμπυλοτήτων στο άνω μέρος του πασσάλου → ρηγματώση και εκδήλωση μεγαλύτερων μετακινήσεων)

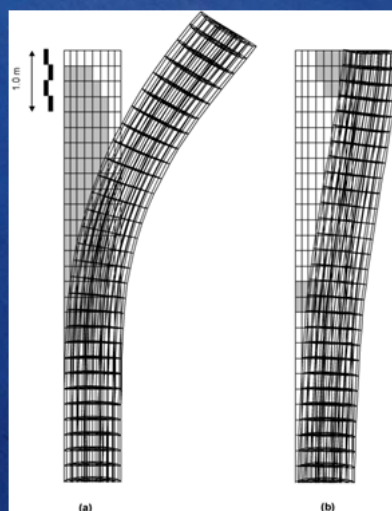


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

3-D Αριθμητική ανάλυση

Οι οριακές συνθήκες καθιστούν τον πάσσαλο ελεύθερης κεφαλής πιο ευπαθή λόγω της διαφορετικής τοπολογίας ρηγματώσης. Για το ίδιο φορτίο η ρηγματωμένη περιοχή εμφανίζει πολύ μεγαλύτερο εύρος απ' ό,τι στον πάσσαλο πακτωμένης κεφαλής



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

96

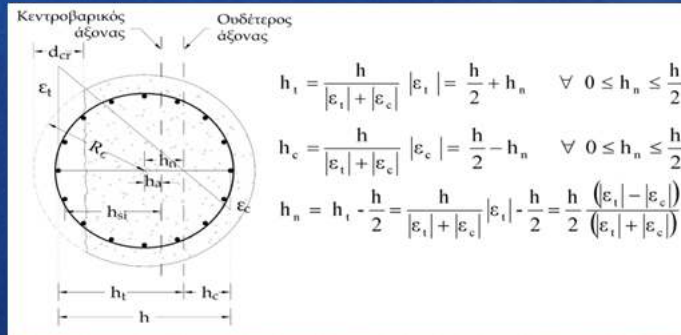
Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Ρηγμάτωση

Μεταβολή της δυσκαμψίας
vs ανηγμένου εύρους
ρηγμάτωσης
(d_{cr}/D)

$$M = E_p I_p \varphi = (E_c I_c + E_s I_s) \varphi$$

$$I_s = \sum_{i=1}^n \left(\frac{I_{si}^2}{16\pi} + A_{si} h_{si}^2 \right) \approx \sum_{i=1}^n A_{si} h_{si}^2$$

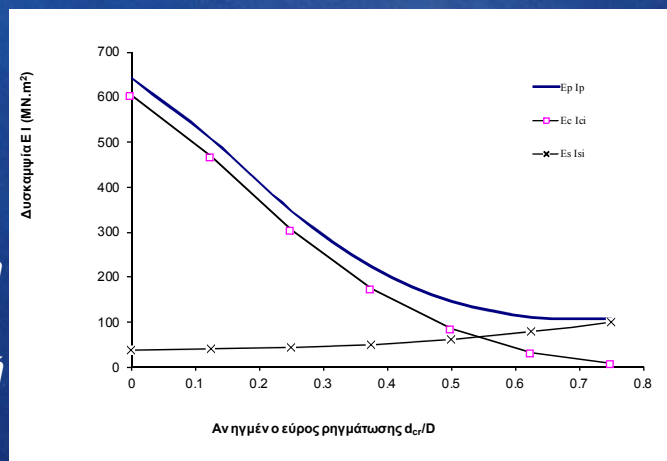


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Ρηγμάτωση

Μεταβολή της δυσκαμψίας
vs ανηγμένου εύρους
ρηγμάτωσης
(d_{cr}/D)
Ενσωμάτωση σε κώδικα μη
γραμμικής μονοδιάστατης
ανάλυσης με επαναληπτική
διαδικασία

