

Ευρωκώδικας 8 – Σχεδιασμός κτιρίων από σκυρόδεμα (Κεφ. 5)



Καθηγητής Α. Ι. Κάππος
Τμήμα Πολιτ. Μηχανικών ΑΠΘ



Θεσσαλονίκη, Μάιος 2010

| | | |
|----------|---|-----------|
| 5 | ΕΙΔΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΓΙΑ ΚΤΙΡΙΑ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ | 86 |
| 5.1 | ΓΕΝΙΚΑ | 86 |
| 5.1.1 | Πεδίο εφαρμογής | 86 |
| 5.1.2 | Όροι και ορισμοί | 86 |
| 5.2 | ΒΑΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ | 88 |
| 5.2.1 | Ικανότητα απόδοσης ενέργειας και κατηγορίες πλαστιμότητας | 88 |
| 5.2.2 | Τύποι στατικών συστημάτων και συντελεστές συμπεριφοράς | 89 |
| 5.2.2.1 | Τύποι στατικών συστημάτων | 89 |
| 5.2.2.2 | Συντελεστές συμπεριφοράς για οριζόντιες σεισμικές δράσεις | 90 |
| 5.2.3 | Κριτήρια σχεδιασμού | 93 |
| 5.2.3.1 | Γενικά | 93 |
| 5.2.3.2 | Συνθήκη τοπικής αντοχής | 93 |
| 5.2.3.3 | Κανόνας ικανοτικού σχεδιασμού | 93 |
| 5.2.3.4 | Συνθήκη τοπικής πλαστιμότητας | 93 |
| 5.2.3.5 | Υπερστατικότητα | 95 |
| 5.2.3.6 | Δευτερεύοντα σεισμικά στοιχεία και αντοχές | 95 |
| 5.2.3.7 | Ειδικά πρόσθετα μέτρα | 95 |
| 5.2.4 | Έλεγχοι ασφαλείας | 96 |
| 5.3 | ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ EN 1992-1-1 | 97 |
| 5.3.1 | Γενικά | 97 |
| 5.3.2 | Υλικά | 97 |
| 5.3.3 | Συντελεστής συμπεριφοράς | 97 |
| 5.4 | ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΚΠΜ | 97 |
| 5.4.1 | Γεωμετρικοί περιορισμοί και υλικά | 97 |
| 5.4.1.1 | Απαιτήσεις υλικών | 97 |
| 5.4.1.2 | Γεωμετρικοί περιορισμοί | 97 |
| 5.4.2 | Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού | 99 |
| 5.4.2.1 | Γενικά | 99 |
| 5.4.2.2 | Δοκοί | 99 |
| 5.4.2.3 | Υποστυλώματα | 100 |
| 5.4.2.4 | Ειδικές διατάξεις για πλάσιμα τοιχώματα | 101 |
| 5.4.2.5 | Ειδικές διατάξεις για μεγάλα ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα | 103 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 5.4.3 | Έλεγχοι ΟΚΑ και διαμόρφωση λεπτομερειών | 104 |
| 5.4.3.1 | Δοκοί | 104 |
| 5.4.3.2 | Υποστυλώματα | 107 |
| 5.4.3.3 | Κόμβοι δοκών-υποστυλωμάτων | 110 |
| 5.4.3.4 | Πλάστιμα τοιχώματα | 110 |
| 5.4.3.5 | Μεγάλα ελσολά οπλισμένα τοιχώματα | 114 |
| 5.5 | ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΚΠΥ | 116 |
| 5.5.1 | Γεωμετρικοί περιορισμοί και υλικά | 116 |
| 5.5.1.1 | Απαιτήσεις υλικών | 116 |
| 5.5.1.2 | Γεωμετρικοί περιορισμοί | 116 |
| 5.5.2 | Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού | 117 |
| 5.5.2.1 | Δοκοί | 117 |
| 5.5.2.2 | Υποστυλώματα | 117 |
| 5.5.2.3 | Κόμβοι δοκών-υποστυλωμάτων | 118 |
| 5.5.2.4 | Πλάστιμα τοιχώματα | 118 |
| 5.5.3 | Έλεγχοι ΟΚΑ και διαμόρφωση λεπτομερειών | 120 |
| 5.5.3.1 | Δοκοί | 120 |
| 5.5.3.2 | Υποστυλώματα | 121 |
| 5.5.3.3 | Κόμβοι δοκού-υποστυλώματος | 123 |
| 5.5.3.4 | Πλάστιμα Τοιχώματα | 125 |
| 5.5.3.5 | Στοιχεία σύζευξης συζευγμένων τοιχωμάτων | 130 |
| 5.6 | ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΓΙΑ ΑΓΚΥΡΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΝΩΣΕΙΣ ΡΑΒΔΩΝ | 131 |
| 5.6.1 | Γενικά | 131 |
| 5.6.2 | Αγκύρωση ράβδων | 131 |
| 5.6.2.1 | Υποστυλώματα | 131 |
| 5.6.2.2 | Δοκοί | 131 |
| 5.6.3 | Ενώσεις ράβδων | 133 |
| 5.7 | ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΩΝ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ | 134 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 5.8 | ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ | 134 |
| 5.8.1 | Πεδίο εφαρμογής | 134 |
| 5.8.2 | Συνδεδημένες δοκοί και δοκοί θεμελίωσης | 135 |
| 5.8.3 | Συνδέσεις κατακόρυφων στοιχείων με δοκοίς θεμελίωσης ή τοιχώματα | 136 |
| 5.8.4 | Επί τόπου σκυροδετούμενοι πάσσαλοι και πασσαλόδεσμοι | 137 |
| 5.9 | ΤΟΠΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΛΟΓΩ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ ΑΠΟ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ Η ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ | 137 |
| 5.10 | ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΓΙΑ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΑ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ | 138 |
| 5.11 | ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΟΙ ΦΟΡΕΙΣ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ | 139 |
| 5.11.1 | Γενικά | 139 |
| 5.11.1.1 | Πεδίο εφαρμογής και στατικά συστήματα | 139 |
| 5.11.1.2 | Αξιολόγηση προκατασκευασμένων φορέων | 140 |
| 5.11.1.3 | Κριτήρια σχεδιασμού | 141 |
| 5.11.1.4 | Συντελεστές συμπεριφοράς | 142 |
| 5.11.1.5 | Ανάλυση παροδικής κατάστασης | 143 |
| 5.11.2 | Συνδέσεις προκατασκευασμένων στοιχείων | 143 |
| 5.11.2.1 | Γενικές διατάξεις | 143 |
| 5.11.2.2 | Αποτίμηση της αντοχής των συνδέσεων | 144 |
| 5.11.3 | Στοιχεία | 144 |
| 5.11.3.1 | Δοκοί | 144 |
| 5.11.3.2 | Υποστυλώματα | 145 |
| 5.11.3.3 | Συνδέσεις δοκών-υποστυλωμάτων | 145 |
| 5.11.3.4 | Μεγάλα προκατασκευασμένα τοιχώματα | 145 |
| 5.11.3.5 | Διαφράγματα | 148 |

EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 1998-1

December 2004

Κατηγορίες πλαστιμότητας

- **Νέες κατηγορίες πλαστιμότητας (DC/ΚΠ)**

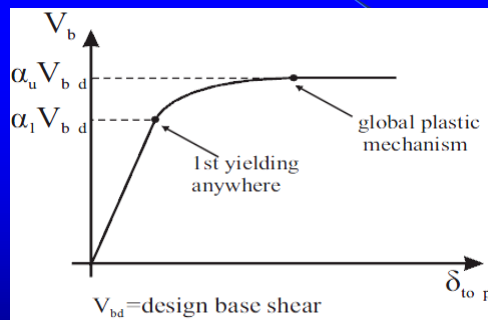
(οι αλλαγές προήλθαν από εθνικά σχόλια υποστηριζόμενα από σχετικές μελέτες βαθμονόμησης)

- ΚΠ 'Υ' (≈παλιά DC 'Μ', αυξημένος q , ικανοτικός (CD) για V_{sd} σε δοκούς, ...)
- ΚΠ 'Μ' (≈παλιά 'L', αυξημένος q , CD για V_{sd} σε δοκούς, ...)
- ΚΠ 'Χ' (εφαρμογή EC2, όχι ψαθυρός χάλυβας A, $q \leq 1.5$)

- **Βασική τιμή του δείκτη συμπεριφοράς (q_0):**

| ΤΥΠΟΣ ΣΤΑΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ | ΚΠΜ | ΚΠΥ |
|--|---------------------------|---------------------------|
| Πλαισιωτό σύστημα, διπλό σύστημα, σύστημα συζευγμένων τοιχωμάτων | $3,0 \alpha_u / \alpha_1$ | $4,5 \alpha_u / \alpha_1$ |
| Σύστημα ασύζευκτων τοιχωμάτων | 3,0 | $4,0 \alpha_u / \alpha_1$ |
| Στρεπτικά εύκαμπτο σύστημα | 2,0 | 3,0 |
| Σύστημα ανεστραμμένου εκκρεμούς | 1,5 | 2,0 |

αύξηση τέμνουσας βάσης μετά την πρώτη διαρροή



α_1 : σεισμική δράση στην 1^η διαρροή (οπουδήποτε)

α_u : σεισμική δράση στην εμφάνιση πλευρικής αστάθειας του φορέα (μηχανισμός κατάρρευσης)

- Εκτίμηση 'υπεραντοχής'

- Οι συντελεστές α_1 (1^η διαρροή) και α_u (μηχανισμός κατάρρευσης) εκτιμώνται από ανελαστική στατική ανάλυση (αλλά $\alpha_u/\alpha_1 \leq 1.5$), ή 'ερήμην':
 - Για πλαίσια (ή διπλά συστήματα ισοδύναμα με πλαίσια): $\alpha_u/\alpha_1 = 1.3$ (1.1 για μονώροφα, 1.2 πλαίσια ενός ανοίγματος)
 - Για τοιχώματα (ή διπλά συστήματα ισοδύναμα με τοιχώματα):
 - συστήματα τοιχωμάτων με μόνο δύο (ασύζευκτα) τοιχώματα σε κάθε οριζόντια διεύθυνση: $\alpha_u/\alpha_1 = 1.0$
 - άλλα συστήματα ασύζευκτων τοιχωμάτων: $\alpha_u/\alpha_1 = 1.1$
 - συστήματα συζευγμένων τοιχωμάτων, διπλά συστήματα ισοδύναμα με τοιχώματα: $\alpha_u/\alpha_1 = 1.2$

- Τελικός δείκτης συμπεριφοράς: $q = q_o k_w \geq 1.5$

$$k_w = \begin{cases} 1.00, \text{για πλαίσια και ισοδύναμα προς πλαίσια συστήματα τοιχωμάτων} \\ (1 + \alpha_o)/3 \leq 1, \text{ αλλά όχι μικρότερη από } 0.5, \text{ για συστήματα τοιχωμάτων,} \\ \text{ισοδύναμα προς τοιχώματα διπλά συστήματα και στρεπτικά εύστρεπτα} \\ \text{συστήματα} \end{cases}$$

Νέα δομικά συστήματα

- Μεγάλα, ελαφρά οπλισμένα, τοιχώματα:

- Περιλαμβάνει δύο τουλάχιστο τοιχώματα με οριζόντιο μήκος $\geq 4m$ ή $2h_w/3$, τα οποία συνολικώς φέρουν $\geq 20\%$ του υπερκείμενου φορτίου βαρύτητας (του σεισμικού συνδυασμού)
- Έχει θεμελιώδη ιδιοπερίοδο $T_1 \leq 0.5 \text{sec}$, υποθέτοντας πλήρη πάκτωση στη βάση
- Αν ένα δομικό σύστημα δεν μπορεί να καταταγεί στην κατηγορία αυτή, τότε **όλα** τα τοιχώματά του πρέπει να διαστασιολογούνται και να οπλίζονται ως **πλάστιμα**

- Πλαισιακά, διπλά, ή τοιχωματικά συστήματα χωρίς την **ελάχιστη δυστρεψία** ($e_o < 0.3r$) πρέπει να εντάσσονται στην κατηγορία των **στρεπτικώς εύκαμπτων** συστημάτων (*core systems*)

Νέα δομικά συστήματα

- **Διπλά (δυναδικά) συστήματα (διαφέρουν σε EC8 – ΕΑΚ!)**
 - **Διπλό σύστημα ισοδύναμο προς σύστημα τοιχωμάτων:** διπλό σύστημα (πλαίσια+τοιχώματα) όπου τα τοιχώματα αναλαμβάνουν $\geq 50\%$ της τέμνουσας στη βάση (αλλιώς θεωρείται ισοδύναμο προς πλαίσιακό)
 - **Σύστημα τοιχωμάτων:** ≥ 2 κατακόρυφα φέροντα τοιχώματα, με ή χωρίς σύζευξη, που αναλαμβάνουν $\geq 65\%$ της τέμνουσας στη βάση
 - **Συζευγμένα τοιχώματα:** δύο ή περισσότερα απλά τοιχώματα, συνδεδεμένα με δοκούς επαρκούς πλαστιμότητας («δοκούς σύζευξης») σε κανονική διάταξη, επαρκείς για να μειώσουν κατά τουλάχιστον 25% το άθροισμα των ροπών βάσης των επιμέρους τοιχωμάτων εάν αυτά δρούσαν ανεξάρτητα

