

Αποτίμηση και Επεμβάσεις σε Κτήρια και Έργα Υποδομής με βάση την Επιτελεστικότητα (ΚΑΝΕΠΕ / EN 1998-3)

Γενικές αρχές – Τεκμηρίωση - Ανάλυση

Δημήτριος Κ. Μπάρος

Πολιτικός Μηχανικός, Δρ.
Πανεπιστημίου Πατρών

Αθήνα, Μάιος 2019

Σκοπός και πεδίο εφαρμογής του ΚΑΝ.ΕΠΕ.

- **Σκοπός** (§1.1.1): κριτήρια για την **αποτίμηση** της φέρουσας ικανότητας **υφιστάμενων δομημάτων** και κανόνες εφαρμογής για τον **αντισεισμικό ανασχεδιασμό** τους, καθώς και για τις **ενδεχόμενες επεμβάσεις**.
- **«Υφιστάμενα δομήματα»** (§1.2.1): κυρίως **κτίρια**, με φέροντα οργανισμό (Φ.Ο.) **από οπλισμένο σκυρόδεμα**,
(α) **χωρίς** εμφανείς **βλάβες** (αποτίμηση – ενδεχόμενη ενίσχυση) (β) **με βλάβες** (αποτίμηση – επισκευή/ενίσχυση).
- **Δεν καλύπτει** (άμεσα;) (§1.2.1(β)): έργα **«υψηλής διακινδύνευσης»** - απαιτούνται συμπληρωματικές διατάξεις/προβλέψεις.

Σκοπός και περιεχόμενα του ΚΑΝ.ΕΠΕ.

- **Σκοπός** (§1.1.1): κριτήρια για την **αποτίμηση** της φέρουσας ικανότητας **υφιστάμενων δομημάτων** και κανόνες εφαρμογής για τον **αντισεισμικό ανασχεδιασμό** τους, καθώς και για τις **ενδεχόμενες επεμβάσεις**.
- **Αποτίμηση** : περιγραφή της **διαδικασίας** αποτίμησης και θέσπιση **κριτηρίων ελέγχου** της φέρουσας ικανότητας (§1.1.3(α)).
- **Επέμβαση**: καθορισμός των **τρόπων (μεθόδων) επέμβασης** και των **απαιτήσεων για το ανασχεδιασμένο δόμημα** (§1.1.3(β) και (γ)).
- **Συσχέτιση με λοιπούς Κανονισμούς** (τεχνολογίας υλικών, αντισεισμικούς κλπ.) (§1.1.3(δ))
Εναρμονισμένος με τους Ευρωκώδικες (ΕΚ) (σχετικές παραπομπές, **γνωμοδότηση επιτροπής σε FAQ**).

Στάδια μελέτης σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.

- **Τεκμηρίωση**: συλλογή των **απαιτούμενων στοιχείων** για το κτίριο (γεωμετρία, βλάβες/φθορές, ποιότητα υλικών κλπ.)
Εργασίες (α) **επί τόπου** (β) **εργαστηριακές δοκιμές**.
- **Αποτίμηση υφιστάμενης κατάστασης**:
 - (α) Καθορισμός **στόχου αποτίμησης/ανασχεδιασμού**
 - (β) Προκαταρκτικοί υπολογισμοί – **επιλογή μεθόδου**
 - (γ) **Προσομοίωση – ανάλυση/αναλύσεις**
 - (δ) **Έλεγχοι** οριακών καταστάσεων - **απόφαση**
- **Ανασχεδιασμός**:
 - (α) **Αποτίμηση χωρίς βλάβες** (εάν υπήρχαν) → **επισκευή**;
 - (β) **Επιλογή στρατηγικής**: (i) αντοχή και δυσκαμψία, (ii) πλαστιμότητα (iii) επεμβάσεις διαχειριστικού χαρακτήρα κ.α.
 - (γ) **Επιλογή μέτρων/μέσων** – αρχική **διαστασιολόγηση**
 - (δ) **Αποτίμηση ενισχυμένου** - **βελτιστοποίηση**

Τεκμηρίωση σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. (1)

