

ΚΑΝ.ΕΠΕ. (1)

➤ Στέφανος Δρίτσος
Καθηγητής

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών

1

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΤΟΝ ΚΑΝ.ΕΠΕ

A. Ορισμοί

B. Μέθοδοι Ανάλυσης

2

A. ΟΡΙΣΜΟΙ

- Διαθέσιμο περιθώριο αντοχής δομικού στοιχείου.
 - Προσδιορίζεται μέγεθος και κατανομή ανελαστικών παραμορφώσεων.
 - Προκύπτει από αρχική ελαστική ανάλυση του κτιρίου.
 - Χαρακτηριστικό μέγεθος: «Δείκτης διαθέσιμης αντοχής»:
$$\lambda = S / R_m$$

S ροπή από σεισμικό συνδυασμό δράσεων ($q=1$), ή τέμνουσα με βάση τις αντοχές των μελών που συμβάλλουν σε έναν κόμβο.

R_m διαθέσιμη αντίσταση του μέλους.
 - Υπολογισμός για κάθε τύπο έντασης (καμπτική και διατμητική), στα κύρια στοιχεία.
 - Κρίσιμο εντατικό μέγεθος: αυτό για το οποίο υπολογίστηκε η μέγιστη τιμή του λόγου λ .
 - Κρίσιμος λόγος λ (για τον όροφο): ο μεγαλύτερος λόγος λ για ένα επιμέρους στοιχείο.

3

A. ΟΡΙΣΜΟΙ

- Μορφολογική κανονικότητα.
 - Μορφολογικά χαρακτηριστικά επηρεάζουν τη συμπεριφορά και καθορίζουν το πεδίο εφαρμογής κάθε μεθόδου.
 - Κτίριο μορφολογικά κανονικό όταν:
 - i) Φορείς ανάληψης σεισμικών δράσεων δεν διακόπτονται καθ' ύψος - δεν συνεχίζουν σε άλλο φάτνωμα.
 - ii) Φορείς ανάληψης σεισμικών δράσεων δεν συνεχίζουν σε εκτός επιπέδου εσοχή σε γειτονικό όροφο.
 - iii) Κανένας καμπτοδιατμητικώς ασθενής όροφος, δηλαδή όροφος με μέσο δείκτη διαθέσιμης αντοχής λ_k μεγαλύτερο από το 125% ενός γειτονικού.

4

A. ΟΡΙΣΜΟΙ

- Μορφολογική κανονικότητα.

- Μέσος δείκτης διαθέσιμης αντοχής:

$$\bar{\lambda}_k = \frac{\sum_1^n \lambda_i V_{si}}{\sum_1^n V_{si}}$$

λ_i ο δείκτης διαθέσιμης αντοχής του κύριου στοιχείου i

V_{si} αντίστοιχη δρώσα τέμνουσα (ελαστική ανάλυση - $q = 1$)

n ο αριθμός κύριων στοιχείων του ορόφου k .

iv) Κανένας στρεπτικώς ασθενής όροφος, δηλαδή όροφος όπου το πηλίκο του κρίσιμου λόγου λ στοιχείου που βρίσκεται στη μια πλευρά, προς τον αντίστοιχο λόγο στοιχείου που βρίσκεται στην απέναντι πλευρά υπερβαίνει το 1.5 (ισχύει μόνο για μη ευπαράμορφα υπερκείμενα διαφράγματα).

5

A. ΟΡΙΣΜΟΙ

- Κανονικότητα στον ΕΑΚ 2000.

- Πατώματα λειτουργούν ως απαραμόρφωτα διαφράγματα.
- Αύξηση ή μείωση σχετικής δυσκαμψίας $\Delta K_i = K_{i+1} - K_i$ ορόφου σε κάθε οριζόντια διεύθυνση μικρότερη από 0.35 και 0.50 K_i αντίστοιχα.
- Αύξηση ή μείωση της μάζας $\Delta m_i = m_{i+1} - m_i$ ενός ορόφου δεν υπερβαίνει τις τιμές 0.35 και 0.5 m_i αντίστοιχα.
- Δεν δίνονται γεωμετρικές συνθήκες, καθώς ο ορισμός της κανονικότητας αφορά μόνο την επιλογή μεθόδου υπολογισμού.

