

ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

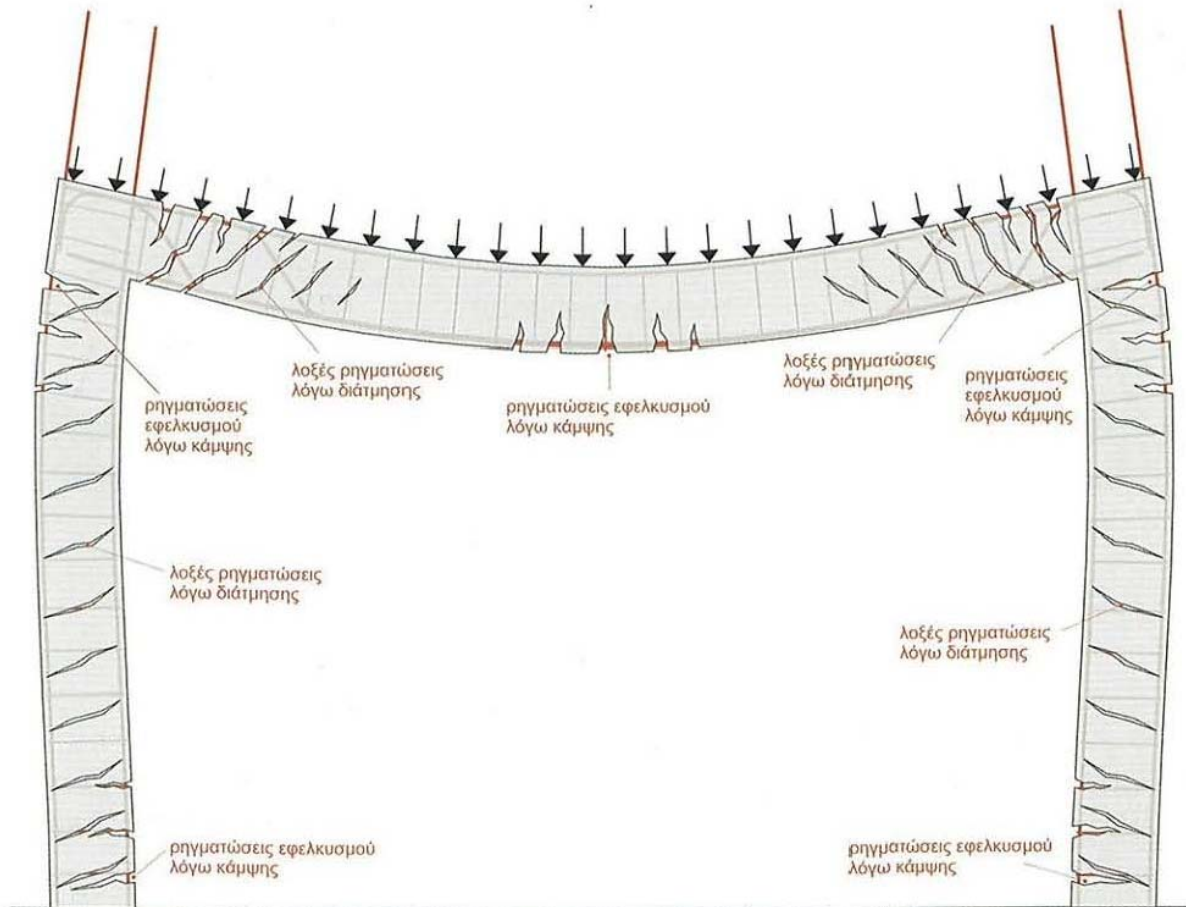
Διδάσκων Καθηγητής
Γιάννακας Νικόλαος
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός

Κεφάλαιο 1

Παθολογία και τεκμηρίωση

Βλάβες σε στύλους

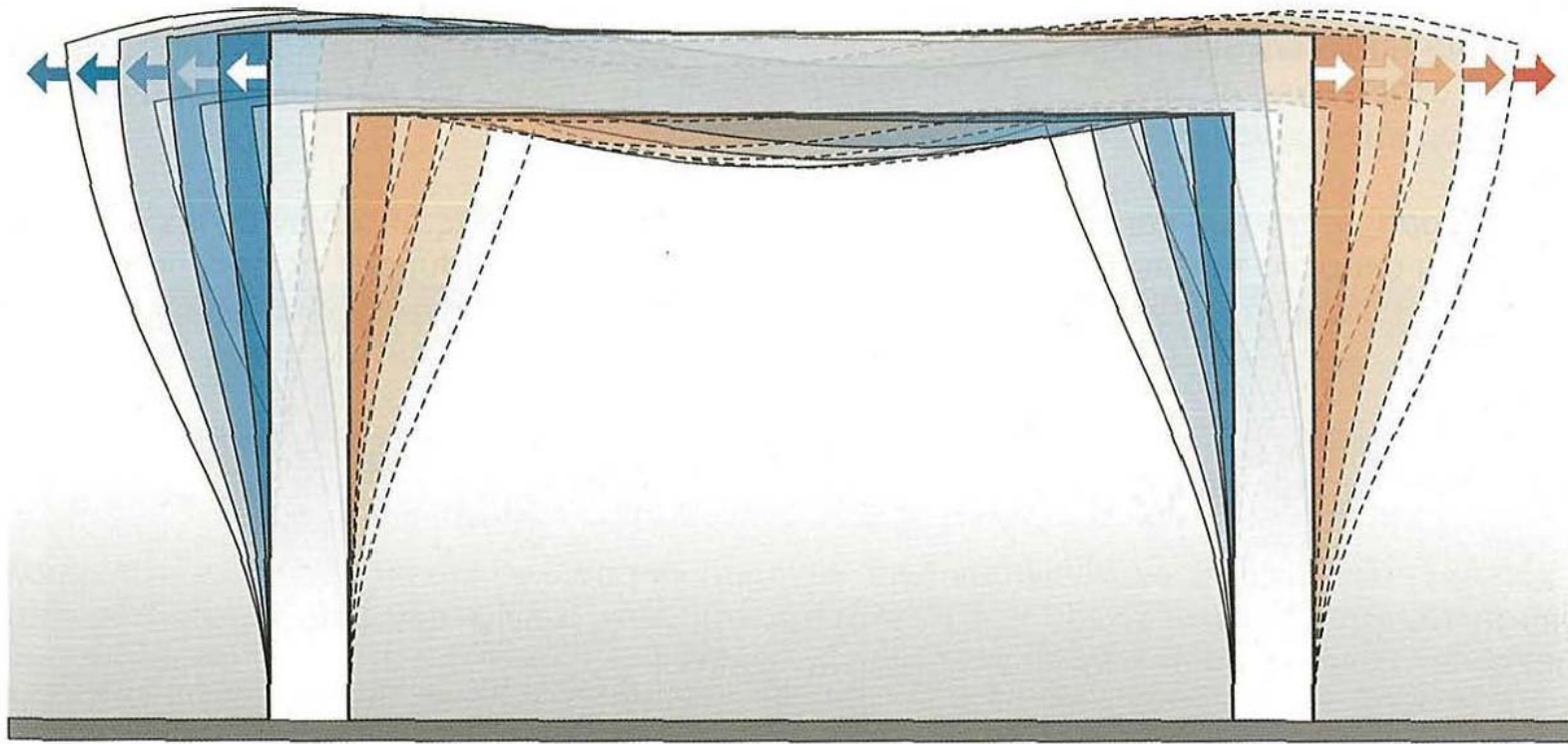
Πλαίσιο υπό φορτία βαρύτητας



Στατική συμπεριφορά

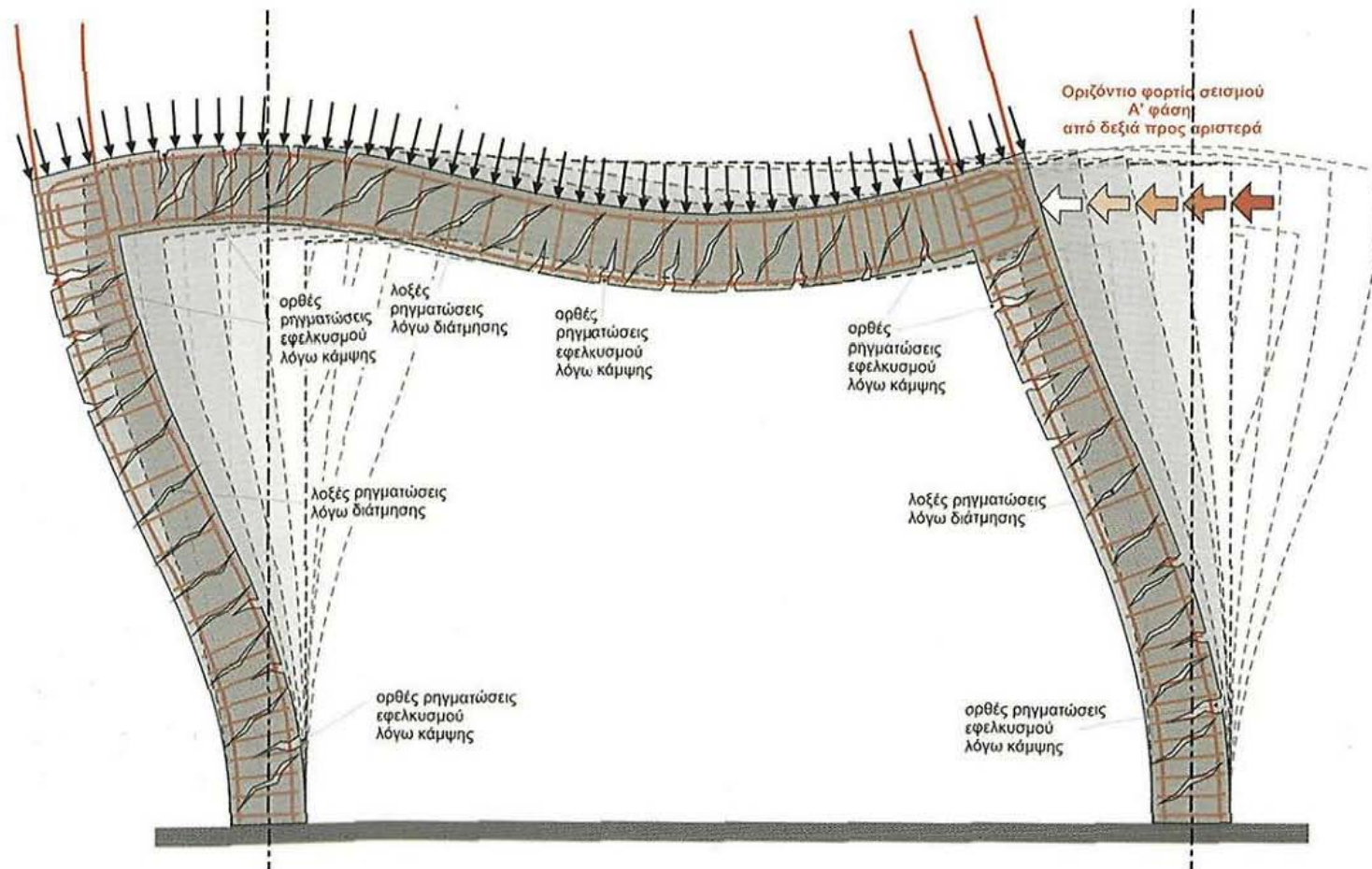
Βλάβες σε στύλους

Πλαίσιο υπό σεισμική φόρτιση



Στατική συμπεριφορά

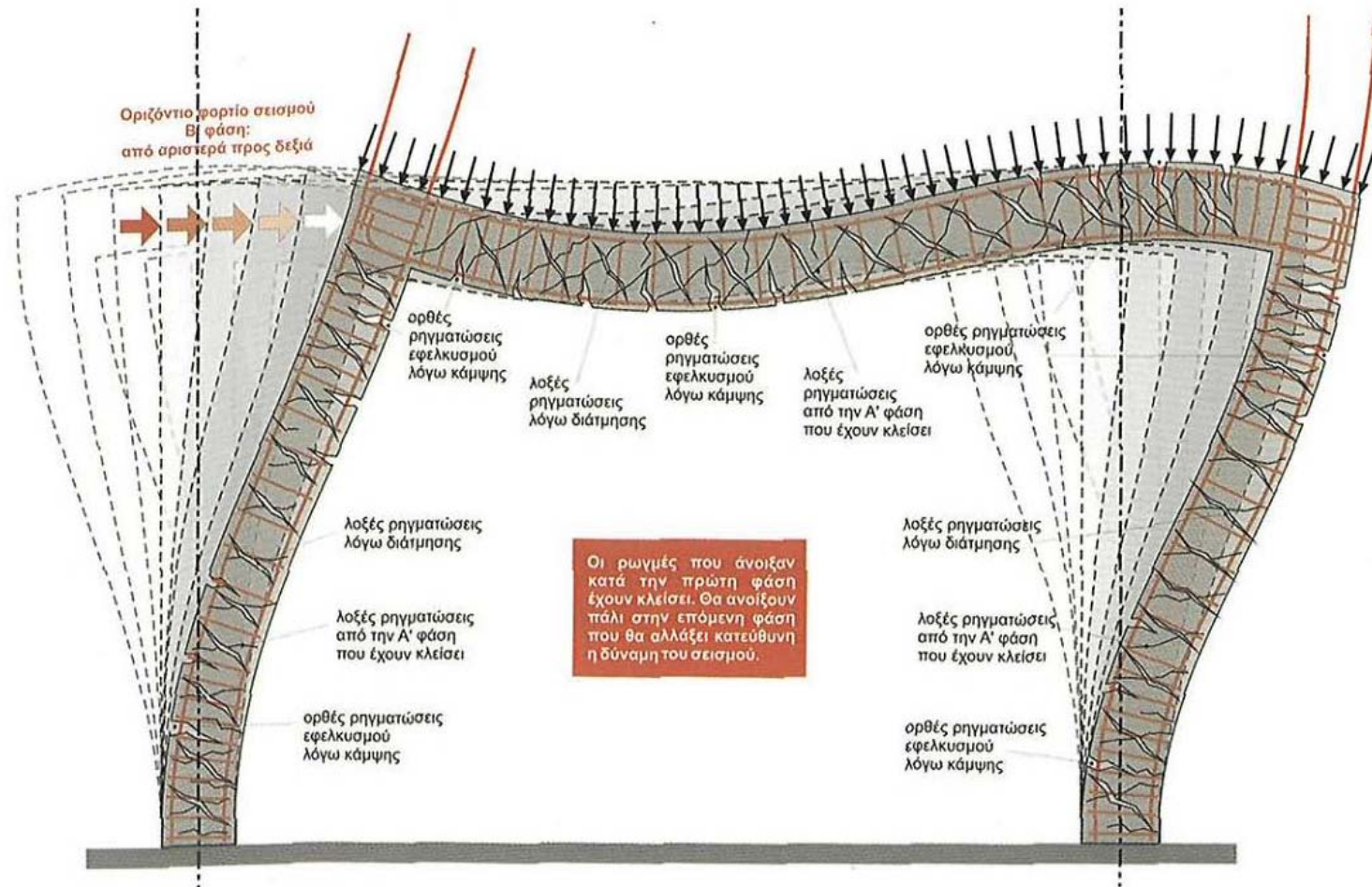
Βλάβες σε στύλους Πλαίσιο υπό σεισμική φόρτιση



Στατική συμπεριφορά

Βλάβες σε στύλους

Πλαίσιο υπό σεισμική φόρτιση



Στατική συμπεριφορά

Βλάβες σε στύλους Καμπτική αστοχία – δημιουργία μηχανισμού ορόφου



Παθολογία

Βλάβες σε στύλους
Καμπτική αστοχία – δημιουργία μηχανισμού ορόφου



Gravity load collapse from 1995 Kobe Earthquake

Παθολογία

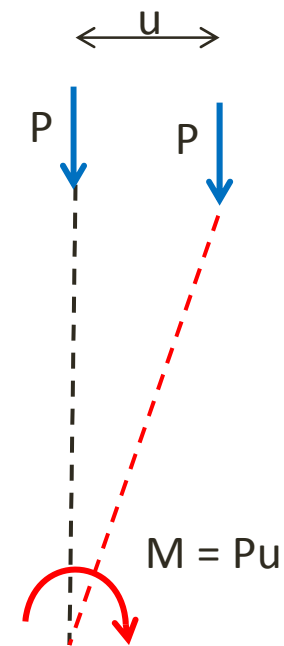
Βλάβες σε στύλους Καμπτική αστοχία – δημιουργία μηχανισμού ορόφου



Παθολογία

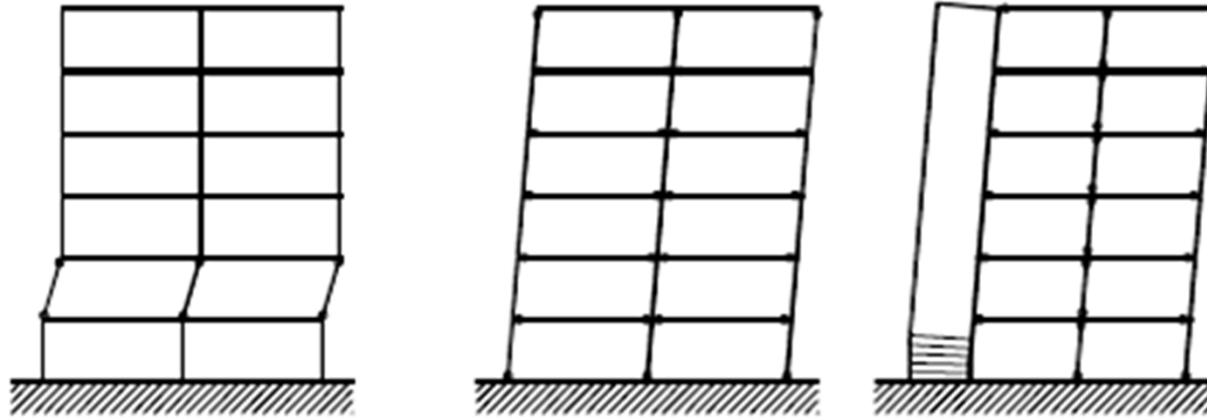
Βλάβες σε στύλους

Καμπτική αστοχία – δημιουργία μηχανισμού ορόφου



Παθολογία

Βλάβες σε στύλους

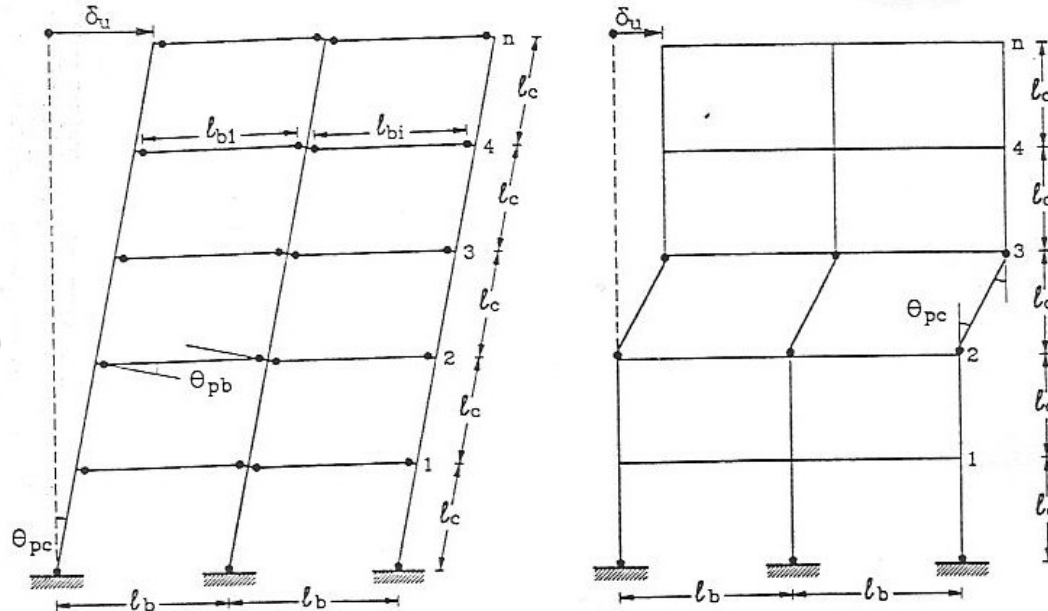


Μηχανισμός Ορόφου

Αποφυγή Μηχανισμού Ορόφου

Εξασφάλιση αξιόπιστου μηχανισμού απόκρισης:

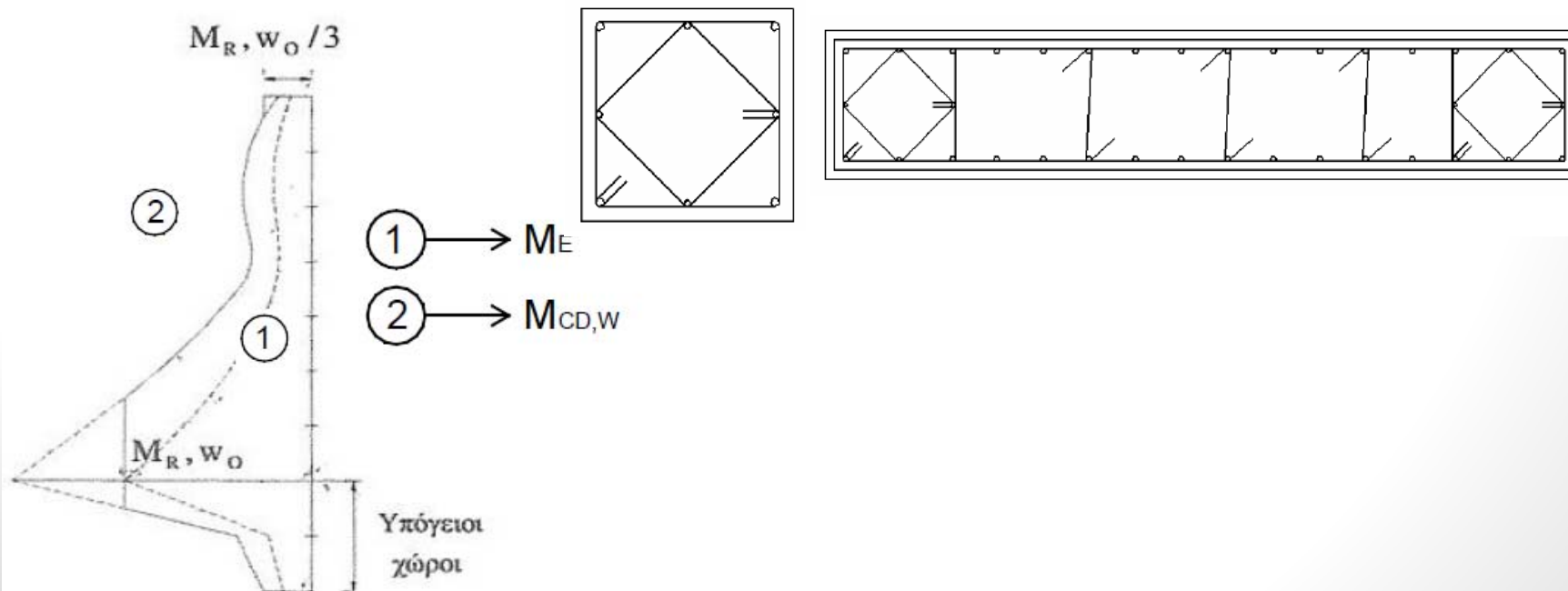
- Επιδιώκεται ανάπτυξη «μηχανισμού δοκών»
- Αποφεύγεται ανάπτυξη «μηχανισμού ορόφου»



Βλάβες σε στύλους

Η ΑΠΟΦΥΓΗ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΟΡΟΦΟΥ ΕΠΙΤΥΓΧΑΝΕΤΑΙ ΜΕ:

1. Μόρφωση φορέα με κατάλληλα διαμορφωμένο μικτό σύστημα
2. Σχεδιασμό υποστυλωμάτων με ροπές **ικανοτικού σχεδιασμού**
3. Περίσφιξη στις «πιθανές και ενδεχόμενες» θέσεις για εξασφάλιση επαρκούς τοπικής πλαστιμότητας με εντατικά μεγέθη που προκύπτουν από το δυσμενέστερο σεισμικό συνδυασμό § 4.1.4 [4], § B.2, § 5.2.2 [2].



Βλάβες σε στύλους Καμπτοδιατμητική αστοχία



Παθολογία

Βλάβες σε στύλους Καμπτοδιατμητική αστοχία



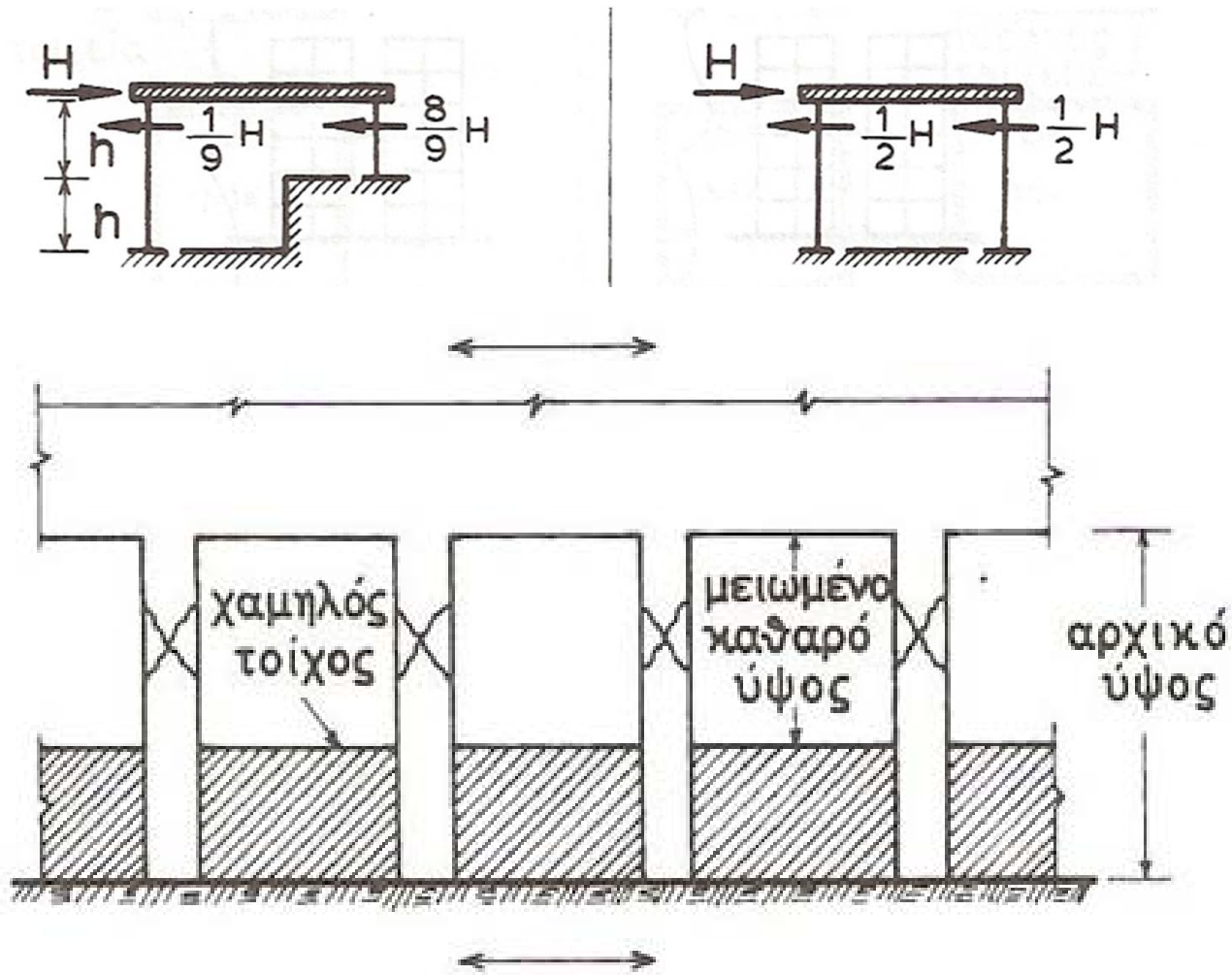
Παθολογία

Βλάβες σε στύλους Καμπτοδιατμητική αστοχία



Παθολογία

Βλάβες σε στύλους Διατμητική αστοχία



Παθολογία

Βλάβες σε στύλους Διατμητική αστοχία



Παθολογία

Βλάβες σε στύλους Διατμητική αστοχία



Παθολογία

Βλάβες σε στύλους Διατμητική αστοχία



Φωτ. 7 Χαρακτηριστική βλάβη εκτός «κρίσιμου» μήκους



Φωτ. 8 Βλάβες σε «κοντά» υποστύλωματα.

Παθολογία

Βλάβες σε στύλους Διατμητική αστοχία

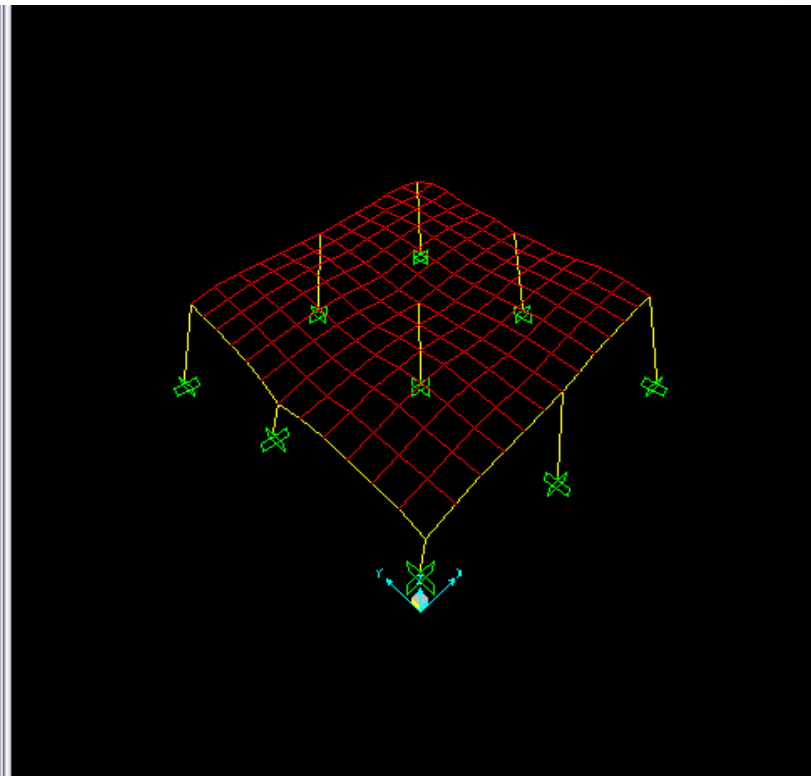
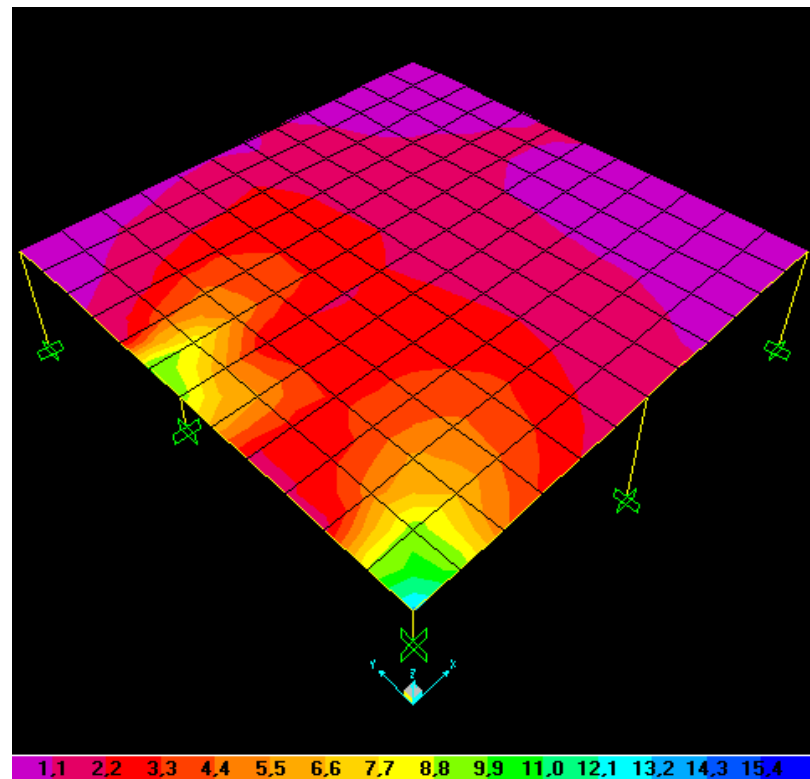


Συνέπειες κοντού υποστρώματος σε συνδυασμό με «κακή» όπλιση και κακοτεχνία (Κόνιτσα 1996). [Αρχείο Ι.Ε.Αβραμίδη]



Παθολογία

Βλάβες σε στύλους Καμπτική αστοχία



Παθολογία

Βλάβες σε στύλους Καμπτική αστοχία



Παθολογία

Βλάβες σε στύλους Καμπτική αστοχία



Οξείδωση διαμήκων οπλισμών. Η βλάβη αυτή, σε συνδυασμό με την απουσία συνδετήρων και τη χαμηλή ποιότητα του σκυροδέματος, οδηγεί σε απόφαση προσεισμικής ενίσχυσης.

Παθολογία

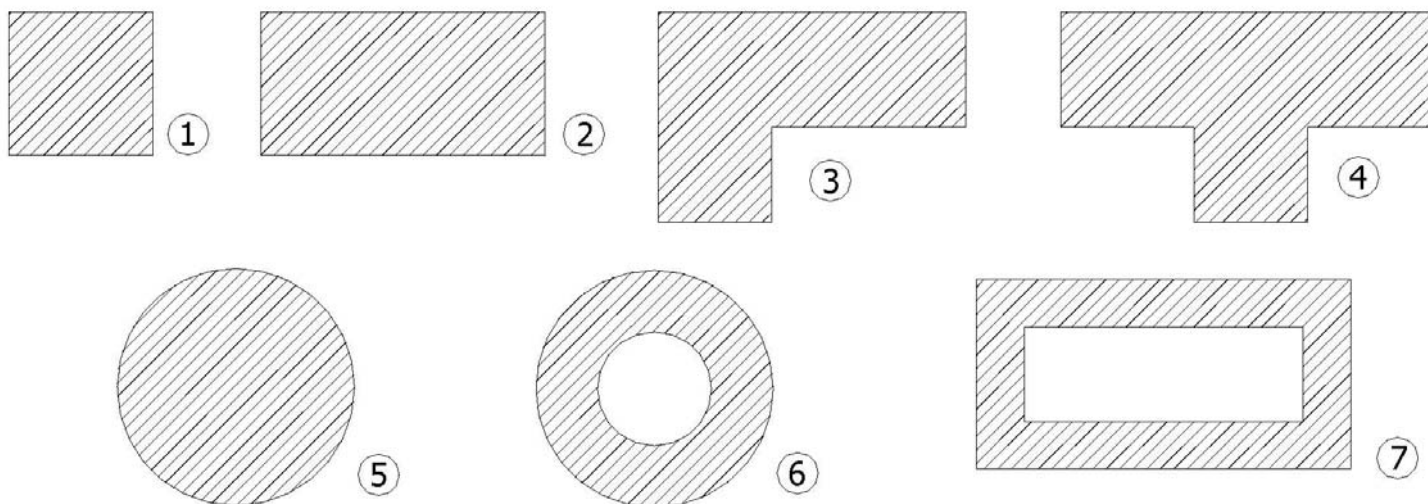
Βλάβες σε στύλους Διάβρωση οπλισμού



Παθολογία

Βλάβες σε στύλους Κάμψη

Τυπικές διατομές στύλων



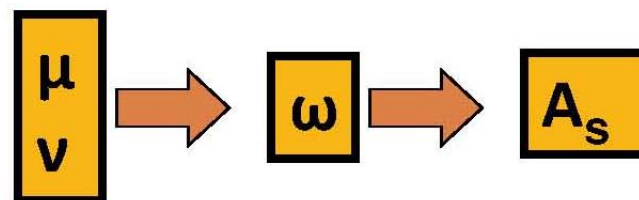
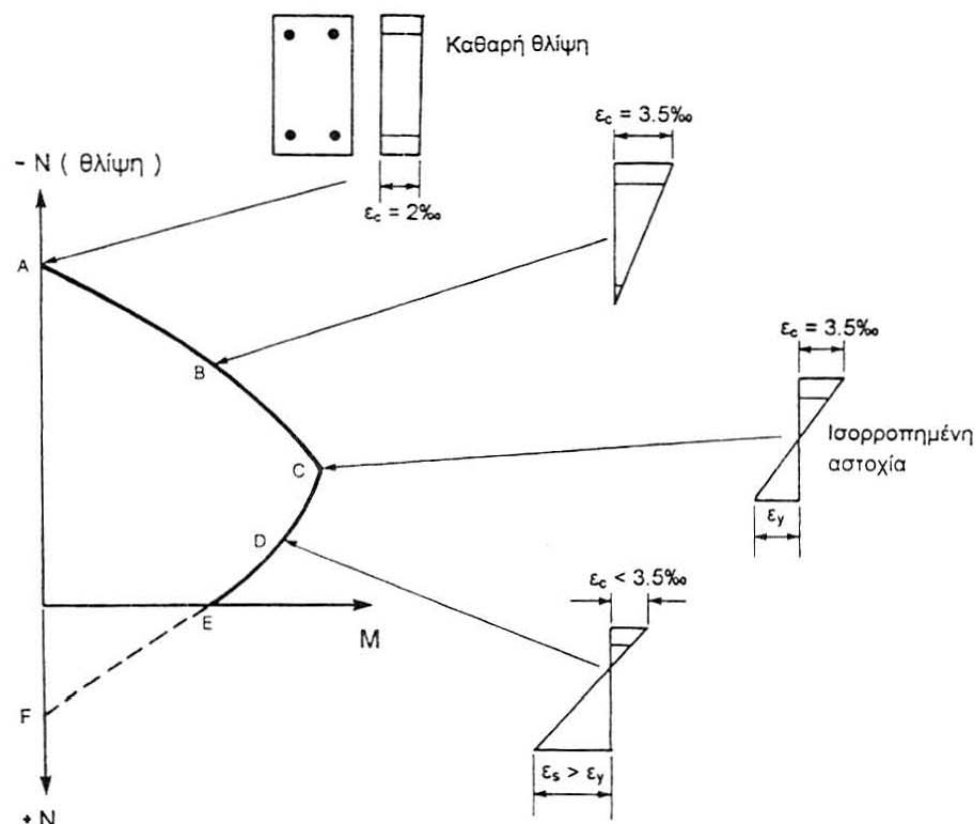
- ① Τετραγωνικό υποστύλωμα
- ② Ορθογωνικό υποστύλωμα
- ③ Γωνιακό υποστύλωμα μορφής Γ
- ④ Γωνιακό υποστύλωμα μορφής T

