

## ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

(Α)

➤ Στέφανος Δρίτσος  
Καθηγητής  
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών

1

## ΔΥΣΜΕΝΕΙΑ ΠΑΛΑΙΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

- (α) Σχεδιασμός για σεισμικές δράσεις  $\cong$  50% των αντιστοίχων για νέα κτίρια
- (β) Μόρφωση Φ.Ο. με αρχιτεκτονικές υπερβολές  
(Έλλειψη κανονικότητας: γεωμετρίας ή αντοχής σε επίπεδο ορόφου ή κτιρίου)
- (γ) Προσδιορισμός των εντατικών μεγεθών με απλοποιητικές παραδοχές  
(Έλλειψη υπολογιστικών μέσων: απουσία χωρικής ανάλυσης & διάστατης πλαισιακής λειτουργίας)
- (δ) Διαστασιολόγηση με διαδικασίες που σήμερα έχουν αναθεωρηθεί  
(Ανακριβή προσομοιώματα, απουσία ικανοτικού σχεδιασμού και πλαστιμότητας, ανεπαρκείς κατασκευαστικές διατάξεις για ελάχιστα και μέγιστα, κ.α.)

⇒ Δυνητική Δυσμένεια 1:2 έως 1:3

2

## ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

- Ποιες κατασκευές έχουν προτεραιότητα να ενισχυθούν, και πως θα προσδιοριστούν σε μεμονωμένη βάση;
- Μπορούν (ή αξίζει τον κόπο) να ενισχυθούν και μέχρι ποιο σημείο; Μήπως η λύση της κατεδάφισης και ανακατασκευής είναι προτιμότερη;
- Τι μέσα (υλικά, μέθοδοι, τεχνικές) διατίθενται για να επέμβει κανείς και κάτω από ποιες προδιαγραφές αυτά εφαρμόζονται;
- Ποια είναι η καταλληλότερη μέθοδος ενίσχυσης ενός δεδομένου κτιρίου;
- Ποιο είναι το υπολογιστικό υπόβαθρο που είναι απαραίτητο στο μηχανικό για να τεκμηριώσει τις επιλογές του, και ποιες οι διαδικασίες ποιοτικού ελέγχου των εργασιών;

3

## ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

- Η τρωτότητα
  - Η σπουδαιότητα και αριθμός χρηστών
  - Το κόστος επέμβασης
  - Η ηλικία
  - Ο υπόλοιπος χρόνος ζωής της κατασκευής
- Αλλά και,
- Κοινωνικές, αισθητικές και πολιτιστικές διαστάσεις του θέματος

4

ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ → ΘΕΜΑ ΔΥΣΚΟΛΟΤΕΡΟ  
ΑΠΟ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΝΕΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

- Γνώσεις λίγες και όχι επαρκώς τεκμηριωμένες
- Απουσία κανονισμού
- Μόρφωση του φορέα πιθανόν απαράδεκτη, αλλά υπαρκτή
- Αβέβαιες εκτιμήσεις βασικών δεδομένων στην αρχική φάση τεκμηρίωσης
- Χρήση νέων υλικών υπό διερεύνηση
- Μικρή ή και αρνητική εξειδίκευση και εμπειρία συνεργείων

5

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

1° Στάδιο:

Αποτίμηση επάρκειας κατασκευής

2° Στάδιο:

Λήψη απόφασης επέμβασης - Επιλογή λύσης

3° Στάδιο:

Σχεδιασμός λύσης


6

1° Στάδιο: "Αποτίμηση επάρκειας κατασκευής"

- Αποτύπωση Φ.Ο.
- Καταγραφή βλαβών
- Εκτίμηση συνωριακών συνθηκών, κατακόρυφων φορτίων, μηχανικών χαρακτηριστικών & υλικών
- Επιλογή "στάθμης επιτελεστικότητας"  
(επιθυμητή συμπεριφορά κατασκευής + πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης)
- Αποτίμηση σεισμικής ικανότητας
- Διάγνωση αδυναμιών του φορέα

7

2° Στάδιο: "Λήψη απόφασης επέμβασης - Επιλογή λύσης"