6

A. ΟΡΙΣΜΟΙ

- Εννιαίος δείκτης συμπεριφοράς q .

- Ορισμός με βάση το δείκτη πλαστιμότητας συνολικής οριζόντιας μετάθεσης του κτιρίου (διγραμμική προσομοίωση της σχέσης $V_b - \delta_{top}$)

$$q = \mu_\delta \quad \text{για } T \geq T_2$$

$$q = 1 + (T/T_2)(\mu_\delta - 1) \quad \text{για } T < T_2$$

- Εκτιμάται μια τιμή q' λαμβάνοντας υπόψη όλους τους παράγοντες που συνεργούν στην κατανάλωση σεισμικής ενέργειας.
- Για την αποτίμηση και για τις ανάγκες της προμελέτης μπορούν να ληφθούν τιμές από τον πίνακα που ακολουθεί (για ανασχεδιασμό κατάλληλα μειωμένες)

Εφαρμοσθέντες Κανονισμοί μελέτης (και κατασκευής)	Ευμενής παρουσία τοιχοπληρώσεων (στο σύνολο του κτιρίου)		Δυσμενής παρουσία ή απουσία τοιχοπληρώσεων	
	Ουσιώδεις βλάβες σε πρωτεύοντα στοιχεία		Ουσιώδεις βλάβες σε πρωτεύοντα στοιχεία	
	Ναι	Όχι	Ναι	Όχι
1995<...	2,30	3,00	1,80	2,30
1985<...<1995	1,80	2,30	1,30	1,80
...<1985	1,30	1,80	1,00	1,30

7

A. ΟΡΙΣΜΟΙ

- Εννιαίος δείκτης συμπεριφοράς q .

- Προσεγγιστικός (εμπειρικός) προσδιορισμός μπορεί να γίνει με βάση τον ακόλουθο πίνακα.

ΚΡΙΤΗΡΙΟ	ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ				ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ					ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑ			ΥΠΕΡΑΝΤΟΧΕΣ							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15					
ΕΛΕΓΧΟΣ	$\mu_1/r \approx \frac{\alpha \omega_{vd} + 0.035}{30 \epsilon_{vd} (\nu_d + \omega_{vd})} \frac{b}{D_0}$				$\frac{\sum M_{Rc}}{\sum M_{Rb}}$					$\frac{V_R}{V_{M_s}}$			Κακή	Μείτρια	Καλή	Όχι	Ναι			
ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ $\epsilon_{βιο}$	100	5	200	10	300	50	1.1	100	1.3	150	(**)	1.1	50	1.3	100	-100	100	200	50	250

$$\text{Λαμβάνεται } q' = \left(\sum_1^5 \beta_i / 1000 \right) \cdot q \geq 1$$

- Ανάλογα με τη Σ.Α.Δ. διαφοροποιούνται οι τιμές με βάση τον παρακάτω πίνακα.

Στάθμη επιτελεστικότητας		
Σχεδόν πλήρης λειτουργικότητα κατά τον σεισμό	Προστασία ζωής και περιουσίας ενοίκων	Οιονεί - κατάρρευση
(Α)	(Β)	(Γ)
0,60 και 1.00< q^* <1.50	1,00	1,50

Τιμές q^*/q'

8

A. ΟΡΙΣΜΟΙ

• Τοπικοί δείκτες συμπεριφοράς (μελών).