- ⑤ Κυκλικό υποστύλωμα
- ⑥ Υποστύλωμα κοίλης κυκλικής διατομής
- ⑦ Υποστύλωμα κοίλης ορθογωνικής διατομής

Στατική συμπεριφορά

Βλάβες σε στύλους Κάμψη

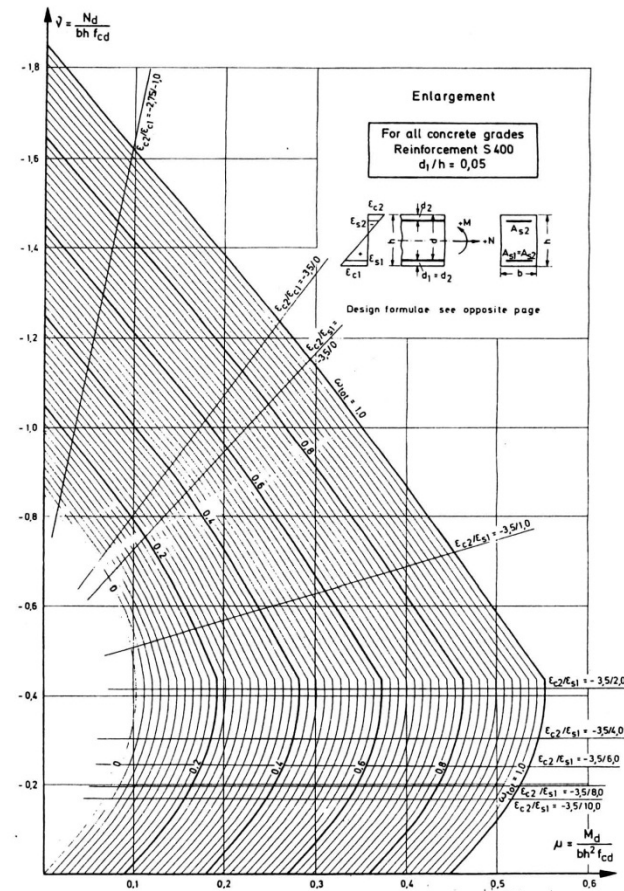
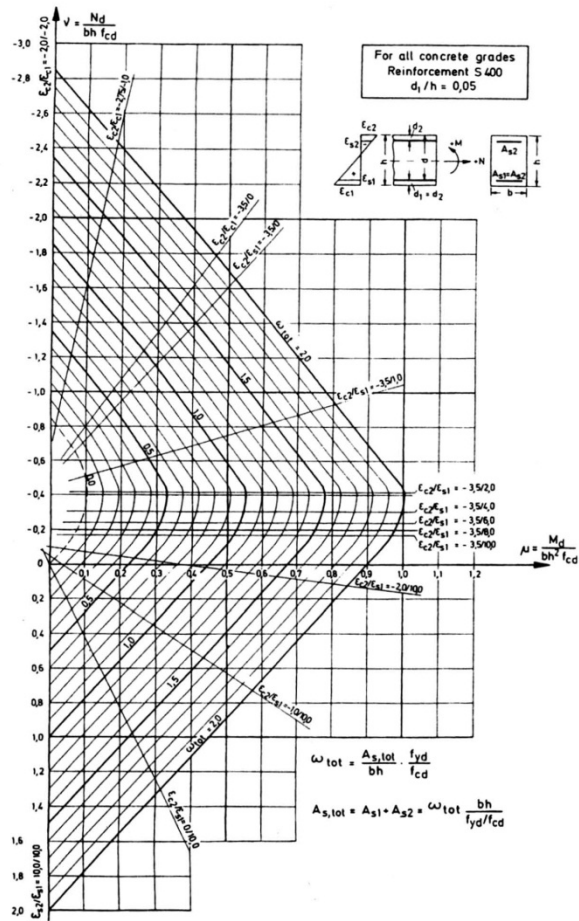
Διαγράμματα αλληλεπίδρασης για μονοαξονική κάμψη



Στατική συμπεριφορά

Βλάβες σε στύλους Κάμψη

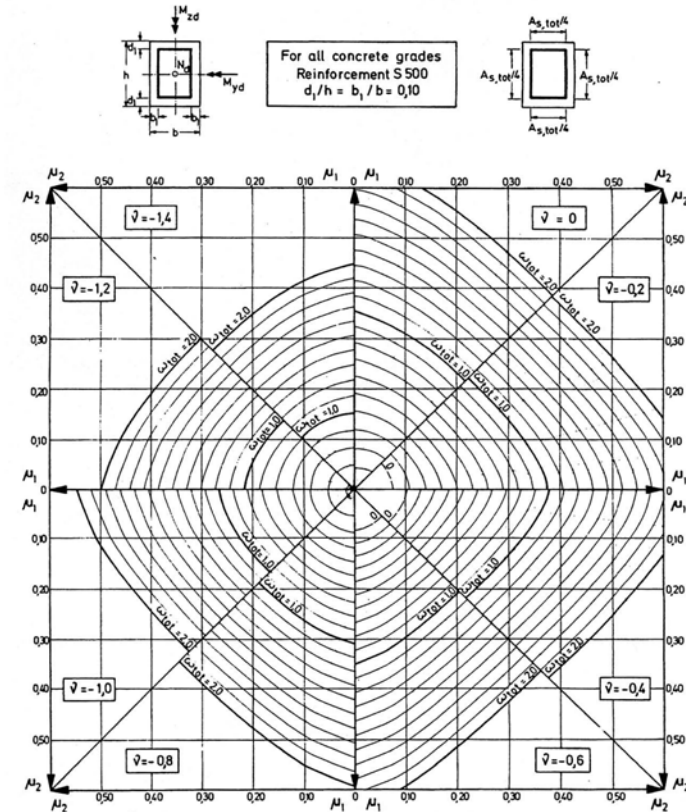
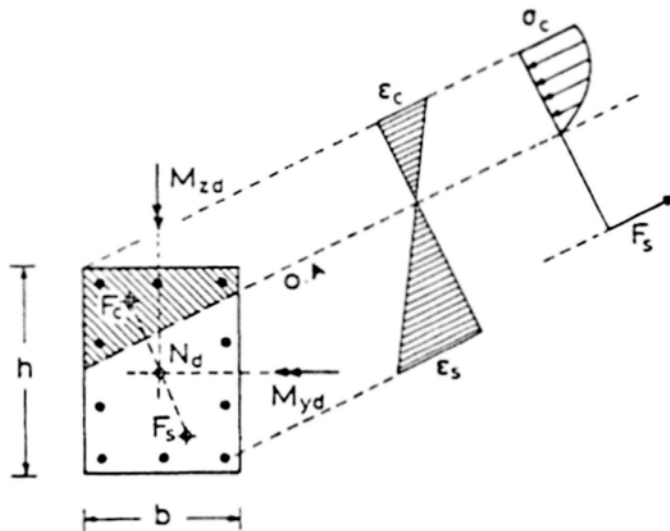
Διαγράμματα αλληλεπίδρασης για μονοαξονική κάμψη



Στατική συμπεριφορά

Βλάβες σε στύλους Κάμψη

Διαγράμματα αλληλεπίδρασης για διαξονική κάμψη



$$\mu_y = \frac{|M_{yd}|}{bh^2 f_{cd}}$$

$$\mu_z = \frac{|M_{zd}|}{b^2 h f_{cd}}$$

$$\nu = \frac{N_d}{bh f_{cd}}$$

if $\mu_y > \mu_z \rightarrow \mu_1 = \mu_y; \mu_2 = \mu_z$

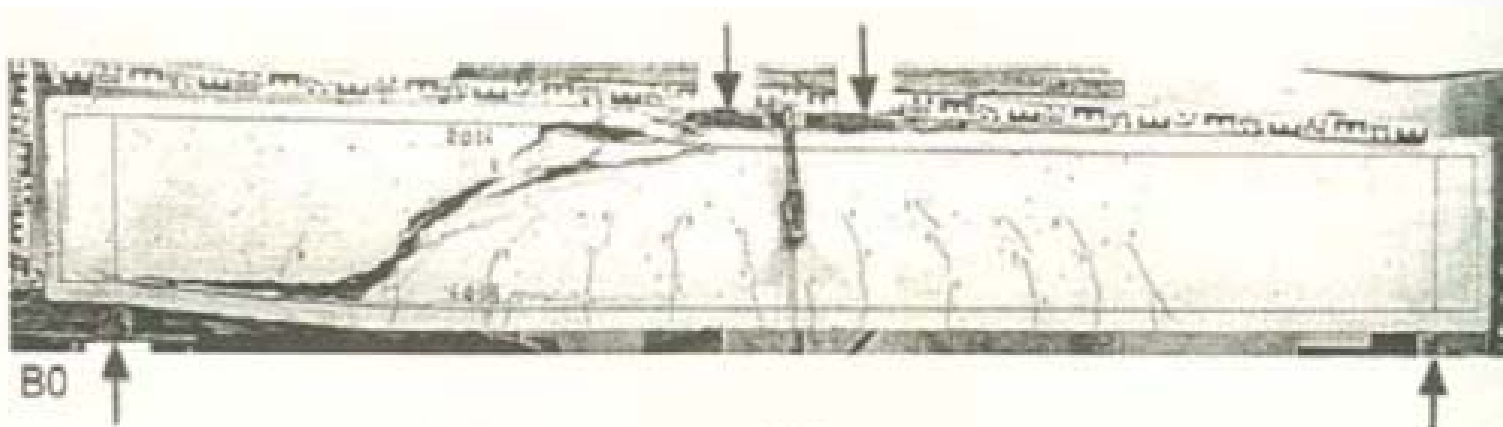
if $\mu_y < \mu_z \rightarrow \mu_1 = \mu_z; \mu_2 = \mu_y$

$$\omega_{tot} = \frac{A_{s,tot} \cdot f_{yd}}{bh f_{cd}}$$

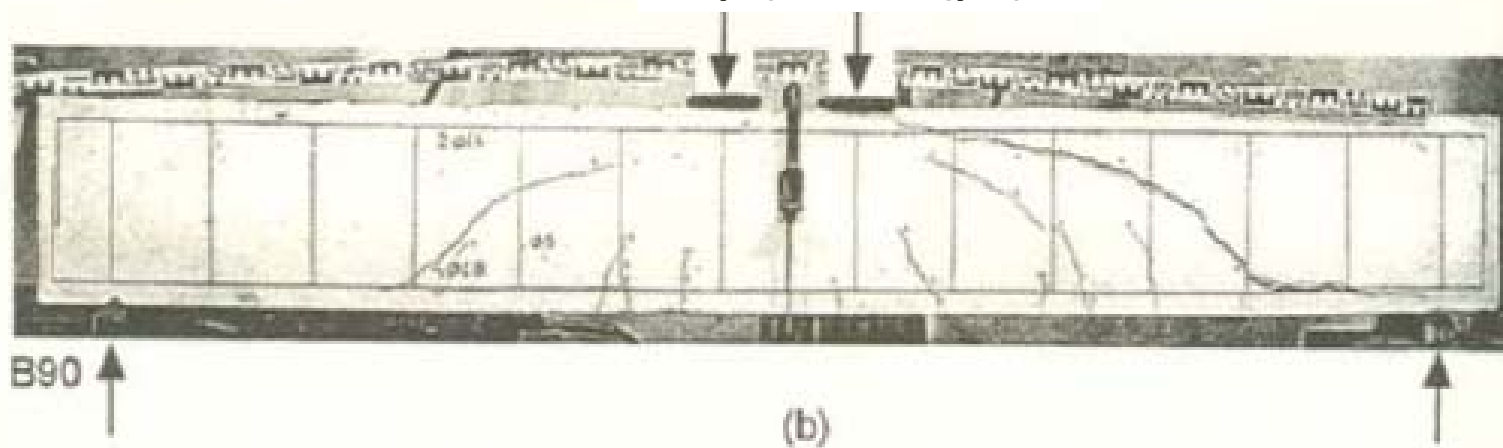
$$A_{s,tot} = \omega_{tot} \frac{bh}{f_{yd}/f_{cd}}$$

Στατική συμπεριφορά

Βλάβες σε στύλους και δοκούς σε διάτμηση



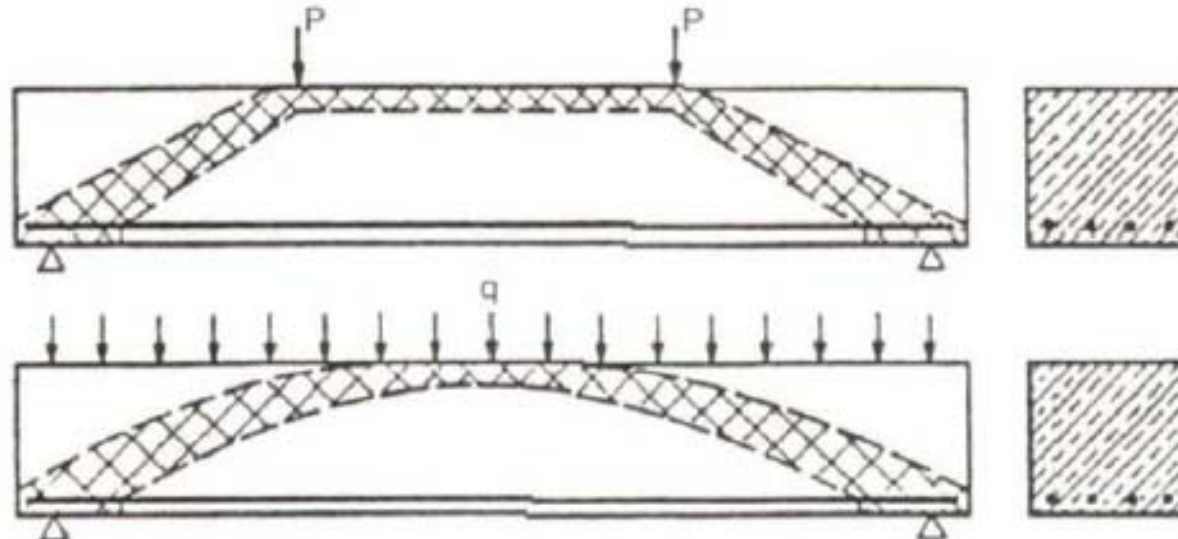
Χωρίς συνδετήρες



Με συνδετήρες

Υπολογισμός Δοκών και Στύλων σε διάτμηση

Διατμητική αντοχή δοκών **χωρίς** οπλισμό διάτμησης



ΕΚΩΣ: $V_{Rd1} = [\tau_{Rd} k (1,2 + 40\rho_l) + 0,15\sigma_{cp}] b_w d \geq V_{Sd}$

$k = 1,6 - d \geq 1,0$ με d σε m

$\rho_l = A_{sl}/b_w d$

$\sigma_{cp} = N_{ed}/A_c$

f_{ck}	12	16	20	25	30	35	40	45	50
τ_{Rd}	0.18	0.22	0.26	0.30	0.34	0.37	0.41	0.44	0.48

EC2: $V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100f_{ck}\rho_l)^{1/3} + k_1\sigma_{cp}] b_w d \geq (v_{min} + k_1\sigma_{cp}) b_w d \geq V_{Sd}$

$C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_c$ ή από εθνικό προσάρτημα

$k = 1 + \sqrt{(200/d)}$ με d σε mm

$k_1 = 0,15$ ή από εθνικό προσάρτημα

$v_{min} = 0,035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$

Υπολογισμός Δοκών και Στύλων σε διάτμηση

Διατμητική αντοχή δοκών **με** οπλισμό διάτμησης

ΕΚΩΣ:

Θλιπτήρες:

$$V_{Rd2} = 1/2 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \geq V_{Sd}$$

$$v = 0,70 - f_{ck}/200 \geq 0,5 \text{ και } f_{ck} \text{ σε Mpa}$$

$$z = 0,9d$$

Οπλισμός Διάτμησης:

$$V_{Rd3} = V_{wd} + V_{cd} \geq V_{Sd}$$

Για δοκούς Χ.Α.Α.Π. $V_{cd} = V_{Rd1}$

Για $v_d > -0.10$ $V_{cd} = 0.30 \cdot V_{Rd1}$

Για $v_d < -0.10$ $V_{cd} = 0.90 \cdot V_{Rd1}$

$$V_{wd} = (A_{sw}/s) \cdot 0.90 \cdot d \cdot f_{ywd} (1 + \cot\alpha) \cdot \sin\alpha$$

EC2: V_{wd}

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} + V_{ccd} \geq V_{Sd}$$

Θλιπτήρες:

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot\theta + \tan\theta) \geq V_{Sd}$$

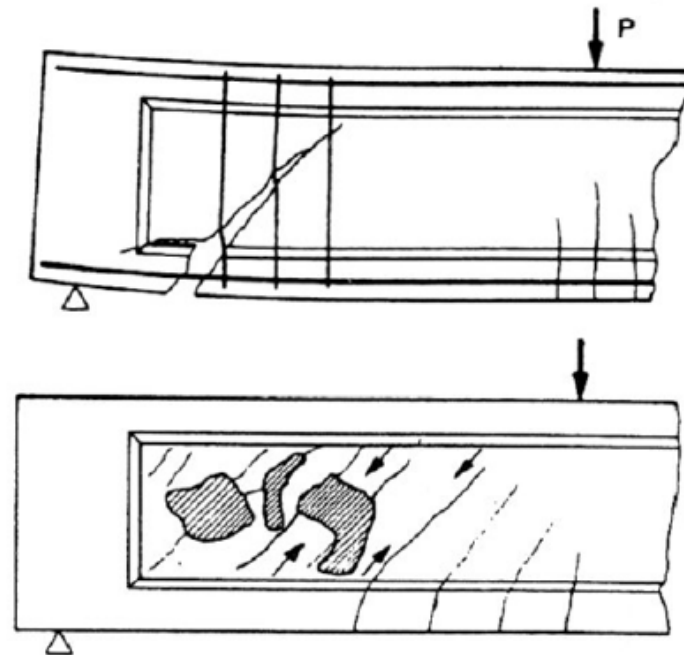
α_{cw} λαμβάνεται από το εθνικό προσάρτημα (0,85)

$$v_1 = 0,6 \text{ για } f_{ck} < 60 \text{ MPa}$$

$$1 \leq \cot\theta \leq 2,5$$

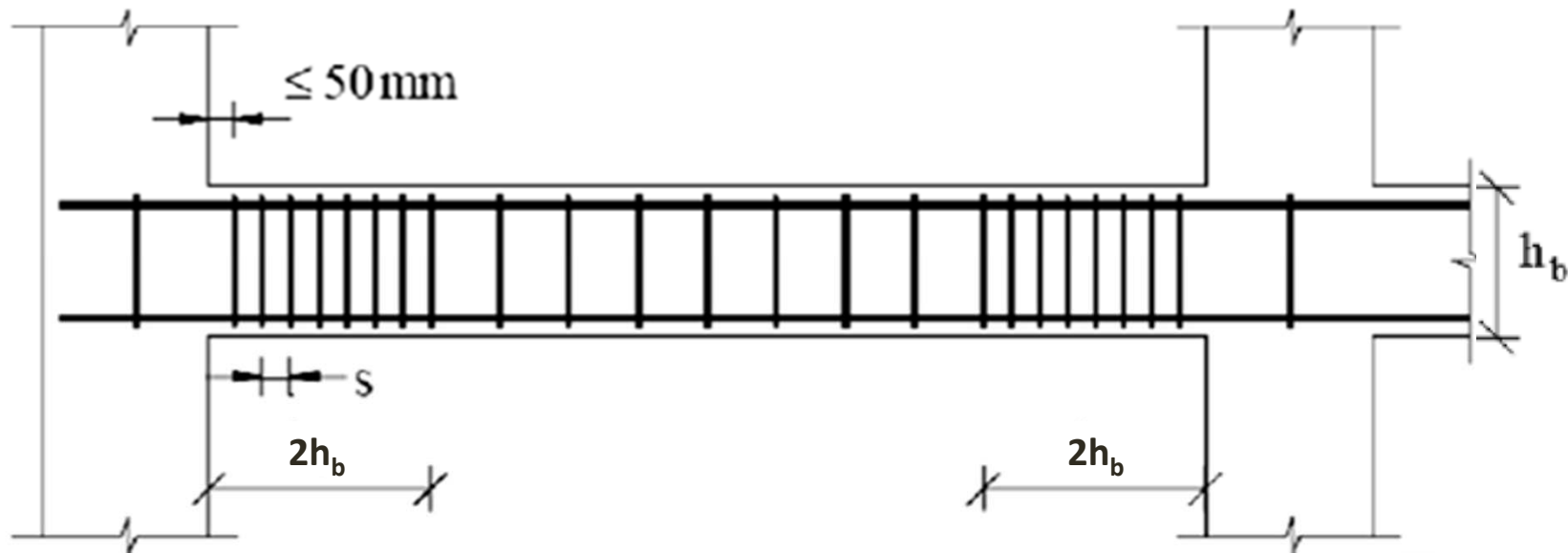
Οπλισμός Διάτμησης:

$$V_{Rd,s} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cot\theta$$

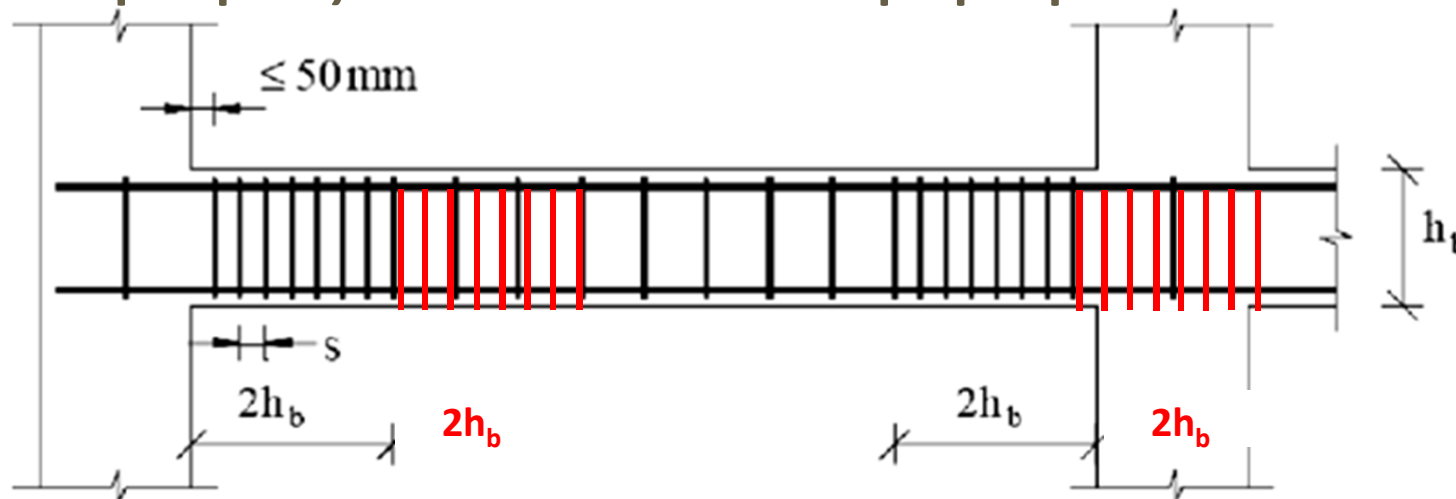


Υπολογισμός Δοκών και Στύλων σε διάτμηση

- Εγκιβωτίζεται το σκυρόδεμα, με αποτέλεσμα την αύξηση της οριακής παραμόρφωσης και της αντοχής του σε συνάφεια
- Προστατεύονται οι διαμήκειες ράβδοι από λυγισμό
- Εξασφαλίζεται η διατμητική αντοχή της διατομής



Υπολογισμός Δοκών σε διάτμηση



α) εντός κρίσιμων περιοχών (εντός $2h_b$ από την παρειά)

Η διάμετρος των συνδετήρων πρέπει να είναι τουλάχιστον 8mm. Επιπλέον συνιστάται για συνήθη οικοδομικά έργα η διάμετρος των συνδετήρων να μην ξεπερνά τα 12mm.

Η μέγιστη απόσταση s μεταξύ διαδοχικών οπλισμών διάτμησης δεν πρέπει να ξεπερνά τα παρακάτω όρια

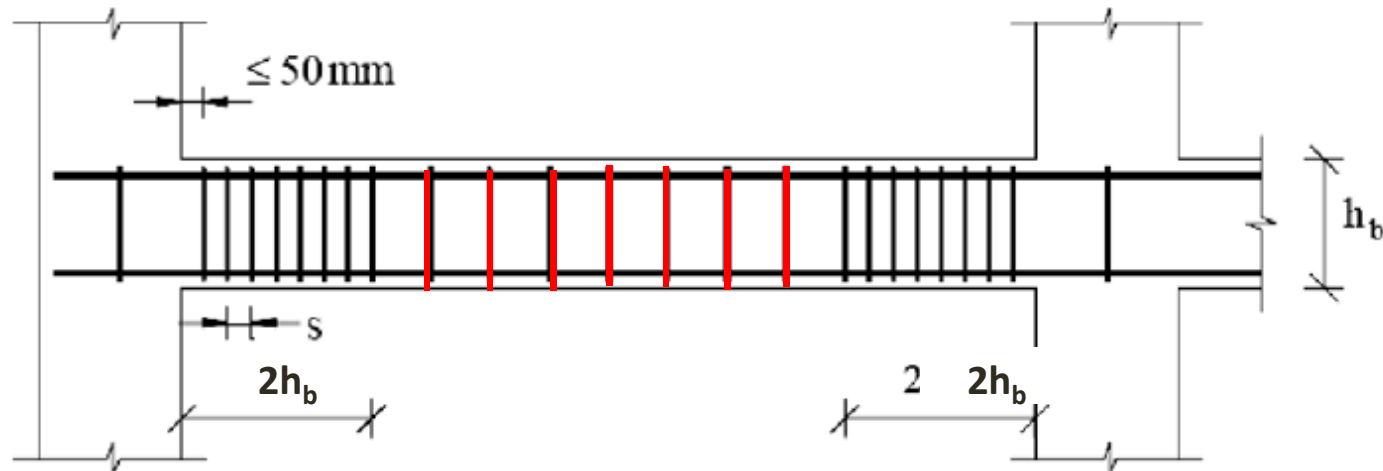
$$s \leq \begin{cases} 1/3 \cdot h_b & h_b : \text{υψος δοκου} \\ 10\Phi_L & \Phi_L : \text{min διαμετρ. διαμηκ. οπλ.} \\ 20\Phi_w & \Phi_w : \text{διαμετρος συνδετηρα} \\ 200\text{mm} \end{cases}$$

$$\rho_w = A_{sw} : s \cdot b_w \cdot \sin \alpha \quad (\alpha = 45^\circ - 90^\circ)$$

Πίνακας Σ 18.1. Συνιστώμενες τιμές του $\rho_{w,min}$

Σκυρόδεμα	S 220	S 400	S 500
C12 - C20	0.0016	0.0009	0.0007
C25 - C35	0.0024	0.0013	0.0011
C40 - C50	0.0030	0.0016	0.0013

Υπολογισμός Δοκών σε διάτμηση

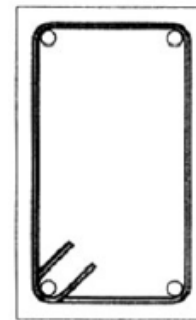
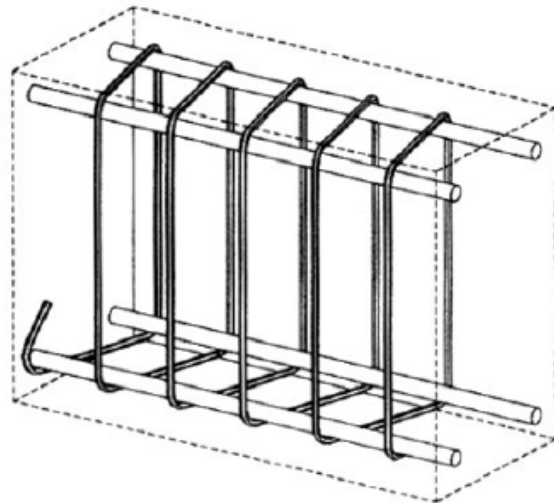
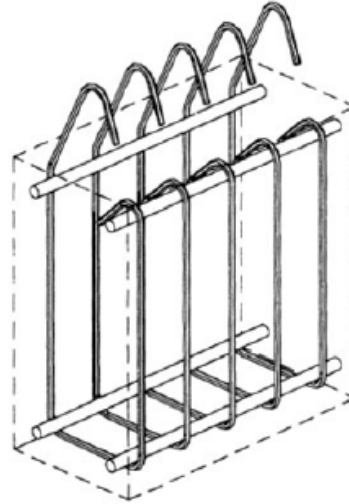


β) εκτός κρίσιμων περιοχών (εκτός $2h$ από την παρειά)

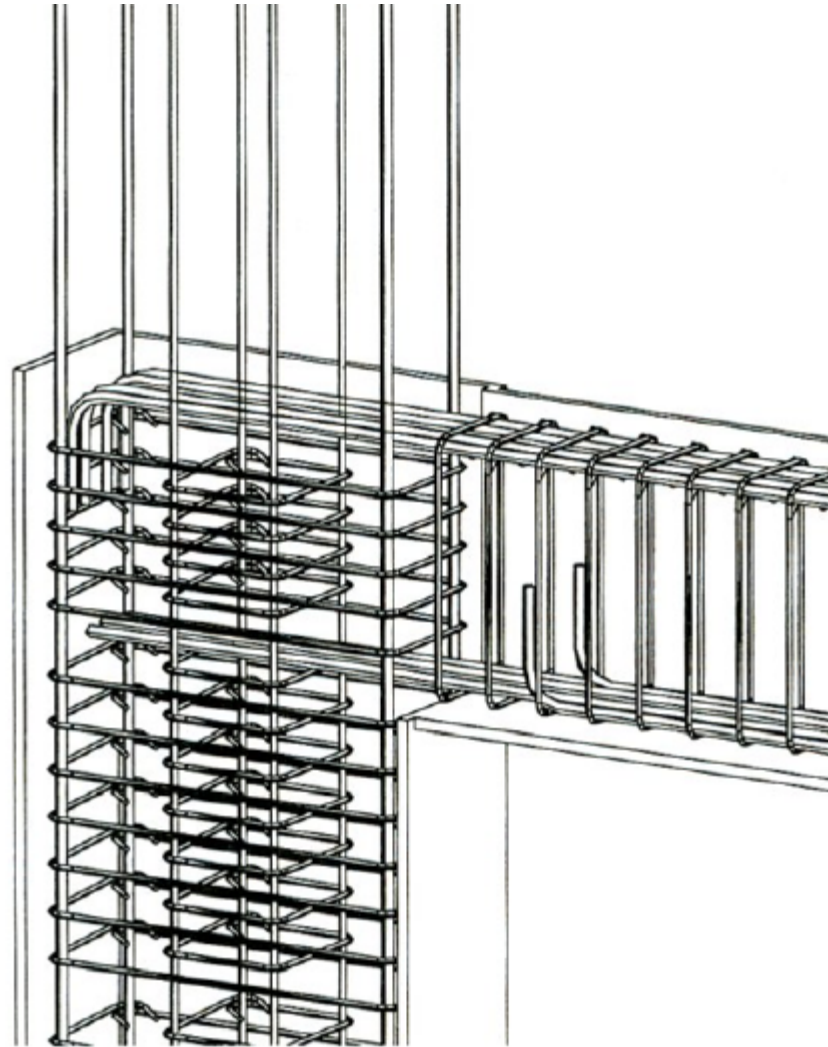
Η μέγιστη απόσταση s είναι:

$$s \leq \begin{cases} 0.8 \cdot d \leq 300\text{mm} & \text{για } V_{sd} < \frac{1}{5} V_{Rd2} \\ 0.6 \cdot d \leq 300\text{mm} & \text{για } \frac{1}{5} V_{Rd2} < V_{sd} < \frac{2}{3} V_{Rd2} \\ 0.3 \cdot d \leq 200\text{mm} & \text{για } V_{sd} > \frac{2}{3} V_{Rd2} \end{cases}$$

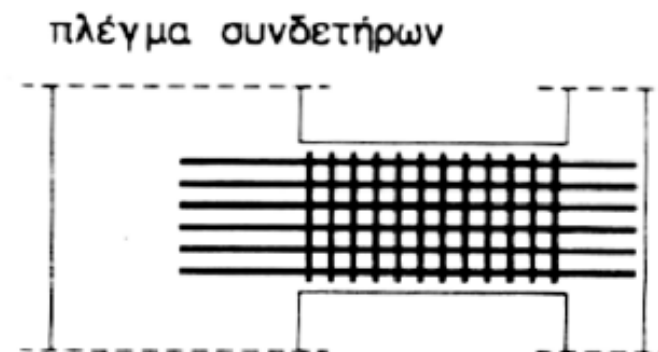
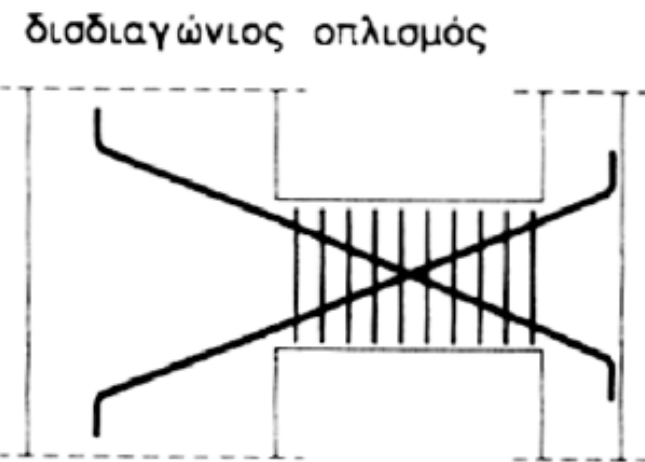
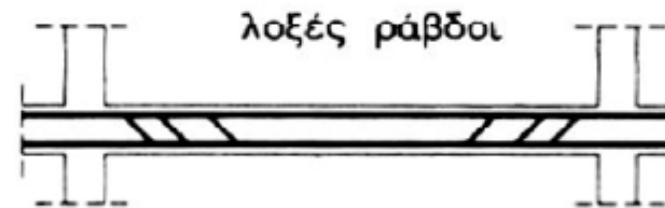
Υπολογισμός Δοκών σε διάτμηση