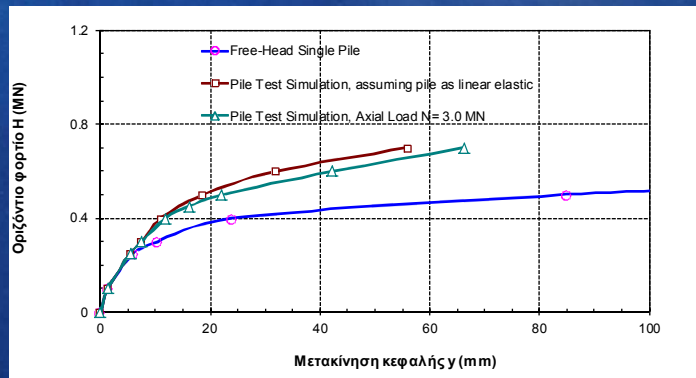


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Ευεργετική δράση θλιπτικής αξονικής δύναμης
(3-D ανάλυση)

Η συνύπαρξη θλιπτικής αξονικής δύναμης περιορίζει τη διεύρυνση της ρηγμάτωσης με ευεργετικά αποτελέσματα στην απόκριση και την αντοχή



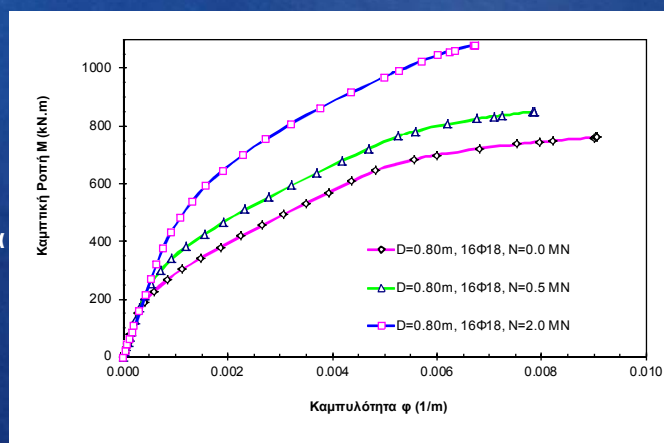
Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

99

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Ευεργετική δράση θλιπτικής αξονικής δύναμης
(1-D ανάλυση)

Η συνύπαρξη θλιπτικής αξονικής δύναμης περιορίζει τη διεύρυνση της ρηγμάτωσης με ευεργετικά αποτελέσματα στην απόκριση και την αντοχή



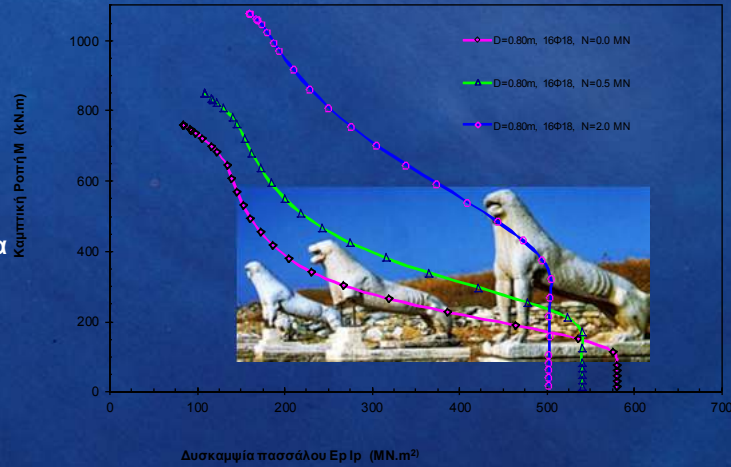
Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

100

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Ευεργετική δράση θλιπτικής αξονικής δύναμης (1-D ανάλυση)

Η συνύπαρξη θλιπτικής αξονικής δύναμης περιορίζει τη διεύρυνση της ρηγμάτωσης με ευεργετικά αποτελέσματα στην απόκριση και την αντοχή

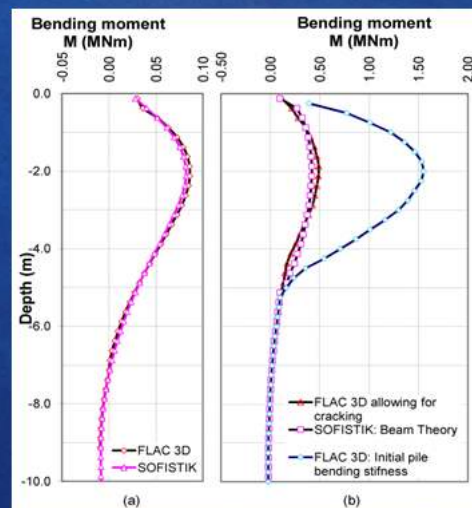


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

101

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Λάθος εκτίμηση καμπτικής ροής