- Ορίζεται ως: $\eta = \delta_d / \delta_y$ όπου
 δ_y παραμόρφωση διαρροής
 δ_d παραμόρφωση σχεδιασμού η οποία λαμβάνεται

Για Σ.Ε. "Ασφάλεια Ζωής" $\delta_d = 0.5(\delta_y + \delta_u) / \gamma_{Rd}$ για πρωτεύοντα και $\delta_d = \delta_u / \gamma_{Rd}$ για δευτερεύοντα στοιχεία.

Για Σ.Ε. "Αποφυγή Κατάρρευσης" $\delta_d = \delta_u / \gamma_{Rd}$ για όλα τα μέλη.

• Σεισμός.

- Εξαρτάται από το στόχο αποτίμησης ή ανασχεδιασμού.
- Για πιθανότητα υπέρβασης 10% σε 50 έτη χρησιμοποιείται η δράση που προβλέπει ο ΕΑΚ 2000. Για πιθανότητα υπέρβασης 50% λαμβάνεται υπόψη το 60% αυτής.
- Ο συντελεστής γ_I δίνει τη δυνατότητα υπέρβασης της ενδεικτικής ζωής των 50 ετών.

9

B. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Για την ανάλυση μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία από τις ακόλουθες μεθόδους.

I. Ελαστική (ισοδύναμη) στατική ανάλυση με καθολικούς (q) ή τοπικούς δείκτες συμπεριφοράς (m).

II. Ελαστική δυναμική ανάλυση με καθολικούς (q) ή τοπικούς δείκτες συμπεριφοράς (m).

III. Ανελαστική στατική ανάλυση.

IV. Ανελαστική δυναμική ανάλυση.

Η «I» αντιστοιχεί στην «απλοποιημένη φασματική» μέθοδο και η «II» στην «δυναμική φασματική» μέθοδο που ορίζονται στον ΕΑΚ 2000.

10

B. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

I. Ελαστική στατική ανάλυση.

- Προυποθέσεις εφαρμογής.
 - $\lambda < 2.5$ για όλα τα στοιχεία ή $\lambda > 2.5$ για ένα ή περισσότερα αλλά μορφολογικά κανονικό κτίριο.
 - Λόγος οριζόντιας διάστασης ενός ορόφου προς αντίστοιχη γειτονικού δεν υπερβαίνει το 1.4 (εξαιρείται τελευταίος όροφος και προσαρτήματα)
 - Όχι έντονα ασύμμετρη κατανομή δυσκαμψίας σε κάτοψη. Κριτήριο για μη ευπαράμορφα διαφράγματα: το σχετικό βέλος ορόφων σε οποιαδήποτε $\leq 150\%$ μέσου σχετικού βέλους.
 - Όχι ασύμμετρη κατανομή μάζας καθ' ύψος. Κριτήριο: μέσο σχετικό βέλος ορόφου $\leq 150\%$ σχετικού βέλους υποκείμενου ή υπερκείμενου.
 - Σύστημα ανάληψης σεισμικών δράσεων σε δύο περίπου κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις.

11

B. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

I. Ελαστική στατική ανάλυση.

- Προυποθέσεις εφαρμογής στον ΕΑΚ 2000.
 - Κανονικά κτίρια μέχρι 10 ορόφους
 - Μη κανονικά κτίρια μέχρι 5 ορόφους με εξασφαλισμένη διαφραγματική λειτουργία. Εξαιρούνται κτίρια σπουδαιότητας Σ4 άνω των δύο ορόφων ανεξάρτητα της σεισμικής ζώνης και κτίρια σπουδαιότητας Σ3 άνω των δύο ορόφων στις σεισμικές ζώνες II και III.