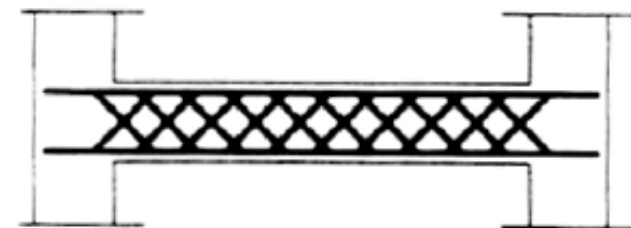
Υπολογισμός Δοκών σε διάτμηση



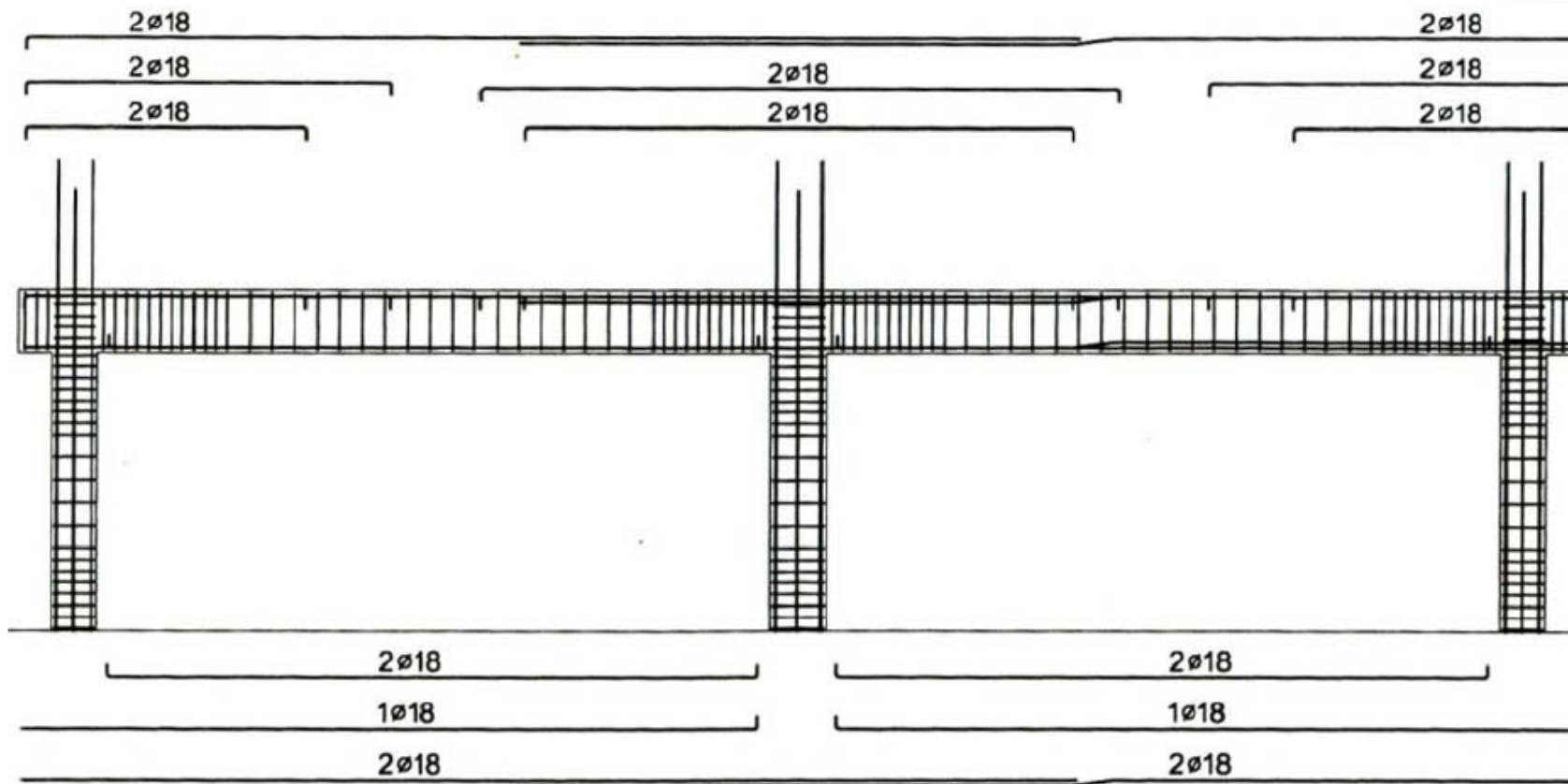
Υπολογισμός Δοκών σε διάτμηση



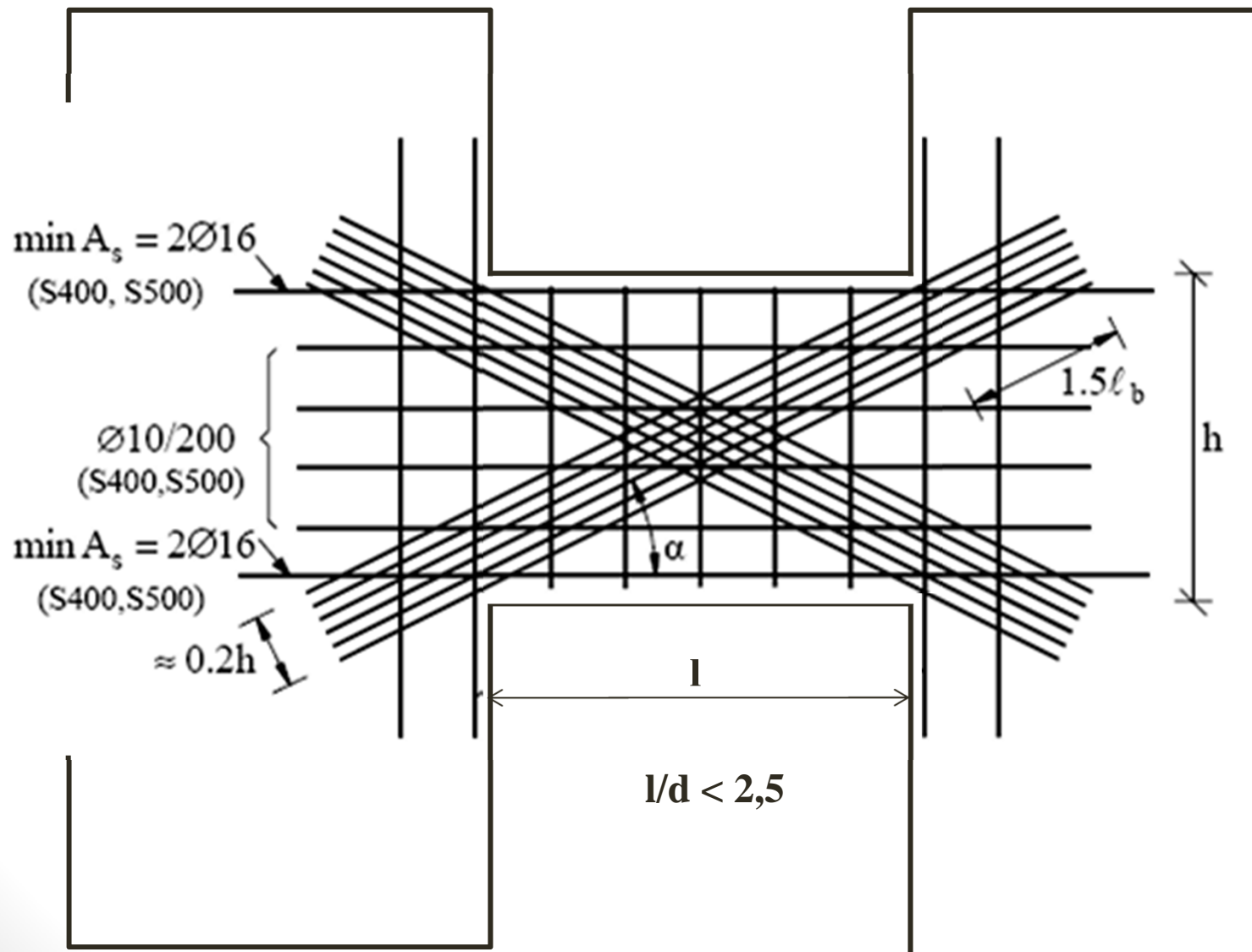
δισδιαγώνιες
λοξές ράβδοι



Υπολογισμός Δοκών σε διάτμηση



Υπολογισμός Δοκών σε διάτμηση



Περίσφιξη και οπλισμός διάτμησης σε στύλους

- Εντονότερες ανάγκες περίσφιξης σε σχέση με τις δοκούς
- Τοποθετούνται πυκνοί συνδετήρες

Εκτός κρισίμων περιοχών

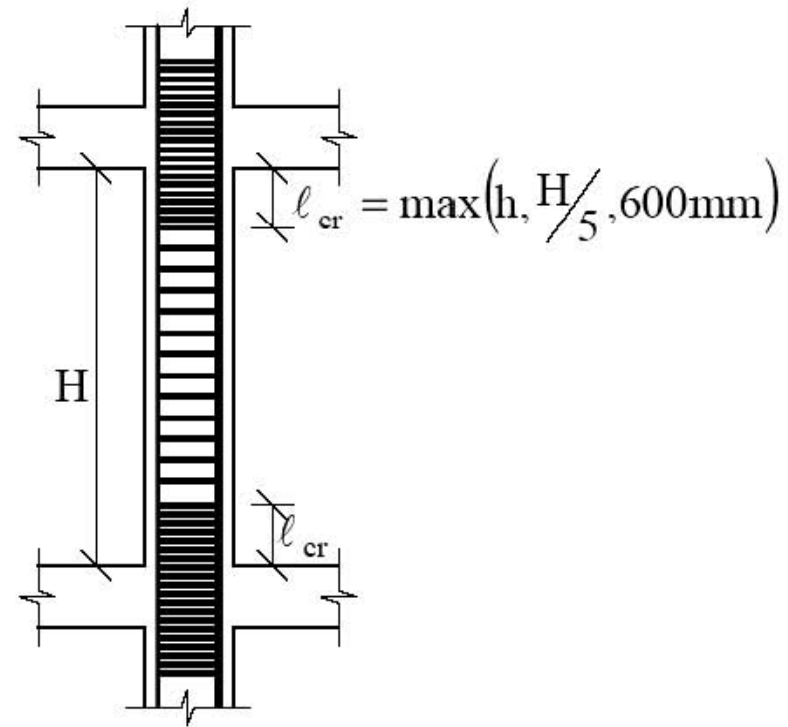
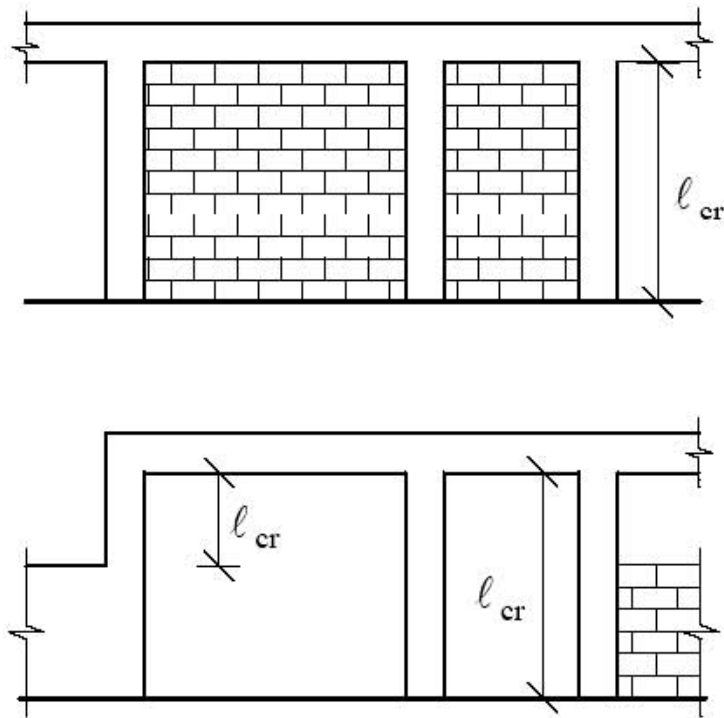
- $\varnothing_w \geq \max(6\text{mm}, 0.25\varnothing_{L,\max})$
- $s \leq \left\{ \begin{array}{l} 12 \text{ φορές την ελάχιστη διάμετρο των διαμήκων ράβδων} \\ \text{τη μικρότερη πλευρά του υποστυλώματος} \\ 300\text{mm} \end{array} \right.$

Εντός κρισίμων περιοχών

- $\varnothing_w \geq \max(6\text{mm}, 0.25\varnothing_{L,\max})$
- $s \leq \left\{ \begin{array}{l} 8 \text{ φορές την ελάχιστη διάμετρο των διαμήκων ράβδων} \\ 50\% \text{ της μικρότερης πλευράς του υποστυλώματος} \\ 100 \text{ mm} \end{array} \right.$

Στατική συμπεριφορά

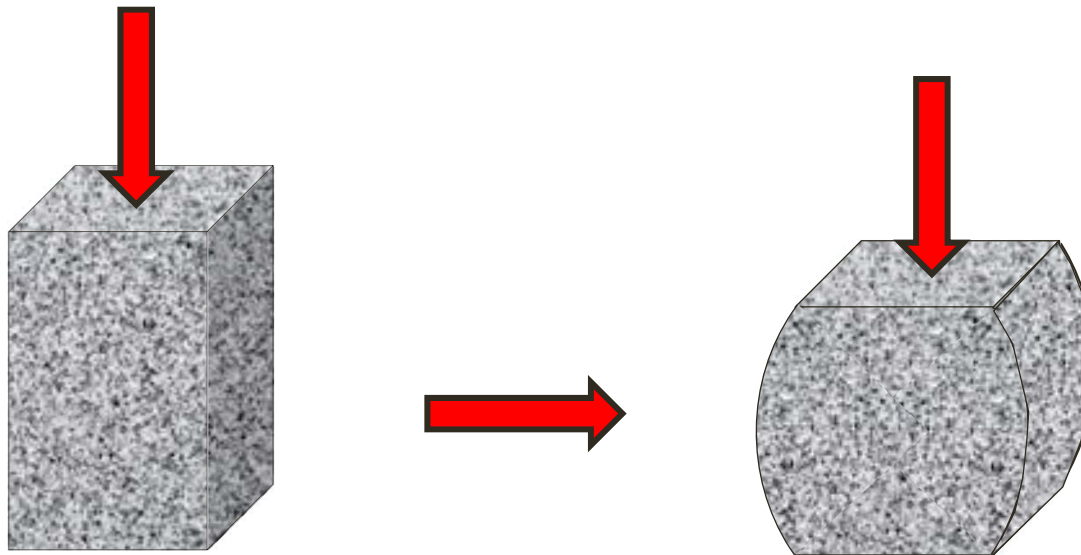
Περίσφιξη και οπλισμός διάτμησης σε στύλους



Στατική συμπεριφορά

Βλάβες σε στύλους

Περίσφιξη και οπλισμός διάτμησης

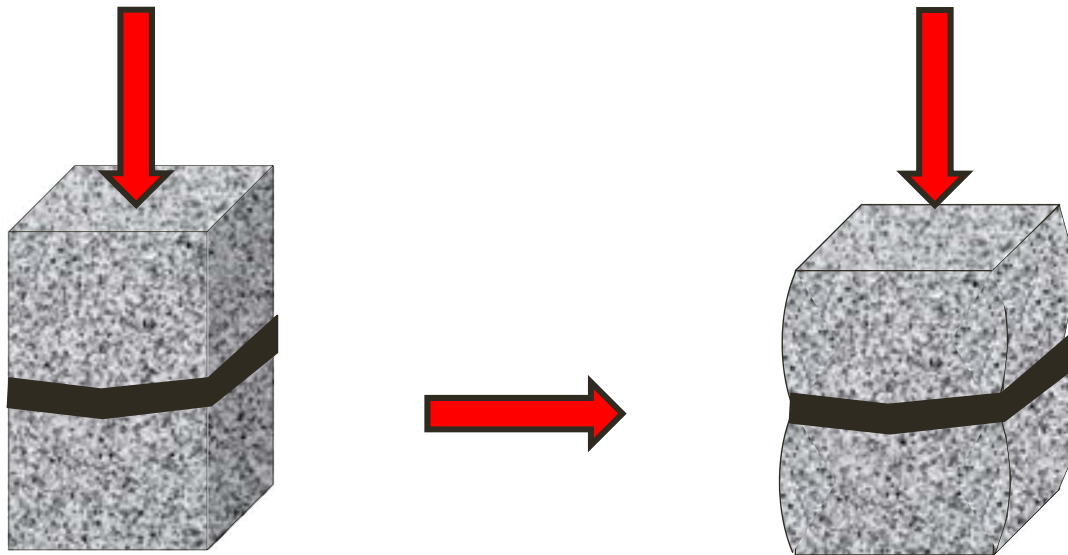


Φαινόμενο Poisson

Στατική συμπεριφορά

Βλάβες σε στύλους

Περίσφιξη και οπλισμός διάτμησης



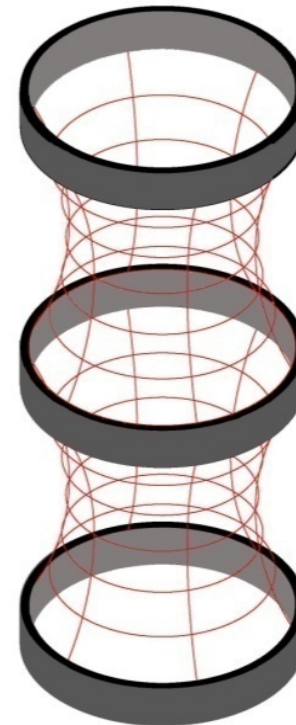
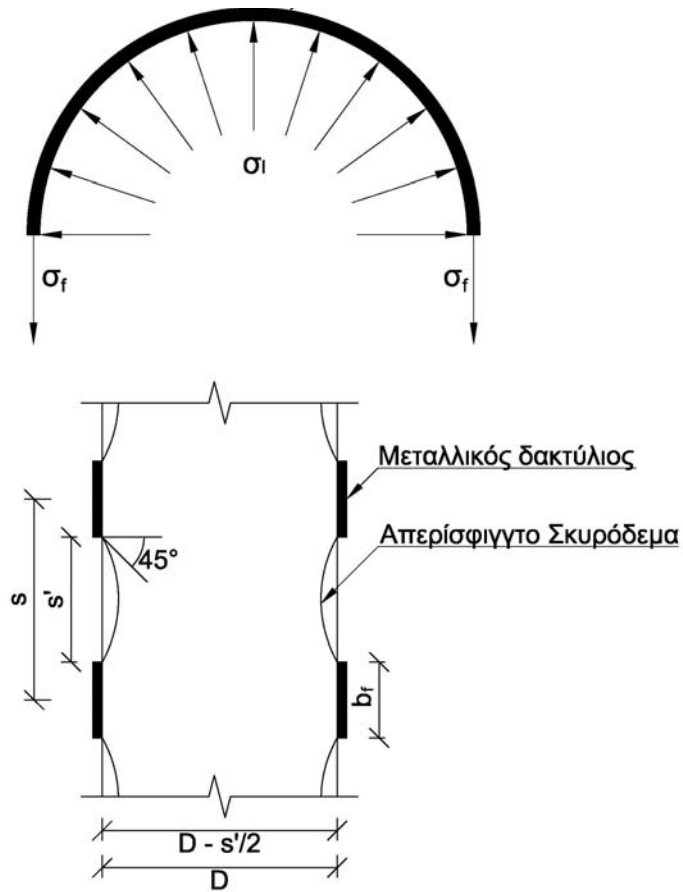
Μείωση της εγκάρσιας παραμόρφωσης