Κριτήρια σχεδιασμού

- **Συνθήκη τοπικής αντοχής:** $E_d \leq R_d$
- **Κανόνας ικανοτικού σχεδιασμού:** E_d από συνθήκες ισορροπίας, θεωρώντας πλαστικές αρθρώσεις στις γειτονικές περιοχές, που αναπτύσσουν την υπεραντοχή τους
→ για αποφυγή ψαθυρών ή μη-ευνοϊκών μηχανισμών!
- **Συνθήκη τοπικής πλαστιμότητας:** υψηλές διαθέσιμες πλαστικές στροφές στις πιθανές θέσεις πλαστικών αρθρώσεων
 - Επαρκής πλαστιμότητα καμπυλοτήτων ($\mu_\phi \leftrightarrow$ πτώση καμπτικής αντοχής στο 85% της μεγιστης) σε όλες τις κρίσιμες περιοχές των κυρίων στοιχείων

$$\mu_\phi = 2q_0 - 1 \quad \text{αν } T_1 \geq T_C$$

$$\mu_\phi = 1 + 2(q_0 - 1)T_C/T_1 \quad \text{αν } T_1 < T_C$$
 (προκύπτει από $\mu_\phi \approx 2\mu_\delta - 1$, και $\mu_\delta = q$ αν $T_1 \geq T_C$, $\mu_\delta = 1 + (q - 1)T_C/T_1$ αν $T_1 < T_C$) **Προσοχή:** Χρήση q_0 και όχι q διότι: $q < q_0$ στα μη-κανονικά κτήρια → θα μειωνόταν το $\mu_{\phi, req}$!)

- **Υπερστατικότητα:** υψηλός βαθμός υπερστατικότητας με ταυτόχρονη δυνατότητα ανακατανομής
αν δεν ισχύει \rightarrow μείωση του q
- **Δευτερεύοντα σεισμικά στοιχεία και αντοχές:**
 - ‘Μη-φέροντα’ στοιχεία (π.χ. τοιχοπληρώσεις \rightarrow βλ. και §5.9)
 - Αντοχές ή σταθεροποιητικές επιδράσεις που δεν λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς (π.χ. μεμβρανικές αντιδράσεις πλακών λόγω κατακόρυφων μετακινήσεων τοιχωμάτων Ο/Σ)
 - Κάποια φέροντα στοιχεία μπορεί να οριστούν ως **δευτερεύοντα**
- **Ειδικά πρόσθετα μέτρα** (για να μειωθούν οι **αβεβαιότητες**):
 - Ελαχιστοποίηση **γεωμετρικών σφαλμάτων** (min διαστάσεις, max b/h , περιορισμός $\Delta x/h$, κλπ.)
 - Ελαχιστοποίηση αβεβαιοτήτων στην **πλαστιμότητα** (min μ_{ϕ} , min $\rho_{t, v_{max}}$)

Έλεγχοι ασφαλείας

- Για τους ελέγχους ΟΚΑ, οι μερικοί **συντελεστές ασφαλείας για τα υλικά** γ_c and γ_s θα συνεκτιμούν την **απομείωση αντοχής** λόγω ανακυκλιζόμενης έντασης
- Μπορεί να ληφθεί $\gamma_c=1.5$ και $\gamma_s=1.15$ (όπως στον EC2, πολύ βολικό για την πράξη!), θεωρώντας ότι:
 - λόγω των προβλέψεων τοπικής πλαστιμότητας ο **λόγος** της απομένουσας (μετά την απομείωση) αντοχής προς την αρχική είναι περίπου ίσος με τον λόγο μεταξύ των τιμών γ_M για τυχηματικούς και θεμελιώδεις συνδυασμούς φορτίσεων
- Εάν η απομείωση αντοχής έχει ληφθεί κατάλληλα υπόψη στην αποτίμηση των ιδιοτήτων υλικών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι τιμές που υιοθετούνται για την **τυχηματική** κατάσταση σχεδιασμού.
- Ελλάδα: $\gamma_c=1.5$ και $\gamma_s=1.15$

Σχεδιασμός (Μελέτη) σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 2 (EN1992-1)

- Συνιστάται μόνο για περιοχές **χαμηλής σεισμικότητας**
- Στην Ελλάδα: Εγγίνει δεν επιτρέπεται
 - **Εξαιρέσεις:** θεμελιώσεις, υπόγεια τμήματα κτηρίων, ανωδομές κτηρίων με σεισμική μόνωση
- Σε **κύρια** στοιχεία, θα χρησιμοποιείται **χάλυβας κατηγορίας B (δεν υπάρχει στην Ελλάδα) ή C (B500C)** (πίνακας C.1 EN1992-1)
- Χρήση δείκτη συμπεριφοράς $q \leq 1.5$ για τον καθορισμό των σεισμικών δράσεων σχεδιασμού, **ανεξαρτήτως** δομικού συστήματος και κανονικότητας καθύψος

Παράρτημα C: Ιδιότητες οπλισμού

| Μορφή προϊόντος | Ράβδοι και ράβδοι που προέρχονται από κοιλούρες | | | Πλέγματα | | | Απαίτηση ή πιθανότητα μη συμμόρφωσης (%) |
|---|---|-------------|-------------------------|---|-------------|-------------------------|--|
| | Εν ψυχρώ | | | Εν ψυχρώ | | | |
| Κατηγορία | A | B | C | A | B | C | - |
| Χαρακτηριστική αντοχή διαρροής f_{yk} ή $f_{0,2k}$ (MPa) | Εν θερμώ 400 έως 600 σεισμός | | | Εν θερμώ σεισμός | | | 5,0 |
| Ελάχιστη τιμή του $k = (f_y/f_{yk})_k$ | $\geq 1,05$ | $\geq 1,08$ | $\geq 1,15$ $< 1,35$ | $\geq 1,05$ | $\geq 1,08$ | $\geq 1,15$ $< 1,35$ | 10,0 |
| Χαρακτηριστική ανηγμένη παραμόρφωση στην μέγιστη δύναμη, ε_{uk} (%) | $\geq 2,5$ | $\geq 5,0$ | $\geq 7,5$ | $\geq 2,5$ | $\geq 5,0$ | $\geq 7,5$ | 10,0 |
| Καμψιμότητα | Δοκιμή Κάμψης/Ανάκαμψης | | | - | | | |
| Διαμητική αντοχή | - | | | 0,3 $A f_{yk}$ (A είναι η επιφάνεια της ράβδου) | | | Ελάχιστη |
| Μέγιστη απόκλιση από την ονομαστική μάζα (μεμονωμένη ράβδος) (%) | Ονομαστική διάμετρος ράβδου (mm) ≤ 8 > 8 | | | $\pm 6,0$ $\pm 4,5$ | | | 5,0 |