12

B. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

I. Ελαστική στατική ανάλυση.

- Βασικές παραδοχές - διαδικασία.
 - Προσομοίωση με θεώρηση ελαστικής δυσκαμψίας - απόσβεσης για πρώτη διαρροή.
 - Ανάλυση για ισοδύναμα στατικά φορτία. Προσδιορισμός δυνάμεων - παραμορφώσεων.
 - Συνεκτίμηση τοιχοπληρώσεων - δύο αναλύσεις:
 - α) Θεώρηση για τις τοιχοπληρώσεις δυστένιας - δυστημσίας που αντιστοιχεί στη μέγιστη αντοχή.
 - β) Θεώρηση για τις τοιχοπληρώσεις δυστένιας - δυστημσίας που αντιστοιχεί σε σχετικό βέλος ορόφου συμβατό με τις μετακινήσεις. Λαμβάνεται υπόψη το δυσμενέστερο όσον αφορά την ένταση και παραμόρφωση των στοιχείων του φορέα.
 - Έλεγχος κριτηρίων επιτελεστικότητας.

13

B. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

I. Ελαστική στατική ανάλυση.

- Υπολογισμός Ιδιοπεριόδου.
 - Από ιδιομορφική ανάλυση του προσομοιώματος.
 - Εναλλακτικά από Rayleigh - Ritz ή εμπειρικές σχέσεις. Προτείνεται:

$$T_0 = C_t h_n^\beta$$

όπου για κτίρια Ο/Σ ισχύει $C_t=0.052$ και $\beta=0,90$ και h_n σε m.

- Υπολογισμός Ιδιοπεριόδου στον ΕΑΚ 2000.
 - Από οποιαδήποτε αναγνωρισμένη μέθοδο της μηχανικής.
 - Για ορθογωνικά κτίρια προτείνεται η σχέση [3.13]:

$$T = 0.09 \frac{H}{\sqrt{L}} \sqrt{\frac{H}{H + \rho \cdot L}}$$

όπου H και L ύψος και μήκος κτιρίου και ρ (επιφάνεια διατομής τοιχωμάτων ανά διεύθυνση)/(συνολική τοιχωμάτων και υποστλωμάτων)

14

B. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

I. Ελαστική στατική ανάλυση.

- Υπολογισμός ισοδύναμης στατικής φόρτισης.

A. Μέθοδος q

- Το συνολικό φορτίο υπολογίζεται από την §3.5.2 ΕΑΚ 2000.

$$V_0 = M \cdot \Phi_d(T) \quad [3.12]$$

B. Μέθοδος m

- Ο υπολογισμός πρέπει να λαμβάνει υπόψη: i) την ανελαστική συμπεριφορά των μελών και ii) το ρόλο των ανώτερων ιδιομορφών.
- Προτείνεται η χρήση της σχέσης:

$$V = C_1 C_m \Phi_e W \quad \text{όπου}$$

$C_1 = \delta_{inel} / \delta_{el}$ και λαμβάνεται $C_1 = 1$ για $T_0 \leq T_2$ και

$C_1 = [1 + (R-1)T_2/T_0]/R$ για $T_0 < T_2$ με $R = [(\Phi_e/g)/(V_y/W)]/(1/C_m)$

όπου για το V_y/W λαμβάνεται 0.15 για μικτό και 0.10 για πλαισιακό

C_m συντελεστής για τη δρώσα μάζα

Φ_e φασματική επιτάχυνση και W βάρος

15

B. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

I. Ελαστική στατική ανάλυση.

- Κατανομή σεισμικών φορτίων καθ' ύψος.

Αντίστοιχα με τον ΕΑΚ 2000 γίνεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$F_i = (V_0 - V_H) \cdot \frac{m_i \cdot z_i}{\sum_j m_j \cdot z_j} \quad [3.15]$$

- Δυνάμεις στα διαφράγματα (για υπολογισμό παραμορφώσεων εντός επιπέδου).

- Συνδυασμός αδρανειακών δυνάμεων - δυνάμεων λόγω εσοχών η ασυνεχειών στη δυσκαμψία κατακορύφων στοιχείων.
- Προσομοίωση με διάφραγμα ή αυτοτελές προσομοίωμα για υπολογισμό εντάσεων.
- Έλεγχος με βάση την αντοχή.

