

**ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΕ
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΔΟΜΗΜΑΤΑ**

Κεφάλαιο 7:

Προσδιορισμός συμπεριφοράς δομικών στοιχείων

Μ.Ν.Φαρδής

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Πανεπιστημίου Πατρών

Κεφάλαιο 7: Προσδιορισμός συμπεριφοράς δομικών στοιχείων

Σκοπός

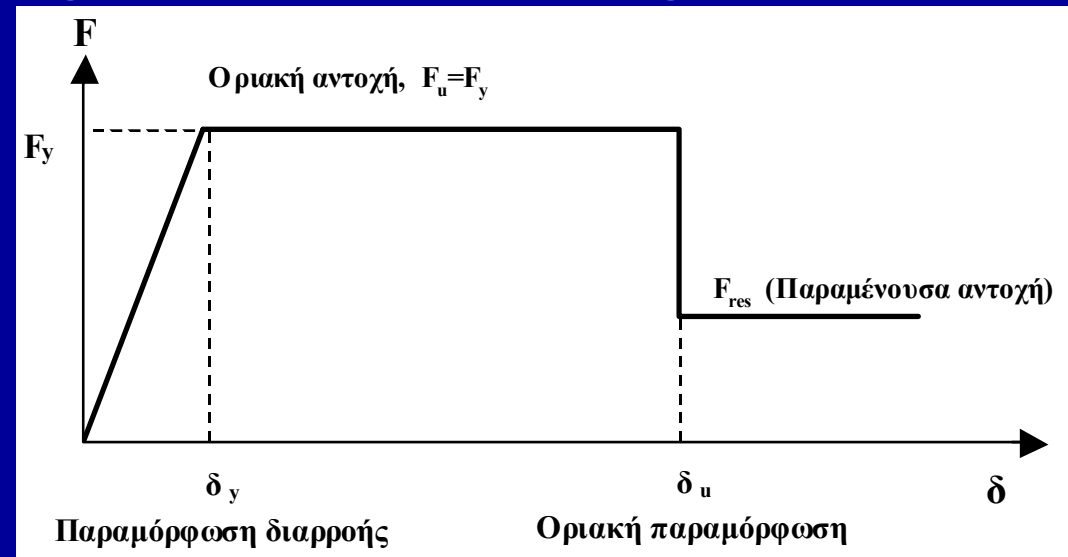
1. Περιγραφή συμπεριφοράς (δυσκαμψίας, αντοχής) δομικών στοιχείων για την ανάλυση.
2. Υπολογισμός ικανότητας (αντοχής, παραμόρφωσης) υφισταμένων δομικών στοιχείων χωρίς επισκευή ή ενίσχυση, και νέων στοιχείων.
3. Δεδομένα για τον καθορισμό τιμών σχεδιασμού διαθέσιμων αντιστάσεων (αντοχής, παραμόρφωσης) στα κριτήρια ελέγχου επιτελεστικότητας (Κεφ. 9)

Χαρακτηριστικά μηχανικής συμπεριφοράς δομικών στοιχείων για την ανάλυση

- Καμπύλη εντατικού μεγέθους - παραμόρφωσης “F-δ”

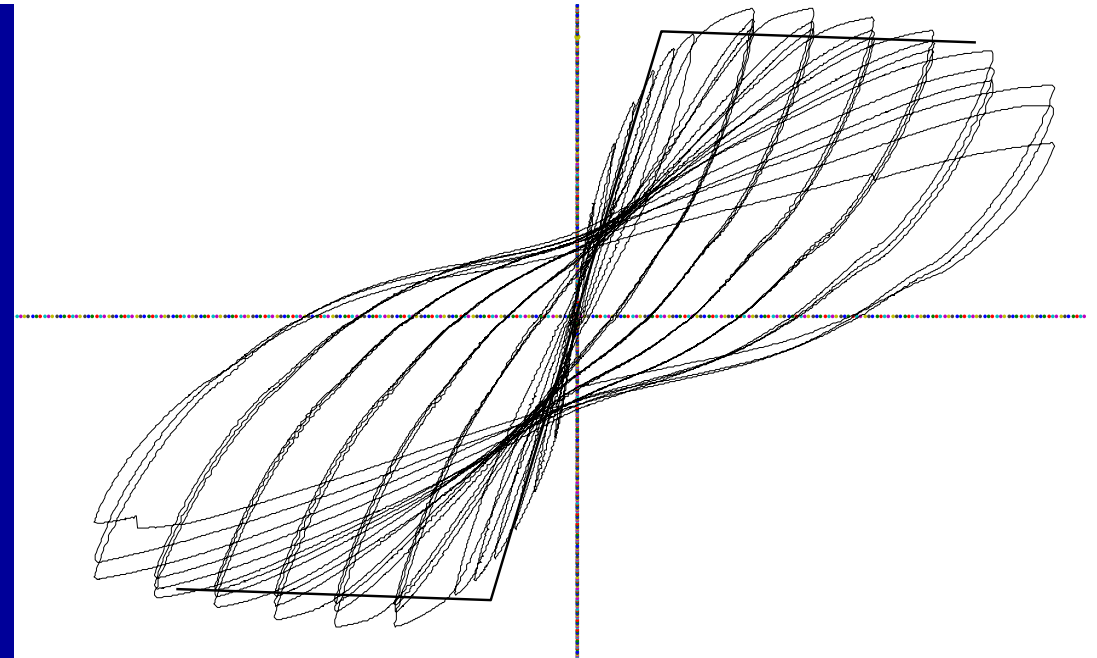
ενεργός ελαστική
δυσκαμψία

$$K = \frac{F_y}{\delta_y}$$



- Δοκοί, υποστυλώματα, τοιχώματα:
καμπύλη ροπής, M – γωνίας στροφής χορδής, θ
(αν V_u κρίσιμη, τότε M_y = M_{V_u} = V_uL_s)
- Τοιχοπληρώσεις: καμπύλη V-γ

- Αποδεκτή η χρήση της περιβάλλουσας των κύκλων αντί της καμπύλης σκελετού



- Μετελαστικός κλάδος:
 - Δυσκαμψία $K \approx 0$ (ή $K \approx 5\%K_0$)
- Πλάστιμη και ψαθυρή συμπεριφορά:
 - πλάστιμη συμπεριφορά \Rightarrow έλεγχος θ
(για ελαστική ανάλυση έλεγχος $F/m < F_y$)
 - ψαθυρή συμπεριφορά \Rightarrow έλεγχος F
 - Στο Οπλ. Σκυρόδεμα:
 - Κάμψη (με ή χωρίς N): πλάστιμη συμπεριφορά
 - Διάτμηση: ψαθυρή συμπεριφορά

“ΠΛΑΣΤΙΜΑ” & “ΨΑΘΥΡΑ” ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

- “ΠΛΑΣΤΙΜΑ” ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

(υποστυλώματα, δοκοί, τοιχώματα σε κάμψη, τοιχοπληρώσεις σε διάτμηση):

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ.

- “ΨΑΘΥΡΑ” ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

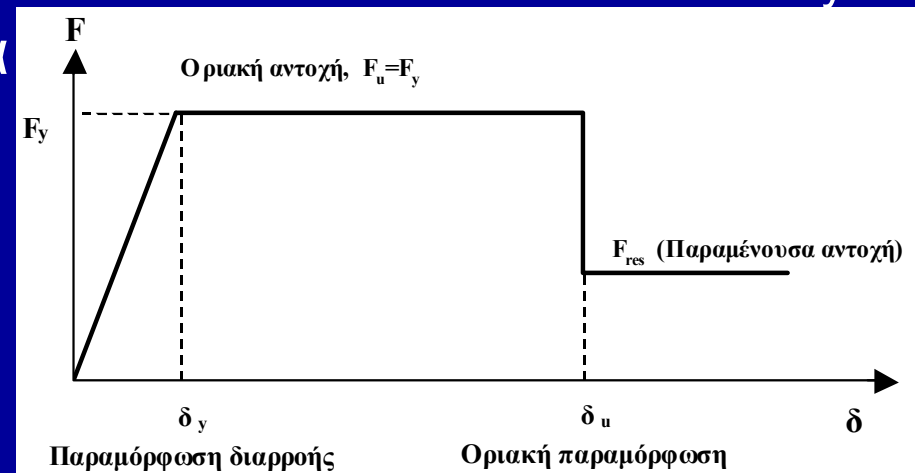
(υποστυλώματα, δοκοί, τοιχώματα, κόμβοι σε διάτμηση):

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ.

Ενεργός ελαστική δυσκαμψία, EI (σε ελαστική ή ανελαστική ανάλυση)

- EI : Θεωρείται πως είναι η επιβατική δυσκαμψία στη διαρροή
 - ΕΑΚ 2000, ΕΚ8: ~50% δυσκαμψίας αρηγμάτ. διατομής.
- 50% δυσκαμψίας αρηγμάτωσης διατομής:
 - Αποδεκτή για σχεδιασμό με βάση τις δυνάμεις (συντηρητική εκτίμηση σεισμικών δυνάμεων),
 - Μη-αποδεκτή τιμή για αποτίμηση με βάση μετακινήσεις (υποτίμηση σεισμικών απαιτήσεων παραμορφώσεων).
- Πλησιέστερα στην πραγματικότητα & για τον έλεγχο $\theta_E \leq \theta_y$:
 - $EI = M_y L_s / 3\theta_y$: επιβατική δυσκαμψία στη διαρροή των δύο άκρων σε αντιμετρική κάμψη.

$$K = \frac{F_y}{\delta_y}$$



Ενεργός ελαστική δυσκαμψία στοιχείου:

- Η ικανότητα του προσομοιώματος στοιχείου να αναπαράγει την ενεργό δυσκαμψία του μέλους μέχρι τη διαρροή του, είναι πολύ πιο σημαντική από το πόσο “προχωρημένο” είναι το προσομοίωμα.
- Στόχος: ρεαλιστικές τιμές ιδιοπεριόδων απόκρισης (καθορίζουν το μέγεθος των σεισμικών μετακινήσεων)
- Ρεαλιστική τιμή: $EI = M_y L_s / 3\theta_y$: επιβατική δυσκαμψία στη διαρροή

Γωνία στροφής χορδής στη διαρροή μέλους

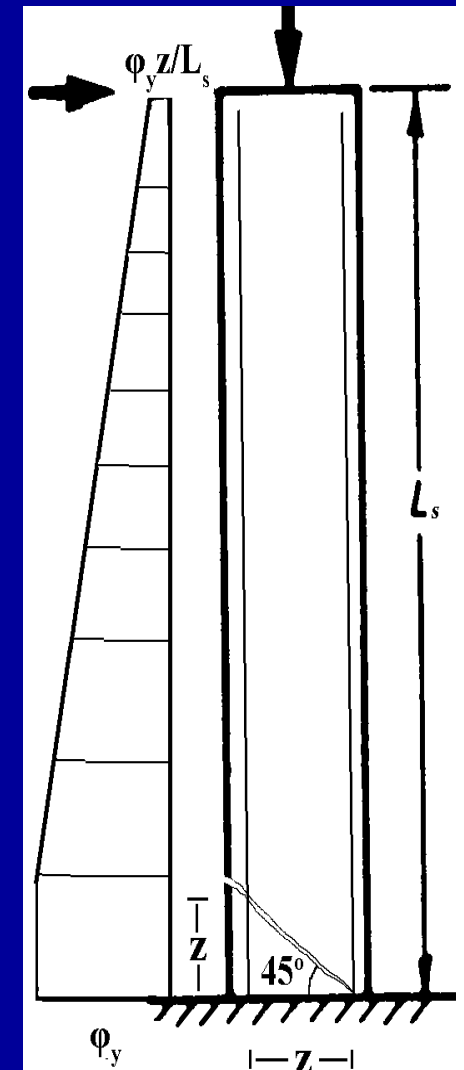
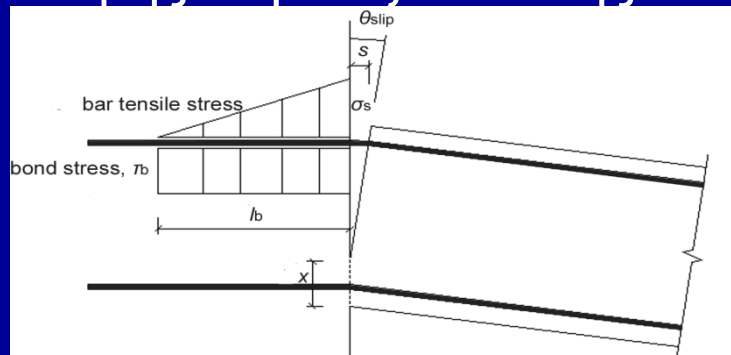
Δοκοί, κολώνες:

$$\theta_y = \phi_y \frac{L_s + z}{3} + 0.0014 \left(1 + 1.5 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{\phi_y d_b L f_y}{8 \sqrt{f_c}}$$

Τοιχώματα:

$$\theta_y = \phi_y \frac{L_s + z}{3} + 0.0013 + \phi_y \frac{d_b f_y}{8 \sqrt{f_c}}$$

- $L_s = M/V$: μήκος διάτμησης στο άκρο
($\sim L/2$ σε δοκό ή κολώνα, $\sim H_{tot}/2$ σε τοίχωμα)
- ϕ_y : καμπυλότητα διαρροής (θεωρητική τιμή)
- h : ύψος διατομής
- f_y, f_c : MPa
- d_b : διάμετρος διαμήκων ράβδων
- 1^{ος} όρος: Από κάμψη, με μήκος μετάθεσης $z \sim 0.9d$, εάν το μέλος ρηγματώνεται διατμητικά πριν τη διαρροή: $V_{R,c} < M_y/L_s$
- 3^{ος} όρος: Στροφή ακραίας διατομής λόγω εξόλκευσης διαμήκων ράβδων από κόμβο