- Συλλέγονται στοιχεία για (ΚΕΦ. 3):
 - (α) γεωμετρία Φ.Ο. και μη Φ.Ο.
 - (β) υφιστάμενη κατάσταση, συντήρηση, βλάβες/φθορές
 - (γ) υλικά Φ.Ο. και μη Φ.Ο.
- Επάρκεια στοιχείων → **Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων (Σ.Α.Δ.)** (= Επίπεδα Γνώσης 1 έως 3, ΕΚ 8-3, §3.6.2)
 - (i) «Υψηλή» > (ii) «Ικανοποιητική» > (iii) «Ανεκτή»

Δεν είναι υποχρεωτικά ενιαία για όλα τα δεδομένα και κατ' επέκτασιν για το υπό μελέτη δόμημα συνολικά.

- **Ανάλογα με τη Σ.Α.Δ.** καθορίζονται **συντελεστές ασφαλείας (§3.6.3):**
 - ▶ για αβέβαιες δράσεις: γ_f , γ_{sd}
 - ▶ για τα δεδομένα των υλικών: γ_m , γ_{Rd}

Τεκμηρίωση σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. (2)

- **Στοιχεία γεωμετρίας:**

- ▶ Στοιχεία από **δημόσια και ιδιωτικά αρχεία (§3.1(δ)) = φάκελος μελέτης ή/και σχέδια εφαρμογής** (υπάρχουν;;;!!!)
- ▶ Εργασίες **επί τόπου** (**αποστασιόμετρα** για μετρήσεις σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους, **φωτογραφίες**):
 - (i) **Γενικές διαστάσεις** κτιρίου/Φ.Ο. – προσδιορισμός δομητικού συστήματος
 - (ii) **Θέσεις και διαστάσεις διατομής των φέροντων στοιχείων** (ανωδομή)
 - (iii) **Θέσεις, πάχη, δόμηση, ανοίγματα των σημαντικών τοιχοπληρώσεων** (ποιες είναι;;;)
 - (iv) **Θέσεις και σοβαρότητα εμφανών βλαβών**
 - (v) **Αφανή στοιχεία**, π.χ. θέσεις και αποστάσεις ράβδων οπλισμού = **αποξηλώσεις**, στοιχεία για τη **θεμελίωση**

Τεκμηρίωση σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. (3)

- Στοιχεία γεωμετρίας: **(ν) αφανή στοιχεία** – οπλισμοί (1)



Αν υπάρχει μελέτη και ενδείξεις ότι έχει εφαρμοστεί: **τουλάχιστον 3 τομές** ανά κατηγορία δομικού στοιχείου (§3.5.2)



Για **Σ.Α.Δ. «Υψηλή»**:
Διερεύνηση στο **~10% των κατακόρυφων στοιχείων**
(μπορεί να μειωθεί, §3.7.4, [σχόλια Πιν. 3.2](#))

Τεκμηρίωση σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. (4)

- Στοιχεία γεωμετρίας: **(ν) αφανή στοιχεία** – οπλισμοί (2)



Συλλέγονται στοιχεία ή/και επαληθεύονται πληροφορίες και για **τα οριζόντια στοιχεία**.

Απαραίτητη και η συλλογή στοιχείων **κοντά στις θέσεις αναμονών/ματίσεων**.



Τεκμηρίωση σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. (5)

- Στοιχεία γεωμετρίας: **(ν) αφανή στοιχεία** – οπλισμοί (3)



Έμμεσες, μη-καταστροφικές μέθοδοι: μαγνητική ανίχνευση θέσης, διαμέτρου, αποστάσεων επικάλυψης.



Δεν αντικαθιστούν τις άμεσες παρατηρήσεις και μετρήσεις (χαντρώματα, §3.7.4, σχόλια Πιν. 3.2).