$$f_{cc} = f_{co} \cdot 4 \cdot \sqrt{\frac{f_1}{f_{co}}}$$

Στατική συμπεριφορά

Βλάβες σε στύλους

Περίσφιξη και οπλισμός διάτμησης



Στατική συμπεριφορά

Βλάβες σε στύλους Περίσφιξη και οπλισμός διάτμησης



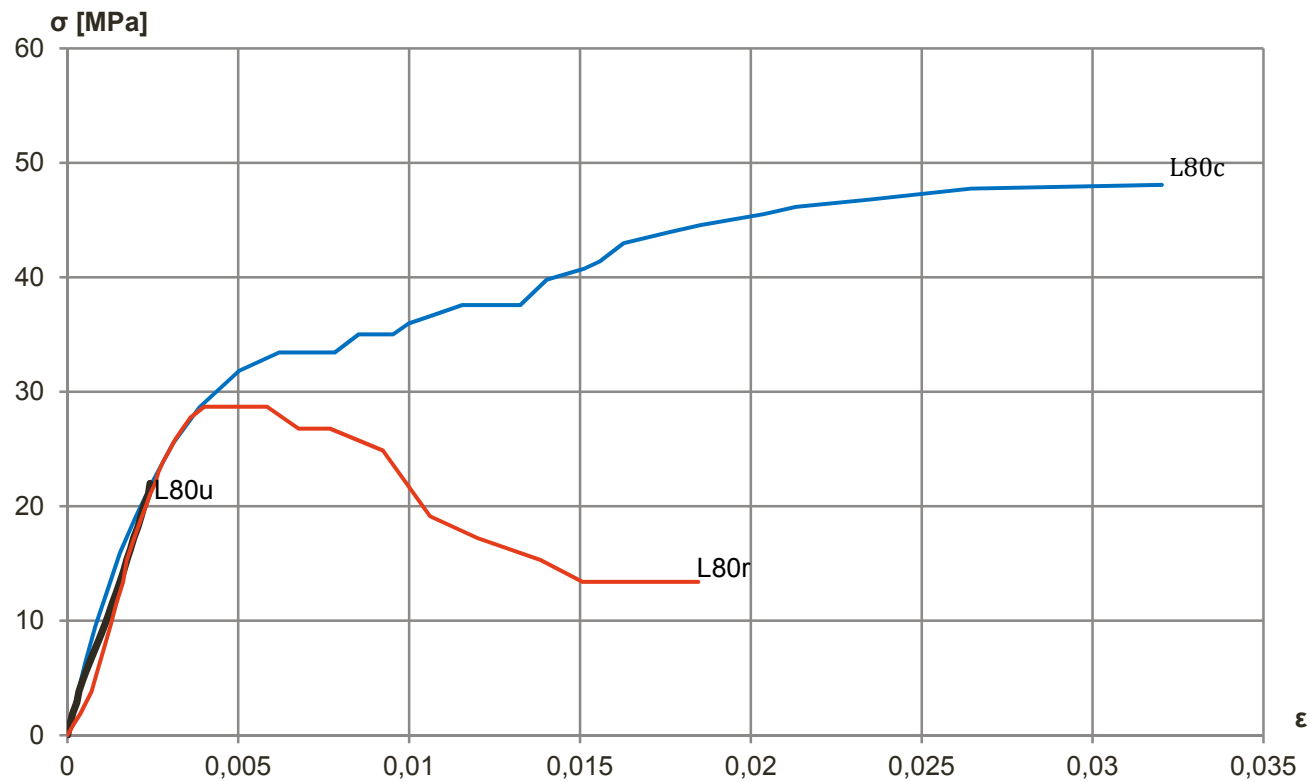
Στατική συμπεριφορά

Βλάβες σε στύλους Περίσφιξη και οπλισμός διάτμησης



Στατική συμπεριφορά

Βλάβες σε στύλους Περίσφιξη και οπλισμός διάτμησης



Στατική συμπεριφορά

Βλάβες σε στύλους

Περίσφιξη και οπλισμός διάτμησης

Οπλισμός περίσφιξης

Το **μηχανικό ογκομετρικό ποσοστό** οπλισμού περίσφιξης είναι:

$$\omega_{wd,un} = (A_{wd} \cdot l_w \cdot f_{yd}) / (A_o \cdot s \cdot f_{cd})$$

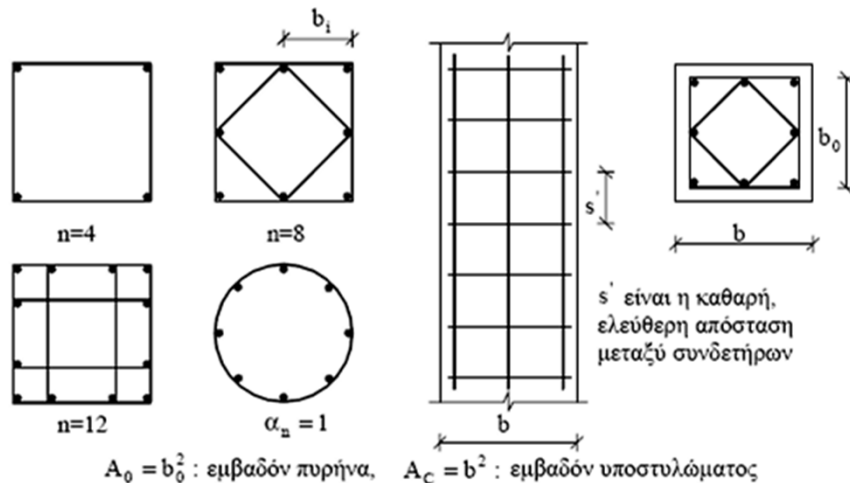
$$\omega_{wd,req} = [0,85 \cdot v_d \cdot (0,35 A_c / A_o + 0,15) - 0,035] / \alpha \geq 0,1$$

α Συντελεστής αποδοτικότητας περίσφιξης $\alpha = \alpha_s \cdot \alpha_n$

A_c Εμβαδόν ολόκληρης της διατομής σκυροδέματος

A_o Εμβαδόν της διατομής του περισφιγμένου σκυροδέματος

v_d ανηγμένο αξονικό $< 0,65$ σε κάθε περίπτωση για τον σεισμικό συνδυασμο δράσεων



$$\alpha_n = 1 - \sum_1^n b_i^2 / 6 \cdot A_o$$

$$\alpha_s = (1 - s' / 2 \cdot b_o)^2$$

Στατική συμπεριφορά

Βλάβες σε στύλους

Περίσφιξη και οπλισμός διάτμησης

9.5.3 Εγκάρσιος οπλισμός

- Ελάχιστη διάμετρος συνδετήρων: $\varnothing_{w,min} = \max(6\text{mm}, \varnothing_{L,max}/4)$
- Ελάχιστη διάμετρος ράβδων συγκολλητών πλεγμάτων: $\varnothing_{min} = 5\text{mm}$
- Απόσταση μεταξύ συνδετήρων: $s_{cl,tmax} = \min(20\varnothing_{L,min}, b_c, 400\text{mm})$
- Απαιτείται απόσταση $0.6 \cdot s_{cl,tmax}$ στις ακόλουθες περιοχές:
 - Στα άκρα (κεφαλή, πόδας) σε μήκος h_c
 - Στο μήκος υπερκάλυψης εφόσον $\varnothing_{L,max} > 14\text{mm}$, όπου απαιτούνται τουλάχιστον 3 συνδετήρες
- Σε περιοχές εκτροπής των ράβδων με κλίση $>(1:12)$ (π.χ. θέση μεταβολής της διατομής του υποστρώματος), οι δυνάμεις εκτροπής πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για τη διάταξη των συνδετήρων
- Ράβδοι σε γωνίες συγκρατούνται από εγκάρσιο οπλισμό
- Διαμήκεις ράβδοι της θλιβόμενης παρειάς δεν επιτρέπεται να απέχουν $>150\text{mm}$ από συγκρατούμενη ράβδο

Βλάβες σε στύλους

Περίσφιξη και οπλισμός διάτμησης

Υποστυλώματα ΚΠΜ: Εγκάρσιος οπλισμός κρίσιμων περιοχών (EC8 – 5.4.3.2.2)

- Ελάχιστες απαιτήσεις περίσφιξης κρίσιμων περιοχών σε κάθε περίπτωση:
 - Απόσταση συνδετήρων: $s = \min(b_o/2, 8\phi_{L,min}, 175\text{mm})$, όπου b_o η ελάχιστη διάσταση του περισφιγμένου πυρήνα
 - Απόσταση μεταξύ συγκρατούμενων διαμήκων ράβδων $\leq 200\text{mm}$
- Απαιτείται έλεγχος επάρκειας του οπλισμού περίσφιξης, σύμφωνα με τη διαδικασία που ακολουθεί, μόνο στην κρίσιμη περιοχή του πόδα του κατώτατου ορόφου και εφόσον για την απαιτούμενη πλαστιμότητα καμπυλοτήτων $\mu_{\phi,hc}$ προκύπτει $\varepsilon_{cu2} > 3.5\%$ (κίνδυνος απώλειας επικάλυψης)

– Απαιτείται: $\alpha \cdot \omega_{wd} \geq 30 \cdot \mu_{\phi,hc} \cdot V_d \cdot \varepsilon_{sy,d} \cdot (b_c/b_o) - 0.035$

όπου

$$\omega_{wd} = \frac{\text{όγκος συνδετήρων}}{\text{όγκος περισφιγμένου πυρήνα}} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad (5.15)$$

$\mu_{\phi,hc}$ = απαιτούμενη πλαστιμότητα καμπυλοτήτων στο επίπεδο της πλευράς h_c

Στατική συμπεριφορά

Βλάβες σε στύλους

Περίσφιξη και οπλισμός διάτμησης

Υποστυλώματα ΚΠΜ: Εγκάρσιος οπλισμός κρίσιμων περιοχών (EC8 – 5.4.3.2.2)

$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$ συντελεστής αποδοτικότητας περίσφιξης

ορθογωνικές διατομές

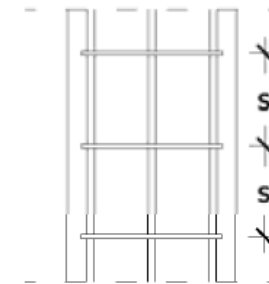
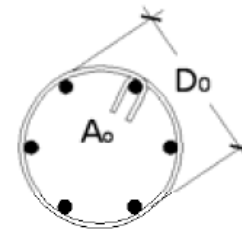
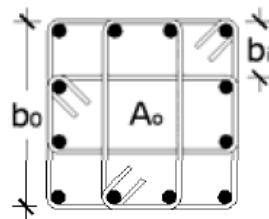
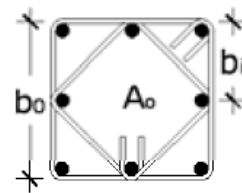
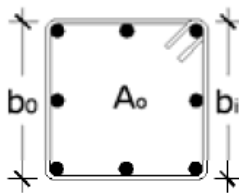
κυκλικές διατομές

$$\alpha_n = 1 - \frac{\sum b_i^2}{6b_o \cdot h_o}$$

$$\alpha_n = 1, \quad \alpha_s = (1 - s/2D_o)^e$$

συνδετήρες : $e = 2$, σπείρα : $e = 1$

$$\alpha_s = (1 - s/2b_o) \cdot (1 - s/2h_o)$$



- Στον πόδα του κατώτατου ορόφου απαιτείται μηχανικό ογκομετρικό ποσοστό οπλισμού περίσφιξης $\omega_{wd} \geq 0.08$
- Στον πόδα του κατώτατου ορόφου, αντί των παραπάνω υπολογισμών, οι συνδετήρες επιτρέπεται να διαστασιολογηθούν σύμφωνα με τις διατάξεις του EC2 εφόσον:

$$v_d = N_{Ed} / (A_c \cdot f_{cd}) < 0.2 \quad \text{και} \quad q_{factor} \leq 2.0$$

62

Στατική συμπεριφορά

Βλάβες σε στύλους

Περίσφιξη και οπλισμός διάτμησης

Υποστυλώματα ΚΠΥ: Πρόσθετες απαιτήσεις για τις κρίσιμες περιοχές (EC8 – 5.5.3.2.2)

- Ελάχιστες απαιτήσεις περίσφιξης
 - Ελάχιστη διάμετρος συνδετήρων ή συνδέσμων: $\varnothing_{w,min} \geq (\varnothing_{L,max} / 2.5) \sqrt{f_{ydL} / f_{ydw}}$
 - Απόσταση συνδετήρων: $s = \min(b_o/3, 6\varnothing_{L,min}, 125\text{mm})$
 - Απόσταση μεταξύ συγκρατούμενων διαμήκων ράβδων: $\leq 150\text{mm}$
 - Στους δύο κατώτερους ορόφους το ύψος των κρίσιμων περιοχών των υποστυλωμάτων αυξάνεται σε $1.5l_{cr}$
- Ελάχιστες τιμές του μηχανικού ογκομετρικού συντελεστή συνδετήρων:
 - Πόδας κατώτατου ορόφου: $\omega_{wd} \geq 0.12$
 - Σε όλες τις υπόλοιπες θέσεις: $\omega_{wd} \geq 0.08$
- Απαιτείται έλεγχος επάρκειας του οπλισμού περίσφιξης στις κρίσιμες περιοχές καθύψος του στύλου όπου $\varepsilon_{cu2} > 3.5\%$, με εφαρμογή της μεθόδου που αναφέρθηκε στους στύλους ΚΠΜ. Εφόσον το υποστυλώμα είναι προστατευμένο στην ανωδομή έναντι δημιουργίας πλαστικών αρθρώσεων με τη διαδικασία του ικανοτικού υπολογισμού κόμβου, επιτρέπεται στη σχέση 5.15 αντί $\mu_{\varphi,hc}$ να τεθεί $(2/3)\mu_{\varphi,hc}$, με εξαίρεση τον πόδα του κατώτατου ορόφου

Στατική συμπεριφορά

Βλάβες σε στύλους

Περίσφιξη και οπλισμός διάτμησης

Κόμβοι Δοκών-Υποστυλωμάτων ΚΠΜ, ΚΠΥ (EC8 – 5.4.3.3, 5.5.3.3)

- Απαιτούνται κλειστοί συνδετήρες περίσφιξης όπως στις κρίσιμες περιοχές υποστυλωμάτων
- Εφόσον συμβάλλουν τουλάχιστον 3 δοκοί με $b_w \geq 0.75(b_c \text{ ή } h_c)$ επιτρέπεται αύξηση της απόστασης μεταξύ των συνδετήρων:

$$S_{j,max} \leq \min(3s_{c,max}, 150\text{mm})$$

- Απαιτείται στο ύψος του κόμβου μία τουλάχιστον διαμήκης ράβδος ανά παρειά μεταξύ των γωνιακών ράβδων του στύλου

Πρόσθετες διατάξεις για κόμβους ΚΠΥ

- Παρέχονται εκφράσεις υπολογισμού τόσο των απαιτούμενων συνδετήρων όσο και των διαμήκων ράβδων που διέρχονται από τον κόμβο

Βλάβες σε στύλους

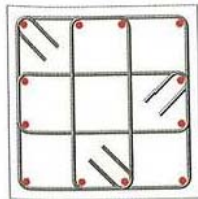
Περίσφιξη και οπλισμός διάτμησης

Τι επιτυγχάνεται με τον **πυκνό** οπλισμό περίσφιξης:

1. Αύξηση της **διατμητικής αντοχής** του στοιχείου
2. Αύξηση της χαρακτηριστικής **θλιπτικής αντοχής** του σκυροδέματος
3. Αύξηση της **πλαστιμότητας** του υποστυλώματος (και αύξηση του ϵ_c)
4. Μείωση του κινδύνου **λυγισμού** των κατακόρυφων (διαμηκών) ράβδων

Στατική συμπεριφορά

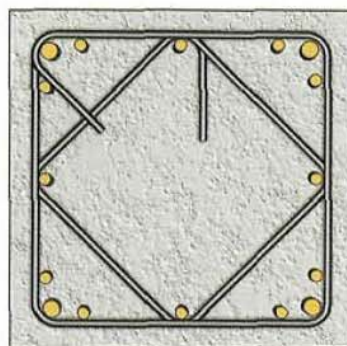
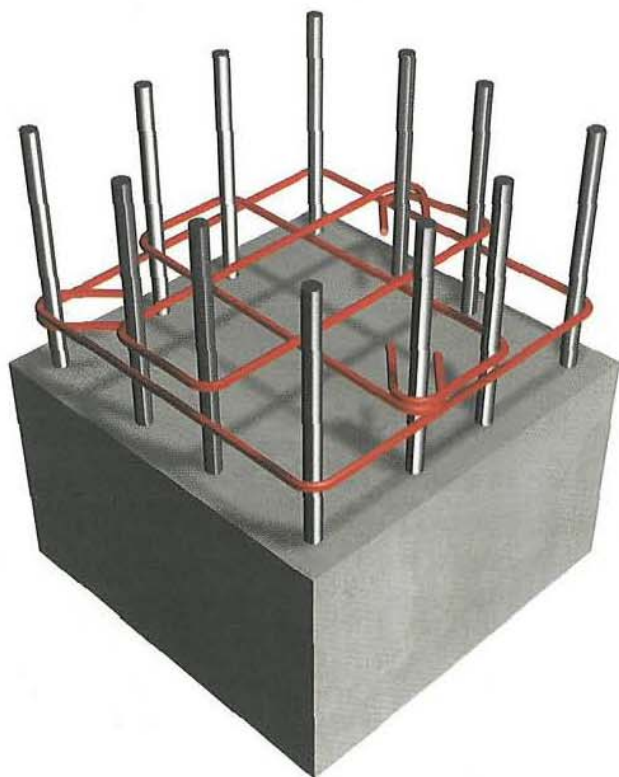
Βλάβες σε στύλους Τυπική όπλιση