Σχεδιασμός για ΚΠ Μ: Γεωμετρικοί περιορισμοί και υλικά

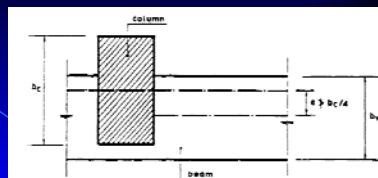
- Δεν επιτρέπεται η επιλογή ΚΠ Μ σε κτίρια σπουδαιότητας ΙΙΙ ή ΙV σε σεισμική ζώνη Ζ2 ή Ζ3, με εξαίρεση φορείς από προκατασκευασμένα τοιχώματα ή κυψελωτούς φορείς
- Απαιτήσεις υλικών
 - χρήση σκυροδέματος <C16 δεν επιτρέπεται σε κύρια (πρωτεύοντα) στοιχεία
 - χρήση σκυροδέματος >C50 (HSC) για ΚΠ Μ **δεν** καλύπτεται
 - μόνο ράβδοι με **νευρώσεις** στις κρίσιμες περιοχές **κυρίων** στοιχείων (**εξαίρεση**: κλειστοί-μονοσκελείς συνδετήρες)
 - μόνο χάλυβες Β ή C (πίν. C.1 EN1992-1) στις κρίσιμες περιοχές **κυρίων** στοιχείων
 - συγκολλημένα πλέγματα επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται εφόσον πληρούν τις δύο προηγούμενες προϋποθέσεις

εκτός
τελικού
κειμένου!

• Γεωμετρικοί περιορισμοί

Δοκοί

- εκκεντρότητα άξονα δοκού $< b_c/4$
- πλάτος $b_w \leq \{b_c + h_w, 2b_c\}$



Υποστυλώματα

- εκτός εάν $\theta \leq 0.1$, στα κύρια υποστυλώματα $b \geq 0.1 \ell_0$
(ℓ_0 : απόσταση από το άκρο ως το σημείο $M=0$)

Πλάστιμα τοιχώματα

- πάχος κορμού $b_{w0} \geq \max\{150\text{mm}, h_g/20\}$
(h_g : καθαρό ύψος ορόφου)
- πρόσθετες απαιτήσεις για τις ακραίες περισφιγμένες ζώνες

Μεγάλα ελαφρώς οπλισμένα τοιχώματα

- πάχος κορμού $b_{w0} \geq \max\{150\text{mm}, h_g/20\}$

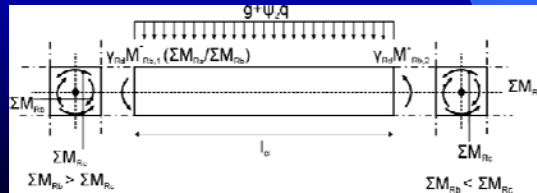
Σχεδιασμός για ΚΠ Μ: Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού

- Ροπές και αξονικές δυνάμεις από την ανάλυση, πλην των πλαστίμων τοιχώματων
 - επιτρέπεται ανακατανομή ροπών
- Τέμνουσες βάσει ικανοτικού σχεδιασμού
(οι τέμνουσες $V_{max,i}$, $V_{min,i}$ υπολογίζονται για ροπές στα άκρα $M_{i,d}$)

– Δοκοί

($\gamma_{Rd}=1.0$)

$$M_{i,d} = \gamma_{Rd} M_{Rb,i} \min\left(1, \frac{\sum M_{Rc}}{\sum M_{Rb}}\right)$$

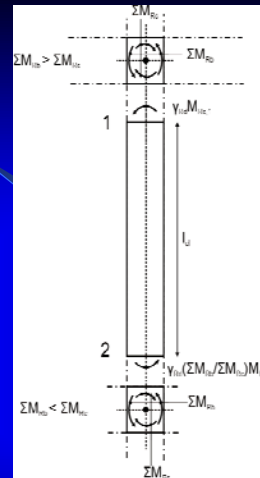


– Υποστυλώματα

$$M_{i,d} = \gamma_{Rd} M_{Rc,i} \min\left(1, \frac{\sum M_{Rb}}{\sum M_{Rc}}\right)$$

($\gamma_{Rd}=1.1$)

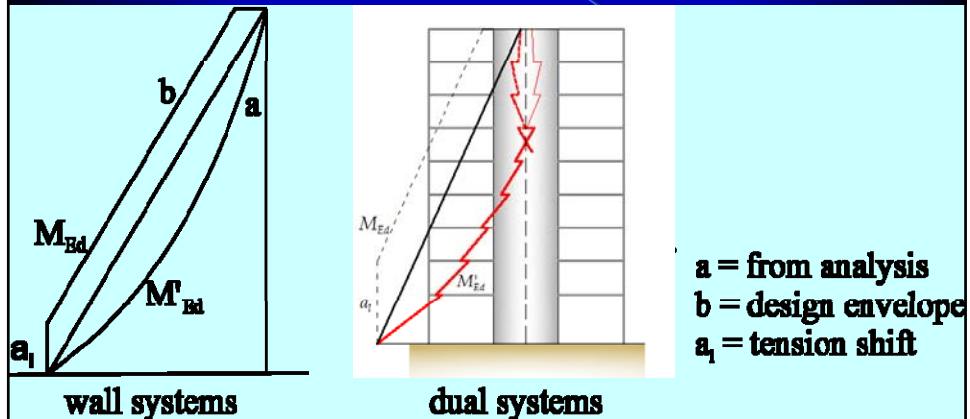
για συνεκτίμηση υπεραντοχής
λόγω κράτυνσης και περισφιξης



- Πλάστιμα τοιχώματα:

- Επιτρέπεται ανακατανομή μεταξύ κυρίων τοιχώματων, ως 30%
- Ανακατανομή μεταξύ δοκών σύζευξης, ως 20%

- Διάγραμμα **ροπών** σχεδιασμού (λυγηρά τοιχώματα):

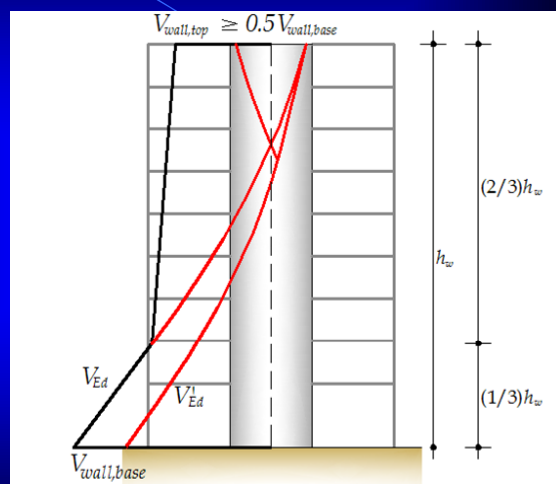


- Διάγραμμα **τεμνουσών** σχεδιασμού (διπλά συστήματα με λυγηρά τοιχώματα):