16

Β. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

II. Ελαστική δυναμική ανάλυση.

- Προυποθέσεις εφαρμογής.
 - $\lambda < 2.5$ για όλα τα στοιχεία ή $\lambda > 2.5$ για ένα ή περισσότερα αλλά μορφολογικά κανονικό κτίριο.
 - Στον ΕΑΚ 2000 η αντίστοιχη δυναμική φασματική μέθοδος χρησιμοποιείται χωρίς περιορισμούς.
- Βασικές παραδοχές.
 - Προσομοίωση με θεώρηση ελαστικής δυσκαμψίας - απόσβεσης για σημείο κοντά στο όριο διαρροής των στοιχείων.
 - Συνεκτίμηση τοιχοπληρώσεων ανάλογα με την ελαστική στατική μέθοδο.

17

Β. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

II. Ελαστική δυναμική ανάλυση.

- Μεθοδολογία ανάλυσης.
 - A. Φάσματα απόκρισης. Αντίστοιχα με ΕΑΚ.
 - Προσδιορισμός μεγίστων τιμών που αντιστοιχούν σε κάθε ιδιομορφή σύμφωνα με §3.4.2 ΕΑΚ 2000.
 - Μέγιστες τιμές εντάσεων κλπ. κάθε ιδιομορφής συνδυάζονται σύμφωνα με §3.4.3 ΕΑΚ 2000.
 - Χωρική επαλληλία παραπάνω μεγεθών με βάση την §3.4.4 ΕΑΚ 2000.
 - B. Χρονοϊστορία.
 - Πραγματικά επιταχυνσιογραφήματα ή συνθετικά σύμφωνα με το παράρτημα Α2 του ΕΑΚ 2000.
 - Μητρώο απόσβεσης για απόκριση κοντά στο όριο διαρροής του κτιρίου.
 - Τουλάχιστον τρία επιταχυνσιογραφήματα: έλεγχος με \max τιμές εντατικών μεγεθών. Τουλάχιστον 7: μέσες τιμές μεγεθών.
 - Χωρική επαλληλία σεισμικών δράσεων όπως προβλέπεται στον ΕΑΚ.

18

Β. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

II. Ελαστική δυναμική ανάλυση.

- Εντάσεις και παραμορφώσεις.
 - A. Μέθοδος q
Στον προσδιορισμό των παραμορφώσεων λαμβάνεται υπόψη η επιρροή της ανελαστικής συμπεριφοράς. Οι τιμές που προκύπτουν πολλαπλασιάζονται με q .
 - B. Μέθοδος m
Η ανελαστική συμπεριφορά των μελών λαμβάνεται υπόψη με κατάλληλη αύξηση εντάσεων και παραμορφώσεων. Οι τιμές που προκύπτουν πολλαπλασιάζονται με C_1 .
 - Και στις δύο μεθόδους μπορεί να απαιτηθεί περαιτέρω αύξηση για συνεκτίμηση της στρέψης.
- Διαφράγματα.
Ισχύει ότι και στην ελαστική στατική. Οι δυνάμεις από ανάλυση όχι μικρότερες από 85% της εξ. 3.15 (πρακτικά $q=1$)

19

Β. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

III. Ανελαστική στατική ανάλυση.

- Σκοπός.
Εκτίμηση μεγέθους ανελαστικών παραμορφώσεων (βλαβών) των μελών της κατασκευής για τη σεισμική δράση αποτίμησης - ανασχεδιασμού. Σύγκριση με τις μέγιστες επιτρεπόμενες (από στάθμη επιτελεστικότητας - συμπεριφορά).
- Βασικές παραδοχές.
 - Εισαγωγή στο προσομοίωμα των μη γραμμικών χαρακτηριστικών της καμπύλης έντασης - παραμόρφωσης των μελών.
 - Φόρτιση: οριζόντια κατανεμημένη ανάλογα με τις αδρανειακές δυνάμεις. Αυξάνεται μονότονα (ανεξάρτητα με το χρόνο) μέχρι στοχία ή μέχρι μετακίνηση κορυφής λίγο μεγαλύτερη της στοχευόμενης.
 - Καμπύλη αντίστασης από τιμές τέμνουσας βάσης - μετατόπισης σημείου ελέγχου (συνήθως στην κορυφή του κτιρίου)
 - Έλεγχος κριτηρίων επιτελεστικότητας για μετακίνηση ίση με τη στοχευόμενη και σε όρους παραμορφώσεων.

20

B. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

III. Ανελαστική στατική ανάλυση.

- Προϋποθέσεις εφαρμογής.
 - Όχι σημαντική επιρροή ανώτερων ιδιομορφών.
Έλεγχος: δυναμική ανάλυση με ιδιομορφές που συνεισφέρουν $\geq 90\%$ της μάζας. Δυναμική ανάλυση μόνο με την πρώτη ιδιομορφή (σε κάθε διεύθυνση). Αν οι τέμνουσες ορόφων που προκύπτουν από την πρώτη $\geq 130\%$ των αντίστοιχων της δεύτερης - επιρροή σημαντική.
 - Για σημαντική επιρροή των ανώτερων ιδιομορφών η ανελαστική στατική ανάλυση εφαρμόζεται παράλληλα με ελαστική δυναμική.
 - Στην τελευταία περίπτωση απαιτείται να ικανοποιούνται τα κριτήρια ελέγχου και στις δύο περιπτώσεις. Επιτρέπεται αύξηση 33% στις παραμέτρους τις δυναμικής.

21

B. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

III. Ανελαστική στατική ανάλυση.

- Παρατηρήσεις στη διαδικασία.
 - Προσδιορισμός V- δ για μετακίνηση κόμβου ελέγχου από 0 - 150% δ_r .
 - Κατακόρυφα φορτία συμπεριλαμβάνονται και συνδυάζονται σύμφωνα με τον σεισμικό συνδυασμό του ΕΑΚ.
 - Οριζόντια φορτία σε δύο διευθύνσεις (θετική - αρνητική). Έλεγχος για δυσμενέστερη ένταση.
 - Στο προσομοίωμα θα συμπεριλαμβάνεται η σχέση έντασης - παραμόρφωσης σε κάθε πιθανό σημείο ανελαστικής συμπεριφοράς.
 - Συμπεριλαμβάνονται κύρια και δευτερεύοντα αλλά και τοιχοπληρώσεις.
 - Σχέση έντασης - παραμόρφωσης στοιχείου: καμπύλη για μονότονη φόρτιση μέχρι αστοχία. Περιλαμβάνεται εξασθένηση της αντίστασης, παραμένουσα αντοχή.
 - Απλοποιημένη μέθοδος: μόνο κύρια στοιχεία, διγραμμικές σχέσεις έντασης - παραμόρφωσης.

22

B. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

III. Ανελαστική στατική ανάλυση.

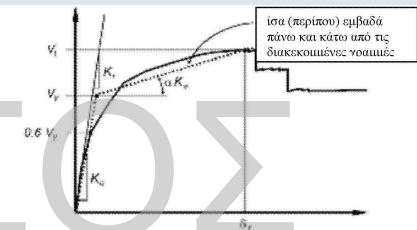
- Παρατηρήσεις στη διαδικασία.
 - Κόμβος ελέγχου στο κέντρο μάζας οροφής.
- Κατανομή σεισμικών φορτίων καθ' ύψος.
 - Μεταβολή κατανομής λόγω ανελαστικοποίησης περιοχών μέσω εφαρμογής δύο διαφορετικών κατανομών. Επιλογή από ακόλουθες ομάδες:
 - A) (i) Από σχέση 3.15 του ΕΑΚ 2000 (ii) από το σχήμα της πρώτης ιδιομορφής, αρκεί το ποσοστό συμμετοχής αυτής $\geq 75\%$ (iii) ανάλογα με τις τέμνουσες ορόφου.
 - B) (i) Ομοιόμορφη ανάλογα με τη μάζα κάθε στάθμης (ii) αναπροσαρμοζόμενη ανάλογα με την παραμόρφωση.

23

B. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

III. Ανελαστική στατική ανάλυση.

- Εξιδανικευμένη καμπύλη συμπεριφοράς.
Διγραμμική. Προσδιορίζεται με βάση το ακόλουθο σχήμα.



Σχ. Σ5.2 Εξιδανίκευση της καμπύλης αντίστασης της κατασκευής με διγραμμική καμπύλη.

- K_e ισodύναμη πλευρική δυσκαμψία. Προκύπτει ως η επιβατική που αντιστοιχεί σε δύναμη ίση με 60% πρώτης διαρροής.

24

B. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

III. Ανελαστική στατική ανάλυση.

- Προσδιορισμός ιδιοπεριόδου.

Με βάση την προηγούμενη καμπύλη προκύπτει:

$$T_e = T_0 \sqrt{\frac{K_0}{K_e}}$$

όπου T_0 ελαστική θεμελιώδης ιδιοπερίοδος και K_0 αντίστοιχη ελαστική δυσκαμψία. Το K_e ορίστηκε προηγουμένως.

- Στοχευόμενη μετακίνηση.
 - Θεωρείται η μετακίνηση ενός ελαστικού μονοβάθμιου συστήματος, με ιδιοπερίοδο ίση με τη θεμελιώδη ελαστική και ίδια σεισμική δράση, προφανώς με κατάλληλη διόρθωση των μετακινήσεων.
 - Λαμβάνονται υπόψη προσεγγιστικά: διαφορές ελαστικής - ανελαστικής μετακίνησης, μετακίνησης μονοβάθμιου - κόμβου ελέγχου, ελαστοπλαστικού μονοβάθμιου - συστήματος με φθίνουσα δυσκαμψία, επιρροές β' τάξης.

25

B. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

III. Ανελαστική στατική ανάλυση.

- Στοχευόμενη μετακίνηση.

- Υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 (T_e^2 / 4\pi^2) \Phi_e$$

$C_0 = 1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5$ για αριθμό ορόφων 1,2,3,4,5 και ≥ 10 αντίστοιχα.

C_1 ορίστηκε προηγουμένως

C_2 λαμβάνεται από τον ακόλουθο πίνακα

Στάθμη επιτελεστικότητας	T = 0.1s		T ≥ T ₂	
	φορέας τύπου 1	φορέας τύπου 2	φορέας τύπου 1	φορέας τύπου 2
Άμεση χρήση (λειτουργικότητα)	1.0	1.0	1.0	1.0
Προστασία ζωής	1.3	1.0	1.1	1.0
Αποφυγή κατάρρευσης	1.5	1.0	1.2	1.0

$C_3 = 1$ για συνήθη κτίρια (χωρίς έντονα φαινόμενα β' τάξης)

- Επιπλέον διορθώσεις για ευπαράμορφα διαφράγματα, συνεκτιμήση στρεπτικών φαινομένων.

26

B. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

IV. Ανελαστική δυναμική ανάλυση.

- Προϋποθέσεις.
 - Σ.Α.Δ. "Ικανοποιητική".
 - Επαρκής εμπειρία και εξειδίκευση μηχανικού.
- Προσομοίωση.
 - Γενικά ανάλογες απαιτήσεις με τη στατική ανελαστική ανάλυση.
 - Περιλαμβάνονται άμεσα τα μη γραμμικά χαρακτηριστικά της σχέσης έντασης - παραμόρφωσης των στοιχείων.
- Σεισμική Δράση.
 - Ιστορικό επιταχύνσεων βάσης από πραγματικές καταγραφές ή σύνθετα επιταχυνσιογραφήματα.
 - Χωρική επαλληλία σύμφωνα με τα γνωστά και από ΕΑΚ.
- Εντάσεις και παραμορφώσεις.
 - Γενικά ισχύουν όσα αναφέρθηκαν και πριν. Υπολογίζονται άμεσα από την ανάλυση και συγκρίνονται με κριτήρια επιτελεστικότητας.

27

ΚΥΡΙΑ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

- Ορισμοί
- Λόγοι που επιβάλλουν τη διάκριση
- Προσομοίωση και έλεγχος

28

ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΥΡΙΩΝ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

- Με τον όρο στοιχεία χαρακτηρίζονται τόσο μεμονωμένα μέλη όσο και επιμέρους φορείς της κατασκευής.
- Κύρια (ή πρωτεύοντα) χαρακτηρίζονται αυτά που συμβάλλουν στην αντίσταση και ευστάθεια του κτιρίου υπό σεισμικά φορτία.
- Δευτερεύοντα είναι τα υπόλοιπα στοιχεία του φορέα, αυτά δηλαδή που συμβάλλουν στην ανάληψη κατακόρυφων φορτίων, αλλά δεν συνεισφέρουν σημαντικά στην αντίσταση έναντι σεισμού, ή βαθμός συνεισφοράς τους είναι αναξιόπιστος.

29

ΛΟΓΟΙ ΠΟΥ ΕΠΙΒΑΛΛΟΥΝ ΤΗ ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΣΕ ΚΥΡΙΑ - ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΑ

- Σε επαρκείς γενικά φορείς, χαρακτηρισμός μεμονωμένων στοιχείων που δεν καλύπτουν τα κριτήρια επιτελεσματικότητας ως δευτερεύοντα, ώστε να μπορεί να γίνει αποτίμηση χωρίς να λαμβάνονται υπόψη.
- Όταν κατά τον ανασχεδιασμό εισάγονται νέοι φορείς που αναλαμβάνουν το σύνολο των σεισμικών δράσεων, ο αρχικός φορέας μπορεί να χαρακτηριστεί δευτερεύων.
- Διαφοροποιούνται οι έλεγχοι επιτελεσματικότητας και δεν οδηγεί η αποτίμηση στο λανθασμένο συμπέρασμα ότι ο φορέας είναι ανεπαρκής λόγω της αστοχίας μεμονωμένων στοιχείων.

30

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΥΡΙΩΝ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

A. Κανόνες προσομοίωσης.

- Ελαστική ανάλυση: προσομοιώματα μόνο με τα κύρια αν η συνολική δυσκαμψία των δευτερευόντων δεν υπερβαίνει το 25% αυτής των κύριων. Αν αυτό δεν ισχύει: χαρακτηρισμός κάποιων δευτερευόντων ως κύρια ώστε να ισχύει το πιο πάνω κριτήριο.
- Ανελαστική ανάλυση: περιλαμβάνονται τόσο τα κύρια όσο και τα δευτερεύοντα στοιχεία με κατάλληλο καθορισμό της συμπεριφοράς τους στην ελαστική και στην ανελαστική φάση απόκρισής τους.
- Απαγορεύεται ο επιλεκτικός χαρακτηρισμός στοιχείων ως δευτερεύοντα ώστε να μετατρέπεται η μορφολογία του κτιρίου από κανονική σε μη.

31

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΥΡΙΩΝ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

B. Έλεγχοι

- Πρωτεύοντα και δευτερεύοντα στοιχεία πρέπει να αναλαμβάνουν δυνάμεις και παραμορφώσεις που τους αντιστοιχούν στον επιδιωκόμενο στόχο με βάση καθορισμένα κριτήρια.
- Έλεγχος κύριων στοιχείων με βάση δυνάμεις και παραμορφώσεις λόγω σεισμού σε συνδυασμό με κατακόρυφα φορτία.
- Έλεγχος δευτερευόντων με βάση τις παραμορφώσεις λόγω σεισμού σε συνδυασμό με κατακόρυφα φορτία.

32