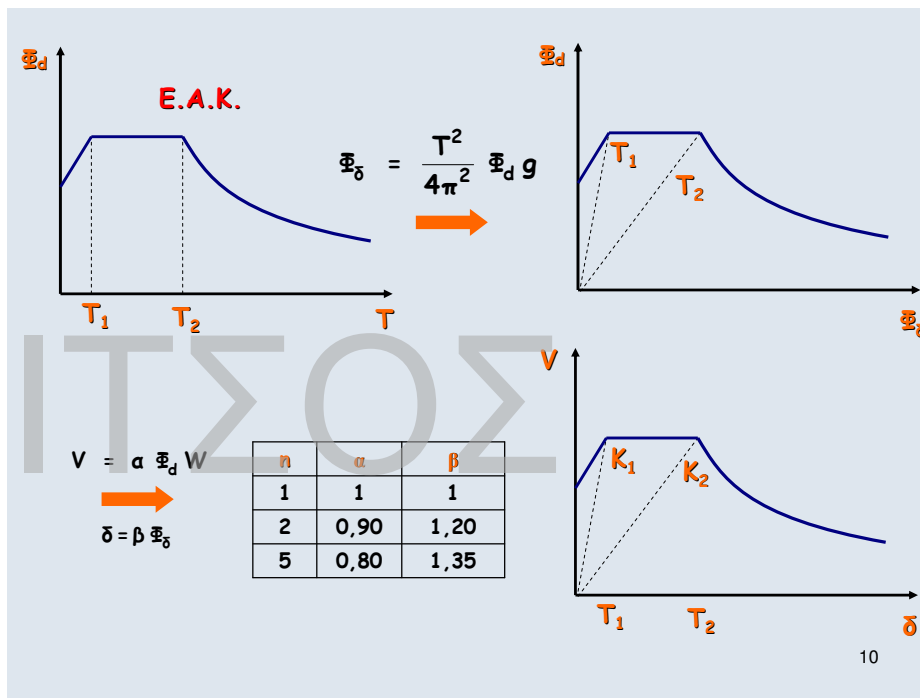
- Επισκευή της κατασκευής (αν υπάρχουν βλάβες) ή καμία επέμβαση
- Ενίσχυση της κατασκευής 
  - ως σύνολο
  - μεμονωμένα στοιχεία
- Κατεδάφιση της κατασκευής και ανέγερση νέας

8

### 3<sup>ο</sup> Στάδιο: "Σχεδιασμός λύσης"

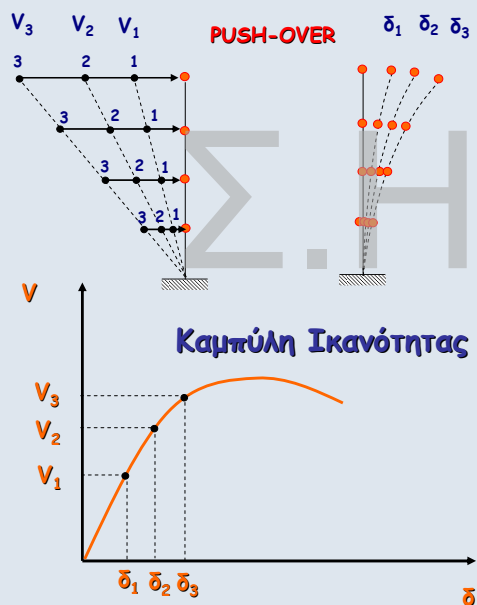
- Αναλυτική τεκμηρίωση αποδοχής της λύσης
- Διαστασιολόγηση επισκευασμένων/ενισχυμένων μελών
- Σχέδια λεπτομερειών οριστικής μελέτης επέμβασης
- Κοστολόγηση εργασιών