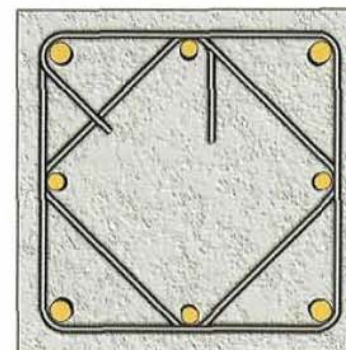
Στατική συμπεριφορά

Βλάβες σε στύλους

Τυπική όπλιση



όπλιση με 16 ράβδους,
4Φ20+12Φ14



ισοδύναμη όπλιση με 8 ράβδους,
4Φ25+4Φ20

$$\rho_{\min} = 0.01$$

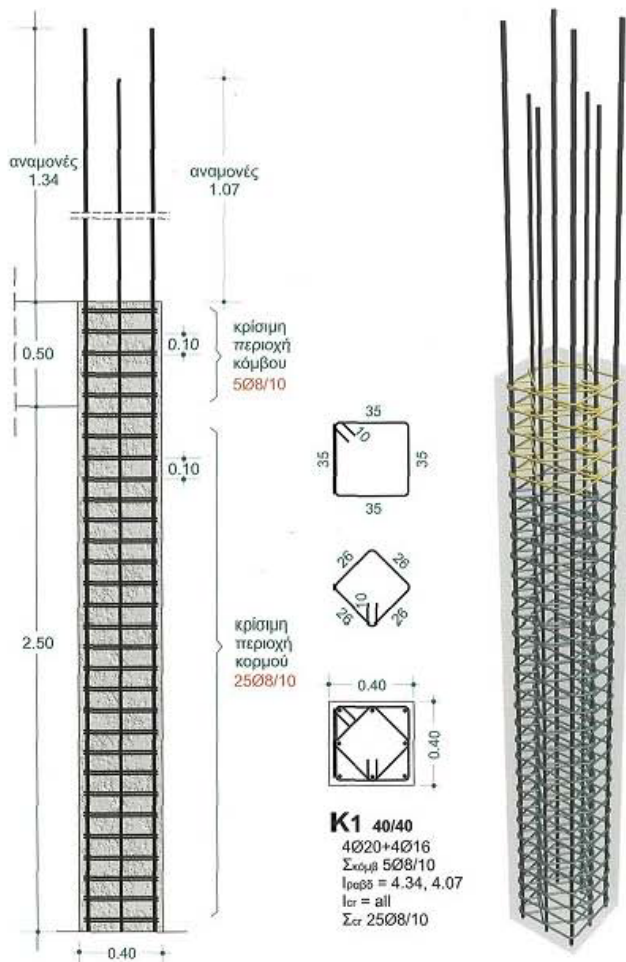
$$\rho_{\max} = 0.04$$

$$\rho_{\min, \text{παρ}} \approx 0.004$$

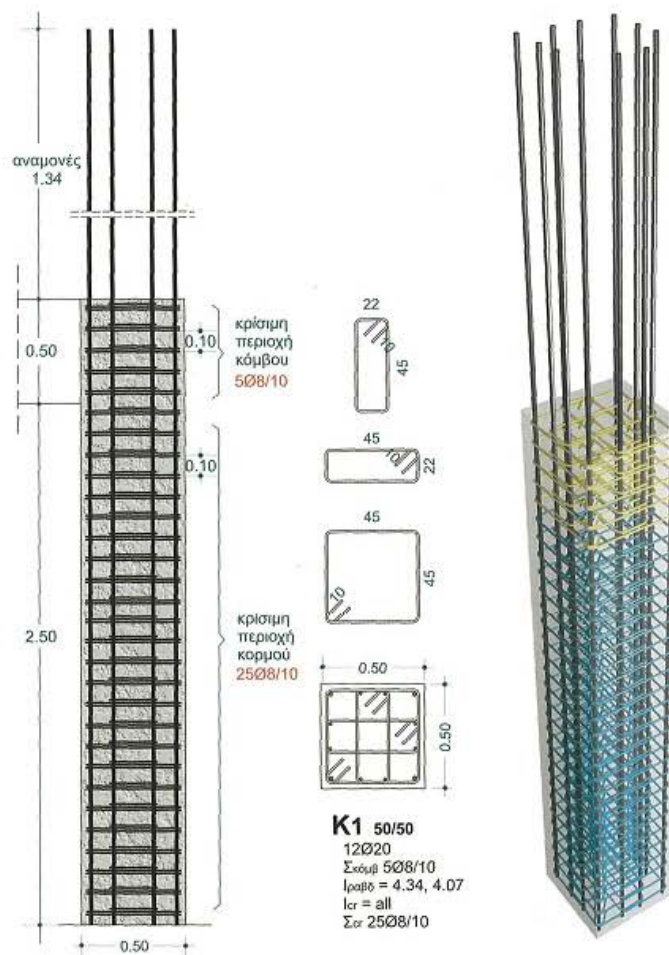
Στατική συμπεριφορά

Βλάβες σε στύλους Τυπική όπλιση

Υποστώλιμα διατομής 40x40cm



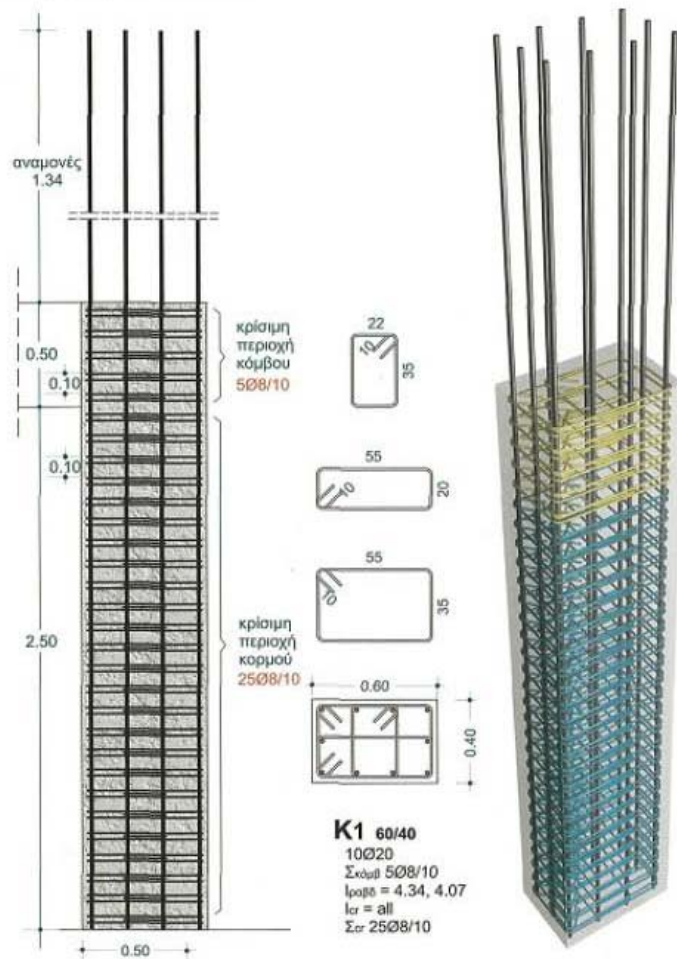
Υποστώλιμα διατομής 50x50cm



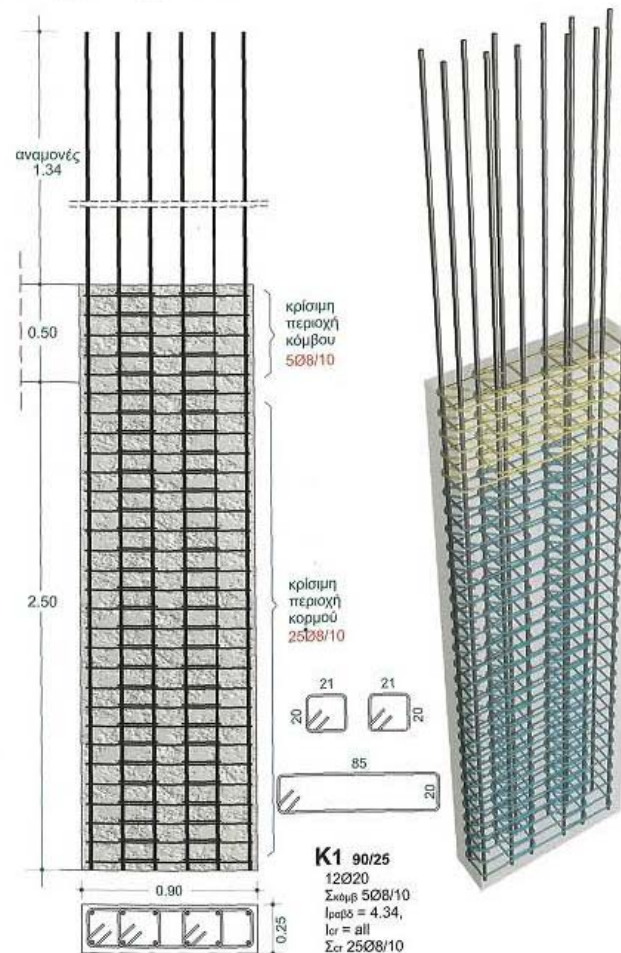
Στατική συμπεριφορά

Βλάβες σε στύλους Τυπική όπλιση

Υποστύλωμα διατομής 60x40cm



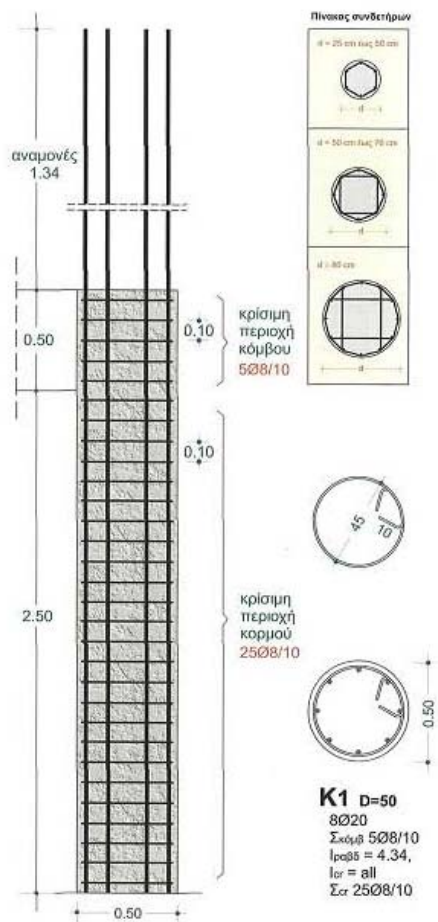
Υποστύλωμα διατομής 90x25cm



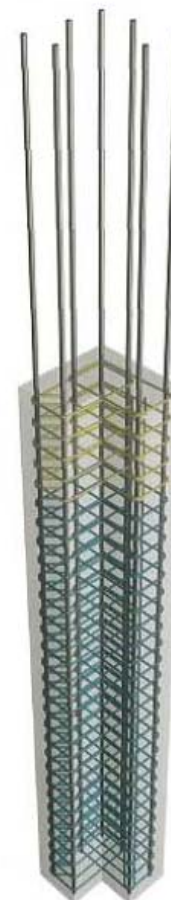
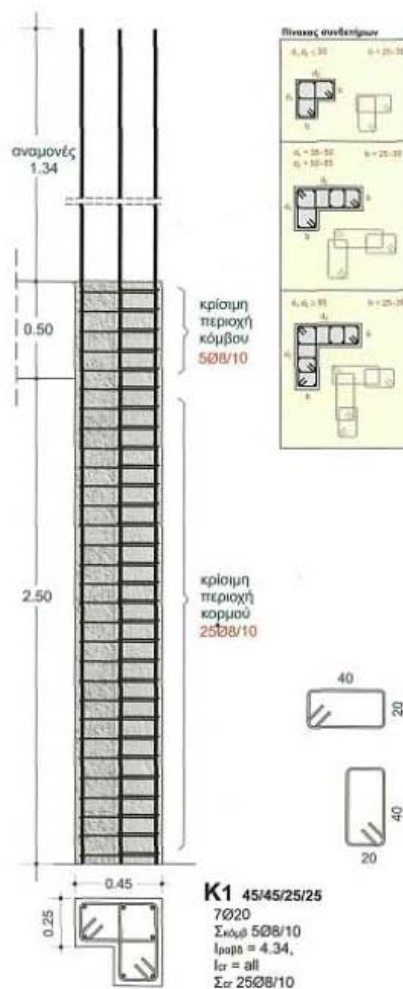
Μήπως είναι τοιχείο;
Στατική συμπεριφορά

Βλάβες σε στύλους Τυπική όπλιση

Υποστύλωμα κυκλικής διατομής D=50cm

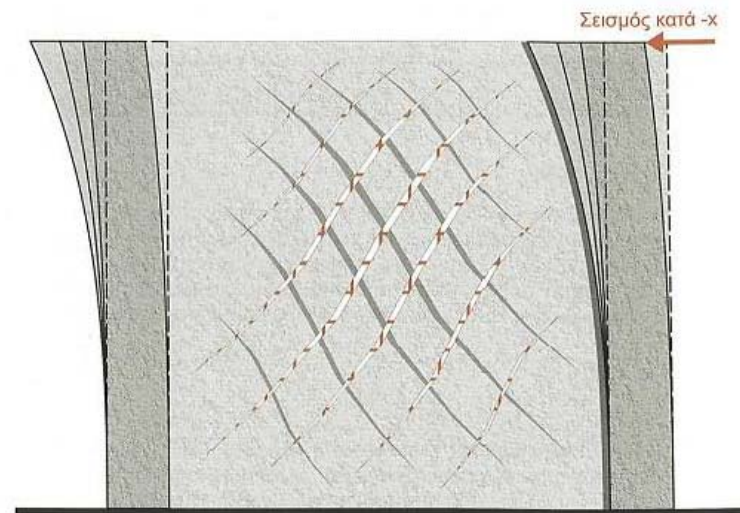


Υποστύλωμα γάμα 45x45x25x25cm

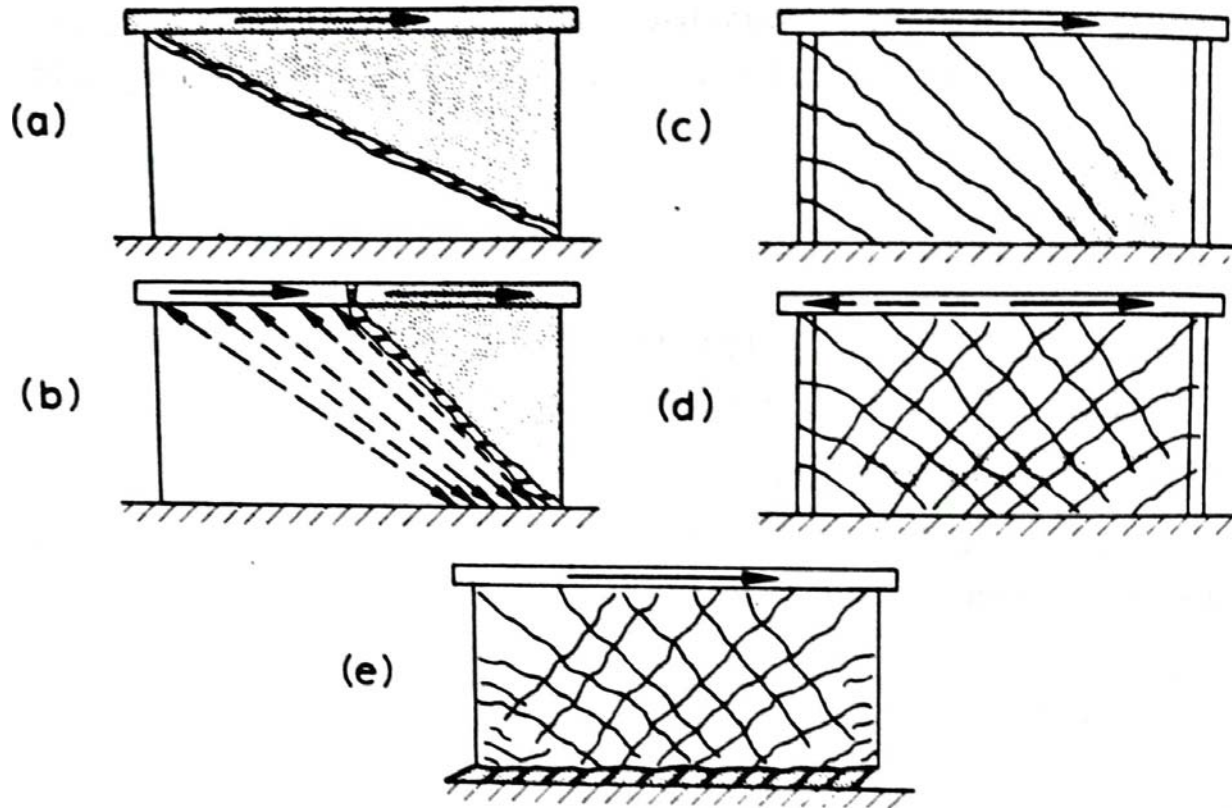


Στατική συμπεριφορά

Βλάβες σε τοιχεία



Βλάβες σε τοιχεία



Μηχανισμοί αστοχίας από τέμνουσα σε τοιχώματα μικρού ύψους

(a)+(b) Διαγώνιος ελκυσμός κατά μήκος ενός διαγώνιου ή λοξού ρήγματος

(c)+(d) Συντριβή διαγώνιων θλιπτήρων

(e) Διατμητική ολίσθηση στη βάση

Βλάβες σε τοιχεία



Βλάβες σε τοιχεία



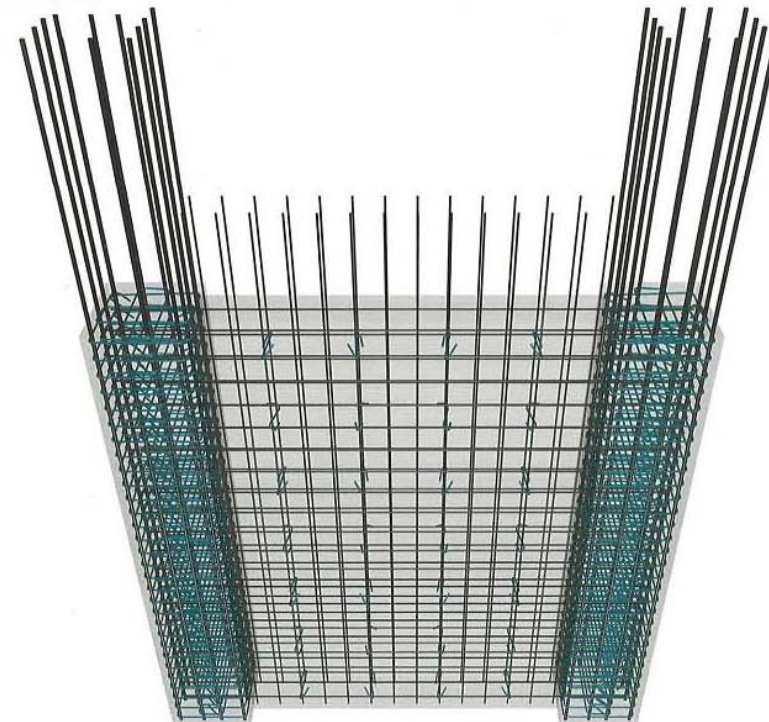
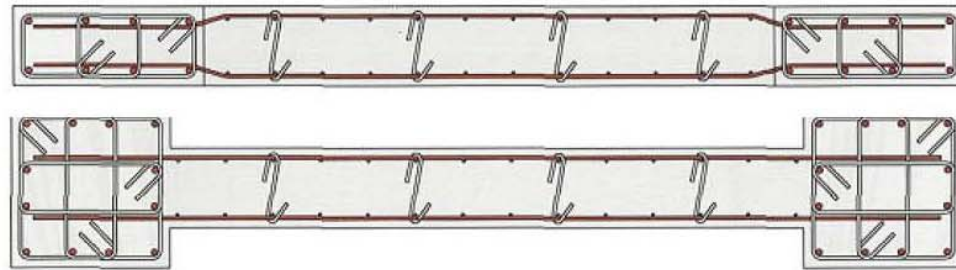
Photo 02: crack on longitudinal shear wall