Στα
τοιχωματικά
 συστήματα:

$$V_{E,d} = \varepsilon \cdot V'_{Ed}$$

($\varepsilon = 1.5$)



- Ειδικές διατάξεις για **μεγάλα ελαφρά οπλισμένα τοιχώματα**:

- για να διασφαλισθεί ότι η καμπτική διαρροή θα προηγηθεί της ΟΚΑ από τέμνουσα, οι δυνάμεις V'_{Ed} από την ανάλυση επαυξάνονται:

$$V_{Ed} = V'_{Ed} \frac{q+1}{2}$$

- **πρόσθετες** δυναμικές **αξονικές** δυνάμεις που αναπτύσσονται λόγω **ανύψωσης** θα λαμβάνονται υπόψη στον έλεγχο ΟΚΑ (M, N)
- επιτρέπεται να λαμβάνονται ως το 50% του N στο τοίχωμα λόγω κατακορύφων φορτίων ($g+\psi_2q$)
- αν $q \leq 2$, αυτές οι αξονικές δυνάμεις μπορεί να αγνοούνται

Σχεδιασμός για ΚΠ Υ (DC H)

- Γενικώς παρόμοιος με ΚΠΜ, αλλά αυστηρότερο **detailing**
- Λεπτομερής έλεγχος κόμβων δοκών-υποστυλωμάτων
- Αν $V_{Ed} > |V_{E}|_{max} \leq (2+\zeta) \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d$, απαιτείται **δισδιαγώνιος** οπλισμός για την ανάληψη τέμνουσας στις δοκούς
- υπολογιστικός έλεγχος αντίστασης κόμβου:

$$V_{jhd} \leq \eta f_{cd} \sqrt{1 - \frac{V_d}{\eta} b_j h_{jc}}$$

$$\frac{A_{sh} \cdot f_{ywd}}{b_j \cdot h_{jw}} \geq \frac{\left(\frac{V_{jhd}}{b_j \cdot h_{jc}} \right)^2}{f_{ctd} + V_d f_{cd}} - f_{ctd}$$

- Λεπτομερής έλεγχος **διατμητικής ολίσθησης** στα τοιχώματα

$$V_{Rd,S} = V_{dd} + V_{id} + V_{fd}$$

συνολική αντίσταση

$$V_{dd} = \min \begin{cases} 1.3 \cdot \Sigma A_{sj} \cdot \sqrt{f_{cd} \cdot f_{yd}} \\ 0.25 \cdot f_{yd} \cdot \Sigma A_{sj} \end{cases}$$

βλήτρα

$$V_{id} = \Sigma A_{si} \cdot f_{yd} \cdot \cos$$

δισδιαγώνιος

$$V_{fd} = \min \begin{cases} \mu_f \cdot \left[(\Sigma A_{sj} \cdot f_{yd} + N_{Ed}) \cdot \xi + M_{Ed} / z \right] \\ 0.5 \eta \cdot f_{cd} \cdot \xi \cdot \ell_w \cdot b_{wo} \end{cases}$$

τριβές

Σχεδιασμός για ΚΠ Υ: Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού

- **Δοκοί:** Όπως στην ΚΠΜ, αλλά $\gamma_{Rd}=1.2$ στις $M_{i,d}$
- **Υποστυλώματα:** Όπως στην ΚΠΜ, αλλά $\gamma_{Rd}=1.3$ στις $M_{i,d}$
- **Τοιχώματα:** Όπως στην ΚΠΜ, αλλά:

$$\varepsilon = q \cdot \sqrt{\left(\frac{\gamma_{Rd}}{q} \cdot \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \right)^2 + 0.1 \left(\frac{S_e(T_c)}{S_e(T_1)} \right)^2} \leq q$$

επιρροή υπεραντοχής

επιρροή ανώτ. ιδιομορφών

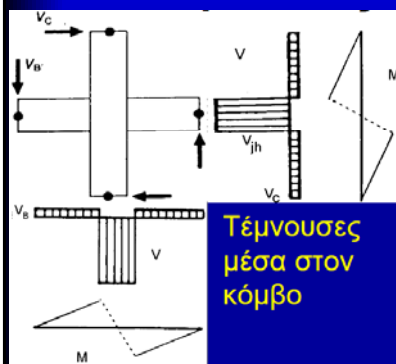
– **κοντά** τοιχώματα ($h_w/\ell_w \leq 2$): $M_{Ed} = M'_{Ed}$

$$V_{Ed} = \gamma_{Rd} \cdot \left(\frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} \right) \cdot V'_{Ed} \leq q \cdot V'_{Ed}$$

Σχεδιασμός για ΚΠ Υ: Εντατικά μεγέθη σχεδιασμού

• Κόμβοι δοκών-υποστυλωμάτων:

- Η **οριζόντια** τέμνουσα V_{jh} στον πυρήνα του κόμβου θα υπολογίζεται ικανοτικά
- **εσωτερικοί** κόμβοι: $V_{jhd} = \gamma_{Rd} (A_{s1} + A_{s2}) f_{yd} - V_C$
- **εξωτερικοί** κόμβοι: $V_{jhd} = \gamma_{Rd} \cdot A_{s1} \cdot f_{yd} - V_C$



οι τέμνουσες των κόμβων θα αντιστοιχούν στην δυσμενέστερη φορά της σεισμικής δράσης που επηρεάζει τις τιμές A_{s1} , A_{s2} και V_C

Μελέτη και διαμόρφωση λεπτομερειών δευτερευόντων σεισμικών στοιχείων (§5.7)

- Διαμορφώνονται και ελέγχονται ώστε να διατηρούν την ικανότητά τους να φέρουν τα φορτία βαρύτητας ($g+\psi_2 q$) όταν υποβάλλονται στις μέγιστες παραμορφώσεις (Δ_{max}) υπό την σεισμική δράση σχεδιασμού
- Οι Δ_{max} υπολογίζονται από ανάλυση όπου αγνοείται η συμβολή των δευτερευόντων στοιχείων στην πλευρική δυσκαμψία και τα κύρια σεισμικά στοιχεία προσομοιώνονται με EI_{cr} , GA_{cr}
- **Έλεγχος:** $M_d \leq M_{Rd}$ and $V_d \leq V_{Rd}$ όπου οι M_d , V_d υπολογίζονται από τις Δ_{max} θεωρώντας EI_{cr} , GA_{cr} για τα δευτερεύοντα στοιχεία και M_{Rd} , V_{Rd} από Ευρωκώδικα 2.

