

Beton 8ου Σα 15/5/2010

ΑΣΚΗΣΗ: ΤΟΙΧΩΜΑ ΣΕ ΔΙΩΡΟΦΟ ΚΤΙΡΙΟ (Με αυξημένες απαιτήσεις Α/Σ)

Εστω τοίχωμα διαστάσεων $1.20 \times 0.25 \text{ m}^2$

$G_1 = G_2 = 200 \text{ kN}$ $Q_1 = Q_2 = 200 \text{ kN}$, C16/20/S400

Σεισμός: Ζώνη III $\Rightarrow \alpha = 0.24$, $\beta_0 = 2.5$, $q = 3.0$, $\gamma_1 = 1$, $n = 1$, $\theta = 1$,

$$\psi = 0.3 \quad \Rightarrow \phi_d(T) = 0.24 \cdot \frac{2.5}{3.0} g = 0.20g$$

Εφαρμόζεται η Ισοδύναμη Στατική Μέθοδος.

Τέμνουσα βάεως: V_0 :

$$N = \Sigma G + 0.3 \Sigma Q =$$

$$= (200 + 200 + 1.2 \cdot 0.25 \cdot 7.0 \cdot 25) + 0.3(200 + 200) = 452 + 120 = 572.5 \text{ kN}$$

$$\Rightarrow V_0 = 0.2N = 114.5 \text{ kN}$$

Κατανομή καθ ύψος H_1 , H_2 ($H_1 + H_2 = V_0$)

$$H_2 = V_0 \frac{m_2 z_2}{m_1 z_1 + m_2 z_2} \text{ όπου: } m_1 = m_2, z_2 = 2z_1 = 7.0 \text{ m} \Rightarrow$$

$$H_2 = V_0 \frac{2}{3} = 76.5 \text{ kN} \text{ και } H_1 = V_0 \frac{1}{3} = 38.0 \text{ kN}$$

Ένταση

α) Χωρίς σεισμό

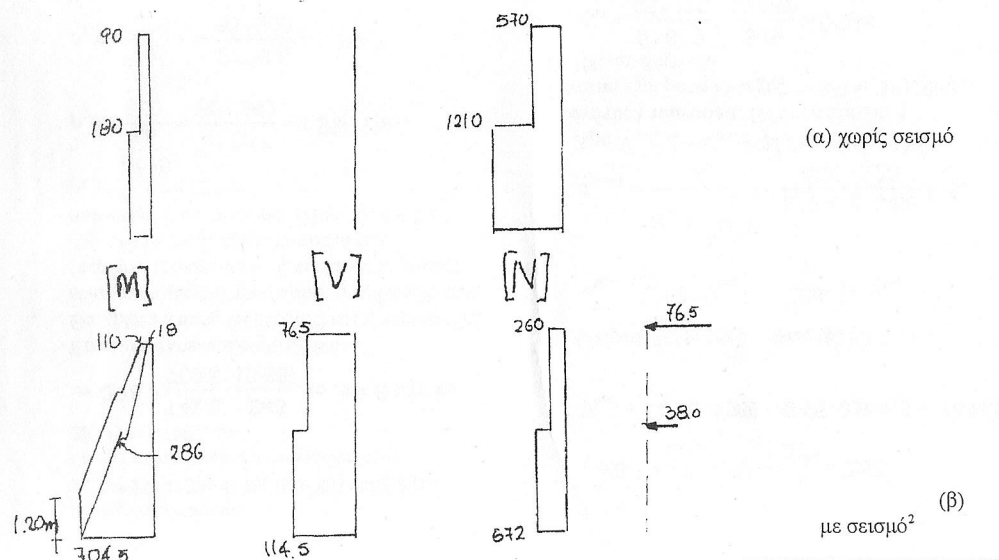
$$N_d = 1.35G + 1.5Q \Rightarrow 1.35 \cdot 452.5 + 1.5 \cdot 400 = 1211 \text{ kN}$$

β) Με σεισμό

$$N_d = G + 0.3Q = 572.5 \text{ kN}$$

$$H_1 = 38 \text{ kN}$$

$$H_2 = 76.5 \text{ kN}$$



¹ Με τον νέο ΕΑΚ η ελάχιστη διάσταση τοιχώματος είναι πλέον 1.5m

² Μετατόπιση του δ/τος ροπών κατά d. Εδώ ελήφθη υπέρ της ασφαλείας μήκος μετατόπισης ίσο προς $l_w = 1.2 \text{ m}$.

Τοίχωμα: Γεωμετρία: $l_w = 1.20 \text{ m}$,

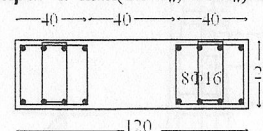
$$b_w = 0.25 \text{ m} \geq \frac{3.50}{20} \text{ ή } 0.25 \text{ m}$$

Λόγος διαστάσεων: $120/25 = 4.8 > 4.0$ (Παρ. 18.5.1)

$$H_w = 7.0 \text{ m} \Rightarrow \text{Υψος κρίσιμης περιοχής: } H_{cr} = \max(l_w, \frac{H_w}{6}) = 1.20 \text{ m}.$$

Σε κάθε όμως περίπτωση η κρίσιμη περιοχή καλύπτει ολόκληρο το ύψος του κάτω ορόφου πλέον του τυχόν υπάρχοντος υπογείου (δηλαδή οι λεπτομέρειες οπλισμού συνεχίζονται και στο υπόγειο αν υπάρχει). (Παρ. 18.5.2). Δηλαδή εδώ μέχρι την στάθμη +3.5m.

Άκρα: $\alpha = \max(1.5 b_w, 0.15 l_w) = 0.375 \approx 0.40 \text{ m}$



Κάμψη $d/h = 0.2/1.2 = 0.16$

(α) Χωρίς σεισμό

$$v = \frac{1211}{0.25 \cdot 1.20 \cdot \frac{16000}{1.5}} = 0.38$$

$$\mu = \frac{180}{0.25 \cdot 1.20^2 \cdot \frac{16000}{1.5}} = 0.09$$

$\omega = \text{ελάχιστο}$

(β) Με σεισμό

$$v = \frac{572}{0.25 \cdot 1.20 \cdot \frac{16000}{1.5}} = 0.18$$

$$\mu = \frac{704.5}{0.25 \cdot 1.20^2 \cdot \frac{16000}{1.5}} = 0.18$$

$$\omega_{\text{tot}} = 0.35$$

$\Rightarrow$

$$A_{s1} = A_{s2} = \frac{1}{2} A_{\text{στοι}} = \frac{1}{2} \cdot 0.35 \cdot 25 \cdot 120 \cdot \frac{10.667}{348} = 16 \text{ cm}^2$$

$\rightarrow 8\Phi 16$ ανά παρειά (ο περιορισμός $\Phi = 1.6 < b/10 = 25/10$ δεν εφαρμόζεται για τον οπλισμό των άκρων αλλά μόνον για τον οπλισμό του κορμού Παρ. 18.5.3.α). Ο οπλισμός κάθε άκρου πρέπει να καλύπτει τις απαιτήσεις για τα υποστυλώματα: $1\% < \rho = A_s/A_c < 4\%$ βλ. Παρ. 18.5.3.β: $8\Phi 16 = 8 \cdot 2 = 16 \text{ cm}^2 \rightarrow \rho = 16/[25 \cdot 40] = 1.6\% \checkmark$

Περίσφιξη άκρων (§18.5.3.β)

$$\text{Για αξονική δύναμη: } N_{\text{eff}} = \frac{2}{3} \left(\frac{N_{sd}}{2} + \frac{M_{sd}}{z} \right)$$

έχουμε για τις δύο περιπτώσεις φορτίσεως:

$$(α): v_{\text{eff}} = \frac{2}{3} \left(\frac{1211}{2} + \frac{180}{0.80} \right) = 553 \text{ kN}$$

$$(β): v_{\text{eff}} = \frac{2}{3} \left(\frac{572}{2} + \frac{704.5}{0.80} \right) = 778 \text{ kN}$$

(καθοριστική)

$$\Rightarrow v_d = \frac{778}{0.25 \cdot 0.40 \cdot 10667} = 0.73$$

Επίσης είναι:

$$A_c \approx 0.25 \cdot 0.40 = 0.10 \text{ m}^2$$

$$A_0 = 0.20 \cdot 0.35 = 0.07 \text{ m}^2$$

$$\alpha = \alpha_n \alpha_s \text{ (βλ Παρ. 18.4.4.2.β)}$$

όπου:

$$\alpha_n = 1 - \sum \frac{b_i^2}{6 \cdot A_0} = 1 - \frac{6 \cdot 0.125^2 + 2 \cdot 0.20^2}{6 \cdot 0.20 \cdot 0.375} = 0.61$$

$$\text{και } \alpha_s = \left(1 - \frac{s'}{2b_0} \right)^2$$

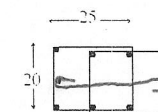
όπου s' η καθαρή απόσταση των συνδετήρων και b_0 το πλάτος του πυρήνα. Εστω (!) ότι θα προκύψουν συνδετήρες $\Phi 10/6$, άρα καθαρή απόσταση συνδετήρων $s' = 6 - 1 = 5 \text{ cm}$, και $b_0 = 20 \text{ cm}$ οπότε:

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s'}{2b_0} \right)^2 = \left(1 - \frac{5}{2 \cdot 20} \right)^2 = 0.766 \text{ οπότε:}$$

$$\alpha = \alpha_n \alpha_s = 0.61 \cdot 0.766 = 0.47, \text{ οπότε:}$$

$$\omega_{\text{wd, απαιτ}} = \frac{1}{\alpha} \left(0.85 v_d \left(0.35 \frac{A_c}{A_0} + 0.15 \right) - 0.035 \right) = \frac{1}{0.47} \left(0.85 \cdot 0.73 \left(0.35 \frac{0.10}{0.07} + 0.15 \right) - 0.035 \right) = 0.78$$

Εστω λοιπόν συνδετήρες $\Phi 10$ σε απόσταση s . Σε κάθε κρυφοκόλωνα τίθενται δύο ίδιοι ορθογωνικοί συνδετήρες με πλευρές $25 \times 20 \text{ cm}$:



$$\omega_{\text{wd, απαιτ}} = \frac{\text{όγκος συνδετήρων}}{\text{όγκος περίσφι. σκυρ/τος}} \cdot \frac{f_{\text{ywd}}}{f_{\text{cd}}}$$

Όγκος συνδετήρων:

$$A_{sw} (4 \cdot 25 + 4 \cdot 20) = 0.79 (100 + 80) = 142.2 \text{ cm}^2$$

Όγκος περισφιγμένου σκυροδέματος:

$$20 \cdot 35 \cdot s = 700 \cdot s \text{ cm}^3$$

$$\Rightarrow 0.78 = \frac{142.2}{700 \cdot s} \cdot \frac{348}{10.667} \Rightarrow s = 8 \text{ cm} \Rightarrow$$

Εστω ότι αποφασίζουμε $\Phi 10/6$:

Θα πρέπει επίσης να ελεγχθεί ότι η περισφιγξη είναι ομοιόμορφη προς αμφότερες διευθύνσεις (περίπου τετραγωνικός ή κυκλικός πυρήνας).

Δηλαδή τα γεωμετρικά ποσοστά των συνδετήρων να είναι ίσα (Παρ. 18.4.4.2.iv)

$\rho_x \cdot \rho_y \cdot s$. Εδώ έχουμε:

$$\rho_y = \frac{4\Phi 10}{\frac{60}{350}} = \frac{4 \cdot 78.5}{60 \cdot 350} = 1.5\% \text{ και}$$

$$\rho_x = \frac{2\Phi 10}{\frac{60}{200}} = \frac{2 \cdot 78.5}{60 \cdot 200} = 1.3\%$$

$$\omega_{wd, \text{απαιτ}} =$$

$$2\rho_{\min} f_{yd} / f_{cd} \cdot \rho_x = 2 \cdot 0.013 \cdot 348 / 10.667 = 0.85$$

$> \omega_{wd, \text{απαιτ}} = 0.78$. Άρα ικανοποιείται η απαίτηση.

Αν δεν ικανοποιούνταν η απαίτηση θα έπρεπε να αυξήσουμε το $\rho_{\min}$. Π.χ. να αποφασίζαμε την παραπλεύρως διαμόρφωση για την οποία θα ήταν

Τελικώς τίθενται: **2Φ10/6**

Διάτμηση

$$\bullet V_{Rd1} = [\tau_{rd} k (1.2 + 40\rho_i) + 0.15\sigma_{cp}] b_w d$$

(βλ. π11.1.2.1)

όπου:

$$\tau_{rd} = 220 \text{ kPa}$$

$$\rho_i = \frac{16}{25 \cdot 100} = 0.64\%$$

$$\sigma_{cp} = \frac{572}{0.25 \cdot 1.20} = 1.9 \text{ MPa} = 1900 \text{ KPa}$$

$$\Rightarrow V_{Rd1} = [220 (1.2 + 40 \cdot 0.64\%) + 0.15 \cdot 1900] \cdot 0.25 \cdot 1.00 = [320 + 285] \cdot 0.25 = 151 \text{ kN}$$

$$k = 1.6 - 1.2 = 0.4 \Rightarrow k = 1$$

$$b_w = 0.25 \quad d = 1.00 \quad A_s = 16 \text{ cm}^2$$

$$\bullet V_{Rd2} = 1/2 v f_{cd} b_w 0.9d \text{ (βλ. Παρ11.1.3.1)}$$

³ Αν είναι τότε το ω_{wd} μπορεί να υπολογισθεί από την σχέση: $\omega_{wd} = (\rho_x + \rho_y) f_{yd} / f_{cd}$, αν δεν είναι ίσα τότε θα ληφθεί υπόψη το μικρότερο ρ : $\omega_{wd} = 2\rho_{\min} f_{yd} / f_{cd}$.