Τεκμηρίωση σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. (6)

• Στοιχεία γεωμετρίας (§3.7.4, Πιν. 3.2):

ΣΧΕΔΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ		ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΟΥ	ΠΑΡΑΤΗ ΡΗΣΕΙΣ	ΔΕΔΟΜΕΝΑ								
				ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΦΟΡΕΑ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ Ή ΑΝΩΔΟΜΗΣ			ΠΑΧΗ, ΒΑΡΗ κ.λπ. ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ, ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΩΝ, ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ κ.λπ.			ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΑΙ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΟΠΛΙΣΗΣ		
ΥΠΑΡΧΟΥΝ	ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΟΥΝ			Ανεκτή	Ικανοποιητική	Υψηλή	Ανεκτή	Ικανοποιητική	Υψηλή	Ανεκτή	Ικανοποιητική	Υψηλή
✓		1	Δεδομένο που προέρχεται από σχέδιο της αρχικής μελέτης η οποία έχει αποδεδειγμένα εφαρμοστεί, χωρίς τροποποιήσεις	(1)		✓		✓			✓	
✓		2	Δεδομένο που προέρχεται από σχέδιο της αρχικής μελέτης η οποία έχει εφαρμοστεί με λίγες τροποποιήσεις	(2)		✓		✓		✓		
✓		3	Δεδομένο που προέρχεται από αναφορά (π.χ. υπόμνημα σε σχέδιο της αρχικής μελέτης)	(3)	✓			✓				
	✓	4	Δεδομένο που έχει διαπιστωθεί ή/και μετρηθεί ή/και αποτυπωθεί αξιόπιστα	(4)		✓		✓		✓		
	✓	5	Δεδομένο που έχει προσδιοριστεί με έμμεσον αλλά επαρκώς αξιόπιστον τρόπο	(5)	✓	✓		✓		✓		
	✓	6	Δεδομένο που έχει ευλόγως θεωρηθεί κατά την κρίση Μηχανικού	(6)	✓	✓		✓		✓		

Τεκμηρίωση σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. (7)

- **Στοιχεία γεωμετρίας: (v) αφανή στοιχεία – θεμελίωση**
 - ▶ Πρόσβαση στο **υπόγειο** (εάν υπάρχει) **για αποτύπωση**
 - ▶ **Διερευνητικές εκσκαφές** (πρόσβαση εάν η δόμηση είναι συνεχής;;;) για εντοπισμό των στοιχείων της θεμελίωσης
 - ▶ **Διερευνητικά ορύγματα** → **έδαφος θεμελίωσης** (§3.5.4, σύσταση/στρωμάτωση, ποιότητα, διάβρωση, υπόγεια ύδατα) → **κατάταξη κατά ΕΚ8-1** (π.χ. για το φάσμα ψευδοεπιταχύνσεων).
 - ▶ **Εδαφοτεχνική έρευνα: απαιτήσεις** (§3.5.4(β), Πιν. 3.1)

Εδαφοτεχνική έρευνα	Προηγούμενη συμπεριφορά θεμελίωσης	Πρόσθετες δράσεις στο έδαφος(1)	Ανάγκη νέας έρευνας εδάφους
Διατίθεται	κακή		ναι
Δεν διατίθεται	καλή	όχι	όχι
		ναι	ναι
	κακή		ναι

Συστάσεις:

- ▶ **Σπουδαιότητα I και II (ΕΚ8-1): βιβλιογραφία**
- ▶ **Παραμετρική διερεύνηση**

Τεκμηρίωση σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. (8)