Τοπικές επιδράσεις λόγω τοιχοπληρώσεων από τοιχοποιία ή σκυρόδεμα (§5.9)

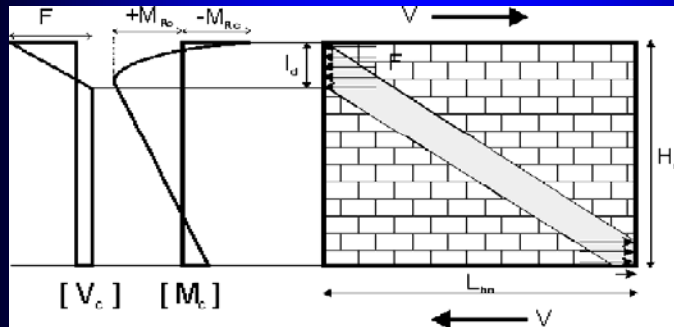
- Ιδιαίτερη ευπάθεια τοιχοπληρώσεων ισογείου
→ $l_{cr} = l_{col}$ στα υποστυλώματα (όλο το ύψος κρίσιμο)
- Αν $h_{inf} < l_{cl,col}$, $l_{cr} = l_{cl,col}$ και πρόσθετα μέτρα:
 - η τέμνουσα από CD βάσει l_{cl} (καθαρό ύψος **πάνω** από την τοιχοπλήρωση) και $\gamma_{Rd} M_{Rc}$
($\gamma_{Rd} = 1.1$ για ΚΠΜ και 1.3 για ΚΠΥ)
 - οι απαιτούμενοι συνδετήρες τοποθετούνται εντός $l_{cl} + h_c$
 - αν το 'ελεύθερο' ύψος $< 1.5h_c$ → δισδιαγώνιος οπλισμός
- Τοιχοπλήρωση (με $h \approx h_{op}$) στην **μία μόνον πλευρά** του υποστυλώματος (πχ. σε γωνιακά) → $l_{cr} = l_{col}$
- Το ύψος l_c υποστυλώματος όπου ασκείται η δύναμη του διαγώνιου θλιπτήρα της τοιχοπλήρωσης ελέγχεται σε τέμνουσα βάσει του **min** της **οριζόντιας συνιστώσας του θλιπτήρα** και της **ικανοτικής τέμνουσας**

- Οριζόντια **συνιστώσα διαγώνιου θλιπτήρα** τοιχοπλήρωσης \approx διατμητική αντοχή (τάση) των οριζοντίων αρμών επί την οριζόντια επιφάνεια της τοιχοπλήρωσης
- **Ικανοτική τέμνουσα**: $2M_{RC}/l_c$ (M_{RC} : τιμή σχεδιασμού καμπτικής αντοχής στύλου)

Πλάτος θλιπτήρα:

$$w_{inf} = \frac{0.175 L_{bn}}{\cos \theta (\lambda H)^{0.4}} \frac{1}{4}$$

$$\lambda = \left(\frac{E_w b_w \sin 2\theta}{4 E_c I_c H_n} \right)^{\frac{1}{4}}$$



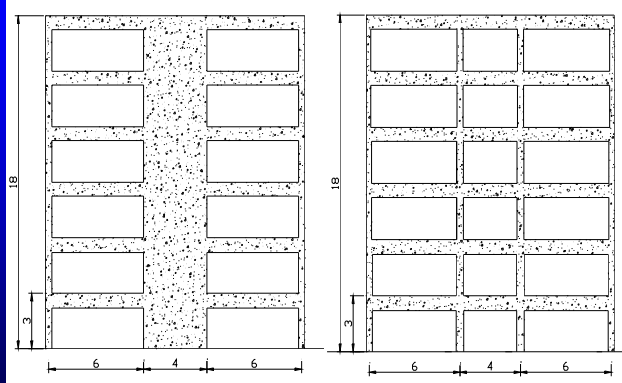
Κόλιας-Παναγιωτάκος-
Φαρδής, ΤΕΕ 2009

Σεισμική συμπεριφορά κτιρίων σχεδιασμένων κατά το prEN-1998-1:

- Δοκιμαστική εφαρμογή των νέων διατάξεων σε **τέσσερα** τυπικά πολυώροφα κτήρια, **6-ώροφα** και **10-ώροφα**
 - φέρων οργανισμός από **πλαίσια** (Ο/Σ)
 - φέρων οργανισμός από **διπλό** σύστημα
- Τα κτήρια είχαν σχεδιασθεί παλιότερα (Kappos / Athanassiadou, ΕΕΕ, 1997) για τις παλιές ΚΠ **Υ** και **Μ**
 - συγκρίσεις μεταξύ παλιών και νέων διατάξεων
 - σε όρους **κόστους** υλικών και σεισμικής **συμπεριφοράς**

Σχεδιασμός εξώροφων κτιρίων

- Κανονισμοί:
EC2 , EC8 (prEN)
- Υλικά:
C20/25 S400
- PGA: $\alpha_g=0.25$
- Φάσμα Τύπου 1
($M_s>5.5$)
- Δρώσα
δυσκαμψία:
 $EI_{eff}=0.5EI_g$

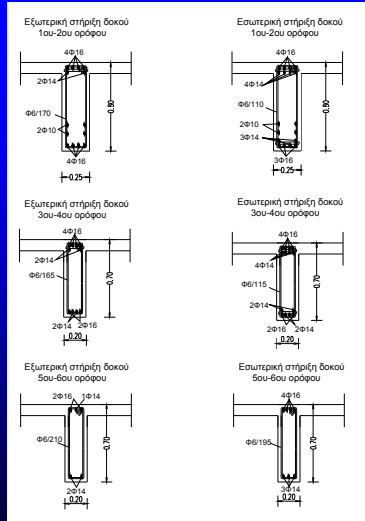


Δείκτες συμπεριφοράς q

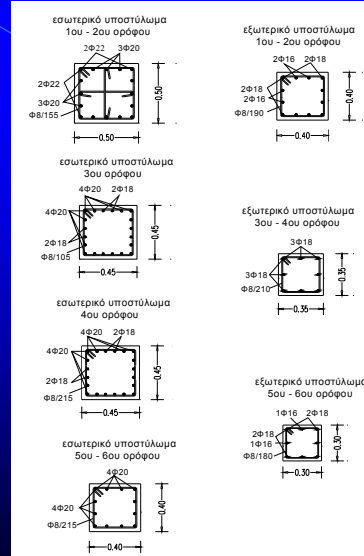
- $q=1.5$, για DC “L”
- $q= k_w \cdot q_o$, για DC “M” και “H”
 - πλαίσιακό / DC “M”: $q=3.90$
 - διπλό / DC “M”: $q=3.60$
 - πλαίσιακό / DC “H”: $q=5.85$
 - διπλό / DC “H”: $q=5.40$

→ Πολύ παρόμοιοι q και για τα δυο συστήματα!