Ροπή & καμπυλότητα διαρροής σε διατομή με ορθογωνική θλιβόμενη ζώνη (πλάτους b , με στατικό ύψος d)

- Ροπή διαρροής:

$$\frac{M_y}{bd^3} = \varphi_y \left\{ E_c \frac{\xi_y^2}{2} \left(0.5(1 + \delta_1) - \frac{\xi_y}{3} \right) + \frac{E_s}{2} \left[(1 - \xi_y)\rho_1 + (\xi_y - \delta_1)\rho_2 + \frac{\rho_v}{6}(1 - \delta_1) \right] (1 - \delta_1) \right\}$$

- ρ_1, ρ_2 : διατομή εφελκόμενου ή θλιβόμενου οπλισμού, ανηγμένη στο bd
- ρ_v : διατομή οπλισμού κορμού, ~ ομοιόμορφου μεταξύ ρ_1, ρ_2 , ανηγμένη στο bd

- $\delta_1 = d_1/d$

- Καμπυλότητα στη διαρροή εφελκόμενου οπλισμού: $\varphi_y = \frac{f_y}{E_s (1 - \xi_y) d}$

$$\xi_y = \left(\alpha^2 A^2 + 2\alpha B \right)^{1/2} - \alpha A$$

$$A = \rho_1 + \rho_2 + \rho_v + \frac{N}{bdf_y}, \quad B = \rho_1 + \rho_2 \delta_1 + 0.5 \rho_v (1 + \delta_1) + \frac{N}{bdf_y}$$

- Καμπυλότητα σε σημαντική μη-γραμμικότητα σκυροδέματος:

$$\varphi_y = \frac{\varepsilon_c}{\xi_y d} \approx \frac{1.8 f_c}{E_c \xi_y d}$$

$$A = \rho_1 + \rho_2 + \rho_v - \frac{N}{\varepsilon_c E_s b d} \approx \rho_1 + \rho_2 + \rho_v - \frac{N}{1.8 \alpha b d f_c}, \quad B = \rho_1 + \rho_2 \delta_1 + 0.5 \rho_v (1 + \delta_1)$$

Κριτήρια ελέγχου επιτελεστικότητας

	Άμεση χρήση	Προστασία ζωής		Μη-κατάρρευση	
		Ανελαστική ανάλυση	Ελαστική ανάλυση	Ανελαστική ανάλυση	Ελαστική ανάλυση
Πλάστιμα πρωτεύοντα	$\gamma_{Sd} S_d \leq R_d$	$\gamma_{Sd} \theta_{Sd} \leq (\theta_y + \theta_{um})/2 \gamma_{Rd}$	$\gamma_{Sd} S_d/m \leq R_m$ $m = (\theta_y + \theta_{um})/2 \gamma_{Rd} \theta_y$	$\gamma_{Sd} \theta_{Sd} \leq \theta_{um}/\gamma_{Rd}$	$\gamma_{Sd} S_d/m \leq R_m$ $m = [\theta_{um}/\gamma_{Rd}]/\theta_y$
Πλάστιμα δευτερεύοντα	$\gamma_{Sd} \theta_{Sd} \leq \theta_y$	$\gamma_{Sd} \theta_{Sd} \leq \theta_{um}/\gamma_{Rd}$	$\gamma_{Sd} S_d/m \leq R_d$ $m = [\theta_{um}/\gamma_{Rd}]/\theta_y$	$\gamma_{Sd} \theta_{Sd} \leq \theta_{um}$	$\gamma_{Sd} S_d/m \leq R_m$ $m = \theta_{um}/\theta_y$
Τοιχο-πληρώσεις	$\gamma_{Sd} S_d \leq R_d$ $\gamma_{Sd} \gamma_E \leq \gamma_y$	$\gamma_{Sd} \gamma_E \leq \gamma_{um}/1.3$	$\gamma_{Sd} S_d/m \leq R_m$ $m = [\gamma_{um}/1.3]/\gamma_y$	$(\gamma_{Sd} \gamma_E \leq \gamma_{um})$	$(\gamma_{Sd} S_d/m \leq R_m)$ $m = \gamma_{um}/\gamma_y$
Ψαθυρά πρωτεύοντα	$\gamma_{Sd} S_d \leq V_{Rd}$	$\gamma_{Sd} S_d \leq V_{Rd}$	$\gamma_{Rd} V_{CD} \leq V_{Rd}$	$\gamma_{Sd} S_d \leq V_{Rd}$	$\gamma_{Rd} V_{CD} \leq V_{Rd}$
Ψαθυρά δευτερεύοντα			$V_{CD} \leq V_{Rd}$		$V_{CD} \leq V_{Rd}$

$S_d, \theta_{Sd}, \gamma_E$: ένταση, γωνία στρ. χορδής, γων. παραμόρφωση τοιχοπλήρωσης από ανάλυση
 θ_y, γ_y : γωνία στροφής χορδής, γωνιακή παραμόρφωση τοιχοπλήρωσης στη διαρροή.

$R_m, R_d (V_{Rd})$: Αντίσταση σε όρους δυνάμεων, με μέσες τιμές υλικών για πλάστιμο τρόπο αστοχίας ή με αντιπροσωπευτικές (: μέση-σ) και επιμέρους συντ. ασφαλείας ανάλογα με στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων (ΣΑΔ) για ψαθυρό.

V_{CD} : Ικανοτική Τέμνουσα. $\gamma_{Rd}=1.25$ Υψηλή ΣΑΔ, $=1.4$ Ικανοποιητική ΣΑΔ, $=1.5$ Ανεκτή ΣΑΔ

θ_{um} : παραμόρφωση αστοχίας (μέση). $\gamma_{Rd}=1.5$ (1.8 για θ_{um}^{pl}), ώστε θ_{um}/γ_{Rd} : μέση τιμή - σ

Δοκοί, υποστυλώματα, τοιχώματα



Μέση τιμή γωνίας στροφής χορδής στην αστοχία μέλους

$$\theta_{um} = \alpha_{st} (1 - 0.42 a_{wall}) (0.3^v) \left[\frac{\max(0.01, \omega')}{\max(0.01, \omega)} f_c \right]^{0.225} \left(\frac{L_s}{h} \right)^{0.35} 25^{\left(\alpha \rho_{sx} \frac{f_{yw}}{f_c} \right)} (1.25^{100} \rho_d)$$

$$\theta_{um} = \theta_y + \alpha_{st,pl} (1 - 0.44 a_{wall}) (0.25^v) \left[\frac{\max(0.01, \omega')}{\max(0.01, \omega)} \right]^{0.3} f_c^{0.2} \left(\frac{L_s}{h} \right)^{0.35} 25^{\left(\alpha \rho_{sx} \frac{f_{yw}}{f_c} \right)} (1.275^{100} \rho_d)$$

α_{st} : 0.016, $\alpha_{st,pl}$: 0.0145 για νευροχάλυβα θερμής εξέλασης ή Tempcore

α_{wall} : 1 για τοιχώματα

ω, ω' : μηχανικό ποσοστό εφελκυσμένου & θλιβόμενου οπλισμού

v : N / bhf_c (b: πλάτος θλιβόμενης ζώνης; $N > 0$ για θλίψη);

L_s/h : M/Vh : λόγος διάτμησης,

α : συντελ. αποδοτικότητας περισφιγξης: $\alpha = \left(1 - \frac{s_h}{2b_c} \right) \left(1 - \frac{s_h}{2h_c} \right) \left(1 - \frac{\sum b_i^2}{6b_c h_c} \right)$

ρ_{sx} : $A_{sh} / b_w s_h$: ποσοστό οπλισμού // φόρτιση (x),

ρ_d : ποσοστό δισδιαγώνιου οπλισμού.

- Μέλη πριν το 1985: θ_{um} ή $\theta_{um}^{pl} = \theta_{um} - \theta_y$ διά 1.2
- Για λείες ράβδους με άγγιστρα: θ_{um} ή $\theta_{um}^{pl} = \theta_{um} - \theta_y$ επιπλέον επί 0.95 (0.95 / 1.2 = 0.8).

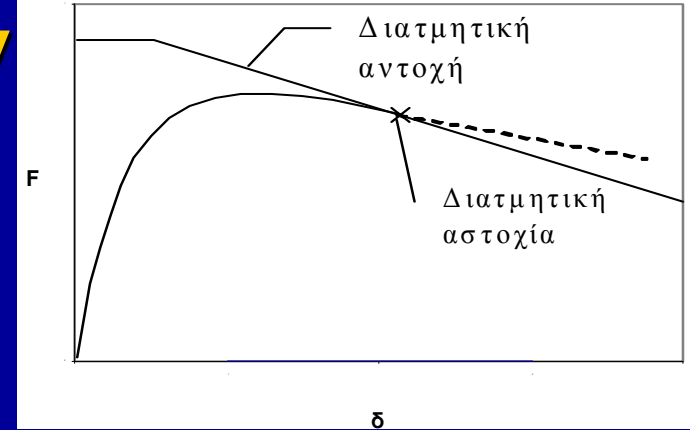
Μάτιση ράβδων με νευρώσεις σε ευθύγραμμο μήκος παράθεσης I_o αρχίζοντας απ' την ακραία διατομή

- Σε μάτιση θλιβομένων ράβδων, μετρούν και οι δύο στο θλιβόμενο οπλισμό.
- Για το υπολογισμό των M_y , ϕ_y , θ_y : f_y εφελκυσμένων ράβδων $\times I_o/I_{oy,min}$ αν $I_o < I_{oy,min} = (0.3f_y/\sqrt{f_c})d_b$
- Για τη στροφή χορδής στην αστοχία $\theta_{um} = \theta_y + \theta_{um}^{pl}$:
 θ_{um}^{pl} επί $(I_o/I_{ou,min})$ αν $I_o < I_{ou,min} = d_b f_y / [(1.05 + 14.5\alpha_{rs}\omega_{sx})\sqrt{f_c}]$
 - f_y , f_c σε MPa,
 - $\omega_{sx} = \rho_{sx} f_{yw} / f_c$: μηχανικό % εγκ. οπλισμού // επίπεδο κάμψης,
 - $\alpha_{rs} = (1 - s_n/2b_o)(1 - s_n/2b_o)n_{restr}/n_{tot}$
 - n_{restr}/n_{tot} : % συγκρατούμενων ματισμένων ράβδων.

Μάτιση λείων ράβδων με άγγιστρα & ευθύγραμμο μήκος παράθεσης $I_o > 15d_b$ αρχίζοντας απ' την ακραία διατομή

- Σε μάτιση θλιβομένων ράβδων, μετρούν και οι δύο στο θλιβόμενο οπλισμό.
- Για το υπολογισμό των M_y , ϕ_y , θ_y : πλήρες f_y εφελκυσμένων ράβδων
- Για τη στροφή χορδής στην αστοχία : θ_{um} επιπλέον (του επί 0.95 διά 1.2) επί $(10+I_o/d_b)/50$ αν $I_o < 40d_b$.

Μείωση διατμητικής αντοχής με την ανακύκλιση παραμορφώσεων



- Διατμητική αντοχή μετά την καμπτική διαρροή, όπως καθορίζεται από τους συνδετήρες:

γραμμική μείωση V_c & V_w

με το δείκτη πλαστιμότητας πλ. γωνίας στροφής $\mu_{\Delta}^{pl} = (\theta - \theta_y) / \theta_y$

$$V_R = \frac{h - x}{2L_s} \min(N, 0.55 A_c f_c) +$$

$$\left(1 - 0.05 \min\left(5, \mu_{\Delta}^{pl}\right)\right) \left[0.16 \max(0.5, 100 \rho_{tot}) \left(1 - 0.16 \min\left(5, \frac{L_s}{h}\right)\right) \sqrt{f_c} A_c + V_w\right]$$

$$V_w = \rho_w b_w z f_{yw}$$

ρ_{tot} : συνολικό ποσοστό διαμήκους οπλισμού

h : ύψος διατομής

x : ύψος θλιβόμενης ζώνης

$$A_c = b_w d$$

Μείωση διατμητικής αντοχής με την ανακύκλιση παραμορφώσεων (συνέχεια)

- Διατμητική αντοχή λόγω θλιπτικής αστοχίας κορμού υπό ανακυκλ. παραμορφώσεις:

– Τοιχώματα, μετά την καμπτική διαρροή ($\mu_{\Delta}^{pl} > 0$), ή πριν ($\mu_{\Delta}^{pl} = 0$):

$$V_{R,max} =$$

$$0.85 \left(1 - 0.06 \min\left(5, \mu_{\Delta}^{pl}\right)\right) \left(1 + 1.8 \min\left(0.15, \frac{N}{A_c f_c}\right)\right) \left(1 + 0.25 \max\left(1.75, 100 \rho_{tot}\right)\right) \left(1 - 0.2 \min\left(2, \frac{L_s}{h}\right)\right) \sqrt{f_c} b_w z$$

– Κοντά υποστυλώματα ($L_s/h \leq 2$) μετά την καμπτική διαρροή ($\mu_{\Delta}^{pl} > 0$):

