

ΛΥΣΕΙΣ

11.1

a) * Έστω ότι οι πάσσαλοι πακτωμένης κεφαλής είναι μοντοί.

Πολύει για τα όριζόντια φορτία άσcoxίας H_u :

$$H_u = 9 \times c_u \times B \times (L - 1.5 \times B) = 9 \times 45 \times 0.80 \times (10 - 1.5 \times 0.8) = 2851.2 \text{ kN}$$

Η μέγιστη ροπή πακτώσεως θα είναι:

$$M_{max} = H_u \times (0.5 \times L + 0.75 \times B) = 2851.2 \times (0.5 \times 10 + 0.75 \times 0.8) = 15966.7 \text{ kNm} \gg M_{yield} = 1300 \text{ kNm}$$

άρα ένδιαμεσοί ή μακροί

* Έστω ότι οι 9 πάσσαλοι πακτωμένης κεφαλής είναι ένδιαμεσοί.

Πολύουν οι σχέσεις:

$$M_u = M_{yield} = 2.25 \times c_u \times B \times g^2 - 9 \times c_u \times B \times f \times (1.5 \times B + 0.5 \times f) \quad (1)$$

$$f = \frac{H_u}{9 \times c_u \times B} = \frac{H_u}{9 \times 45 \times 0.8} = 0.003 \times H_u \quad (2)$$

$$\text{και } L = 1.5 \times B + g + f \rightarrow g = L - 1.5 \times B - f = 10 - 1.5 \times 0.8 - 0.003 \times H_u = 8.80 - 0.003 \times H_u \quad (3)$$

Με αντικατάσταση των (2) και (3) στην (1) προκύπτει:

$$g^2 = (8.80 - 0.003 \times H_u)^2 = 77.44 - 0.053 \times H_u + 0.00001 \times H_u^2$$

και

$$1300 = 2.25 \times 45 \times 0.8 \times (77.44 - 0.053 \times H_u + 0.00001 \times H_u^2) - 9 \times 45 \times 0.8 \times 0.003 \times H_u \times (1.5 \times 0.8 + 0.5 \times 0.003 \times H_u)$$

$$1300 = 6272.64 + 0.00081 \times H_u^2 - 4.293 \times H_u - 1.166 \times H_u - 0.00146 \times H_u^2$$

και τελικά:

$$0.00065 \times H_u^2 + 5.459 \times H_u - 4972.64 = 0$$

$$H_u = \frac{-5.459 \pm \sqrt{42.73}}{0.0013} = \begin{cases} 829.1 \text{ kN} \\ \text{αρνητική} \end{cases}$$

* Έλεγχος ροπής κάμψης ανοίγματος:

$$M_{max} = H_u \times (0.5 \times f + 1.5 \times B) - M_{yield} = 829.1 \times (0.5 \times 0.003 \times 829.1 + 1.5 \times 0.8) - 1300 = 726.32 \text{ kNm} < M_{yield} = 1300 \text{ kNm}$$

άρα ένδιαμεσοί

$$\text{οπότε: } H_{en} = \frac{H_u}{F} = \frac{829.1}{2} = 414.55 \text{ kN}$$

$$\text{και } H_{max}^{\epsilon n} = E_f \times n \times H_{en} = 1 \times 9 \times 414.55 = 3730.95 \text{ kN} \approx \underline{\underline{3730 \text{ kN}}}$$

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

Αν οι πασσαλοί είχαν θεωρηθεί μακροί θα προέκυπτε:

$$H_u = \frac{2 M_{yield}}{1.5 \times B + 0.5 \times f} \quad \text{όπου } f = 0.003 \times H_u \quad \text{όποτε:}$$

$$H_u \times (1.5 \times 0.80 + 0.5 \times 0.003 \times H_u) = 2 \times 1300 \rightarrow 0.0015 \times H_u^2 + 1.2 \times H_u - 2600 = 0$$

$$H_u = \frac{-1.2 \pm \sqrt{17.04}}{0.003} = \begin{matrix} 976 \text{ kN} > 829.1 \text{ kN} \\ \text{αρνητική} \end{matrix} \rightarrow \text{μη αναμενόμενο διότι ο μηχανικός μηχανισμός δράσεως αντιστοιχεί στο } H_{u0}$$