κατασκευαστική διαμόρφωση πλαισίου / ΚΠ "Χ"

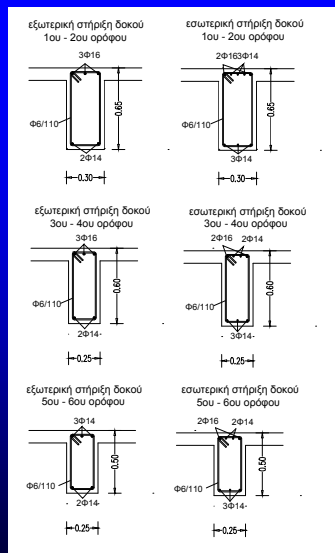


δοκοί

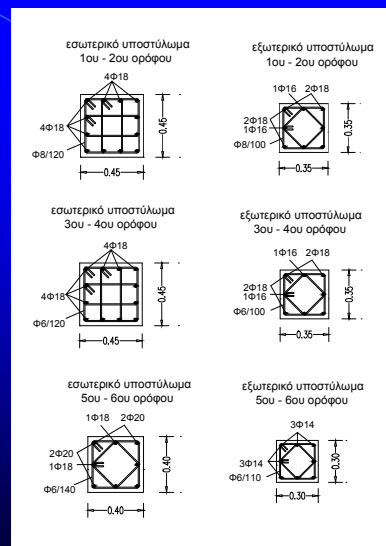


υποστυλώματα

κατασκευαστική διαμόρφωση πλαισίου / ΚΠ "Μ"

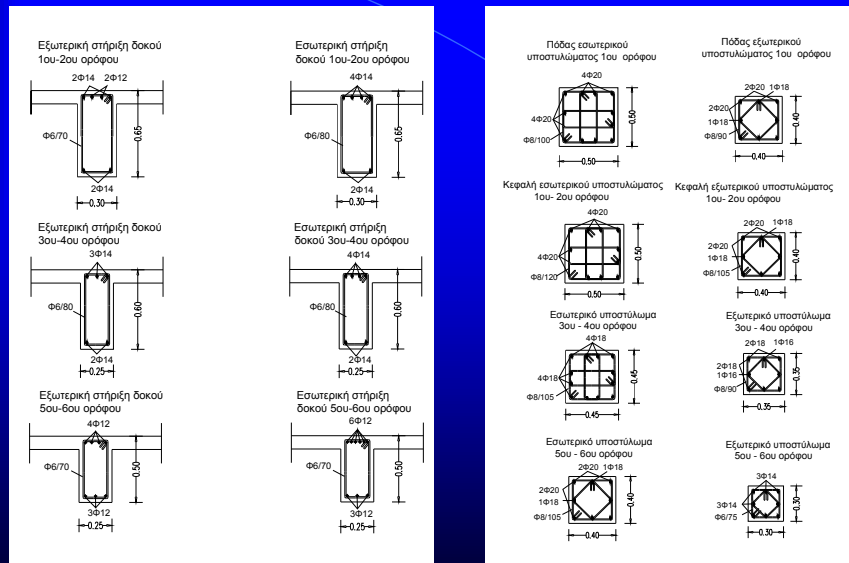


δοκοί



υποστυλώματα

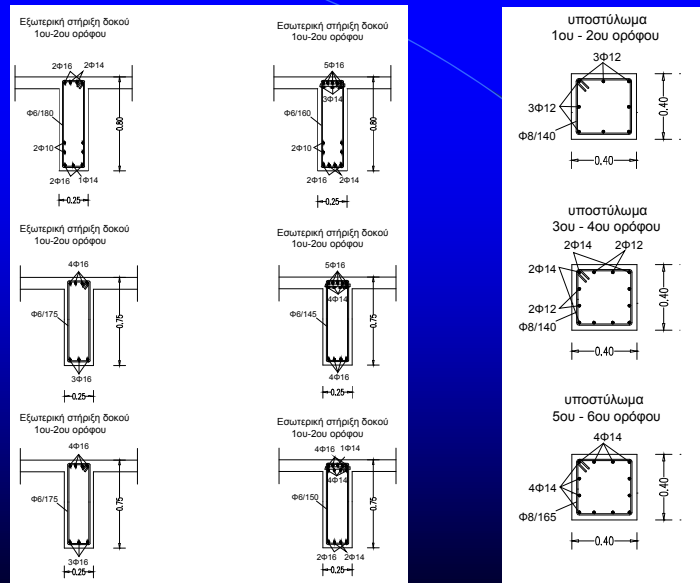
κατασκευαστική διαμόρφωση πλαισίου / ΚΠ “Υ”



δοκοί

υποστυλώματα

κατασκευαστική διαμόρφωση μικτού συστήματος / ΚΠ Χ

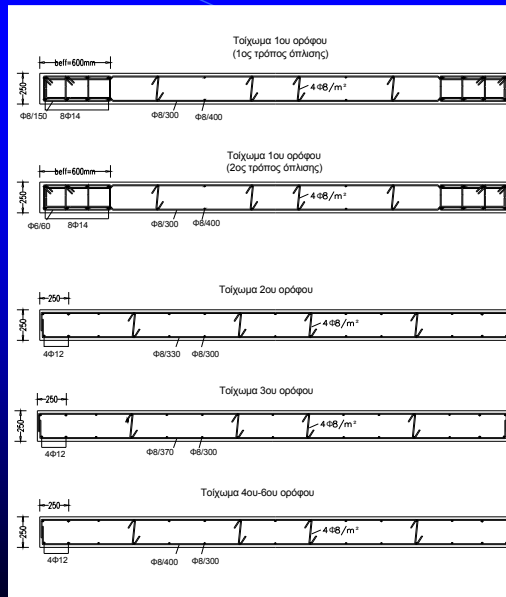


δοκοί

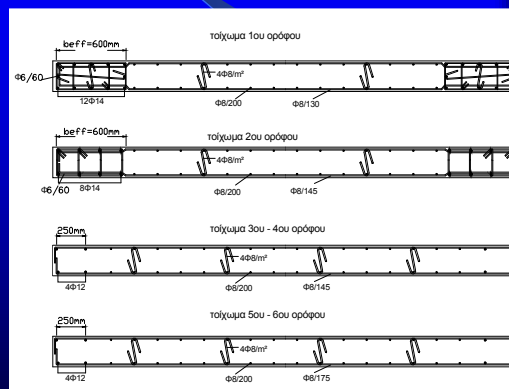
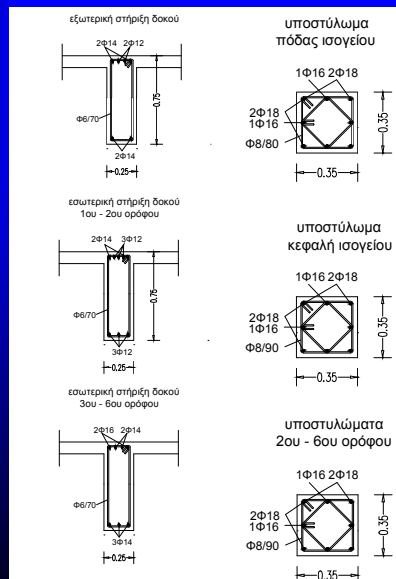
υποστυλώματα