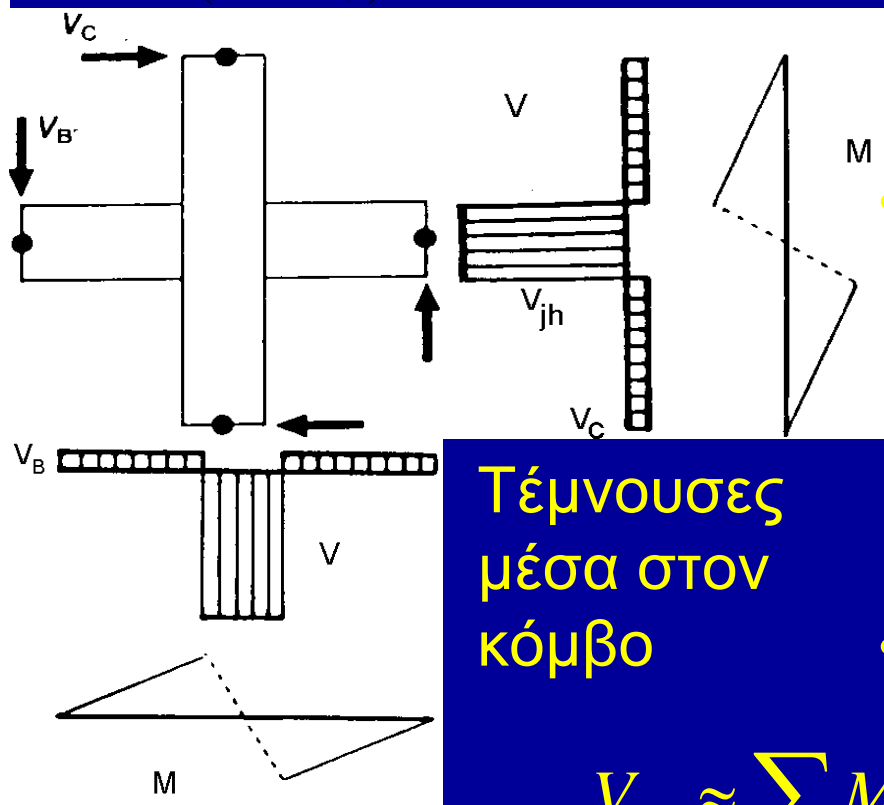
$$V_{R,max} = \frac{4}{7} \left(1 - 0.02 \min\left(5, \mu_{\Delta}^{pl}\right)\right) \left(1 + 1.35 \frac{N}{A_c f_c}\right) \left(1 + 0.45(100 \rho_{tot})\right) \sqrt{f_c} b_w z \sin 2\theta$$

θ : γωνία διαγωνίου υποστυλώματος και άξονα ($\tan\theta = h/2L_s$)

Κόμβοι δοκών-υποστυλωμάτων



Τέμνουσες σε κόμβους (ανεξαρτήτως μεθόδου ανάλυσης)



Τέμνουσες
μέσα στον
κόμβο

Μέγιστη δυνατή τέμνουσα δύναμη και
διατμητική τάση στον κόμβο:

• Αν δοκοί πιο αδύνατες από
υποστυλώματα ($\sum M_{yb} < \sum M_{yc}$):

$$V_{jh} \approx \sum M_{yb} \left(\frac{1}{z_b} - \frac{1}{h_{st}} \frac{L_b}{L_{bn}} \right)$$

Διατμητική τάση κόμβου: $\tau_j = V_{jh} / b_j h_c$

• Αν $\sum M_{yb} > \sum M_{yc}$:

$$V_{jv} \approx \sum M_{yc} \left(\frac{1}{z_c} - \frac{1}{L_b} \frac{h_{st}}{h_{st,n}} \right) + \frac{1}{2} \left| [V_{g+\psi q,b}]_l - [V_{g+\psi q,b}]_r \right|$$

$$\tau_j = V_{jv} / b_j h_b$$

Αν $b_c > b_w \rightarrow b_j = \min \{b_c; (b_w + 0.5h_c)\}$ Αν $b_c \leq b_w \rightarrow b_j = \min \{b_w; (b_c + 0.5h_c)\}$

Αντοχή κόμβων με βάση τις κύριες τάσεις

Διαγώνια ρηγμάτωση άοπλων κόμβων αν η κύρια εφελκυστική τάση λόγω:

- διατμητικής τάσης στον κόμβο, τ_j &
- μέσης κατακόρυφης ορθής τάσης από υπερκείμενη κολώνα, $-v_{top}f_c$,

ξεπερνά την εφελκυστική αντοχή σκυροδέματος, f_{ct} .

$$\tau_j \geq \tau_{cr} = f_{ct} \sqrt{1 + \frac{v_{top} f_c}{f_{ct}}}$$

Διαγώνια ρηγμάτωση οπλισμένων κόμβων αν η κύρια εφελκυστική τάση λόγω:

- διατμητικής τάσης στον κόμβο, τ_j &
- μέσης κατακόρυφης ορθής τάσης από υπερκείμενη κολώνα, $-v_{top}f_c$, και
- οριζόντιας ορθής τάσης λόγω περίσφιγξης από οριζόντιο οπλισμό κόμβου, $-\rho_{jh}f_{yw}$:

ξεπερνά την εφελκυστική αντοχή σκυροδέματος, f_{ct} .

$$\tau_j \geq \tau_{cr} = f_{ct} \sqrt{\left(1 + \frac{\rho_{jh} f_{yw}}{f_{ct}}\right) \left(1 + \frac{v_{top} f_c}{f_{ct}}\right)}$$

Οριακή διατμητική αντοχή κόμβων v_{ju} : αν η κύρια θλιπτική τάση ξεπερνά το nf_c ($n=0.7-f_c(\text{MPa})/200$: μειωτικός συντελεστής λόγω εγκάρσιας εφελκυστικής τάσης)

$$\tau_j \geq \tau_{ju} = nf_c \sqrt{1 - \frac{v_{top}}{n}}$$

Τοιχοπληρώσεις



ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ (ΓΕΝΙΚΑ: ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ, ΕΛΕΓΧΟΣ)

- ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ:

- ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΗ, ΑΝ ΕΧΟΥΝ ΔΥΣΜΕΝΕΙΣ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ (Έντονα μη-κανονική κατανομή καθ' ύψος ή σε κάτοψη, δημιουργία κοντών υποστυλωμάτων, κ.ά.),

- ΕΚΤΟΣ ΑΝ ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΕΧΕΙ ΕΠΑΡΚΗ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΕΚ8 ($\geq 50\%$

- τέμνουσας βάσης)

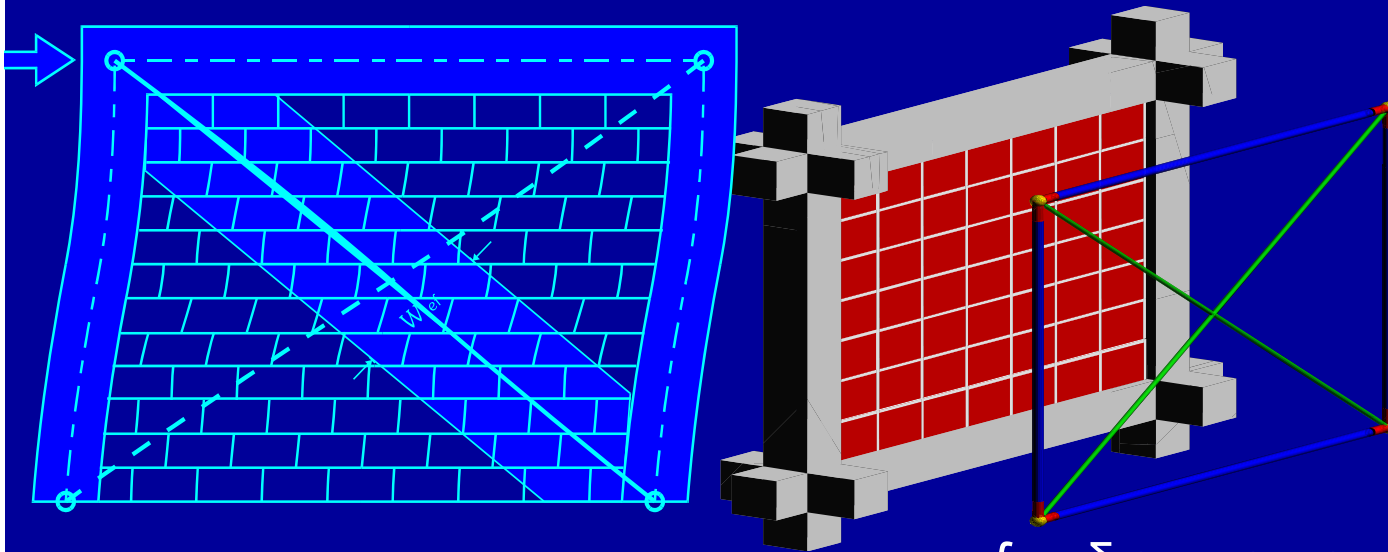
- ΠΡΟΑΙΡΕΤΙΚΗ, ΕΑΝ ΕΧΟΥΝ ΕΥΜΕΝΕΙΣ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ,

- ΣΥΝΙΣΤΑΤΑΙ (πλήν στάθμης επιτελεστικότητας οιονεί κατάρρευσης), ΕΑΝ $>25\%$

- ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ (ΕΝΟΣ) ΟΡΟΦΟΥ ΟΦΕΙΛΕΤΑΙ ΣΤΙΣ ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ.

- ΑΝ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ, ΕΛΕΓΧΟΝΤΑΙ

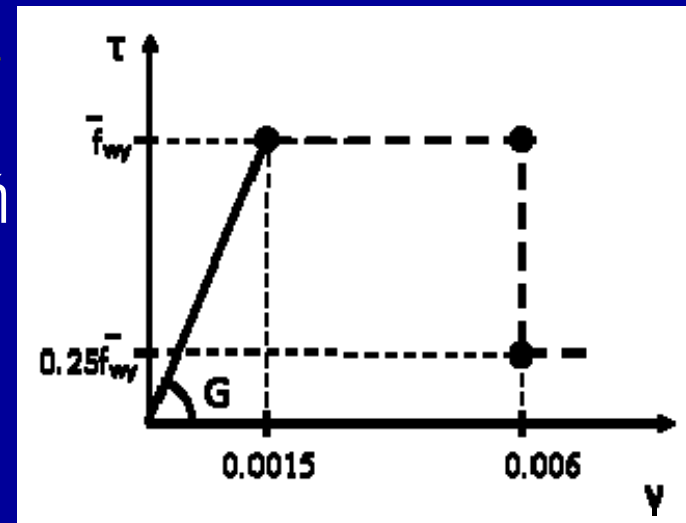
ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ: ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΕ ΜΙΑ Ή ΔΥΟ ΔΙΑΓΩΝΙΕΣ ΡΑΒΔΟΥΣ



Αντιστοιχία μεγεθών
έντασης/παραμόρφωσης
φατνώματος σε διάτμηση
και διαγωνίου σε θλίψη:

$$V = F \cos \theta,$$
$$\gamma = 2\varepsilon / \sin 2\theta.$$

f_{wy} : διατμ. αντοχή
τοιχοποιίας κατά
EK6



Θλιβόμενη διαγώνιος :

Πλάτος ~ 15% μήκους διαγωνίου.

Θλιπτική αντοχή ~1.25 x κατακ. θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας κατά EK6

(μείωση 10-40% για μη πλήρεις κατακ. αρμούς, 15% για οριζ. αρμούς > 15mm)

Μέτρο Ελαστικότητας ~600 x Θλιπτική αντοχή για Προστ. Ζωής,
~900 x Θλιπτική αντοχή για Αμεση χρήση

ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ – ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ (συνέχεια)

• ΕΠΙΡΡΟΗ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ

- Μεγάλο άνοιγμα σε κάθε άκρο φατνώματος → τοιχοπλήρωση αμελείται.
- Άνοιγμα ~ στο κέντρο του φατνώματος με διαστάσεις
 - < 20% αντίστοιχων φατνώματος → η επιρροή του αγνοείται.
 - > 50% αντίστοιχων φατνώματος → τοιχοπλήρωση αγνοείται
 - ενδιάμεσες → 2 θλιπτήρες, από τη γωνία στο μέσο απέναντι δοκού
- 2 μικρά γειτονικά ανοίγματα = ένα που τα περιβάλλει.
- Τοιχοπλήρωση χωρίς επαφή με υποστύλωμα στα 2 άκρα φατνώματος → αμελείται