9



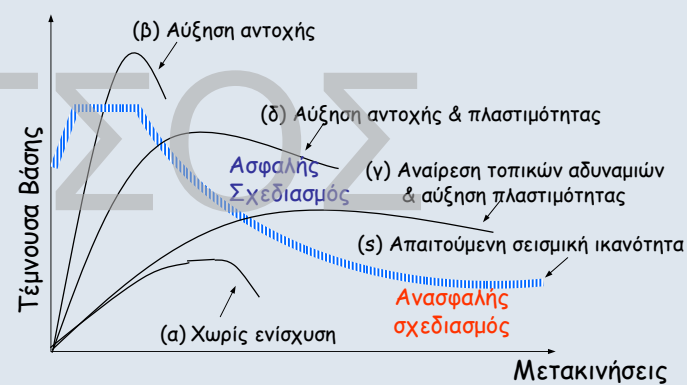
10

### Στατική Οριζόντια Ξόρτιση Βαθμιαία Αυξανόμενη "μέχρι τέρμα"



11

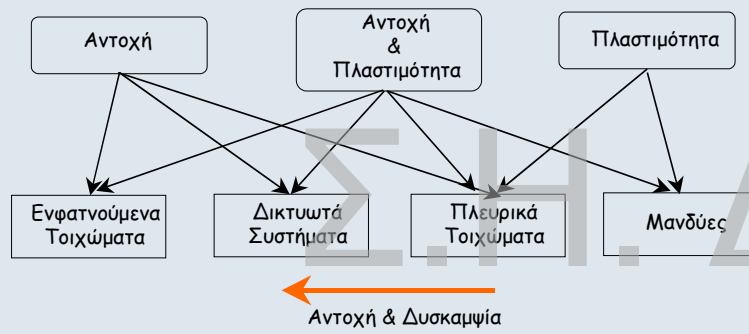
### ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΩΣ ΣΥΝΟΛΟΥ