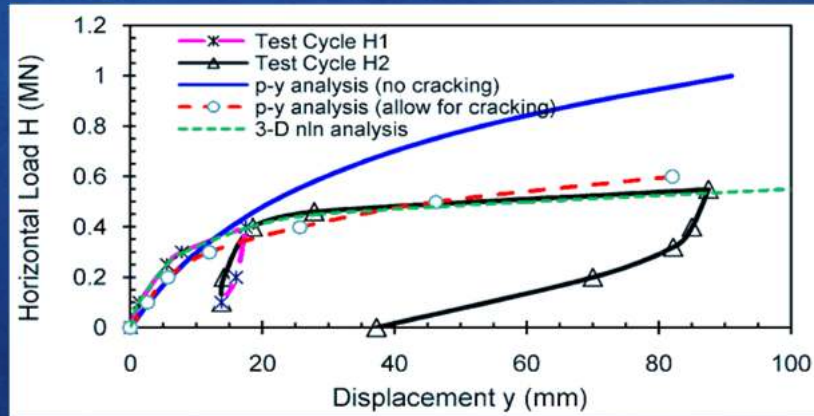


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

102

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Συγκεντρωτική παρουσίαση αποκρίσεων
Πειραματικά αποτελέσματα και αριθμητικός
προσδιορισμός

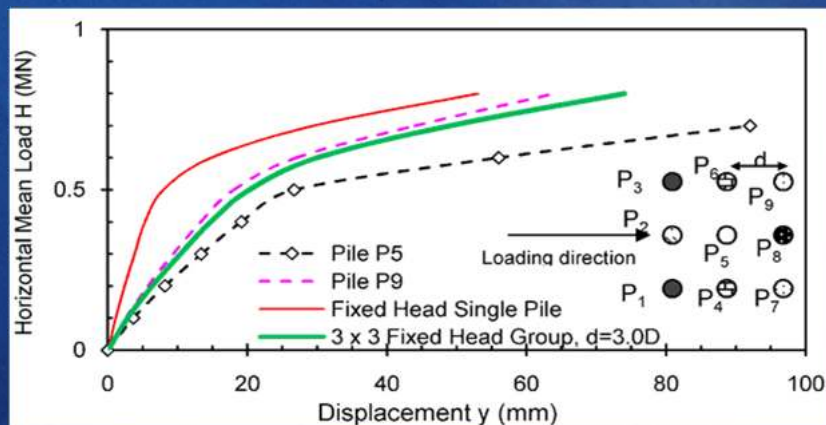


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

103

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Πρόβλεψη απόκρισης χαρακτηριστικών πασσάλων ομάδας





Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

104

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση


Συμπεράσματα


 Η ρηγμάτωση των πασσάλων οδηγεί σε σημαντικές επιπτώσεις στην απόκριση των πασσαλοθεμελιώσεων (μικρότερη αντοχή και δυσκαμψία). Η μεταβολή αυτή επηρεάζει με τη σειρά της την απόκριση των ανωδομών.

 Για την αποτίμηση των επιπτώσεων πραγματοποιήθηκε δοκιμαστική φόρτιση με κατάλληλη ενοργάνωση. Τα αποτελέσματα χρησιμοποιήθηκαν στη συνέχεια για τη διεξαγωγή 3-D μη γραμμικής ανάλυσης. Κατά τον τρόπο αυτό προσδιορίστηκαν με υψηλή ακρίβεια οι παράμετροι διατμητικής αντοχής και παραμορφωσιμότητας των συστατικών στοιχείων.


Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Συμπεράσματα

 Διερευνήθηκε στη συνέχεια η ευεργετική δράση θλιπτικής αξονικής δύναμης και οι επιπτώσεις των οριακών συνθηκών στην ανάπτυξη της ρηγμάτωσης




 Η διερεύνηση πραγματοποιήθηκε τόσο με σύνθετη ανάλυση (τρισδιάστατη μη γραμμική ανάλυση) όσο και με απλούστερη προσέγγιση (μονοδιάστατη ανάλυση με χρήση στοιχείων δοκού).

 Η τρισδιάστατη ανάλυση επιτρέπει την ακριβέστερη δυνατή ανάλυση με πολύ υψηλό εντούτοις υπολογιστικό κόστος

 Η μονοδιάστατη ανάλυση φαίνεται ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα δεδομένου ότι με μικρό υπολογιστικό κόστος δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα, ενώ μπορεί εύκολα να ενταχθεί σε κώδικα πλήρους ανάλυσης

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

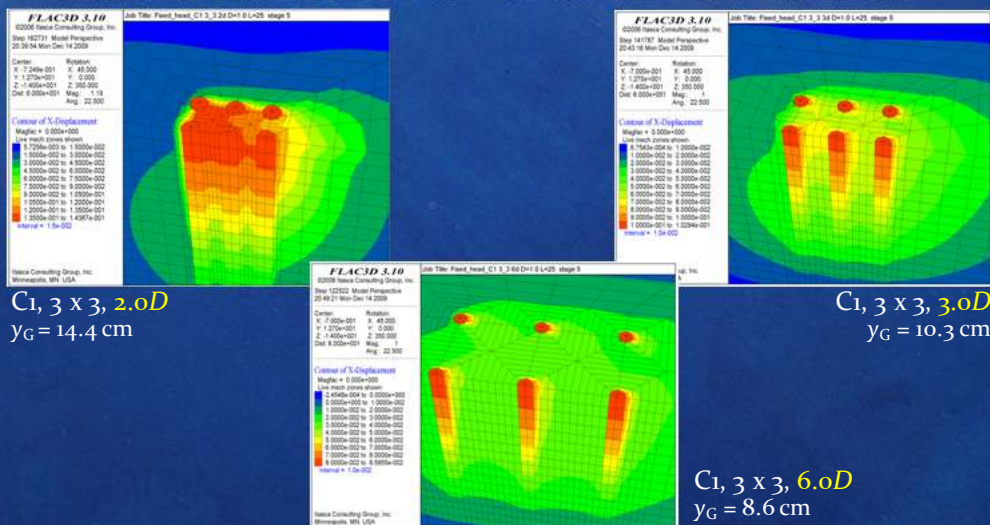
Μη γραμμική απόκριση πασσάλων

-  Μη γραμμική συμπεριφορά τους εδάφους
-  Αλληλεπίδραση πασσάλων λόγω λειτουργίας ομάδας
-  Μετελαστική συμπεριφορά πασσάλου

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

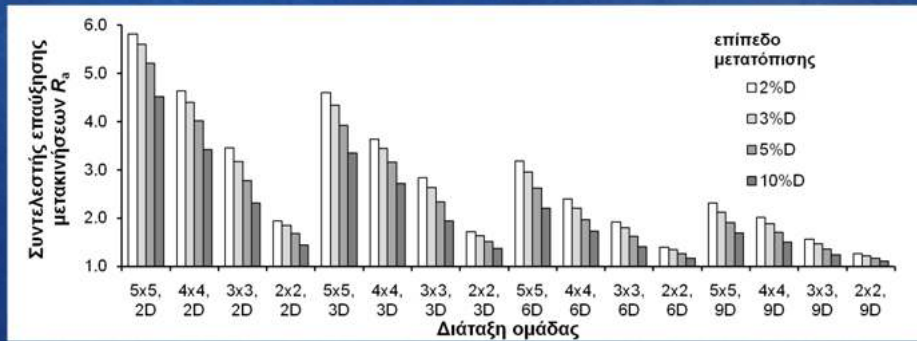
Αριθμητική διερεύνηση απόκρισης ομάδας πασσάλων

ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΟΜΑΔΑΣ ΣΕ ΑΡΓΙΛΟ – ΕΠΙΠΤΩΣΗ ΔΕΞΟΝΙΚΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ



Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση
Αριθμητική διερεύνηση απόκρισης ομάδας πασσάλων

ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΟΜΑΔΑΣ ΣΕ ΑΡΓΓΙΑΟ
ΕΠΙΠΡΩΣΗ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗΣ

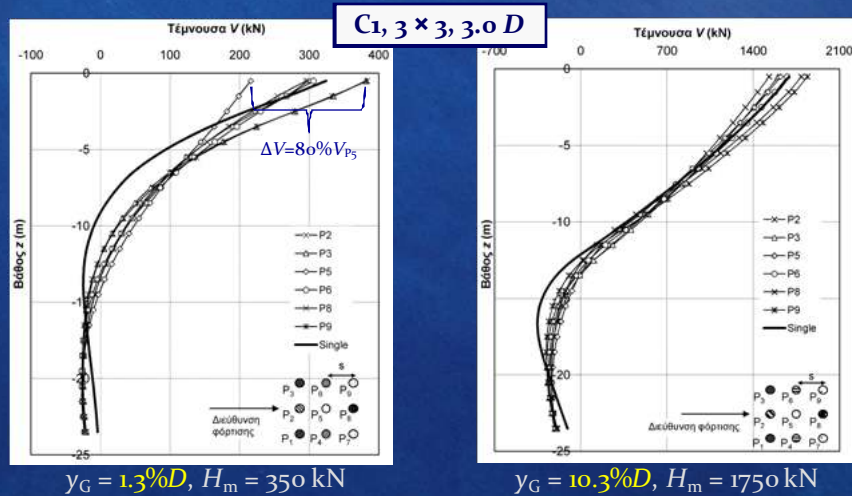


Κατηγορία C4

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

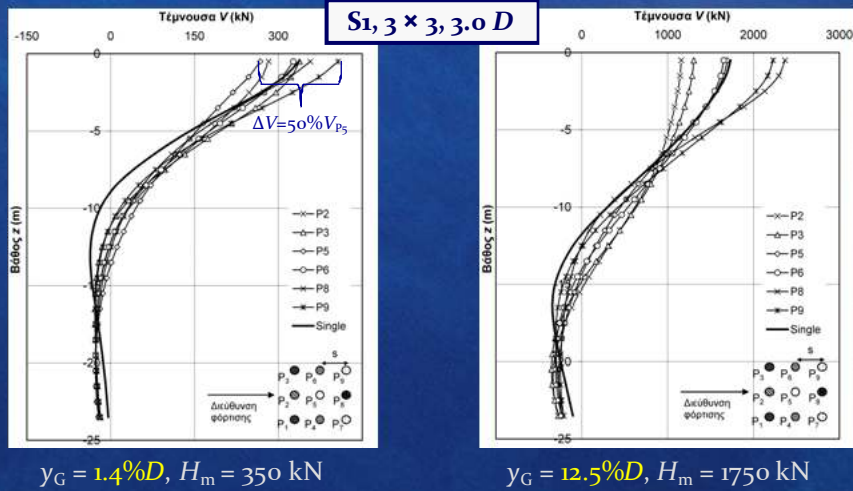
ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΕΜΝΟΥΣΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ
ΣΤΟΥΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΠΑΣΣΑΛΟΥΣ ΟΜΑΔΑΣ ΣΕ ΑΡΓΓΙΑΚΟ ΕΔΑΦΟΣ