κατασκευαστική διαμόρφωση μικτού συστήματος / ΚΠ Μ

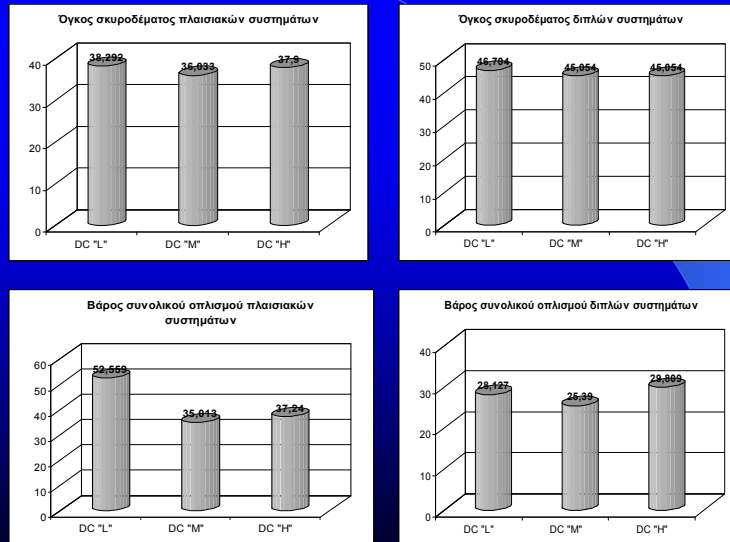
τοιχώματα



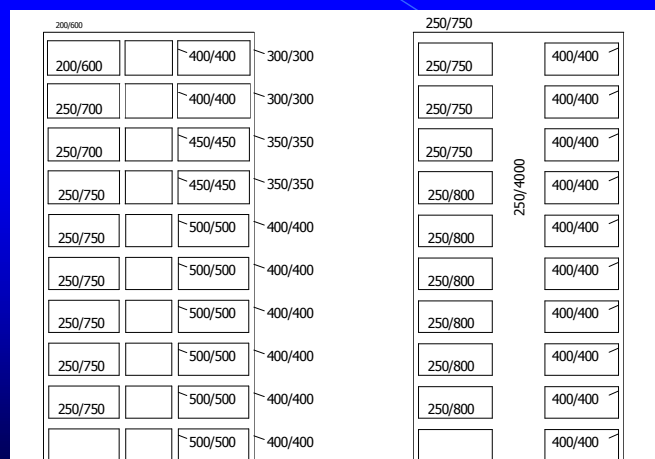
κατασκευαστική διαμόρφωση μικτού συστήματος / ΚΠ Υ



Απαιτούμενες ποσότητες υλικών



Σχεδιασμός 10ώροφου κτηρίου για τη νέα DC H - συγκρίσεις FR (T=0.96s) FW (T=0.64s)

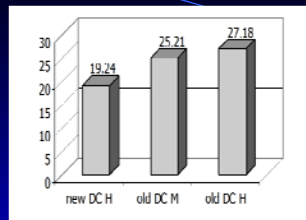


q=5.85

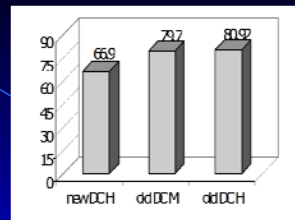
q=5.40

PGA=0.25g, C20/25, S400

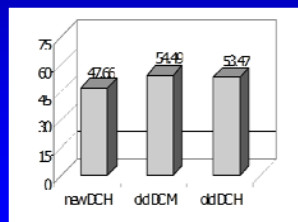




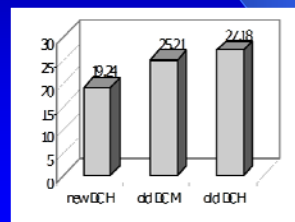
όγκος σκυροδέματος



συνολικό βάρος οπλισμών

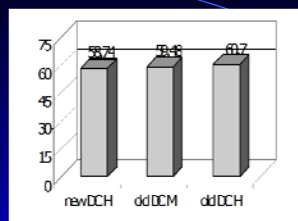


βάρος διαμήκων οπλισμών

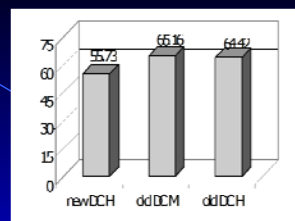


βάρος εγκάρσιων οπλισμών

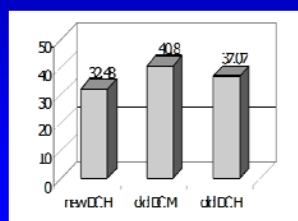
Απαιτούμενες ποσότητες υλικών στους **πλαισιακούς** φορείς



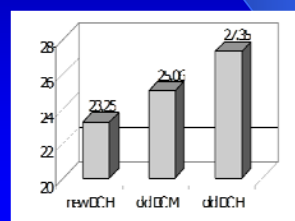
όγκος σκυροδέματος



συνολικό βάρος οπλισμών



βάρος διαμήκων οπλισμών



βάρος εγκάρσιων οπλισμών

Απαιτούμενες ποσότητες υλικών στα **διπλά** συστήματα

Ο σχεδιασμός με βάση τη νέα ΚΠ Υ οδηγεί σε:

- 16% λιγότερο (συνολικό) οπλισμό στον **πλαισιακό** φορέα (FR)
- 14% λιγότερο οπλισμό στο **διπλό** σύστημα (FW)
- **Διαμήκης** οπλισμός: 11 ως 20% λιγότερος
- **Εγκάρσιος** οπλισμός: 7 ως 29% λιγότερος
- 9% λιγότερος **όγκος** σκυροδέματος στο πλαίσιο (FR)
- 2% λιγότερος όγκος σκυροδέματος στο διπλό (FW)

→ Κύρια αιτία των μειωμένων απαιτήσεων οπλισμού:
υψηλότεροι δείκτες q στο EN1998-1