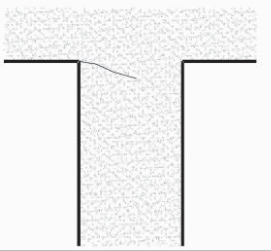
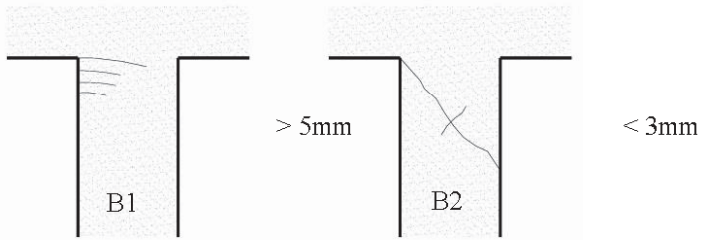
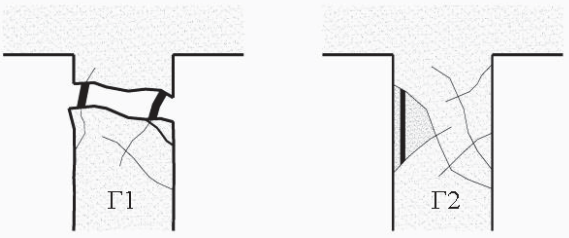
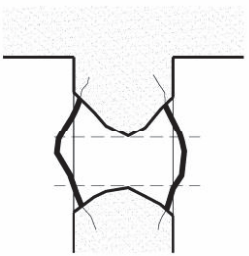
- Στοιχεία γεωμετρίας: **(iv) βλάβες** (1)



- Θέση, έκταση, αιτία
- Φέροντα στοιχεία και (σημαντικές) τοιχοπληρώσεις

Τεκμηρίωση σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. (9)

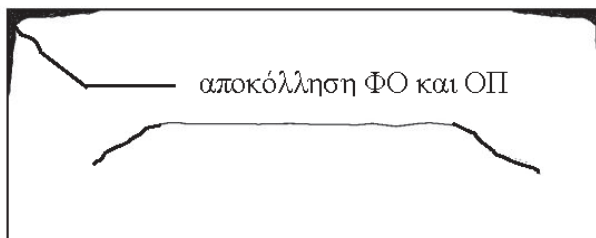
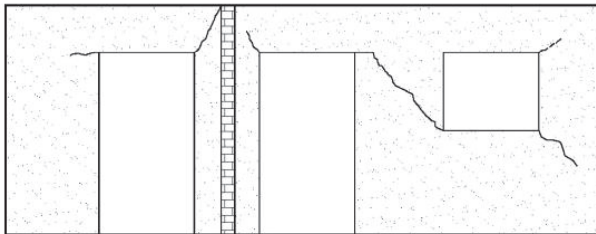
- Στοιχεία γεωμετρίας: **(iv) βλάβες** (2) (Παράρτημα 7Δ, Σχ. Σ1)

Περιορισμένης σπουδαιότητας	Ελαφρές βλάβες	A		Εύρος ρωγμών < 2mm Όχι λοξές ρωγμές Όχι μόνιμη μετατόπιση
		B		Καμπτικές ρωγμές > 5mm Διατμητικές ρωγμές < 3mm Αμελητέα μόνιμη μετατόπιση
Επηρεάζουν την ασφάλεια του συνόλου	Σοβαρές	Γ		Αποδιοργάνωση / λυγισμός Μόνιμη μετατόπιση ~1%/l Διατμητικές ρωγμές > 3mm
	Βαριές	Δ ή Δ/E	 Λυγισμός ή και θραύση ράβδων, άνοιγμα ή και θραύση συνδετήρων	Πλήρης αστοχία

Τεκμηρίωση σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. (10)

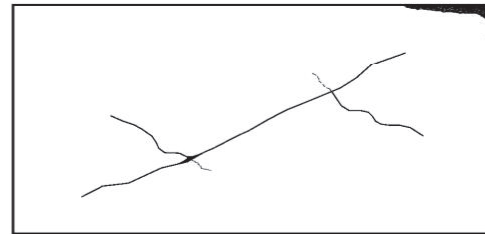
- Στοιχεία γεωμετρίας: **(iv) βλάβες** (3) (Παράρτημα 7Δ, Σχ. Σ2)

Ελαφρές ÷ μέτριες



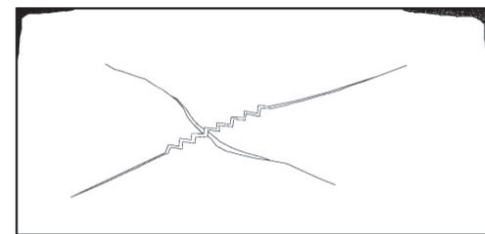
Εύρος ρωγμών < 2÷3mm

Σοβαρές



Εύρος ρωγμών > 5mm

Βαριές



Εύρος ρωγμών > 10mm

Τεκμηρίωση σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. (11)