### Στρατηγικές Ενισχύσεις

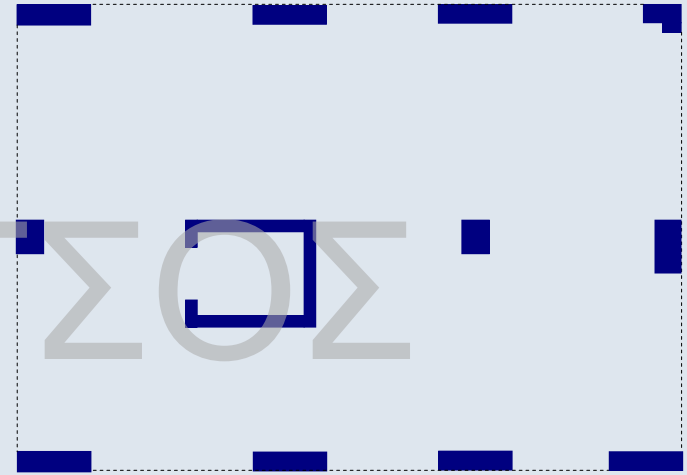
12

## ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



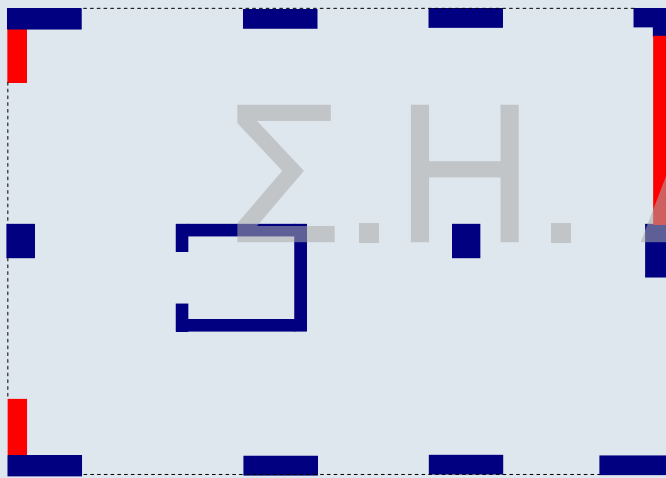
13

## ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ



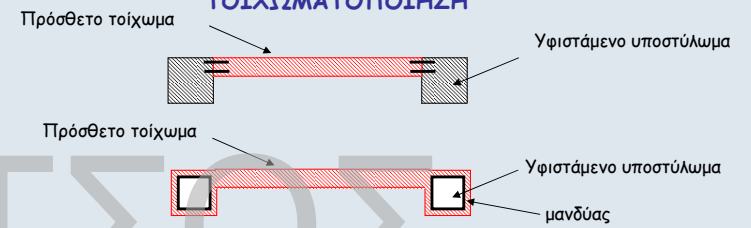
14

## ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

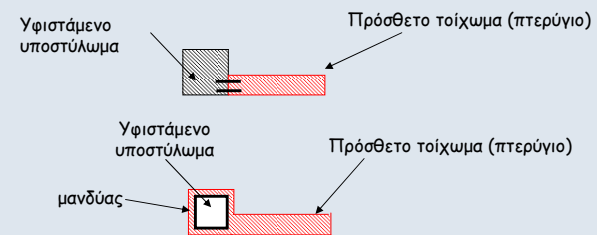


15

## ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ



## ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ



16

## ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΑΠΟ Ο.Σ. ΩΣ ΣΥΝΟΛΟ

(α) Η κατασκευή τοιχωμάτων εντός πλαισίων ⇒ Αύξηση δυσκαμψίας & αντοχής

- Διόρθωση σφαλμάτων σχεδιασμού
- Κακή μόνωση του φορέα
- Ασυμμετρία κατανομής δυσκαμψίας ή αντοχής καθ' ύψος
- Ασυμμετρία κατανομής εκκεντρότητας δυσκαμψίας σε κάτοψη

τύποι

- Τοιχώματα από Ο.Σ. (έγχυτο ή εκτοξευόμενο)
- Προκατασκευασμένα τοιχώματα (panels)
- Τοιχοποιία από συμπαγείς οπτόπλινθους ή τσιμεντόπλινθους

Κρίσιμα σημεία

- Νέο τοίχωμα + υποστύλωμα → αυξημένη ένταση υποστυλώματος → ενίσχυση με μανδύα
- Έλεγχος επάρκειας διαμήκους οπλισμού δοκών → μεταφορά οριζοντιών δράσεων ορόφου
- Έλεγχος επάρκειας της αγκύρωσης των νέων ράβδων οπλισμού στον υφιστάμενο φορέα

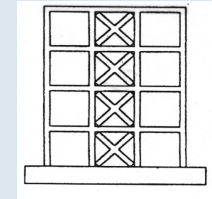
Κατασκευαστικά θέματα

- Συστολή ξήρασης
- Δυσκολία σκυροδέτησης (ανεπαρκή πρόσβαση στην κορυφή)

17

(β) Η κατασκευή δικτυωτών συστημάτων ⇒ μέτρια αύξηση αντοχής, κυρίως αύξηση δυσκαμψίας & πλαστιμότητας

- Τύπος
- Μεταλλικά συστήματα (σχήμα Κ, ρόμβου ή χιαστί διαγωνίων)
- Κρίσιμα σημεία
- Αξιολόγηση ανακατανομής έντασης
  - Επάρκεια αντοχής κόμβων



(γ) Η κατασκευή τοιχωμάτων-περυγίων ⇒ μέτρια αύξηση αντοχής & δυσκαμψίας, βελτίωση πλαστιμότητας

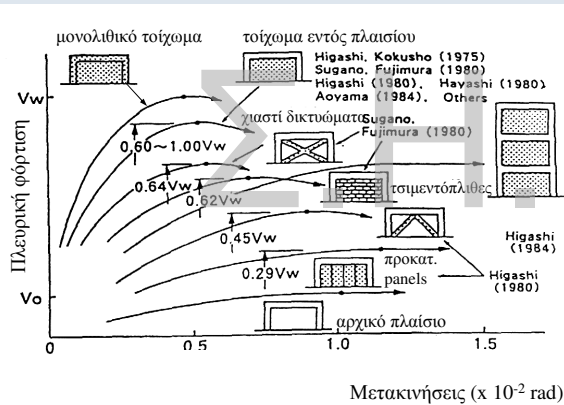
(δ) Η προσθήκη νέων κατακόρυφων στοιχείων ⇒ μεγάλη αύξηση αντοχής, δυσκαμψίας & πλαστιμότητας

(ε) Η ενσωμάτωση στην κατασκευή συστημάτων απορρόφησης ενέργειας ⇒ (μείωση εισαγόμενης σεισμικής έντασης)

(στ) Η επιλεκτική ενίσχυση αδύναμων δομικών στοιχείων ⇒ (αποφυγή πρόωρων αστοχιών & αύξηση πλαστιμότητας)