Άρα δεν εφαρμόζεται η εναλλακτική λύση προσδιορισμού του H_u από αδιαστατοποιημένο διάγραμμα $\frac{M_{yield}}{c_u \times B^3} \leftrightarrow \frac{H_u}{c_u \times B^3}$ για πασσάλους πακτωμένους μεγάλης διότι οι πασσαλοί είναι ενδιαμέσοι (ούτε μακροί - Σχ. 7.4, ούτε κοντοί - Σχ. 7.3)

β) Μετατόπιση κεφαλής

Από Σχ. 7.6 για πασσάλους σε εννεακτικό έδαφος και μακρύλη πακτωμένους μεγάλης για $\beta \times L = \sqrt[4]{\frac{k_h \times B}{E_p \times I_p}} \times L = \sqrt[4]{\frac{4000 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} \times 0.80 \text{ m}}{\frac{\pi \times 0.80^4}{64} \text{ m}^4 \times 2.5 \times 10^7 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}} \times 10 = \sqrt[4]{\frac{4000 \times 0.80}{0.02 \times 2.5 \times 10^7}} \times 10 = 0.283 \times 10 = 2.83 \rightarrow \frac{y_0 \times k \times B \times L}{H_{eq}} = 2.80$

όποτε:

$$y_0 = \frac{2.80 \times \overset{H_{eq}}{414.55}}{\underset{k_h}{4000} \times 0.8 \times 10} = \frac{0.036 \text{ m}}{1} = \underline{\underline{3.6 \text{ cm}}}$$

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:

Αν στο αδιαστατοποιημένο διάγραμμα $k = k_{100}$ αντί $k = k_h$ ή σχέση που ανδεί k_h, k_{100} για μακρούς πασσάλους είναι

$$k = \frac{k_h \times B}{0.4} = \frac{4000 \times 0.8}{0.4} = 8000 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} \quad \text{όποτε } y_0 = 0.018 \text{ m} = 1.8 \text{ cm}$$

Επειδή οι πασσαλοί είναι ενδιαμέσοι για κοντούς πασσάλους ισχύει η σχέση:

$$k = k_h \times \frac{5L}{2L+3B} \times B = 4000 \times \frac{5 \times 10}{2 \times 10 + 3 \times 0.80} \times 0.80 = 7142.86 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}$$

και $k_{eq} = \frac{k_{μκλ} + k_{κοντ}}{2} = \frac{8000 + 7142.86}{2} = 7571.4 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} \approx 7500 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}$

όποτε $y_0 = \frac{2.80 \times 414.55}{7500 \times 0.8 \times 10} = 0.019 \text{ m} = \underline{\underline{1.9 \text{ cm}}}$

11.2

a) $\varphi = 35^\circ \rightarrow k_p = \tan^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) = 3.69$

$\gamma = \gamma' = \gamma_{top} - \gamma_w = 20 - 10 = 10 \text{ kN/m}^3$

* Έστω ότι οι 9 πάσσαλοι πακτωμένης κεφαλής είναι μοντοί
 ισχύει για το όριο ορίζοντο φορτίο H_u :

$H_u = 1.5 \times \gamma \times L^2 \times B \times k_p = 1.5 \times 10 \times 10^2 \times 0.8 \times 3.69 = 4428 \text{ kN}$

και για την μέγιστη ροπή πακτώσεως:

$M_{max} = \frac{2}{3} \times H_u \times L = \frac{2}{3} \times 4428 \times 10 = 29520 \text{ kN}\cdot\text{m} \gg M_{yield} = 1300 \text{ kN}\cdot\text{m}$

άρα ένδραμμοι ή μακροί

* Έστω ότι οι 9 πάσσαλοι πακτωμένης κεφαλής είναι ένδραμμοι
 ισχύουν οι σχέσεις:

$M_u = M_{yield} = 0.5 \times k_p \times \gamma \times B \times L^3 - H_u \times L \quad (1)$