- Μηχανικά χαρακτηριστικά υλικών: **σκυρόδεμα** (1)



Συνδυασμός



Τεκμηρίωση σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. (12)

- Μηχανικά χαρακτηριστικά υλικών: **σκυρόδεμα** (2)
(§3.7.1.3)
 - ▶ Πυρηνοληψίες: βαθμονόμηση των έμμεσων. Πλήθος:
 - (i) ≤ 2 όροφοι: $n=3$ από ομοειδή στοιχεία
 - (ii) > 2 όροφοι: **3** ανά δύο ορόφους, οπωσδήποτε **3 στον κρίσιμο όροφο**
 - ▶ Έμμεσες: το πλήθος καθορίζει τη Σ.Α.Δ.:
 - (i) «Υψηλή»: **45%** των κατακόρυφων και **25%** των οριζόντιων στοιχείων ανά όροφο
 - (ii) «Ικανοποιητική»: **30%** των κατακόρυφων και **15%** των οριζόντιων στοιχείων ανά όροφο
 - (iii) «Ανεκτή»: **1/2** των αμέσως προηγούμενων

$S \leq 0.20 \bar{X}$ «ανεβάζει» μία Σ.Α.Δ.

Γραμμικά στοιχεία: έλεγχος σε τουλάχιστον δύο θέσεις (αρχή – πέρας)

Τεκμηρίωση σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. (13)

- **Μηχανικά χαρακτηριστικά υλικών: σκυρόδεμα (3)**
(§3.7.1.3)