Παραδείγματα εφαρμογής

**Αποτιμήσεις 2 πραγματικών
κτιρίων**

Υποθέσεις Προσομοίωσης

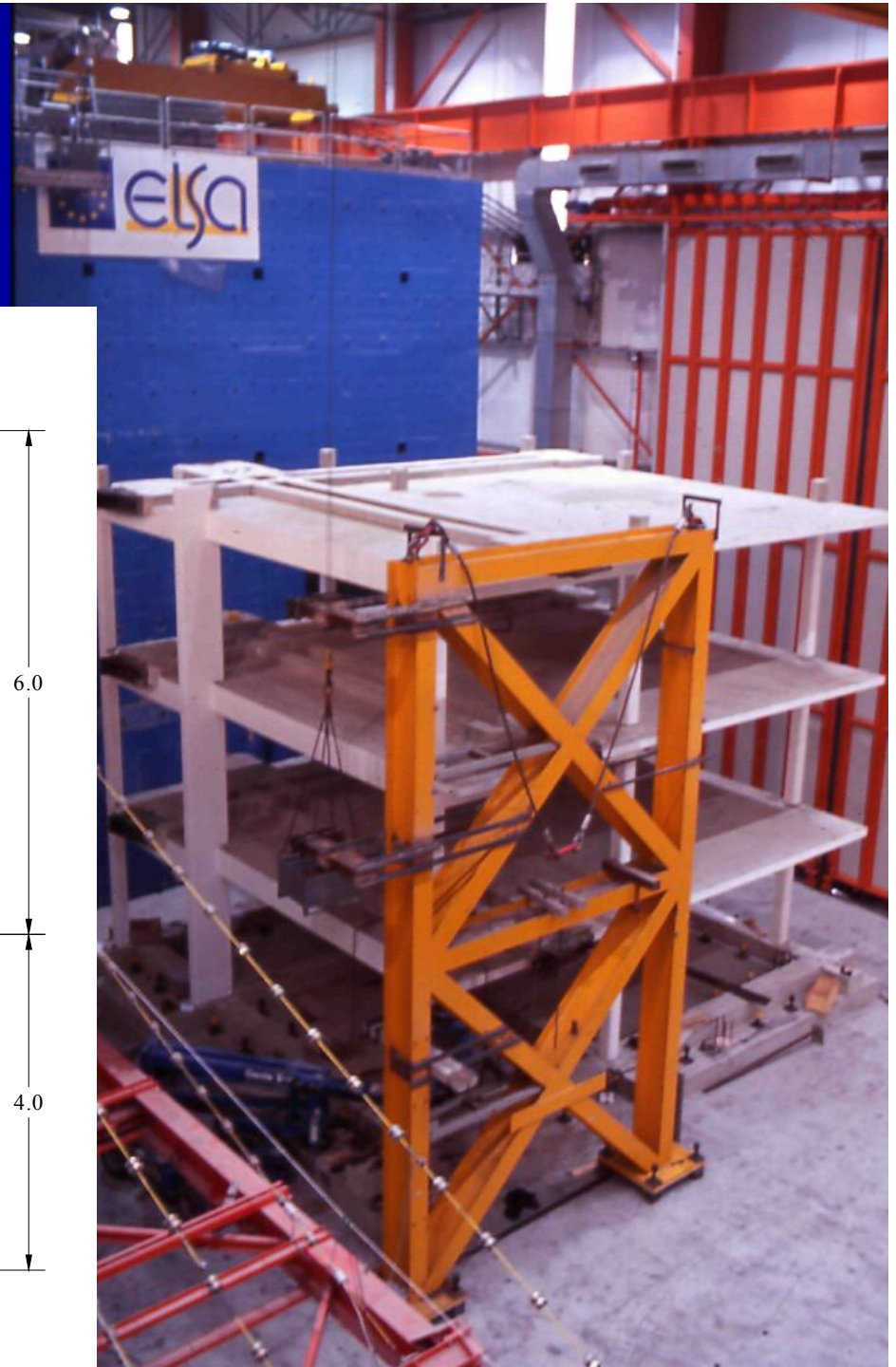
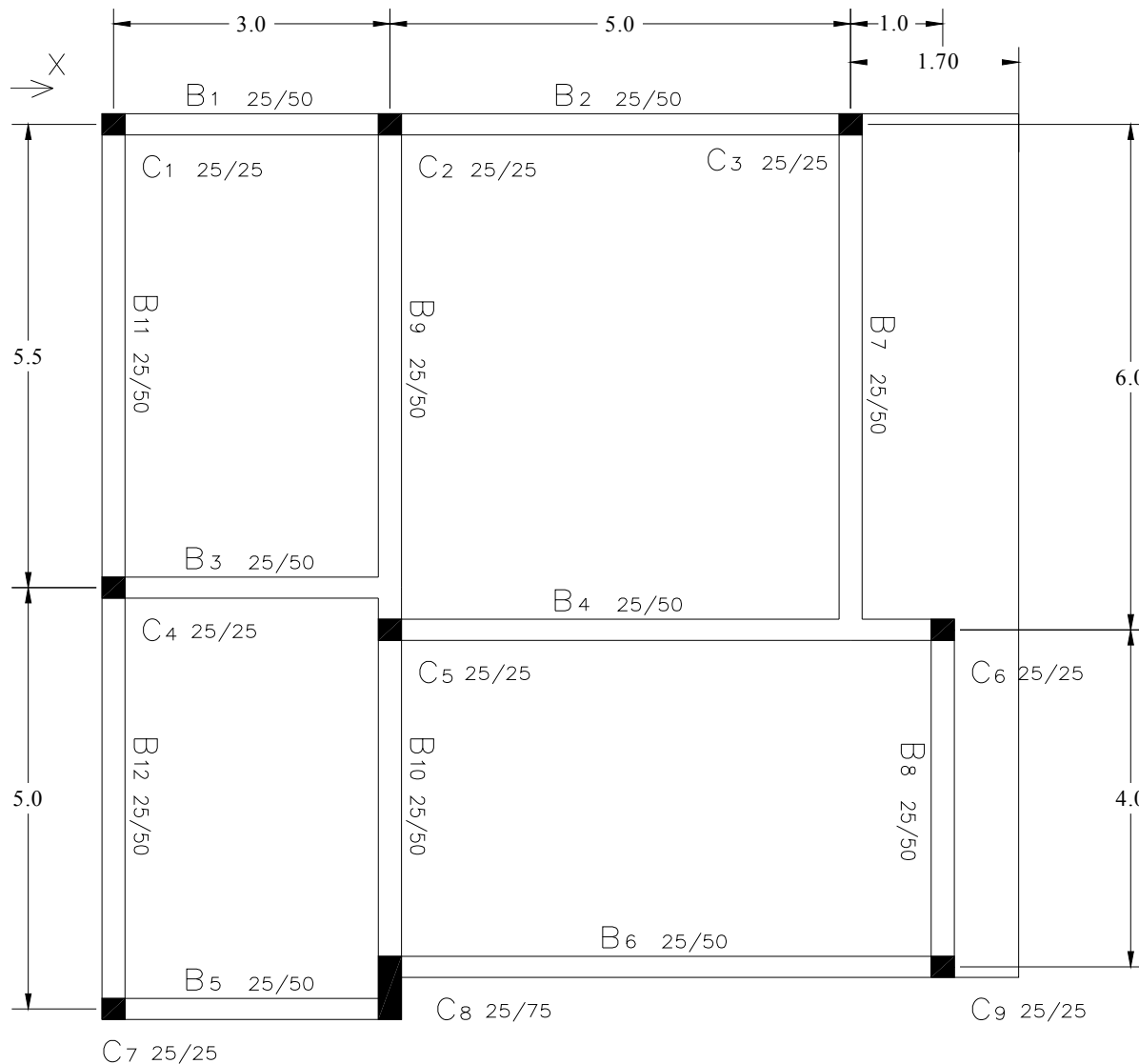
- Πάκτωση βάσης κατακορύφων μελών σε δύσκαμπτη θεμελίωση
 - Οι κόμβοι θεωρούνται με τις πραγματικές τους διαστάσεις, αλλά άκαμπτοι
 - Θεώρηση επιρροών 2ας τάξεως
 - Λαμβάνεται υπόψη η εντός επιπέδου ευκαμψία πατωμάτων οπλ. σκυροδέματος (ανά φάτνωμα)
 - Προσομοιώματα μελών:
 1. Προσομοιώματα σημειακών αρθρώσεων με νόμο υστέρησης “απλοποιημένο” Takeda (διγραμμική περιβάλλουσα, χωρίς απομείωση αντοχής με ανακύκλιση)
 2. Ελαστική δυσκαμψία $EI = M_y L_s / 3\theta_y$
 3. Πλακοδοκοί: Συνεργαζόμενο ημιπλάτος σε εφελκυσμό = 25% του ανοίγματος
 4. Κατακόρυφα μέλη: 2 ασύζευκτα στοιχεία (ένα ανά οριζόντια διεύθυνση)
 5. Σκάλες: Βραχίονες σαν κεκλιμένα υποστυλώματα (σε 2 εγκάρσιες διευθύνσεις).
 6. Λαμβάνεται υπόψη η επιρροή:
 - κοντών ματίσεων, ανοικτών συνδετήρων
 - περίσφιξης με ΙΟΠ, ή μανδυνών οπλ. σκυροδέματος.
- Αποτίμηση με βάση το λόγο απαιτούμ. αντοχής ή παραμόρφωσης προς διαθέσιμη
- Σε όρους γωνίας στροφής χορδής άκρων
 - Σε όρους τέμνουσας αντοχής στην πλαστική άρθρωση (μείωση με ανακύκλιση)

1. Κτίριο SPEAR

- Τριόροφο κτίριο με σημαντική εκκεντρότητα και στις 2 οριζόντιες διευθύνσεις,
- Δοκιμάστηκε σε φυσική κλίμακα ψευδοδυναμικά για διαξονική σεισμική κίνηση (2 οριζόντιες συνιστώσες) στο Εργαστήριο ELSA στην Ispra.
- Ανάλυση με ή χωρίς ενίσχυση κτιρίου

Κτίριο SPEAR

- Αντιπροσωπευτικό Ελληνικών κτιρίων του '60
 - Έκκεντρες/έμμεσες στηρίξεις
 - Λείες ράβδοι με κοντές ματίσεις στη βάση υποστυλωμάτων



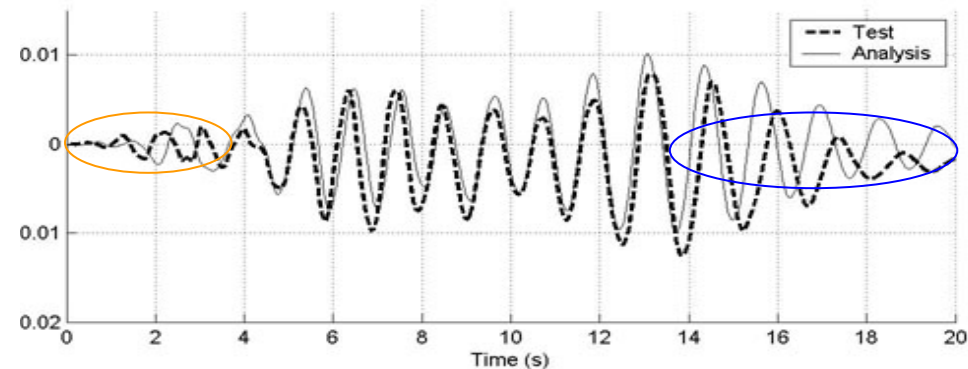
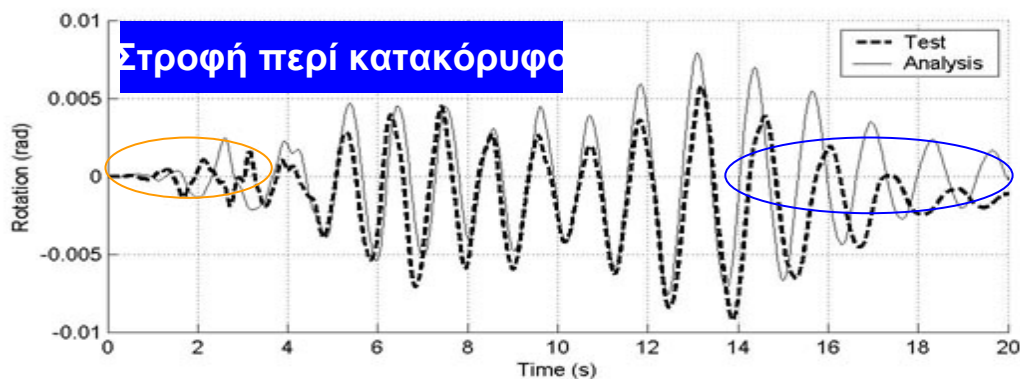
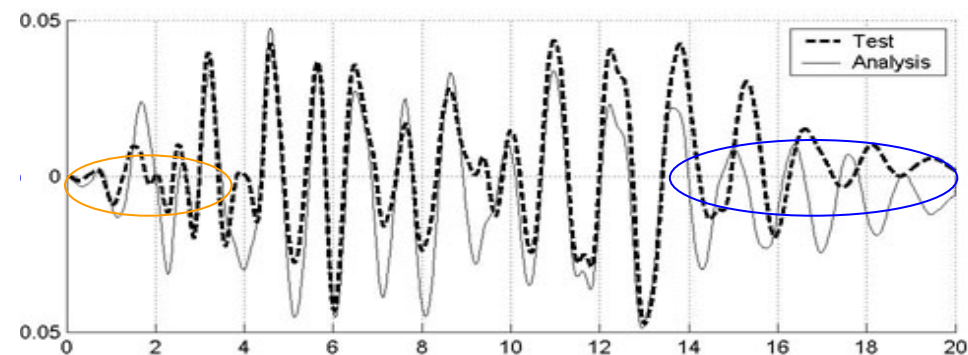
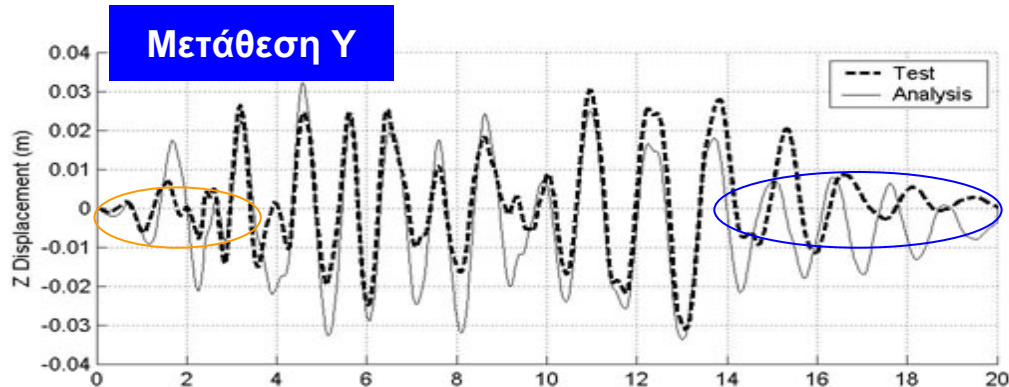
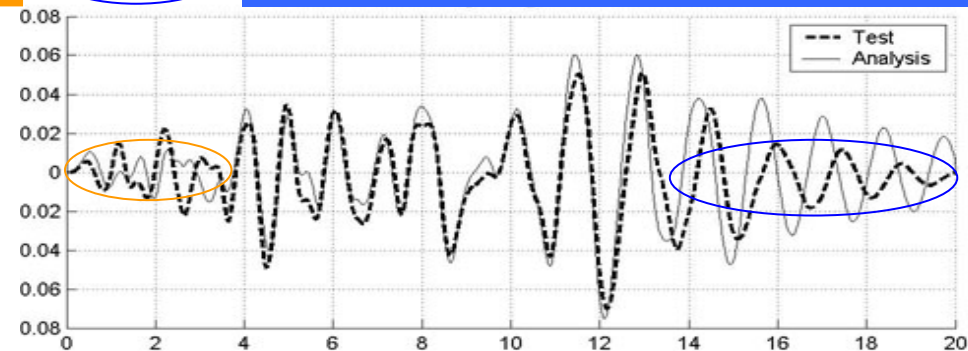
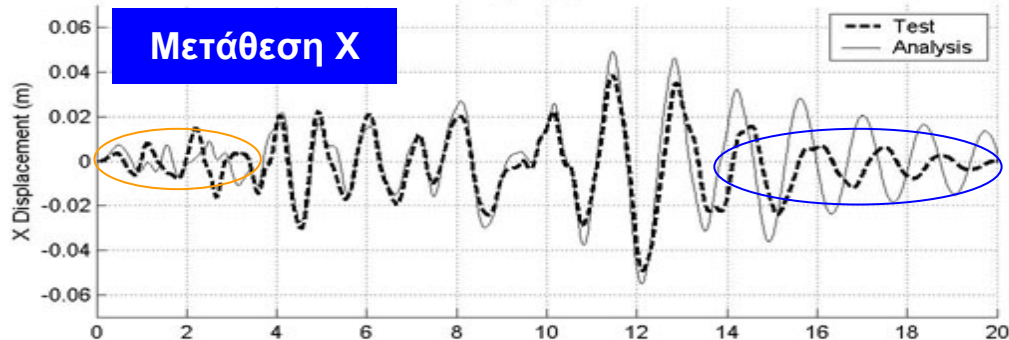
Ψευδο-
δυναμική
δοκιμή
κτιρίου σε
μέγιστη
εδαφική
επιτάχυνση
0.15g