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

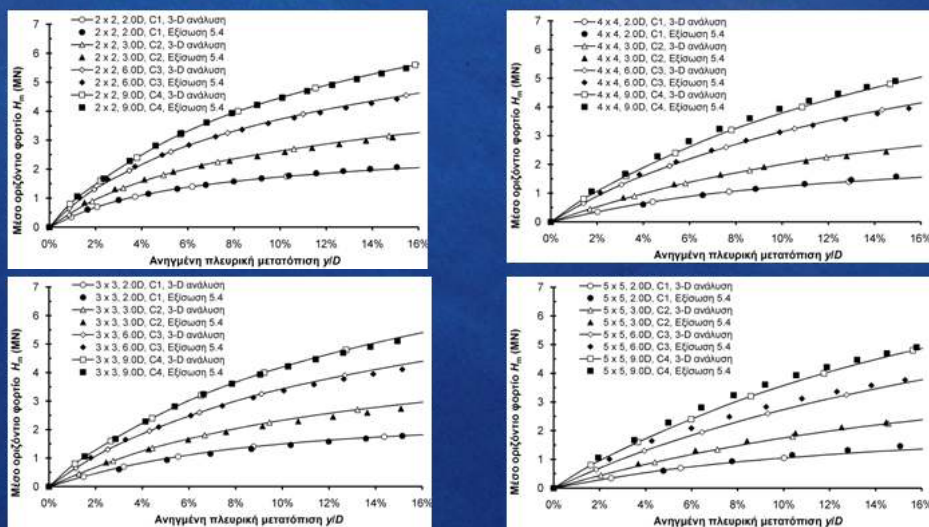
ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΕΜΝΟΥΣΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ
ΣΤΟΥΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΠΑΣΣΑΛΟΥΣ ΟΜΑΔΑΣ ΣΕ ΑΜΜΩΔΕΣ ΕΛΑΦΟΣ



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

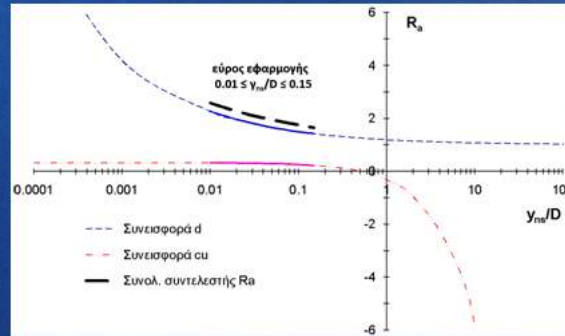
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΚΑΙ 3D ΑΝΑΛΥΣΗΣ



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

ΕΥΡΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ R_d

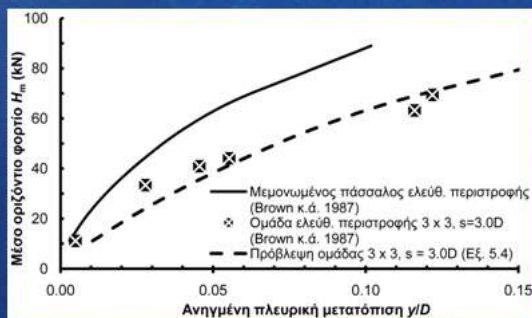


Εύρος εφαρμογής: $1\%D \leq y_{ns} \leq 15\%D$

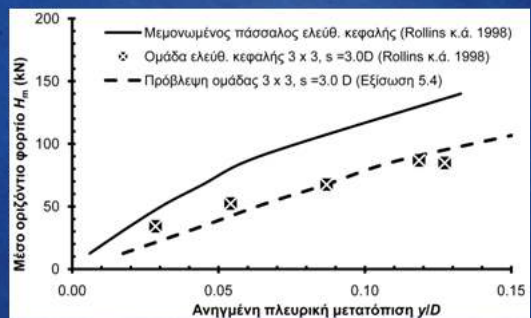
Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΜΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



(Brown et al, 1987)
 $3 \times 3, 3.0D$
 $c_u = 100 \text{ kPa}$

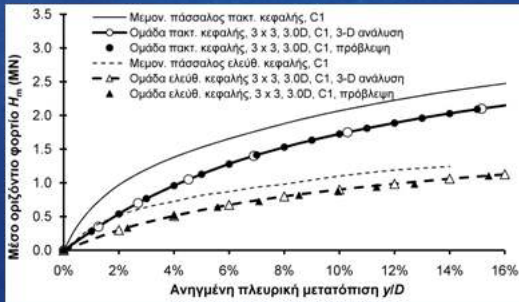


(Rollins et al, 1998)
 $3 \times 3, 3.0D$
 $c_u = 50 \text{ kPa}$

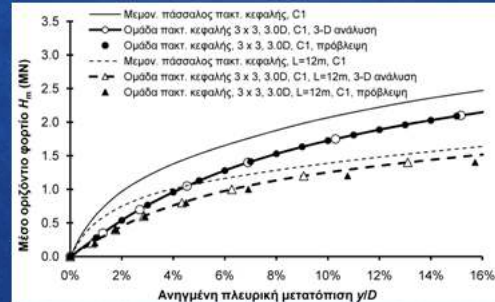
Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

**ΠΡΟΒΛΕΤΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΕ ΑΡΓΙΑΚΑ ΕΔΑΦΗ
ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗΣ**



Επαλήθευση για οριακές συνθήκες ελεύθερης κεφαλής

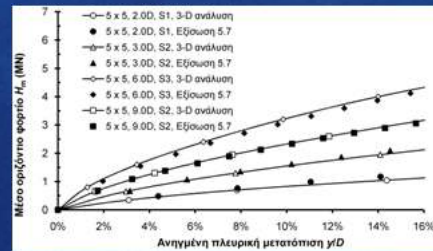
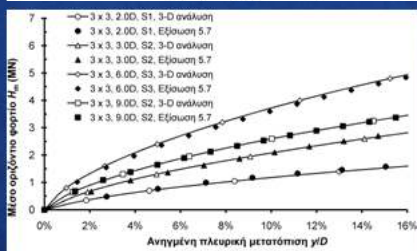
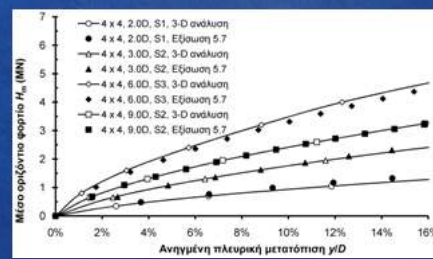
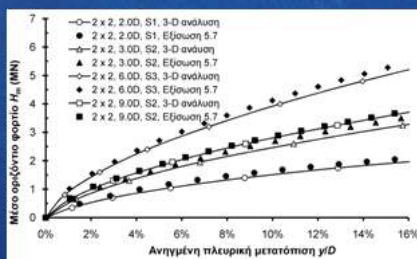


Επαλήθευση για $L/D = 12$

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

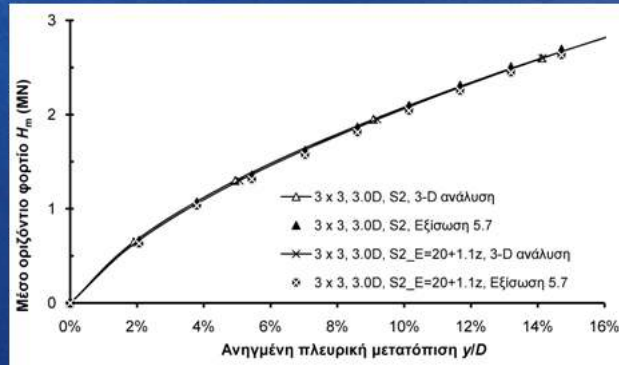
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΚΑΙ 3D ΑΝΑΛΥΣΗΣ



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

ΠΡΟΒΛΕΤΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΕ ΔΗΜΩΣΗ ΕΛΑΦΗ ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΕΠΙΔΥΣΕΙΣ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗΣ

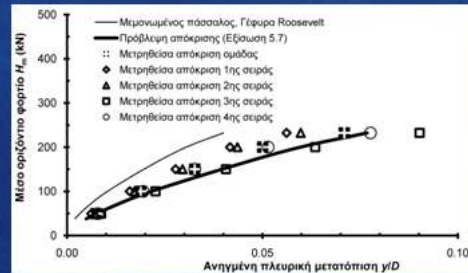
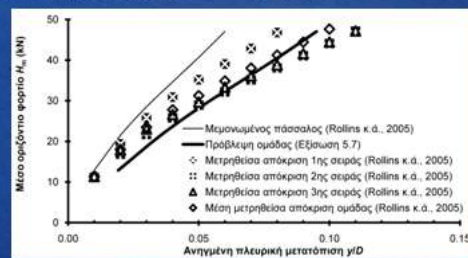
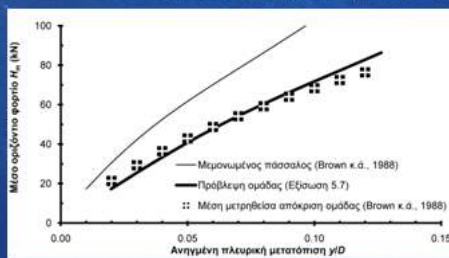