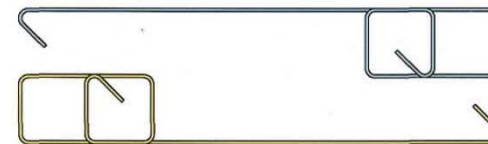
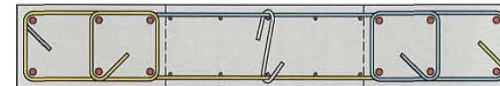
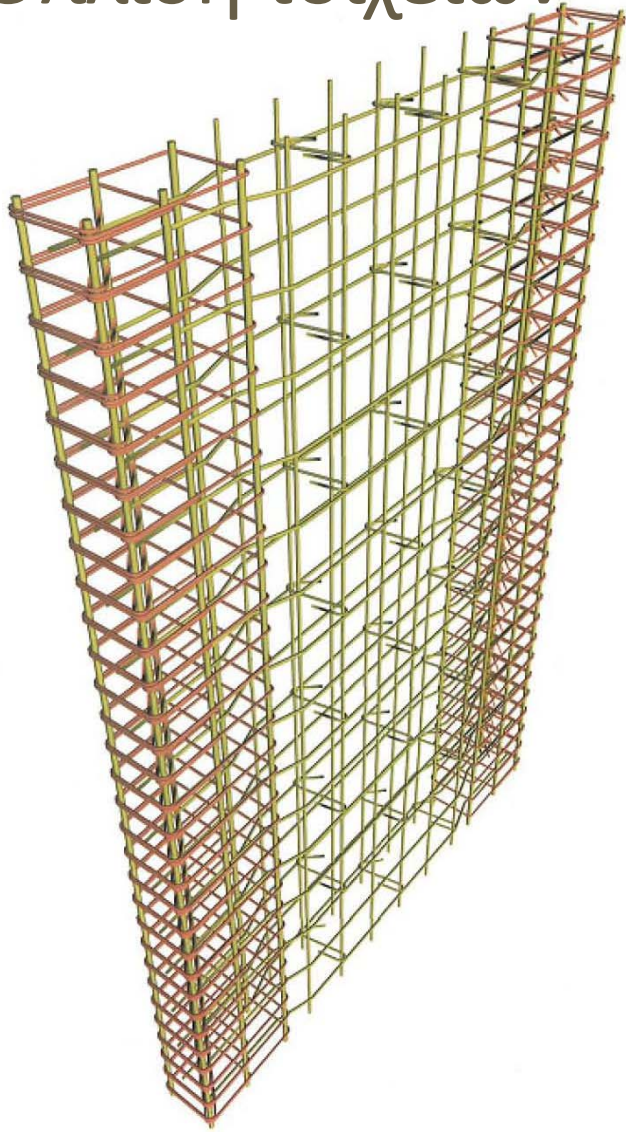
Photo 03: Steel reinforcement

Βλάβες σε τοιχεία

Όπλιση τοιχείων

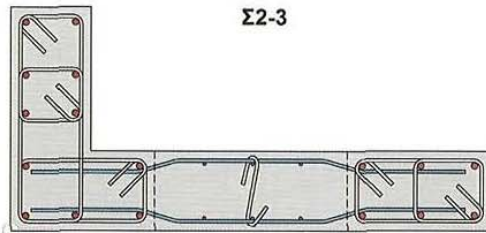


Βλάβες σε τοιχεία Όπλιση τοιχείων



Βλάβες σε τοιχεία

Όπλιση τοιχείων



Σ2-3

α 2-3 45/70/25/25

7Ø18+4Ø14
 $I_{ροβδ} = 3,94-4,20$
 $l_{cr} = \text{all}$
 $\Sigma_{cr} = 30\text{Ø}10/20$

T3 150/25

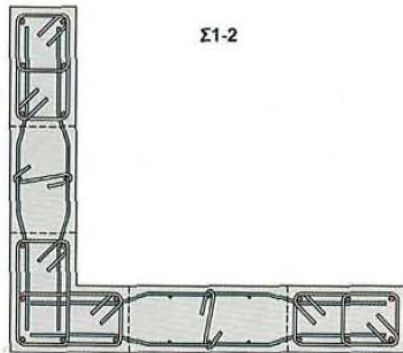
οριζ: 2x15Ø10/20
 κατ: 2x3Ø10/20

α 1-0 45/25

6Ø16
 $I_{ροβδ} = 4,07$
 $l_{cr} = \text{all}$
 $\Sigma_{cr} = 30\text{Ø}10/18.3$

α 1-0 25/45

6Ø16
 $I_{ροβδ} = 4,07$
 $l_{cr} = \text{all}$
 $\Sigma_{cr} = 30\text{Ø}10/18.3$



Σ1-2

T1 25/150

οριζ: 2x15Ø10/20
 κατ: 2x3Ø10/20

α 1-2 45/45/25/25

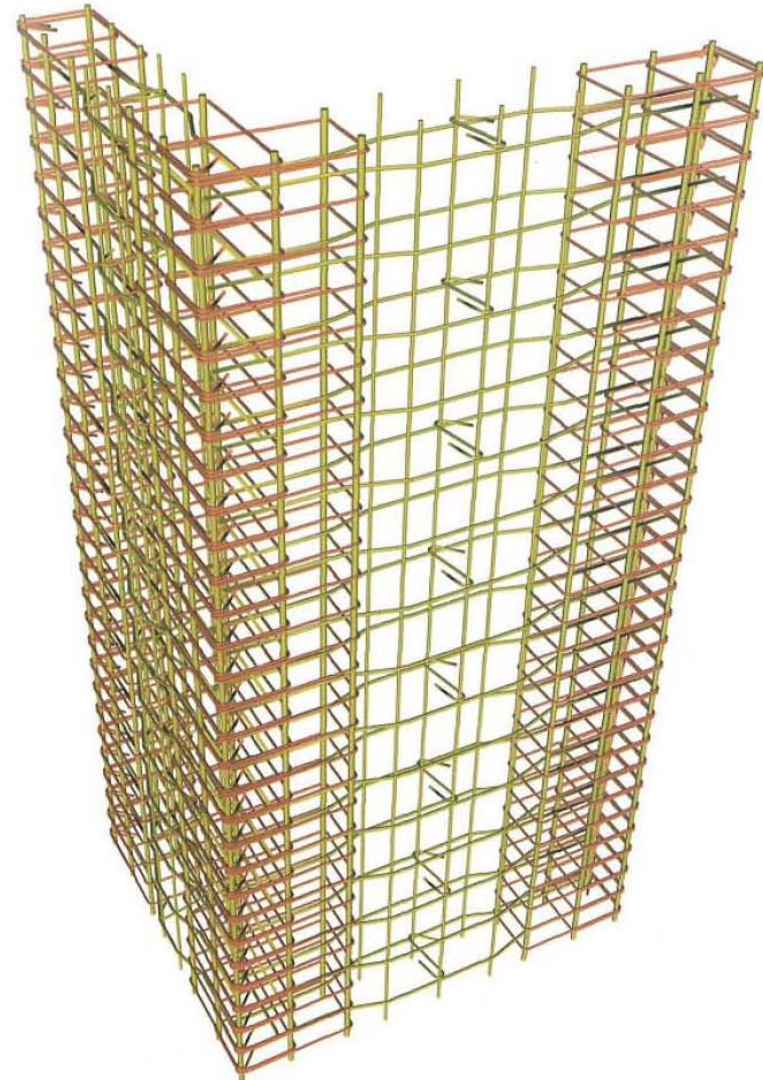
7Ø18
 $I_{ροβδ} = 4,20$
 $l_{cr} = \text{all}$
 $\Sigma_{cr} = 30\text{Ø}10/20$

T2 150/25

οριζ: 2x15Ø10/20
 κατ: 2x3Ø10/20

α 2-0 45/25

6Ø16
 $I_{ροβδ} = 4,07$
 $l_{cr} = \text{all}$
 $\Sigma_{cr} = 30\text{Ø}10/18.3$



Βλάβες σε τοιχεία

Όπλιση τοιχείων

α 2-3 50/45/25/30
7Ø20
 $l_{\text{ροφ}} = 4,34$
 $l_{\text{cr}} = \text{all}$
 $\Sigma_{\text{cr}} = 3008/10$

οριζ: 2x15Ø10/20.0
κατ: 2x5Ø10/19.0

α 1-2 50/45/25/30
7Ø20
 $l_{\text{ροφ}} = 4,34$
 $l_{\text{cr}} = \text{all}$
 $\Sigma_{\text{cr}} = 3008/10$

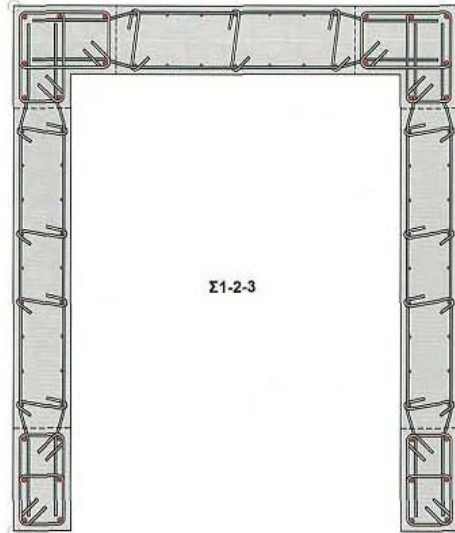
T3 25/230
οριζ: 2x15Ø10/20
κατ: 2x7Ø10/20

Σ1-2-3

T1 25/230
οριζ: 2x15Ø10/20
κατ: 2x7Ø10/20

α 0-3 25/45
6Ø16
 $l_{\text{ροφ}} = 4,07$
 $l_{\text{cr}} = \text{all}$
 $\Sigma_{\text{cr}} = 3008/10$

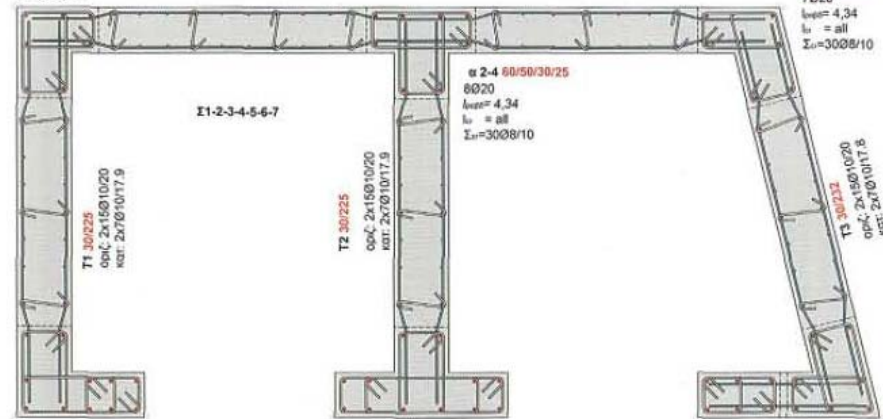
α 0-1 25/45
6Ø16
 $l_{\text{ροφ}} = 4,07$
 $l_{\text{cr}} = \text{all}$
 $\Sigma_{\text{cr}} = 3008/10$



α 1-4 45/50/30/25
7Ø20
 $l_{\text{ροφ}} = 4,34$
 $l_{\text{cr}} = \text{all}$
 $\Sigma_{\text{cr}} = 3008/10$

T4 420/25
οριζ: 2x15Ø10/20.0
κατ: 2x17Ø10/19.4

α 3-4 45/50/30/25
7Ø20
 $l_{\text{ροφ}} = 4,34$
 $l_{\text{cr}} = \text{all}$
 $\Sigma_{\text{cr}} = 3008/10$



α 1-5 70/50/30/25
7Ø18+4Ø16
 $l_{\text{ροφ}} = 4,07, 4,20$
 $l_{\text{cr}} = \text{all}$
 $\Sigma_{\text{cr}} = 3008/10$

α 2-6 95/50/30/25
8Ø20+4Ø14
 $l_{\text{ροφ}} = 3,94, 4,34$
 $l_{\text{cr}} = \text{all}$
 $\Sigma_{\text{cr}} = 3008/10$

α 0-7 45/25
6Ø16
 $l_{\text{ροφ}} = 4,07$
 $l_{\text{cr}} = \text{all}$
 $\Sigma_{\text{cr}} = 3008/10$

α 3-7 51/57/30/25
7Ø20
 $l_{\text{ροφ}} = 4,34$
 $l_{\text{cr}} = \text{all}$
 $\Sigma_{\text{cr}} = 3008/10$

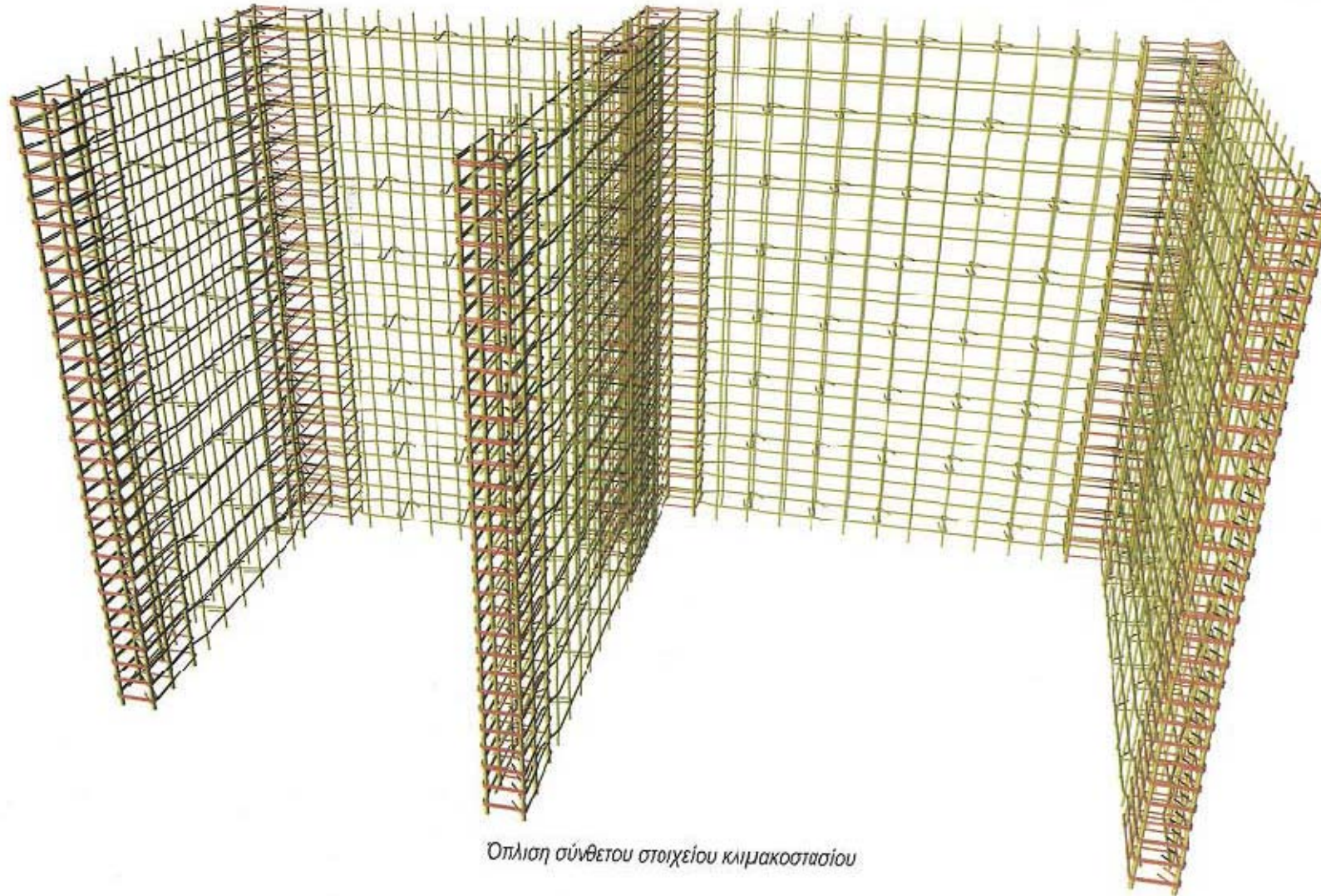
T1 30/225
οριζ: 2x15Ø10/20
κατ: 2x7Ø10/17,9

T2 30/225
οριζ: 2x15Ø10/20
κατ: 2x7Ø10/17,9

α 2-4 60/50/30/25
8Ø20
 $l_{\text{ροφ}} = 4,34$
 $l_{\text{cr}} = \text{all}$
 $\Sigma_{\text{cr}} = 3008/10$

T3 30/225
οριζ: 2x15Ø10/20
κατ: 2x7Ø10/17,9

Βλάβες σε τοιχεία Όπλιση τοιχείων



Όπλιση σύνθετου στοιχείου κλιμακοστασίου