Μη-ενισχυμένο κτίριο σε 0.15g: χρονοϊστορίες οριζ. μεταθέσεων & στροφής ΚΜ ορόφων 2 & 3 (συνεχής γραμμή: ανάλυση πριν τη δοκιμή. Διακεκομμένη: Διακεκομμένη: Υπερτίμηση αρχικής Τ λόγω ελαστικής δυσκαμψίας

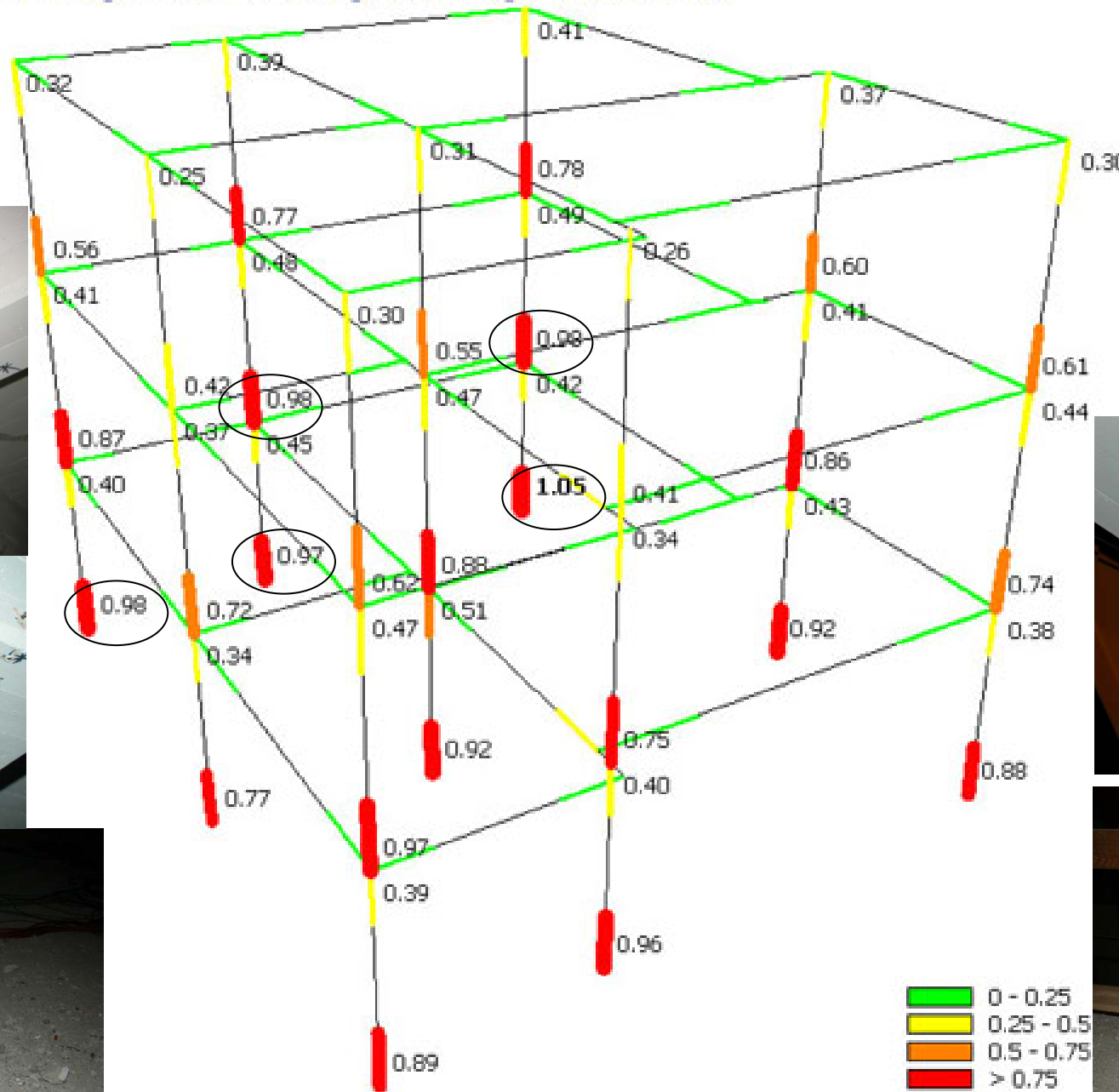
Υπερτίμηση αρχικής Τ λόγω ελαστικής δυσκαμψίας

Πτώση αντοχής μετά την αστοχία → T ↑



Δείκτης βλάβης (απαίτ.-προς-διαθέσιμη γωνία στροφής χορδής) υποστυλωμάτων

Damage Index - Hercegovi 0.15g - Direction D1



Ενίσχυση με ΙΟΠ

- Περίσφιγξη με ΙΟΠ άκρων όλων των υποστυλωμάτων $0.25 \times 0.25 \text{m}$ στους 3 ορόφους (2 στρώσεις ΙΟΠ υάλου στα ακραία 0.6m ύψους).
- Περιέλιξη του υποστυλώματος $0.25 \times 0.75 \text{m}$ σ' όλο το ύψος με 2 στρώσεις ΙΟΠ με πλέγμα ινών υάλου (περίσφιγξη και διατμητική ενίσχυση).
- Δύο στρώσεις ΙΟΠ από πλέγμα ινών υάλου στις εξωτερικές παρειές γωνιακών κόμβων για ενίσχυση σε διάτμηση, χωρίς συνέχεια με τα ΙΟΠ περίσφιγξης άκρων υποστυλωμάτων.

Το ενισχυμένο κτίριο δοκιμάσθηκε ψευδοδυναμικά για μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $0.2g$ και $0.3g$.

Κτίριο ενισχυμένο με ΙΟΠ



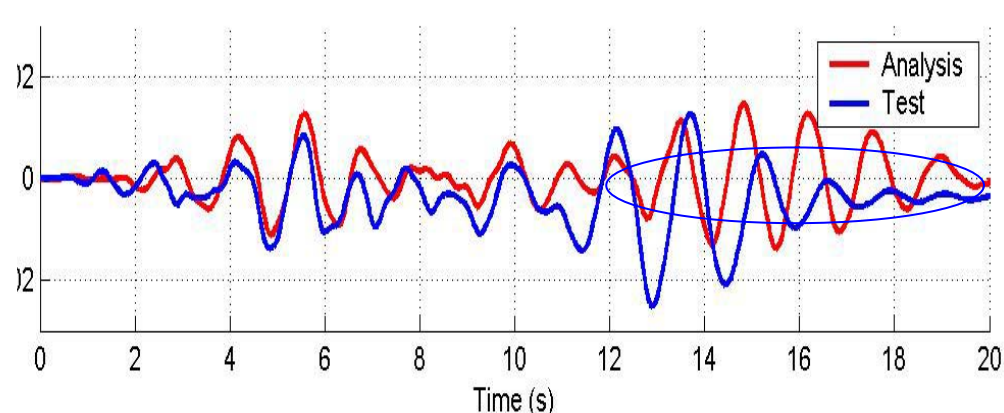
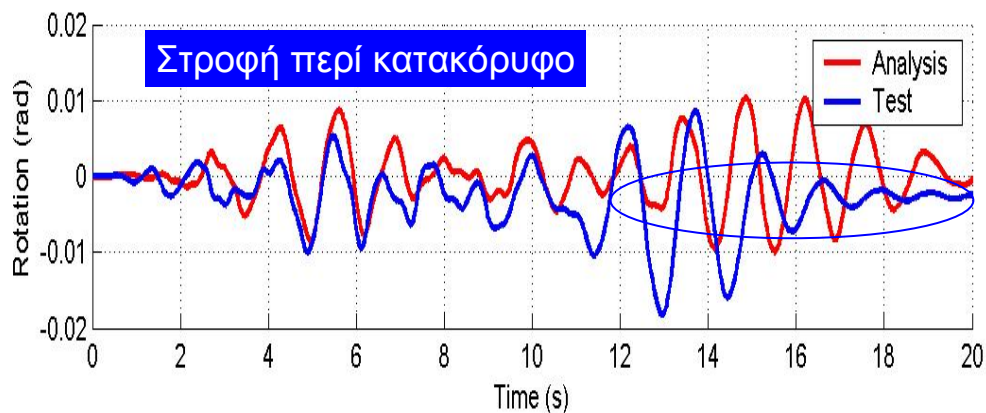
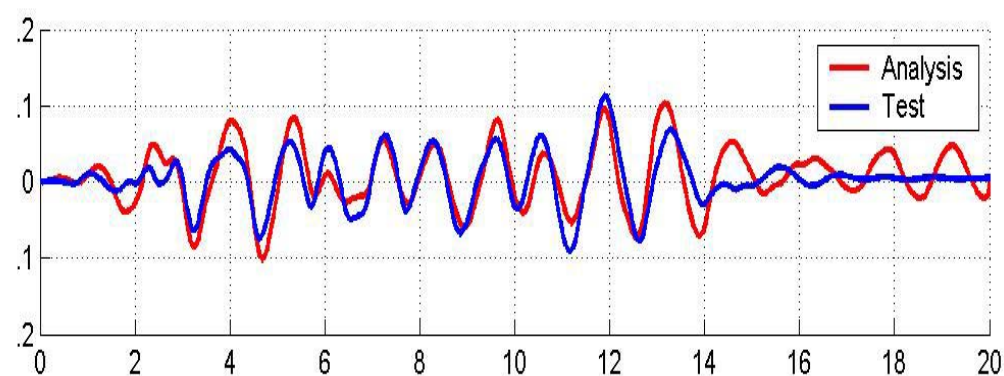
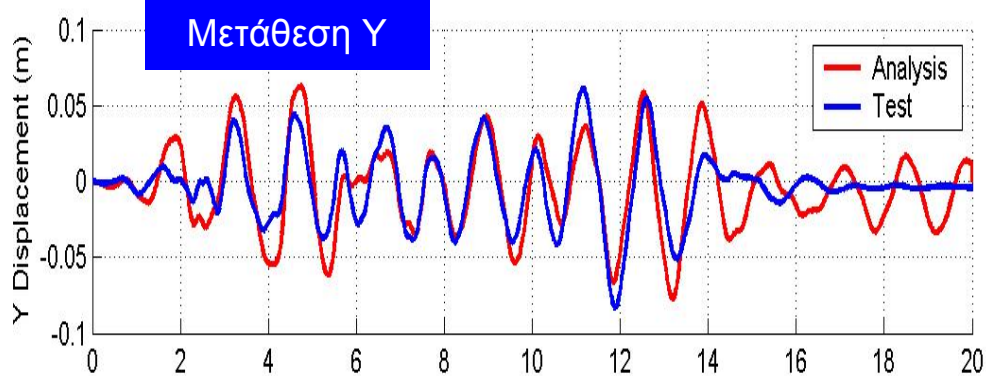
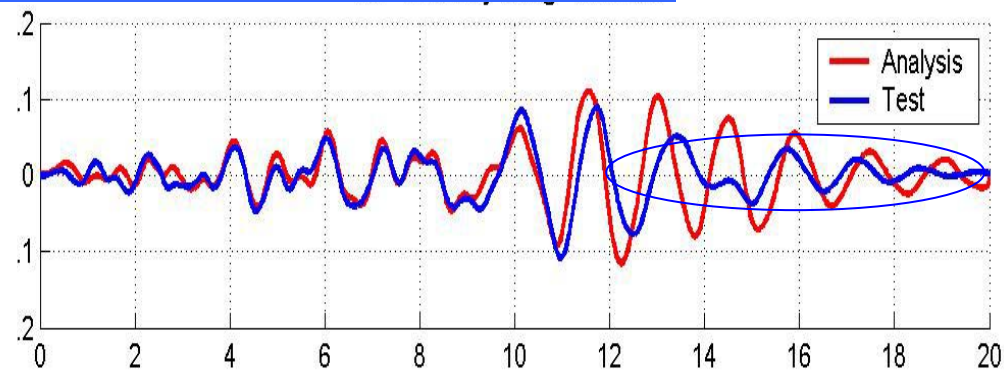
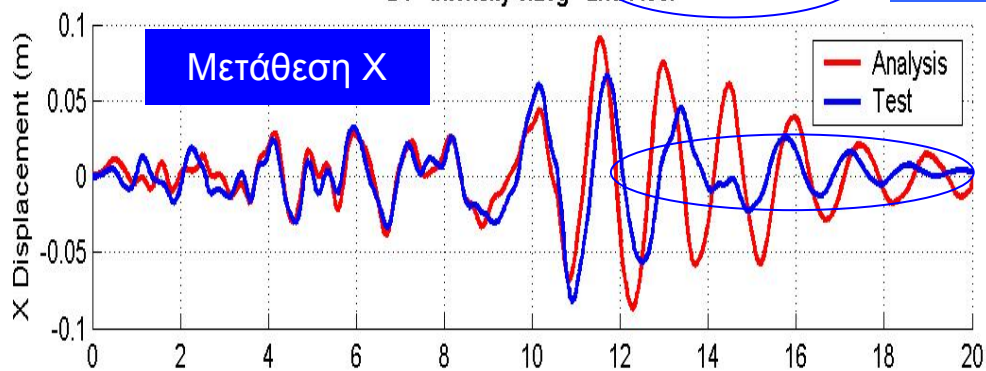
Ψευδο-
δυναμική
δοκιμή
κτιρίου με
ΙΟΠ για
μέγστη
εδαφική
επιτάχυνση
0.2g



Κτίριο με ΙΟΠ για 0.2g: χρονοϊστορίες οριζ. μεταθέσεων και στροφής ΚΜ ορόφων 2 & 3 (συνεχής γραμμή: ανάλυση πριν τη δοκιμή. Διακεκομμένη: δοκιμή)

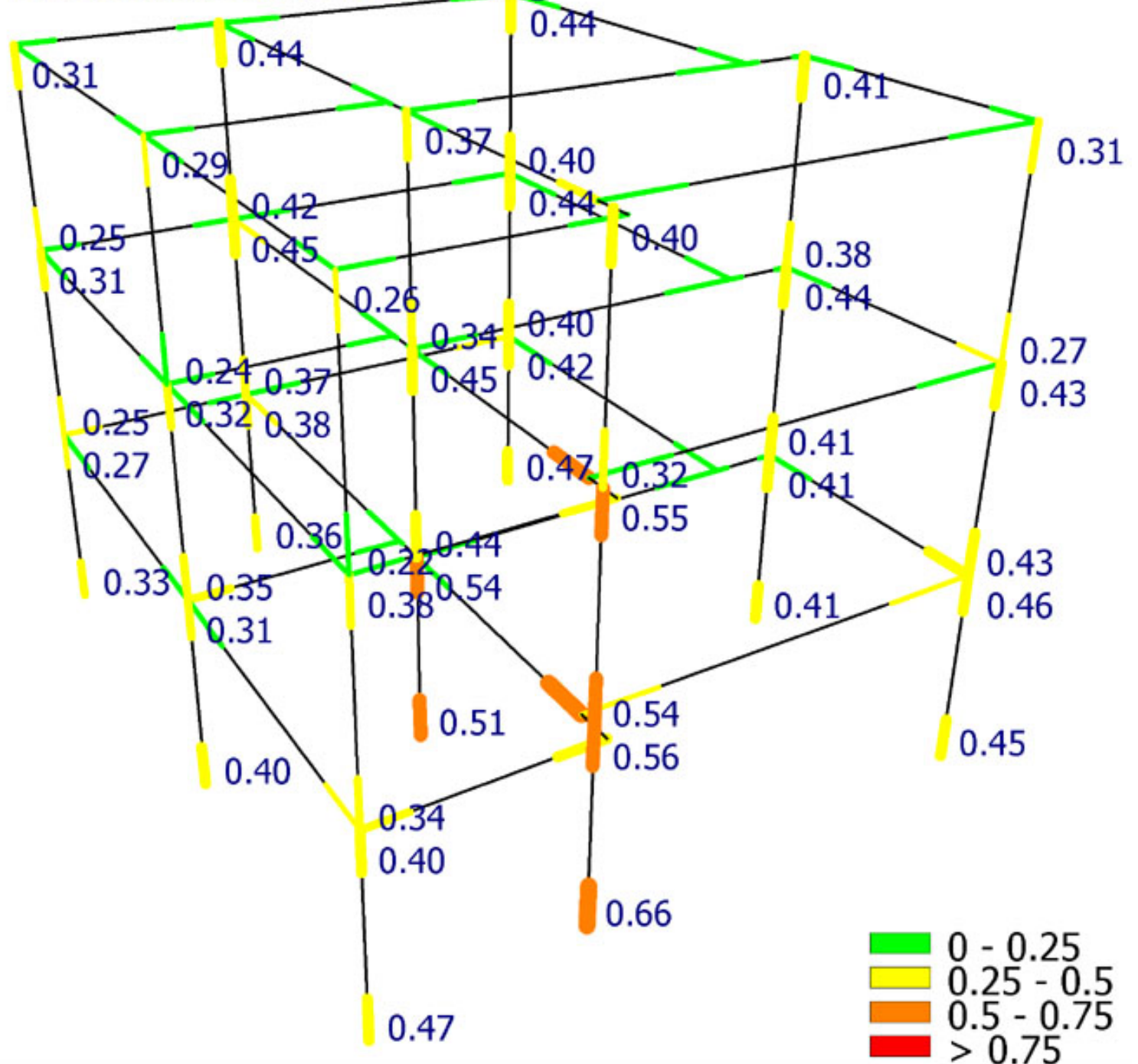
D1 - Intensity 0.20g - 2nd Floor

Πτώση αντοχής μετά την αστοχία $\rightarrow T \uparrow$



Κτίριο με ΙΟΠ για
 0.2g: Δείκτης
 βλάβης
 υποστρωμάτων
 (απαιτ.-προς-
 διαθέσιμη γωνία
 στρωφών χορδής)

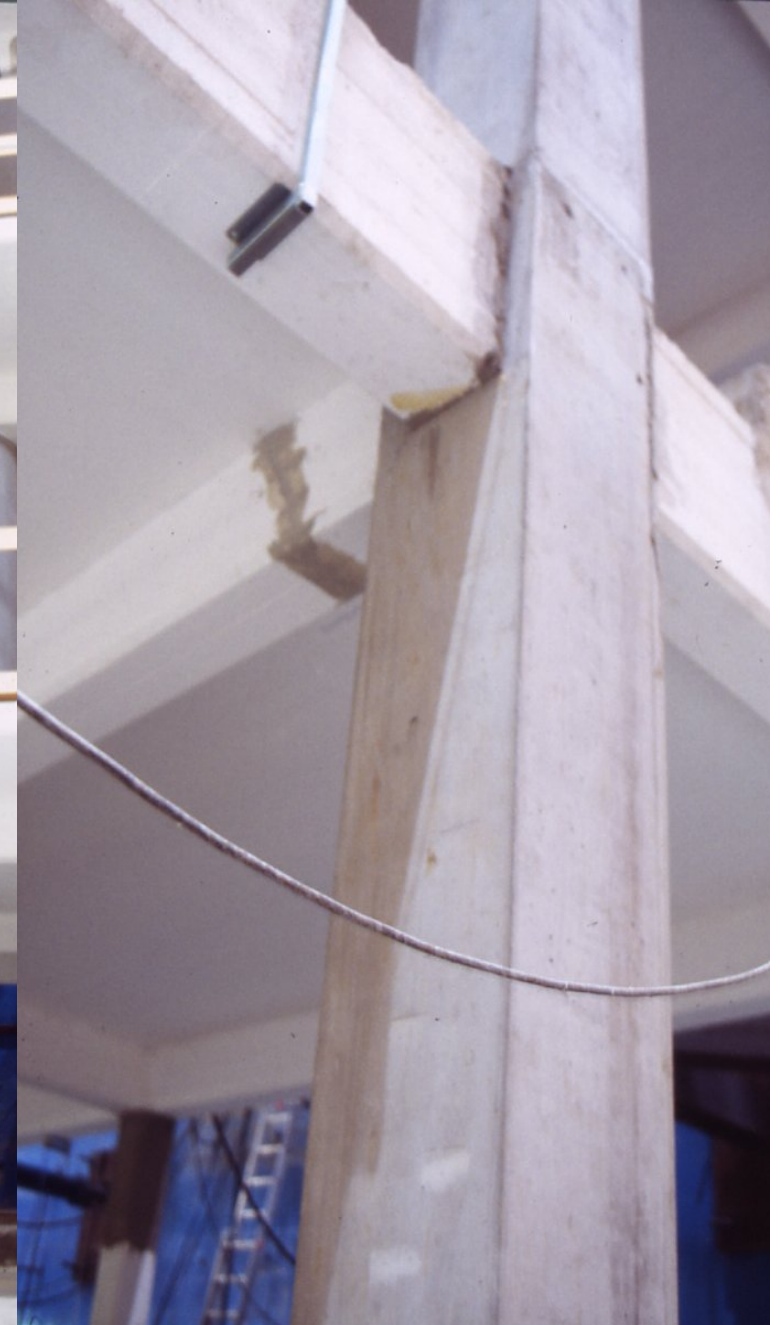
Retrofitted with FRPs - 0.20g



Μανδύες σε 2 εξωτερικά υποστυλώματα για μηδενισμό εκκεντρότητας

- Αφαίρεση όλων των ΙΟΠ.
- Μανδύες σε μεσαία υποστυλώματα δύο “εύκαμπτων” πλευρών (από 0.25x0.25m σε 0.4x0.4m, 3Φ16/πλευρά, συνδ. Φ10/100mm).

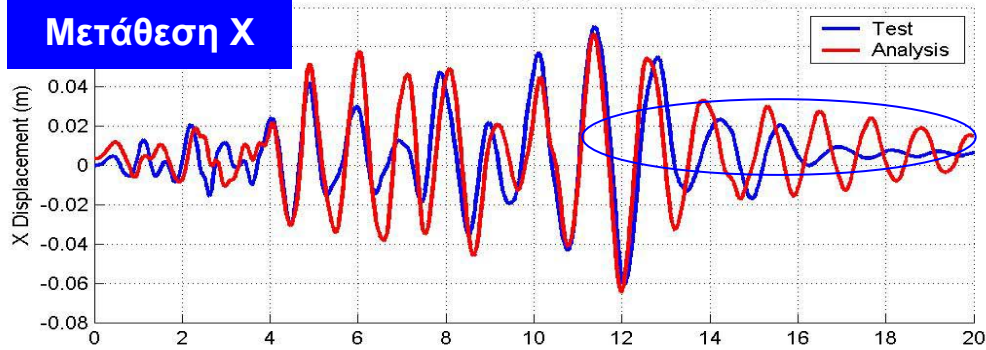
Δοκιμή με μέγιστη εδαφική επιτάχυνση 0.2g ή 0.3g.



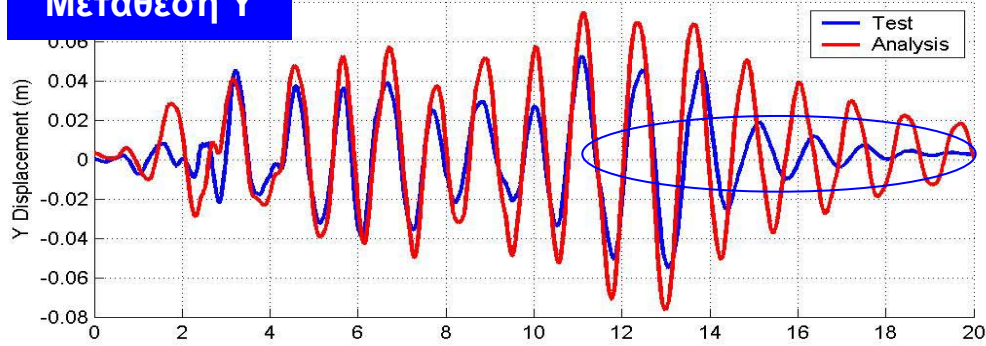
Κτίριο με μανδύες, 0.2g: χρονοϊστορίες οριζ. μεταθέσεων και στροφής KM ορόφων 2 & 3 (συνεχής γραμμή: ανάλυση πριν τη δοκιμή, Διακεκομμένη: δοκιμή)

Retrofitted w/ RC Jackets - Hercegovi D1 - Intensity 0.20g - 2nd Floor

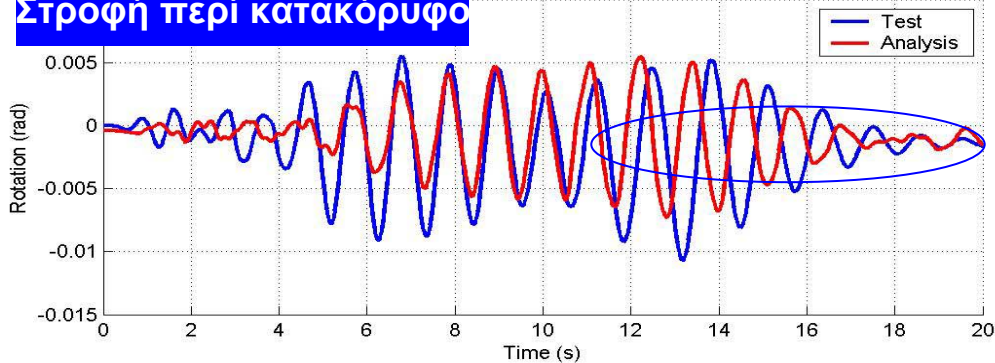
Μετάθεση X



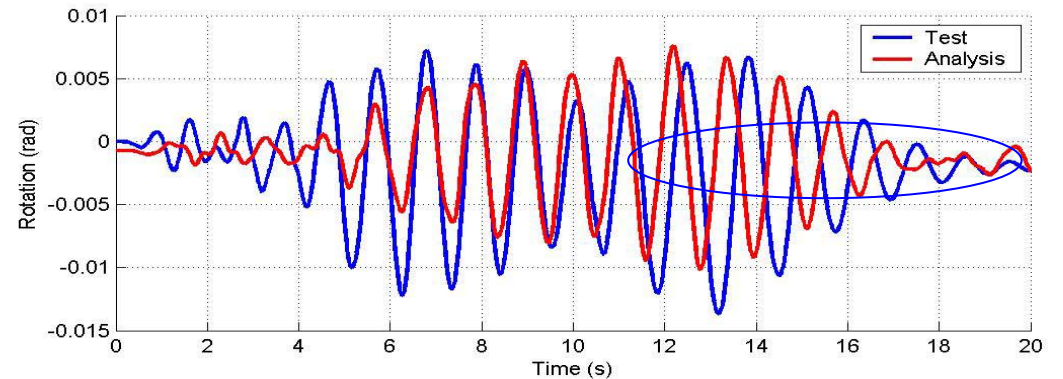
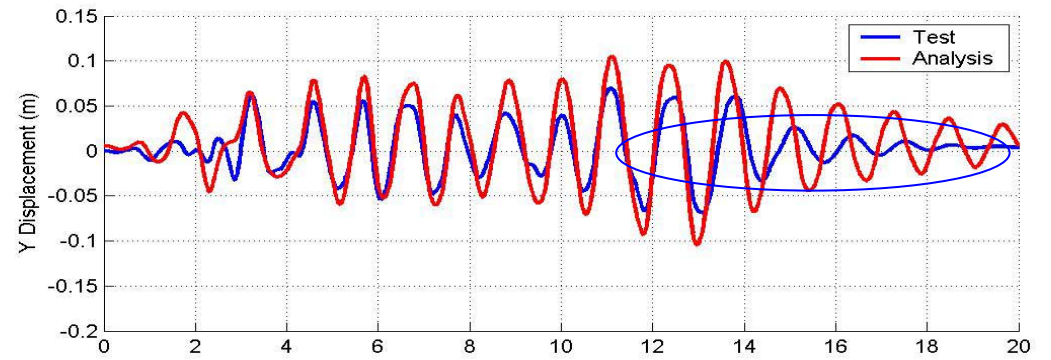
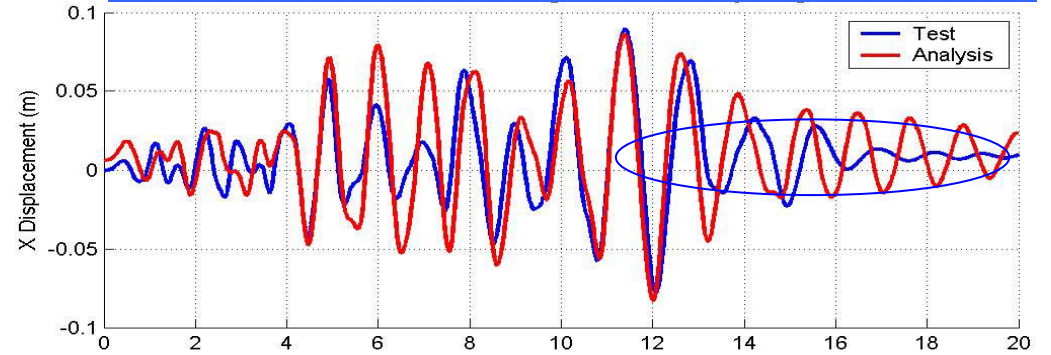
Μετάθεση Y



Στροφή περί κατακόρυφο

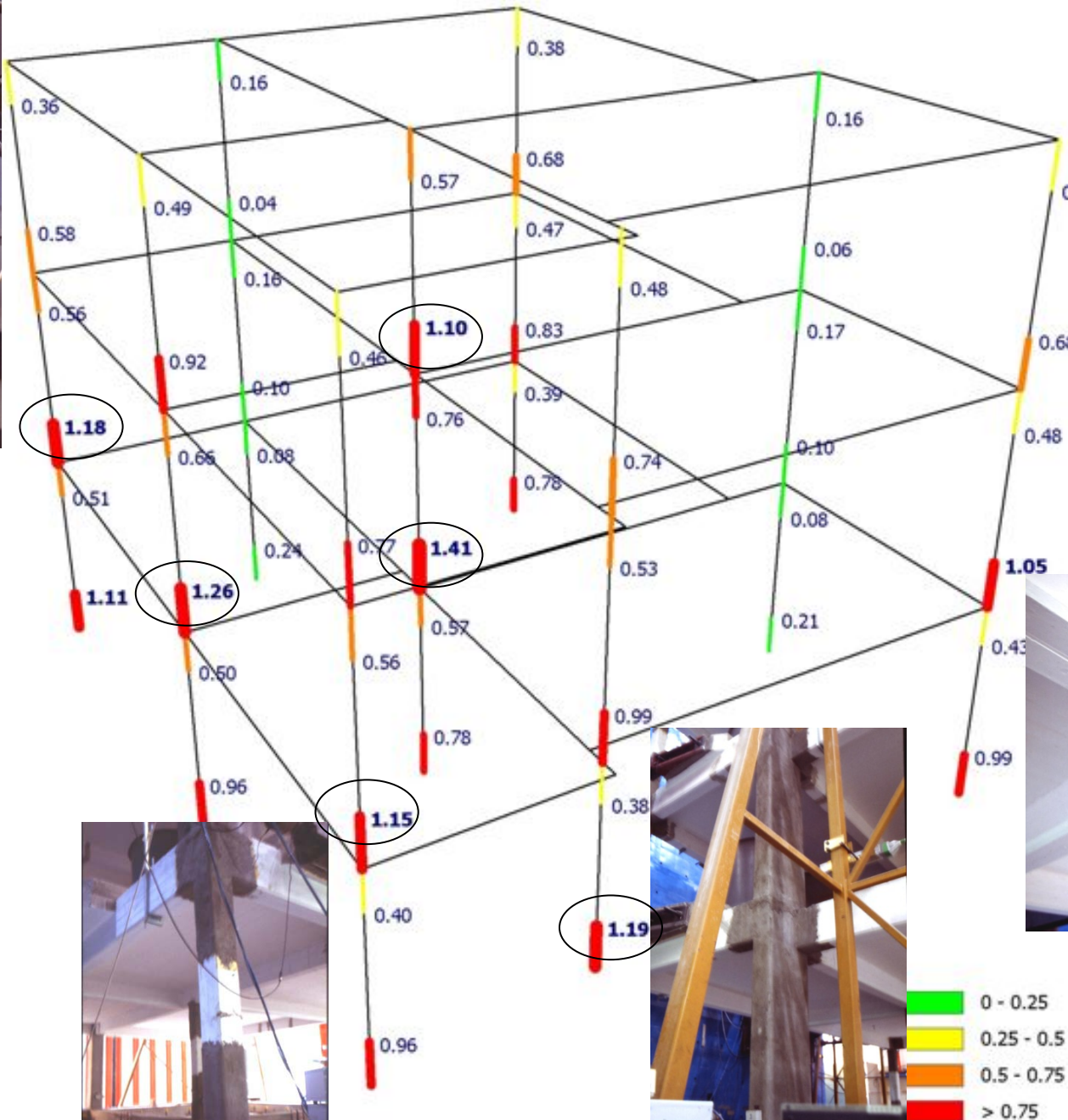


Πτώση αντοχής μετά την αστοχία → T ↑



Κτίριο με μανδύες, 0.2g: Δείκτης βλάβης υποσυλωμάτων

ISPRA - Retrofitted with RC Jackets - 0.20g



2. Κατάρρευση πτέρυγας πολυκατοικίας στο σεισμό της Πάρνηθας (1999)

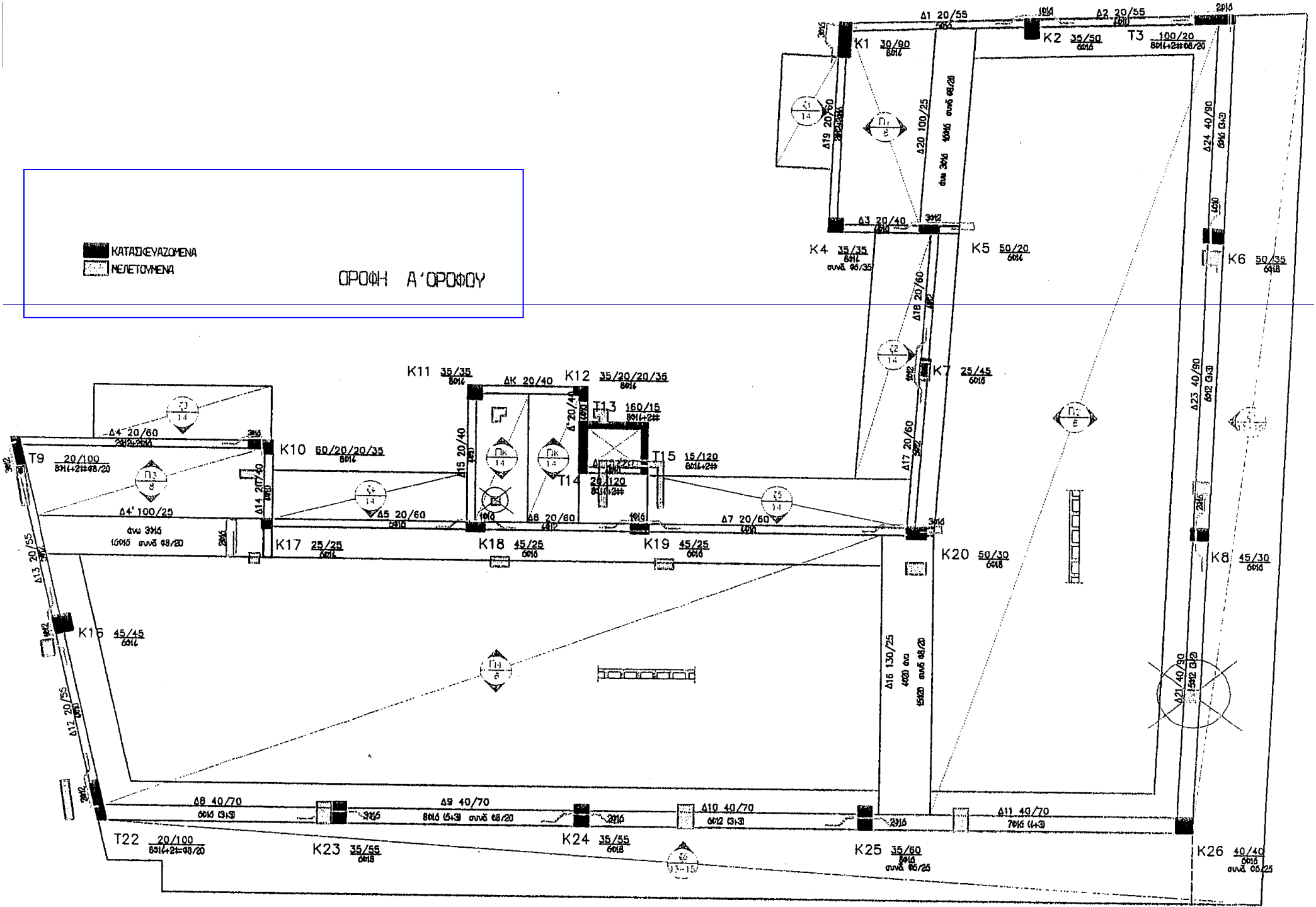
- Μη-γραμμικές δυναμικές αναλύσεις για 30 “πλέον πιθανές” διαξονικές εδαφικές κινήσεις στη συγκεκριμένη θέση, προς διερεύνηση του μηχανισμού κατάρρευσης



Univ. Lab. - Un. Patras

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΑ
 ΜΕΛΕΤΟΥΜΕΝΑ

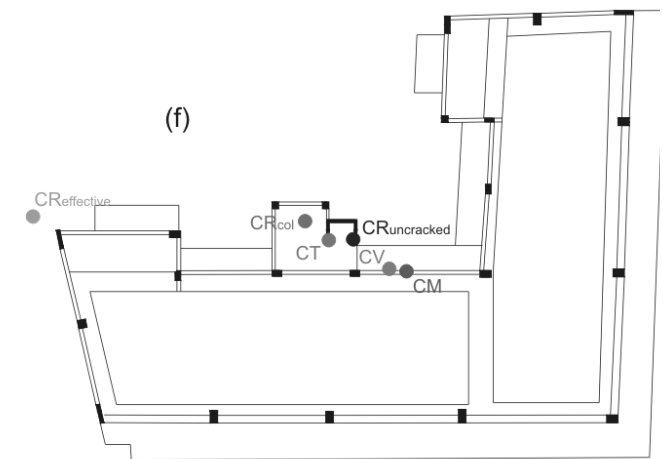
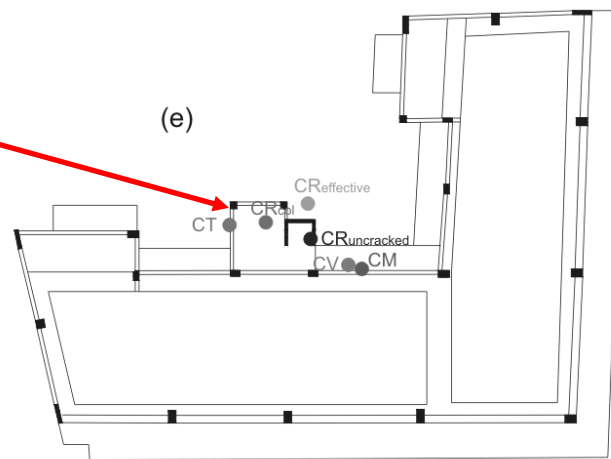
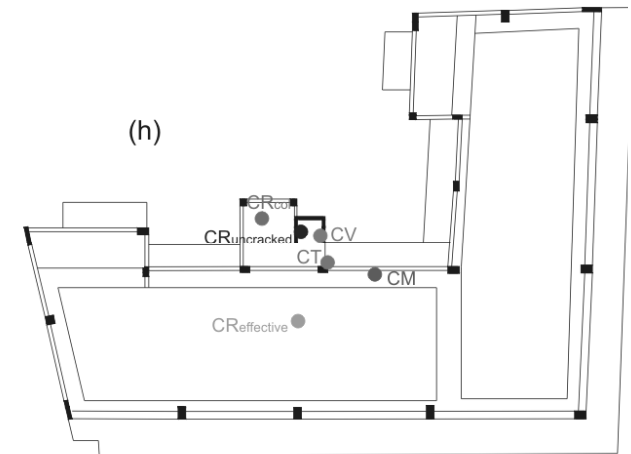
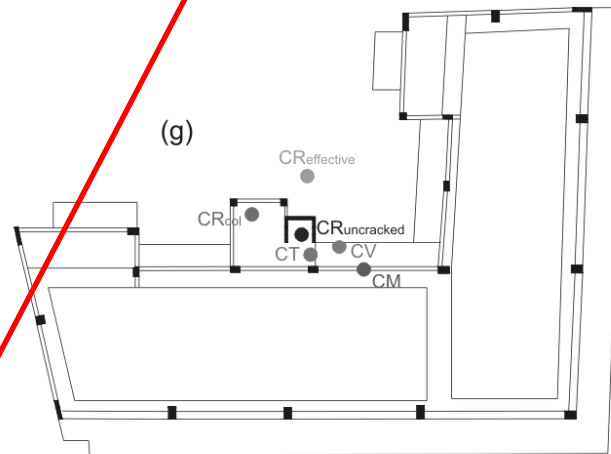
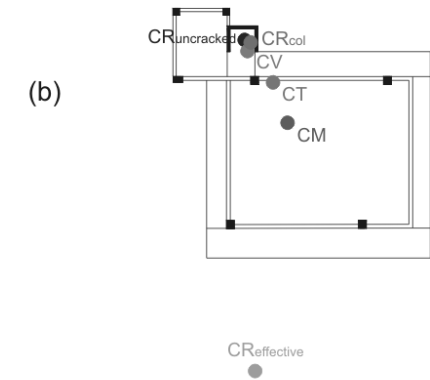
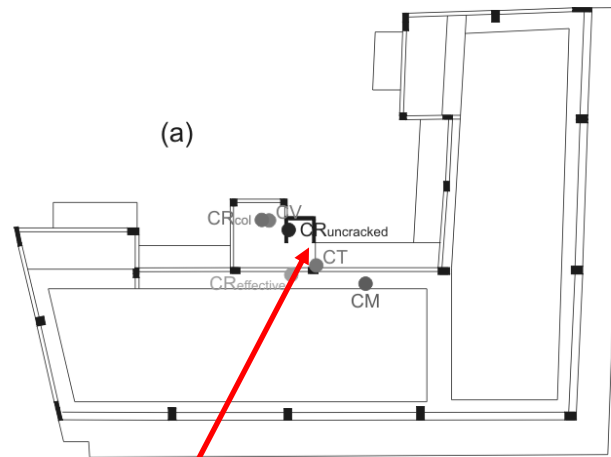
ΟΡΟΦΗ Α' ΟΡΟΦΟΥ



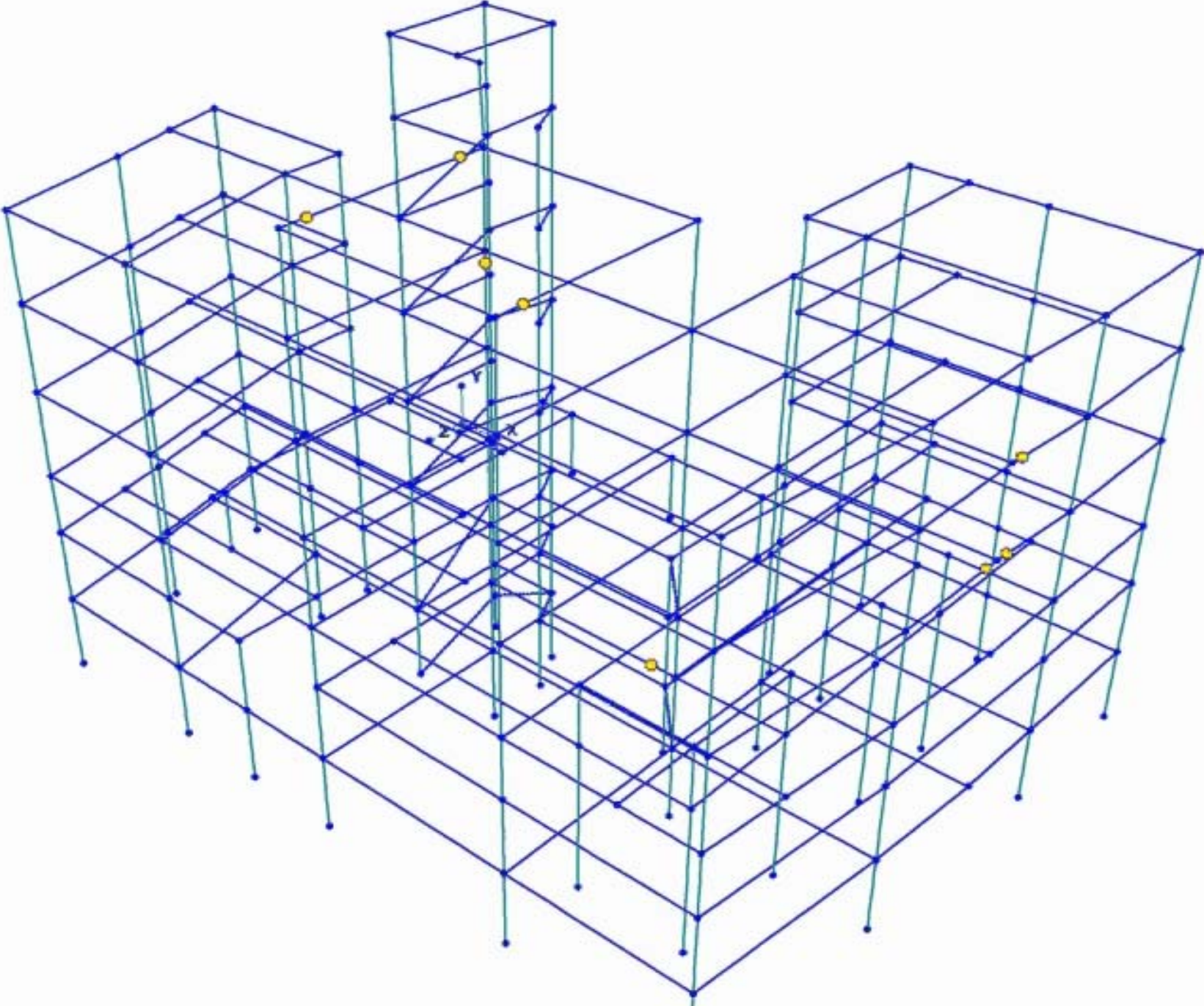
Εκκεντρότητα ΚΜ ως προς Κέντρο Δυσκαμψίας ή Αντοχής και Πόλο στροφής στους περισσότερους ορόφους → στροφική απόκριση.

Σημαντική συμμετοχή ανώτερων ιδιομορφών

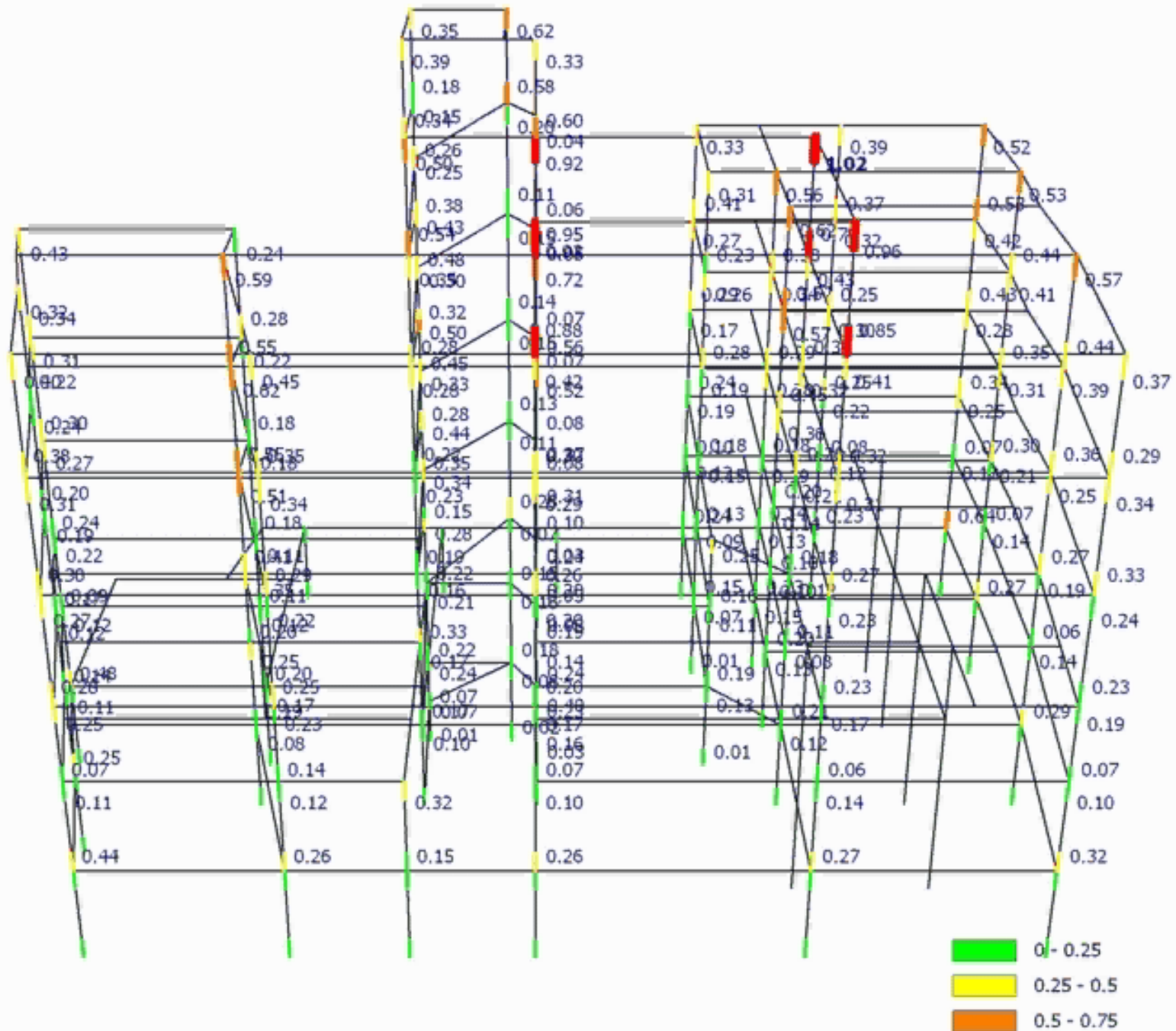
Διαφράγματα εύκαμπτα → τοίχωμα ανελκυστήρα & κλιμακοστάσιο ταλαντούνται εκτός φάσης ως προς το υπόλοιπο κτίριο.



Yield Exceeded



ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ - ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΛΑΒΗΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ (ΚΑΜΨΗ - ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ) ΑΠΟ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΧΡΟΝΟΪΣΤΟΡΙΑΣ



ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ - ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΛΑΒΗΣ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ (ΔΙΑΤΜΗΣΗ - ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ) ΑΠΟ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΧΡΟΝΟΪΣΤΟΡΙΑΣ