Σύγκριση αποκρίσεων για μέτρο ελαστικότητας σταθερό ($E = 30 \text{ MPa}$) και μεταβαλλόμενο ($E=20+1.1z = 20 \div 47.5 \text{ MPa}$)

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΜΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

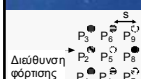


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Βαθιές Θεμελιώσεις | Πάσσαλοι υπό Οριζόντια Φόρτιση

Αποτίμηση της προτεινόμενης μεθόδου

ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΩΝ ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΩΝ ρ



Πολλαπλασιαστές ρ για $\gamma_6 = 5\%D$	εδαφός	2.0D			3.0D			9.0D		
	s									
C1	μ.ό. σειράς	0.62	0.63	0.76	0.73	0.74	0.81	0.91	0.90	0.93
		0.54	0.53	0.69	0.70	0.66	0.75	0.89	0.86	0.90
		0.62	0.63	0.76	0.73	0.74	0.81	0.91	0.90	0.93
		0.60	0.60	0.74	0.72	0.71	0.79	0.90	0.89	0.92
C2	μ.ό. σειράς	0.67	0.59	0.72	0.72	0.68	0.76	0.89	0.88	0.92
		0.47	0.46	0.46	0.63	0.58	0.69	0.87	0.84	0.88
		0.67	0.59	0.72	0.72	0.68	0.78	0.89	0.88	0.92
		0.61	0.54	0.63	0.69	0.65	0.75	0.89	0.87	0.90
C3	μ.ό. σειράς	0.60	0.51	0.66	0.69	0.60	0.72	0.86	0.84	0.89
		0.40	0.39	0.57	0.50	0.50	0.62	0.82	0.79	0.84
		0.60	0.51	0.66	0.69	0.60	0.72	0.86	0.84	0.89
		0.53	0.47	0.63	0.63	0.57	0.68	0.85	0.82	0.87
C4	μ.ό. σειράς	0.54	0.47	0.62	0.60	0.55	0.68	0.83	0.80	0.86
		0.36	0.36	0.52	0.47	0.45	0.57	0.78	0.74	0.81
		0.54	0.47	0.62	0.60	0.55	0.68	0.83	0.80	0.86
		0.48	0.43	0.59	0.56	0.52	0.64	0.82	0.78	0.84

Πολλαπλασιαστές ρ για $\gamma_6 = 10\%D$	εδαφός	2.0D			3.0D			9.0D		
	s									
C1	μ.ό. σειράς	0.65	0.72	0.84	0.80	0.83	0.91	0.93	0.94	0.96
		0.66	0.70	0.77	0.76	0.80	0.89	0.92	0.92	0.95
		0.65	0.72	0.84	0.80	0.83	0.91	0.93	0.94	0.96
		0.66	0.72	0.82	0.78	0.82	0.90	0.93	0.94	0.95
C2	μ.ό. σειράς	0.65	0.68	0.84	0.78	0.81	0.88	0.93	0.93	0.95
		0.60	0.63	0.63	0.77	0.76	0.84	0.91	0.91	0.93
		0.65	0.68	0.84	0.78	0.81	0.88	0.93	0.93	0.95
		0.63	0.66	0.77	0.78	0.79	0.86	0.92	0.92	0.95
C3	μ.ό. σειράς	0.65	0.63	0.76	0.71	0.74	0.82	0.92	0.91	0.94
		0.53	0.56	0.71	0.68	0.65	0.77	0.90	0.89	0.91
		0.65	0.63	0.76	0.71	0.74	0.82	0.92	0.91	0.94
		0.61	0.61	0.74	0.70	0.71	0.81	0.91	0.90	0.93
C4	μ.ό. σειράς	0.59	0.58	0.71	0.67	0.67	0.78	0.90	0.89	0.93
		0.46	0.49	0.65	0.59	0.57	0.72	0.87	0.86	0.89
		0.59	0.58	0.71	0.67	0.67	0.78	0.90	0.89	0.93
		0.55	0.55	0.69	0.64	0.64	0.76	0.89	0.88	0.92

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας | Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών