ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Επεμβάσεις με Στόχο την Αύξηση της Τοπικής Πλαστιμότητας

ΑΣΚΗΣΗ 1

ΖΗΤΕΙΤΑΙ:

Να προσδιοριστεί η απαιτούμενη περίσφιγξη στο πλέον εύτρωτο πρωτεύον υποστύλωμα της κατασκευής που να ικανοποιεί την απαίτηση για συντελεστή σεισμικής συμπεριφοράς q=3,0. *(Για τον ορισμό του πλέον εύτρωτου δομικού στοιχείου βλ. ΚΑΝ.ΕΠΕ. § Σ 8.2.3(iii))*

ΔΙΝΕΤΑΙ:

Ορθογωνικό υποστύλωμα ύψους $h_{καθ}$=3m

Διατομή: d_c=500mm , b_c=350mm

Επικάλυψη οπλισμού c=25mm

Η μέση τιμή της αντοχής του σκυροδέματος προέκυψε f_{ctm}=17MPa και η χαρακτηριστική f_{ck}=14MPa

Ο χάλυβας αναγνωρίστηκε S400

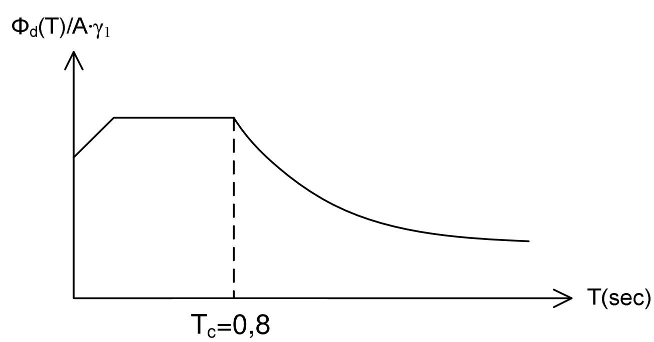
Αξονική δύναμη: N_d=-800 kN

Παράγοντας υπεραντοχής q_u=1,2

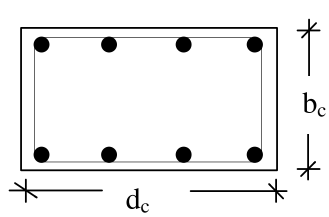
Για την επιλογή του παράγοντα υπεραντοχής q_u βλ. ΚΑΝ.ΕΠΕ. Κεφ.4, Παράρτημα 4.2 και EC8 § 5.2.2.2

Η ιδιοπερίοδος του κτιρίου να θεωρηθεί T=0,33 sec

Δίνεται το φάσμα σχεδιασμού



Σχήμα 1: Φάσμα σχεδιασμού



Σχήμα 2: Διαστάσεις διατομής

ΛΥΣΗ

Έλεγχος ικανότητας επιβολής περίσφιγξης

Ο λόγος πλευρών του υποστυλώματος είναι : d_c/b_c=500/350≈1,4<2

Η τεχνική είναι ευχερής σε στοιχεία με κυκλική διατομή ή ορθογωνική διατομή σχετικά μικρών διαστάσεων, με λόγο πλευρών που δεν ξεπερνά το 2:1, ΚΑΝ.ΕΠΕ., Σ§8.2.3(α).

Ο απαιτούμενος δείκτης συμπεριφοράς λόγω πλαστιμότητας θα είναι *(ΚΑΝ.ΕΠΕ. § 8.2.3.δ (i))* $q_\pi=q:q_u$ =3,0:1,2 =2,5.

Ο απαιτούμενος δείκτης πλαστιμότητας μ_δ του δομήματος σε όρους μετακινήσεων, για T =0,33 sec < T_c=0,8sec, είναι *(ΚΑΝ.ΕΠΕ. εξίσωση (8.17))*:

$$\mu_\delta = 1 + \frac{T_c}{T}(q_\pi - 1) = 1 + \frac{0{,}8}{0{,}33}(2{,}5 - 1) = 4{,}6$$

Για το πλέον εύτρωτο πρωτεύον στοιχείο της κατασκευής απαιτείται

$$\mu_{\delta i} = \mu_\delta = 4{,}6$$

Η απαιτούμενη τιμή του δείκτη πλαστιμότητας σε όρους καμπυλοτήτων $\mu_{1/r}$ για την κρίσιμη διατομή του υποστυλώματος υπολογίζεται (*ΚΑΝ.ΕΠΕ. §Σ8.2.3 δ (iv)):*

$$(\mu_{1/r} - 1)/(\mu_{\delta i} - 1) = 3 \Rightarrow \mu_{1/r} = 3\mu_{\delta i} - 2 = (3 \cdot 4{,}6) - 2 = 11{,}8$$

Η απαιτούμενη τιμή μέγιστης θλιπτικής παραμόρφωσης του σκυροδέματος είναι *(ΚΑΝ.ΕΠΕ. εξίσωση (Σ8.11))*:

$$\varepsilon_{cu,c} = 2{,}2 \cdot \mu_{1/r} \cdot \varepsilon_{sy} \cdot v = 2{,}2 \cdot 11{,}8 \frac{400 \cdot 1{,}15}{200.000} 0{,}27 \approx 0{,}016$$

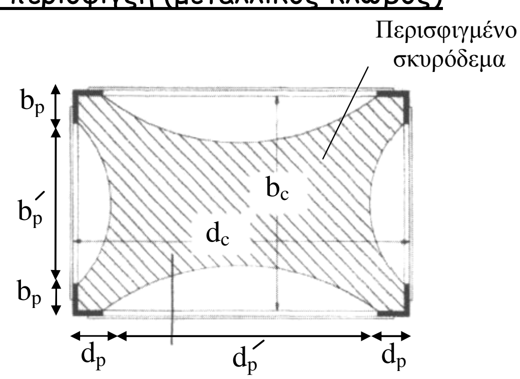
για ανηγμένη αξονική θλιπτική δύναμη υπολογιζόμενη με τη μέση τιμή της ονομαστικής αντοχής του σκυροδέματος ίση με:

$$v = 800/(0{,}5 \cdot 0{,}35 \cdot 17 \cdot 10^3) = 0{,}27 > 0{,}2$$

Οι τιμές ε_{sy} και v υπολογίζονται με βάση τις μέσες τιμές αντοχής χάλυβα και σκυροδέματος. Λαμβάνεται f_{ym}=1,15f_{yk}.

Εφαρμογή ενίσχυσης

- <u>Χαλύβδινη περίσφιγξη (μεταλλικός κλωβός)</u>



Σχήμα 3: Περίσφιγξη με μεταλλικό κλωβό

Η εφαρμογή του μεταλλικού κλωβού ακολουθεί τις διατάξεις του ΚΑΝ.ΕΠΕ. της §Σ8.2.3, §6.2.2 και §Σ6.2.2.

$A_c = b_c \cdot d_c = 0{,}35 \cdot 0{,}5 = 0{,}175 m^2$ *(ΚΑΝ.ΕΠΕ. § Σ6.2.2β)*

Για το μεταλλικό κλωβό θα χρησιμοποιηθούν 4 γωνιακά L50x50x5mm που θα τοποθετηθούν σε όλο το ύψος του υποστυλώματος και ελάσματα ανά αποστάσεις s όλα ποιότητας χάλυβα Fe360 (f_y=235 N/mm^2)
Οπότε b_p=d_p=50mm:

$$\left.\begin{aligned} \beta &= \frac{2b_p}{b_c} = \frac{2\cdot 50}{350} \cong 0{,}286 \\ \gamma &= \frac{2d_p}{d_c} = \frac{2\cdot 50}{500} \cong 0{,}2 \end{aligned}\right\}$$ *(ΚΑΝ.ΕΠΕ. § Σ6.2.2β)*

$$a_n = 1 - \frac{1}{3\cdot 0{,}175}\left[0{,}35^2(1-0{,}286)^2 + 0{,}5^2(1-0{,}2)^2\right] =$$ *(ΚΑΝ.ΕΠΕ. εξίσωση (Σ6.13))*

$$= 1 - \frac{1}{0{,}525}(0{,}06245 + 0{,}16) \rightarrow a_n \cong 0{,}576$$

$$a = a_n \cdot a_s = 0{,}576 \cdot 0{,}9 \rightarrow a = 0{,}5184$$ *(a_s από ΚΑΝ.ΕΠΕ. § Σ6.2.2β)*

Υπολογίζεται το ω_{wd}:

$$\varepsilon_{cu,c} = 0{,}0035 + 0{,}1\cdot a\cdot \omega_{wd} \Rightarrow \omega_{wd} = \frac{0{,}016 - 0{,}0035}{0{,}1\cdot 0{,}5184} \cong 0{,}24$$ *(ΚΑΝ.ΕΠΕ. εξίσωση (8.18))*

$$\omega_{wd} = 2\rho_{min}\frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$ *(ΕΚΩΣ 2000 § 18.4.4.2)*

όπου ρ_{min} =min(ρ_b,ρ_h) = min$\left(\frac{n_b A_{sw}^{\sigma\kappa}}{b\cdot s}, \frac{n_h A_{sw}^{\sigma\kappa}}{h\cdot s}\right)$ =

$$\frac{A_{sw}^{\sigma\kappa}}{s}\min\left(\frac{n_b}{b}, \frac{n_h}{h}\right) = \frac{A_{sw}^{\sigma\kappa}}{s}\min\left(\frac{2}{0{,}5}, \frac{2}{0{,}35}\right) = \frac{A_{sw}^{\sigma\kappa}}{s}\times 4\left(m^{-1}\right) \rightarrow$$

$$2\times\left(\frac{A_{sw}^{\sigma\kappa}}{s}\times 4\right)\frac{235{,}25}{14\times 1{,}15} = 0{,}24$$

Έτσι: $\frac{A_{sw}^{\sigma\kappa}}{s} = \frac{0{,}24}{2\times 14}\frac{14\times 1{,}15}{235\times 1{,}5}\cdot 10^3 \cong 1{,}37$ mm

Έστω ελάσματα πλάτους 25mm και πάχους 5mm
Οι αποστάσεις προκύπτουν:

$$s = \frac{A_{sw}}{A_{sw}^{\sigma\kappa}/s} = \frac{25\times 5}{1{,}37} = \frac{125}{1{,}37} \cong 91\,\text{mm} \leq 0{,}5\cdot b_c = 0{,}5\cdot 350 = 175\,\text{mm}$$

Από ΚΑΝ.ΕΠΕ. § Σ8.2.3ζ στην περίπτωση του μεταλλικού κλωβού αρκεί η ικανοποίηση της σχέσης $s \leq 0{,}5b_c$.

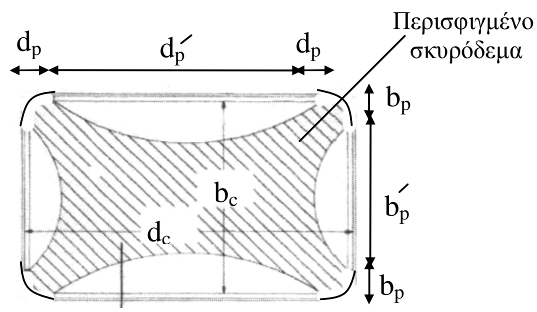
Επομένως επιλέγονται να τοποθετηθούν οριζόντια χαλύβδινα ελάσματα $b_w \times t_w$=25mm×5mm ανά 90 mm καθ'ύψος του υποστυλώματος.
Προφανώς μπορούν να τοποθετηθούν και ελάσματα μεγαλύτερου πάχους π.χ. 25mm×7mm αφού τότε:

$$s = \frac{25 \times 7}{1{,}37} = \frac{175}{1{,}37} \cong 128\,\text{mm} \leq 0{,}5 \cdot b_c = 0{,}5 \cdot 350 = 175\,\text{mm}$$

Τελικά τοποθετούνται ελάσματα 25mm x 7mm ανά 125mm

<u>Περίσφιγξη με επικολλητά υφάσματα ΙΟΠ άνθρακα</u>

Ακολουθούνται οι διατάξεις του ΚΑΝ.ΕΠΕ. §Σ.8.2.3.(α),(δ) και §6.2.3.



Σχήμα 3: Περίσφιγξη με ινοπλισμένα πολυμερή

Γίνεται εξομάλυνση γωνιών σε μήκος $b_p = d_p$=50 mm
a_n= 0,576 όπως και προηγουμένως έχει προκύψει, όμως
a_s= 1,0 επειδή το ύφασμα είναι συνεχές
$\varepsilon_{cu,c}$ = 0,0035($f_{c,c}$: f_c)^2 *(ΚΑΝ.ΕΠΕ. εξίσωση (8.19))*
Θα χρησιμοποιηθούν υφάσματα ινοπλισμένων πολυμερών με ίνες άνθρακα με E_j=231GPa , f_u=3800MPa,

$$f_{c,c}^2 = \varepsilon_{cu,c} \times f_c^2 / 0{,}0035 \rightarrow f_{c,c}^2 = 0{,}016 \times 14^2 / 0{,}0035 \approx 896 \rightarrow f_{c,c} = 29{,}9\ \text{MPa}$$

όπου

$$f_{c,c} = (1{,}125 + 1{,}25 a \cdot \omega_{wd}) f_c \rightarrow \textit{(ΚΑΝ.ΕΠΕ. εξίσωση (6.21))}$$

$$1{,}25 \cdot 0{,}576 \cdot \omega_{wd} = \frac{29{,}9}{14} - 1{,}125 = 1{,}01 \rightarrow \omega_{wd} = 1{,}40$$

$$f_{jd} = \frac{f_u}{1{,}2}$$ *(Λαμβάνεται γ_m=1,2)*

οπότε:
Απαιτούμενο συνολικό πάχος υφάσματος ($t_{ολ}$):

$$t_{ολ} = \frac{A_{sw}^{σκ}}{s} = \frac{\omega_{wd}}{2\min\left(\frac{n_b}{b}, \frac{n_h}{h}\right)} \frac{f_{cd}}{f_{jd}} = \frac{\omega_{wd}}{2\min\left(\frac{2}{0{,}35}, \frac{2}{0{,}5}\right)} \frac{f_{cd}}{f_{jd}} = \frac{1{,}40}{2 \times 4} \frac{14 \times 1{,}2}{3800 \times 1{,}5} \times 10^3 \cong 0{,}516$$

Μπορούν να τεθούν 3 στρώσεις υφάσματος με πάχος ινών 0,17 mm.

Για την σχέση πάχους $t_{ολ}$ με το $ω_w$ χρησιμοποιείται ο τύπος του ΕΚΩΣ 2000 (§ 18.4.4.2) όπου αντί του f_{yd}, τίθεται η εφελκυστική αντοχή f_{jd} των ΙΟΠ εφόσον το πλήθος κ των στρώσεων ΙΟΠ είναι ≤ 3. Διαφορετικά αν ήταν κ≥4 θα ετίθετο:

$f^{\prime}_{jd} = f_{jd}.\psi$ όπου $\psi = \kappa^{-1/4}$ (βλ. § 6.2.3.). Έτσι εάν επιλέγετο ύφασμα με πάχος ινών 0,12mm θα απαιτούνταν πάνω από 3 στρώσεις, άρα: $t_{απ.}$=0,516/$7^{-1/4}$=0,84 mm. Άρα το πλήθος των στρώσεων θα είναι 0,84/0,12=7 στρώσεις.

ΑΣΚΗΣΗ 2

ΖΗΤΕΙΤΑΙ:

Να προσδιοριστεί η απαιτούμενη περίσφιγξη του υποστυλώματος της Άσκησης 1 με απαίτηση τοπικού δείκτη συμπεριφοράς m=4,6.

ΛΥΣΗ

Ισχύει: $m_{απ.} = \mu_{δ,απ.}$ *(ΚΑΝ.ΕΠΕ. § 8.2.3(ε))*

Επομένως $\mu_{δi}$ = 4,6

Ισχύουν τα αποτελέσματα της Άσκησης 1

ΑΣΚΗΣΗ 3

ΖΗΤΕΙΤΑΙ:

Να προσδιοριστεί η απαιτούμενη περίσφιγξη του πλέον εύτρωτου υποστυλώματος περίσφιγξης της Άσκησης 1 με απαίτηση γωνίας στροφής στην αστοχία $\theta_u = \theta_{u,απαιτ.}$

Να θεωρηθεί ότι το κτίριο είναι πενταόροφο με ισοϋψείς ορόφους και ότι είναι πιθανός ο σχηματισμός πλαστικού μηχανισμού ορόφου στο ισόγειο.

ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΛΥΣΗΣ

$$\theta_y = (1/r)_y \frac{L_s + a_v z}{3} + 0{,}0014\left(1 + 1{,}5\frac{h}{L_s}\right) + \frac{(1/r)_y d_b f_y}{8\sqrt{f_c}}$$ *(Σχέση Σ.2 § 7.2.2. ΚΑΝ.ΕΠΕ.)*

Επομένως $\mu_{\theta,απ.} = \dfrac{\theta_{u,απ.}}{\theta_y}$

Ισχύει $\mu_\delta = \dfrac{H_{ορ.}}{H_{tot}}\mu_\theta = \dfrac{1}{5}\mu_\theta$ *(Σχέση 8 § 7.2.6. ΚΑΝ.ΕΠΕ.)*

Επομένως $\mu_{δ,απ.}$ = (1/5)·$\mu_{θ,απ.}$

Η Άσκηση επιλύεται όπως και η 1^η Άσκηση θέτοντας $\mu_δ = \mu_{δ,απ.}$ αντί $\mu_δ$ = 4,6.