$H_u = \frac{3}{2} \times k_p \times \gamma \times B \times f^2 \quad (2)$

$f = 0.82 \times \left(\frac{H_u}{k_p \times \gamma \times B}\right)^{0.5} \rightarrow f^2 = 0.82^2 \times \frac{H_u}{3.69 \times 10 \times 0.8} = 0.0226 \times H_u \quad (3a)$

Επιλύοντας την (1) προκύπτει:

$H_u = \frac{0.5 \times k_p \times \gamma \times B \times L^3 - M_{yield}}{L} = \frac{0.5 \times 3.69 \times 10 \times 0.8 \times 10^3 - 1300}{10} = 1356 \text{ kN} \rightarrow \text{Ans (3)}$

$\rightarrow f = 0.82 \times \left(\frac{1356}{3.69 \times 10 \times 0.8}\right)^{0.5} = 5.56 \text{ m}$

Έλεγχος μεγίστης ροπής ανοίγματος:

$M_{max} = H_u \times \frac{2}{3} \times f - M_{yield} = 1356 \times \frac{2}{3} \times 5.56 - 1300 = 3726.24 \text{ kN}\cdot\text{m} > M_{yield} = 1300 \text{ kN}\cdot\text{m}$

άρα μακροί

* Έστω ότι οι 9 πάσσαλοι πακτωμένης κεφαλής είναι μακροί

$H_u \times \frac{2}{3} \times f = 2 \times M_{yield} \quad (1)$

και $f = 0.82 \times \left(\frac{H_u}{k_p \times \gamma \times B}\right)^{0.5} \quad (2)$

οπότε με αντικατάσταση του f από (2) στην (1) προκύπτει:

$H_u^{1.5} \times \frac{2}{3} \times 0.82 \times \frac{1}{(3.69 \times 10 \times 0.8)^{0.5}} = 2 \times 1300 \rightarrow H_u^{1.5} = \frac{2600 \times 29.52^{0.5} \times 3}{2 \times 0.82} = 25840.98 \rightarrow$

$\rightarrow H_u = 874 \text{ kN}$

οπότε: $H_{en} = \frac{H_u}{F} = \frac{874}{2} = 437 \text{ kN}$

και $H_{max}^{en} = E \times n \times H_{en} = 1 \times 9 \times 437 = 3933 \text{ kN} \approx 3930 \text{ kN}$

Εναλλακτικά επειδή οι πάσσαλοι πακτωμένης κεφαλής είναι μακροί χρησιμοποιείται το αδιαστατοποιημένο διάγραμμα του σχήματος 7.4 (εφαρμόζεται κυρίως για προεπιτίμηση ή επαληθεύση) για την επιτίμηση του οριακού οριζόντιου φορτίου H_u

$$n = \sqrt[5]{\frac{M_b}{E_p \times J_p}} = \sqrt[5]{\frac{1500}{2.5 \times 10^7 \times 0.02}} = 0.313 \rightarrow n \times L = 0.313 \times 10 = 3.13 \quad (2 < 3.13 < 4 \text{ μάλλον})$$

Ενδιάμεσοι αλλά εφαρμόζεται το διάγραμμα του σχήματος 7.4

$$\frac{M_{yield}}{k_p \times \gamma \times B^4} = \frac{1300}{3.69 \times 10 \times 0.8^4} = 86 \rightarrow \frac{H_u}{k_p \times \gamma \times B^3} = 44.5 \text{ οπότε:}$$

$$H_u = 44.5 \times 3.69 \times 10 \times 0.8^3 = 840.7 \text{ kN} \approx 874 \text{ kN}$$

β) Από διάγραμμα του σχήματος 7.11 για πασσαλούς σε κοιμωδες έδαφος και μακρύτης πακτωμένης κεφαλής προκύπτει:

$$n \times L = 0.313 \times 10 = 3.13 \rightarrow \frac{\gamma_0 \times (E_p \times J_p)^{3/5} \times (M_b)^{2/5}}{H_{en} \times L} = 0.20 \text{ οπότε:}$$

$$\underline{\underline{\gamma_0 = \frac{0.20 \times 437 \times 10}{(2.5 \times 10^7 \times 0.02)^{3/5} \times (1500)^{2/5}} = \frac{874}{2626.53 \times 18.64} = 0.0179 \text{ m} \approx 1.8 \text{ cm}}}$$