18

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

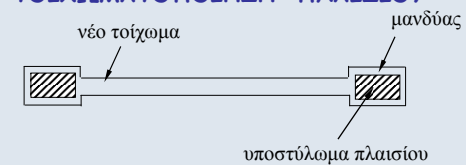


19

## ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

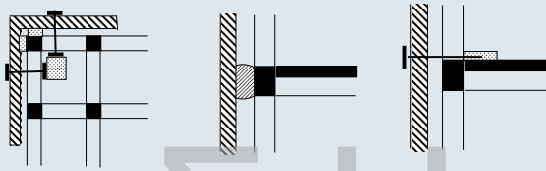
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ	Αντοχή		Δυσκαμψία		Πλαστιμότητα	
	$V_u'/V_{u,m}$	$V_u'/V_{u,r}$	$K'/K_m$	$K'/K_r$	$\mu'/\mu_m$	$\mu'/\mu_r$
Τοιχώματα από έγχυτο σκυρόδεμα	0,50-1,0	3,5-5,5	0,75-1,0	12,5-25,5	0,85-0,95	0,90
Προκατασκευασμένα τοιχώματα	0,20-0,80	1,20-4,20	0,15-0,85	3,5-20,5	0,70-3,95	0,70-3,80
Οπλισμένα τοιχοποιία	0,60	3,50	0,35	7,30	0,50	-
Μεταλλικά πλαίσια και δικτυώματα	0,35-0,65	1,70-3,70	0,05-0,30	1,60-6,50	0,50-4,35	1,45-4,25

### ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ



20

## ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΝΕΩΝ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ



Ενδεικτική διάταξη συνδέσεων: α) κάτωψη, β) τομή σε θλιπτικό σύνδεσμο, γ) τομή σε εφελκυστικό σύνδεσμο

21



Ενδεικτική θέση προεξοχών τοιχώματος για παρεμπόδιση ανύψωσης του εφελκυσμένου πέλαμάτος του

22

## ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΛΥΣΗΣ

- Ποιος είναι ο στόχος της επεμβασής;  
Από τι πάσχει η κατασκευή;

- Τι Διατίθεται;
  - Υλικά και Τεχνολογίες Επεμβάσεων
    - Ειδικόί Τύποι Σκυροδέματος
    - Πολυμερικές Κόλες (ρητίνες)
    - Επισκευαστικά Κονιάματα
    - Επικολητά Φύλλα από Χάλυβα ή Ινοπλισμένα Πολυμερή (FRP)
    - Διατμητικοί Σύνδεσμοι (Βλήτρα) - Αγκύρια
    - Αγκυρώσεις και Συγκολλήσεις Νέων Ράβδων Οπλισμού

- Ειδικότερες Τεχνικές για :
  - Υποστυλώματα
  - Τοιχώματα
  - Δοκούς
  - Πλάκες
  - Κόμβους Δοκών-Υποστυλωμάτων
  - Στοιχεία Θεμελίωσης

• Η Γενική Υπολογιστική Διαδικασία } Ανάλυση  
 • Υπολογιστικά Θέματα για Ειδικότερες Τεχνικές } Διαστασιολόγηση

- Πώς θα γίνει ο Επανυπολογισμός;

• Υπολογιστικά Θέματα για Ειδικότερες Τεχνικές

23

## ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΙΣΚΕΥΑΣΜΕΝΩΝ/ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

### ■ Λογική σύνθετου μέλους:

παλιό + νέο, συνεργάζονται → περιορισμός διατμητικής ολίσθησης στην διεπιφάνεια και καθέτου απομάκρυνσης

### ■ Μειωμένος βαθμός αξιοπιστίας αποτελεσμάτων

- (α) Έλλειψη επαρκώς τεκμηριωμένης πρακτικά αξιοποιήσιμης γνώσης για τη μηχανική των διεπιφανειών και πρωταρχικών παραμορφώσεων
- (β) Αποτίμηση βαθμού βλάβης
- (γ) Έλλειψη τεχνικών προδιαγραφών

### ■ Υπολογιστική διαδικασία

- (α) Έλεγχος επάρκειας διεπιφανειών
- (β) Χρήση Αναθεωρημένων Συντελεστών Ασφάλειας για τα υλικά
- (γ) Προσδιορισμός "Ικανότητας" του στοιχείου

-Ακριβής αναλυτική εκτίμηση: ως σύνθετο μέλος με συνυπολογισμό της ολίσθησης στην διεπιφάνεια

-Προσεγγιστικά: αναγωγή σε αντίστοιχο μονολιθικό μέλος

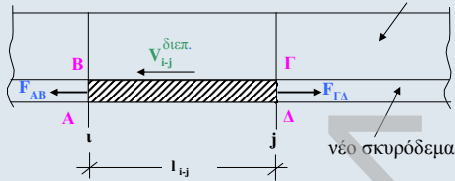
24

## ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΙΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ

$$S_d \leq R_d$$

$$V_{sd}^{διεπ.} \leq V_{Rd}^{διεπ.}$$

παλαιό σκυρόδεμα



$$V_{sd}^{BΓ} = F_{ΓΔ} - F_{AB}$$

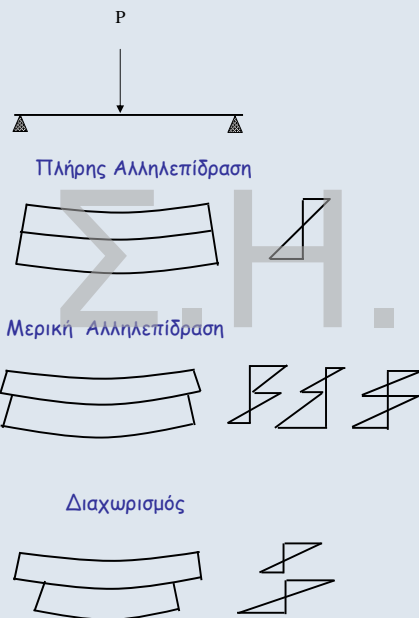
$$V_{sd}^{BΓ} = V_{R,C} + V_{R,fo} + V_{R,fl} + V_{R,D} + V_{R,wc}$$

$$V_{R,D} = \frac{1,65}{\gamma_{Rd}} A_D \sqrt{f_{cd} f_{yd}}$$

25

## ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΥΝΘΕΤΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ

26



27

## ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΜΟΝΟΛΙΘΙΚΟΤΗΤΑΣ

$$k_k = \frac{\text{Δυσκαμψία πραγματικού σύνθετου στοιχείου}}{\text{Δυσκαμψία μονολιθικού στοιχείου}}$$

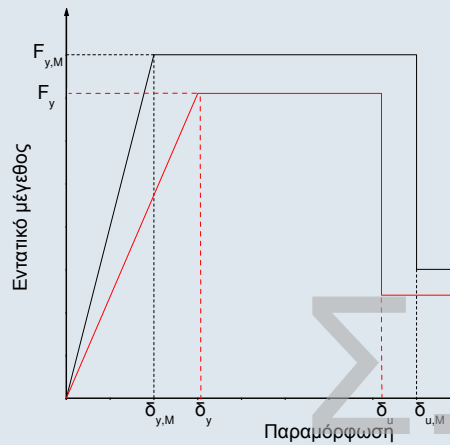
$$k_r = \frac{\text{Αντοχή πραγματικού σύνθετου στοιχείου}}{\text{Αντοχή μονολιθικού στοιχείου}}$$

$$k_k \leq k_r \leq 1,0$$

$$k_\mu = \frac{\text{Πλαστιμότητα πραγματικού σύνθετου στοιχείου}}{\text{Πλαστιμότητα μονολιθικού στοιχείου}}$$

$$k_{\delta u} = \frac{\text{Οριακή παραμόρφωση πραγματικού σύνθετου στοιχείου}}{\text{Οριακή παραμόρφωση μονολιθικού στοιχείου}}$$

28



$$F_y = k_{F_y} \cdot F_{y,M}$$

$$\delta_y = k_{\delta_y} \cdot \delta_{y,M}$$

$$\delta_u = k_{\delta_u} \cdot \delta_{u,M}$$

Καμπύλη Σχεδιασμού Ενισχυμένου Μέλους

A/A	Τρόπος σύνδεσης στην διεπιφάνεια	$k_{F_y}$	$k_{\delta_y}$	$k_{\delta_u}$
1	W	0.85-0.87	1.16-1.57	1.09-1.39
2	D	0.80-0.83	1.63-1.89	0.79-0.85
3	R	0.85-0.90	1.70-1.94	0.70-0.84
4	RD	0.90-0.94	1.15-1.85	0.71-0.83
5	NTa	0.80-0.81	1.09-1.26	0.63-0.70
6	NTP	0.97-0.99	2.69-3.10	0.74-0.80
7	E	1.11-1.13	1.15-1.33	1.09-1.18
8	NT	0.71-0.73	0.84-1.11	0.82-0.89

Συντελεστές Μονολιθικότητας

Σ.Η. ΔΡΙΤΣΟΣ