⁴ Συντηρητικώς ελήφθησαν υπόψη μόνο 2Φ10 (και όχι 4Φ10 μιας και δεν υπάρχουν σε όλο το μήκος)

όπου:

$$v = 0.7 - \frac{f_{ck}}{200} = 0.7 - \frac{10}{200} = 0.62$$

$$V_{Rd2} = \frac{1}{2} \cdot 0.62 \cdot 10667 \cdot 0.25 \cdot 0.9 \cdot 1.0 = 744 \text{ kN}$$

Μείωση λόγω της θλίψεως (§11.2.3.1)

$$V_{Rd2, \text{red}} = 1.67 V_{Rd2} \left(1 - \frac{\sigma_{cp, \text{eff}}}{f_{cd}} \right) < V_{Rd2}$$

$$\sigma_{cp, \text{eff}} = \frac{N_{sd} - A_{s2} f_{yk}}{A_c} = \frac{572 - 16 \cdot 34.8}{0.25 \cdot 1.20} \approx 0$$

$$\text{Άρα } V_{Rd2, \text{red}} = V_{Rd2} = 744 \text{ kN} > 114.5 \text{ kN}$$

Ικανοτική τέμνουσα: Η έτσι οπλισμένη διατομή έχει ροπή αντοχής: $b=25\text{cm}$, $h=120\text{cm}$, $d=100\text{cm}$, $d/h=0.83$,

$$\omega_{\text{tot}} = \frac{2 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 348}{25 \cdot 120 \cdot 10.667} = 0.348$$

$$v = 572 / [0.25 \cdot 1.20 \cdot 10667] = 0.179$$

από το δ/μα αλληλεπιδράσεως βρίσκουμε

$\mu=0.185$ και άρα:

$$M_{Rd} = 0.185 \cdot 0.25 \cdot 1.20^2 \cdot 10667 = 710 \text{ kNm}$$

Ο συντελεστής ικανοτικής μεγέθυνσης είναι:

$$\alpha_{CD} = \gamma_{Rd} M_{Rd} / M_{Sd} = 1.3 \cdot 710 / 704.5 = 1.31$$

Άρα η ικανοτική τέμνουσα στην βάση είναι

$$V_{CD, \text{βαση}} = 1.31 \cdot 114.5 = 150.1 \text{ kN} < V_{Rd2, \text{red}} = 744 \text{ kN} \checkmark$$

και στην κορυφή

$$V_{CD, \text{κορυφη}} = 1.31 \cdot 76.5 = 100.3 \text{ kN}$$

• Οπλισμοί: επειδή είναι τοίχωμα με μεγάλη αξονική ($v=0.179 > 0.10$) (Σχέση 11.17)

$$V_{cd} = 0.7 V_{Rd1} = 0.7 \cdot 151 = 106 \text{ kN}$$

Ο λόγος διατμήσεως είναι:

$$\alpha_s = M_{Sd} / [V_{Sd} \cdot l_w] = 710 / [114.5 \cdot 1.2] = 5.1 > 2.0$$

Άρα οι συνδετήρες υπολογίζονται από την σχέση:

$$V_{wd} = V_{sd} = V_{cd} = 150.1 - 106 = 44.1 \text{ kN}$$

$$= 2 \cdot 0.5 \cdot 34.8 \cdot 0.9 \cdot 1.0 / s \Rightarrow s = 71 \text{ cm} \Rightarrow \min A_{sw}$$

$$\min \rho_w = 0.25\% \text{ (Παρ. 18.5.6)} \Rightarrow \text{Εστω } \Phi 8$$

$$\Rightarrow 0.25\% = \frac{2 \cdot 0.5}{25 \cdot s} \Rightarrow s = 16 \text{ cm} \Rightarrow$$

τίθενται **Φ8/16**

Στο σχήμα φαίνονται ως ευθείες ράβδοι αγκυρωμένες στις κρυφοκολώνες. Αν είχαν διαμορφωθεί ως κλειστοί συνδετήρες τότε θα συνυπολογίζονταν στην περισφιγξη.

Αρμός διακοπής εργασίας (§18.5.7) Στην

στάθμη πάνω από το +3.50

$$A_{sv} = 0.053 \cdot 25 \cdot 120 = 16 \text{ cm}^2$$

$$\rho_v = \frac{1.3 f_{ctm} - 0.7 \frac{N_{sd}}{A_g}}{f_{yd}} = \frac{1.3 \cdot 1.9 - 0.7 \frac{260 \cdot 10^{-3}}{0.25 \cdot 1.20}}{400} = \frac{2.47 - 0.61}{348} = 0.53\% > 0.25\%$$

$$\text{Υπάρχουν: } 2 \cdot 8\Phi 16 + 4\Phi 10 = 35.2 \text{ cm}^2 \checkmark$$