► **Ειδικές περιπτώσεις – παρεκκλίσεις:**

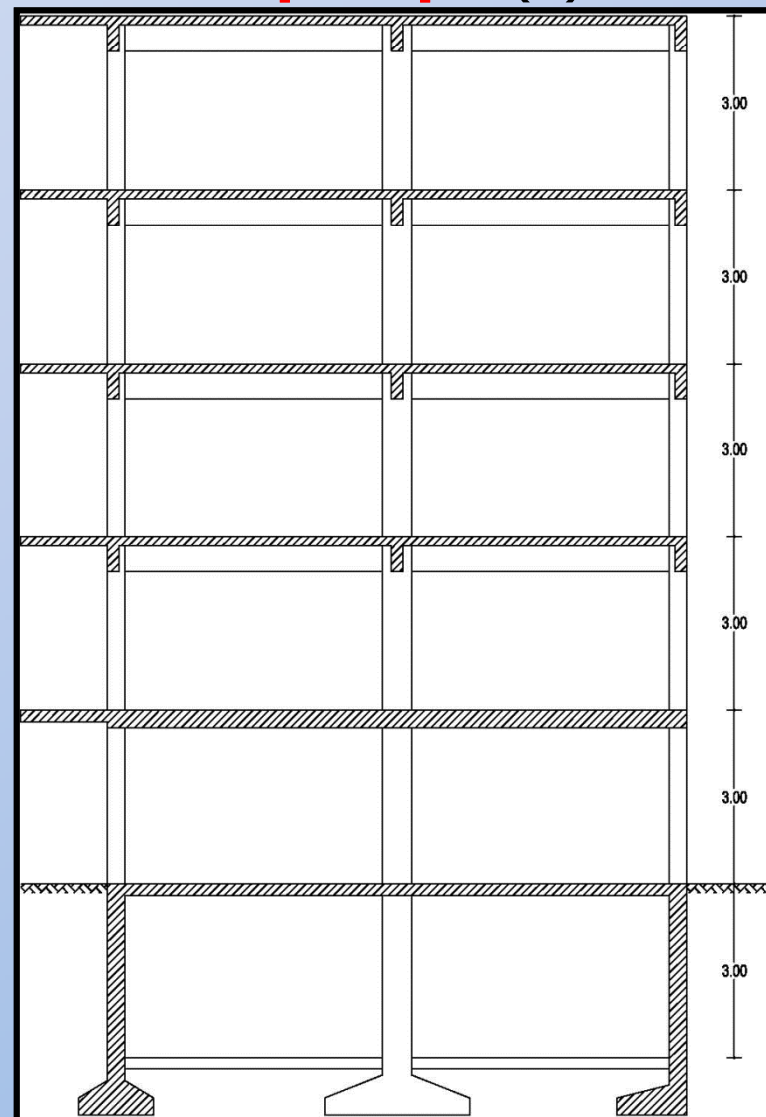
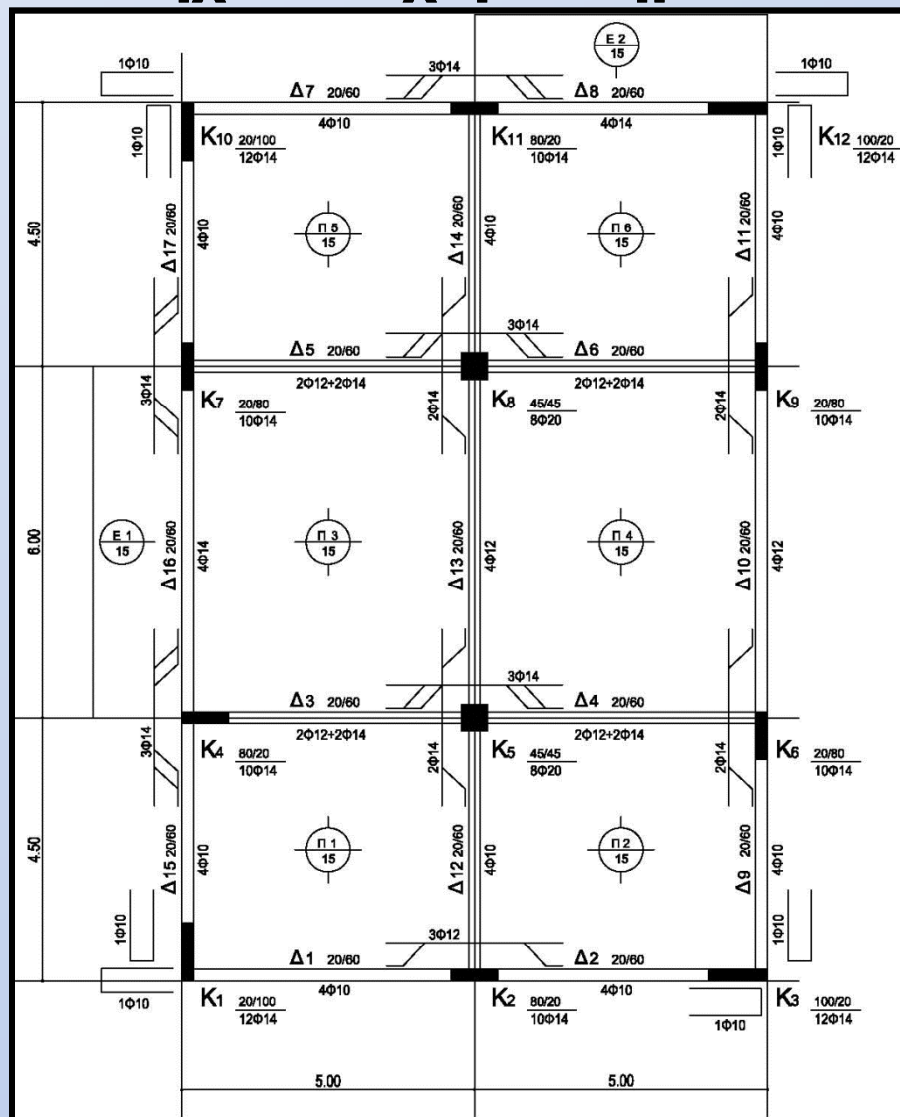
- (i) **Διαθέσιμος φάκελος μελέτης που έχει αποδεδειγμένα εφαρμοσθεί**
- (ii) **ενδείξεις σωστής και συνεχούς επίβλεψης**
- (iii) **αποτελέσματα δοκιμών από την κατασκευή**

3 πυρήνες στον κρίσιμο όροφο
$$S \leq 0.15 \overline{X}$$
 } **«Ικανοποιητική»**

+ έμμεσες για Ικανοποιητική = «Υψηλή»

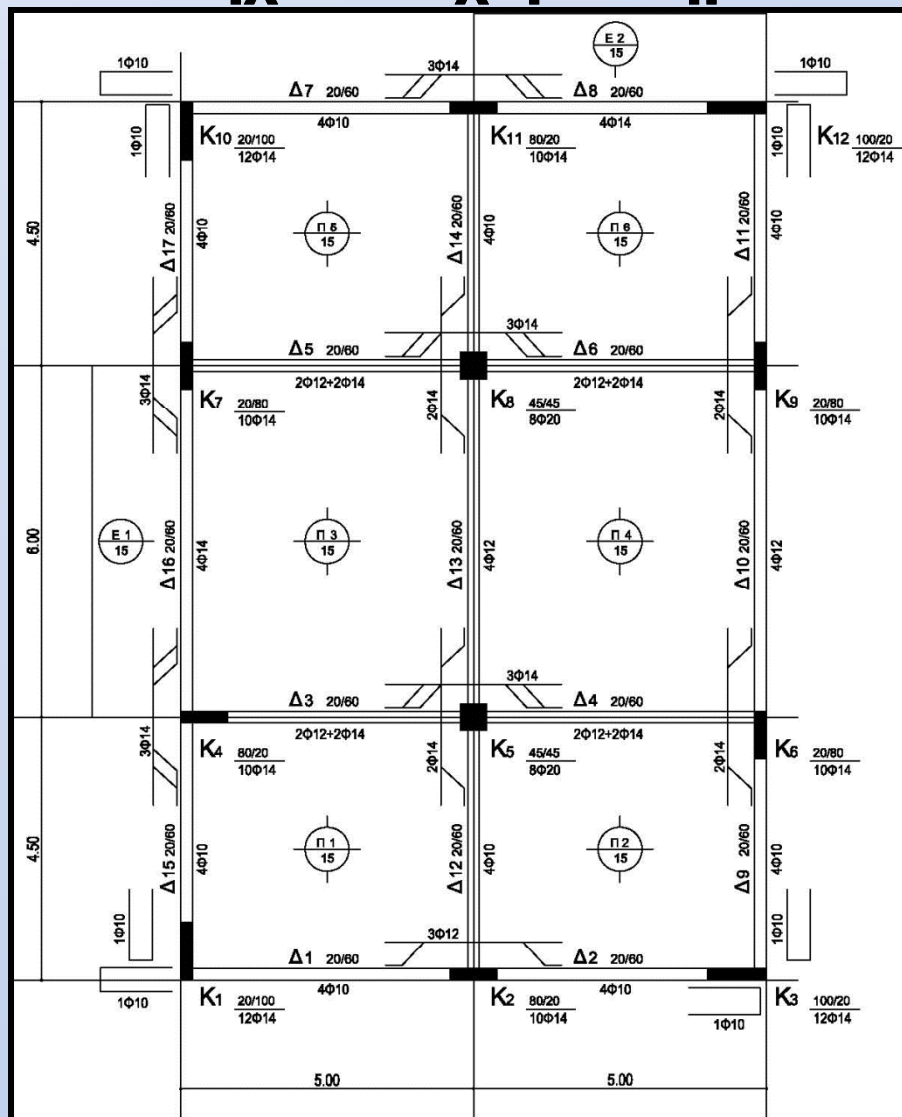
Τεκμηρίωση σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. (14)

- Μηχανικά χαρακτηριστικά υλικών: σκυρόδεμα (4)



Τεκμηρίωση σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. (15)

- Μηχανικά χαρακτηριστικά υλικών: σκυρόδεμα (5)



- 150 m² κάλυψη – 5 όροφοι
- 750 m² δόμηση

- 12 υποστυλώματα
- 17 δοκοί } 23 οριζόντια στοιχεία
- 6 πλάκες }
- *ανά όροφο

- Άμεσες δοκιμές:

Ισόγειο (κρίσιμος): 3 πυρήνες

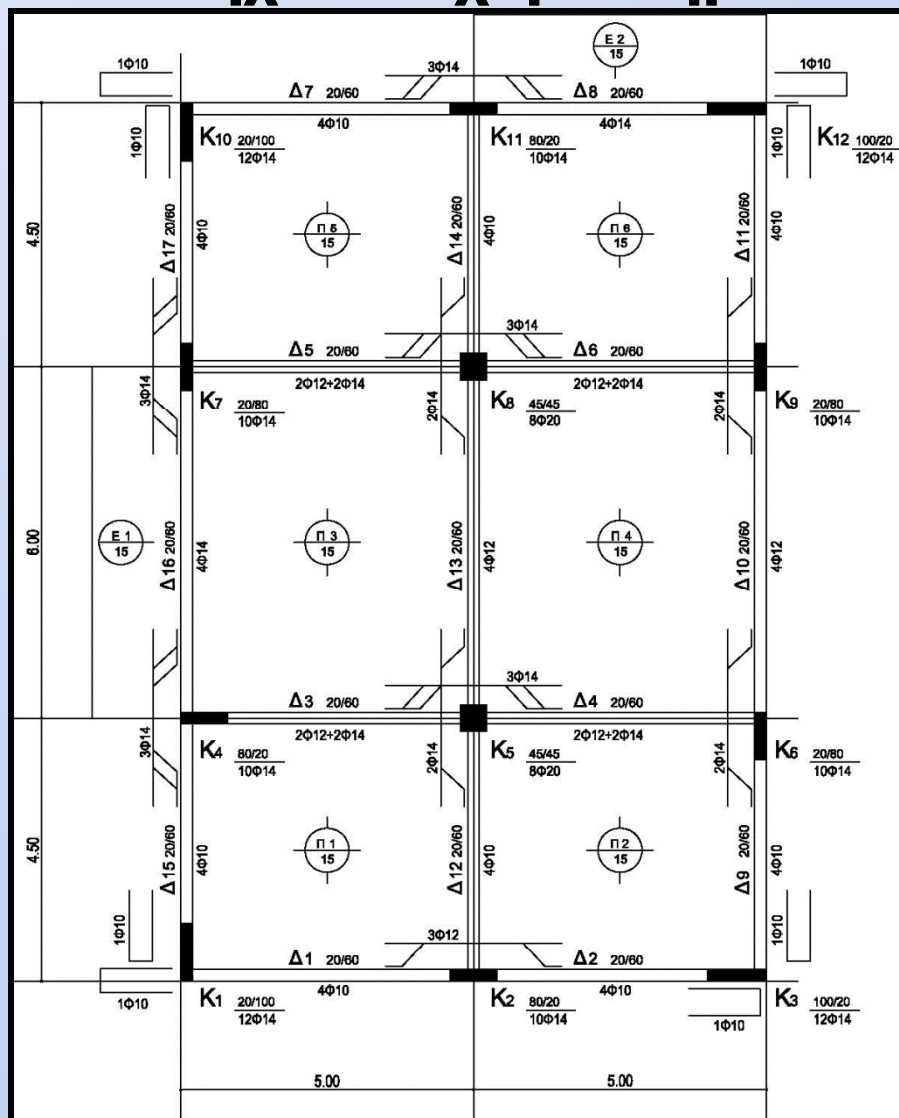
Τρίτος όροφος: 3 πυρήνες

Πέμπτος όροφος: 3 πυρήνες

Σύνολο: 9 πυρήνες

Τεκμηρίωση σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. (16)

- Μηχανικά χαρακτηριστικά υλικών: σκυρόδεμα (6)



- Έμμεσες δοκιμές (ανά όροφο):

(i) «Υψηλή»:

$0.45 \times 12 = 5.4 \rightarrow 6$ υποστυλώματα

$0.25 \times 23 = 5.75 \rightarrow 6$ δοκοί

(ii) «Ικανοποιητική»:

$0.30 \times 12 = 3.6 \rightarrow 4$ υποστυλώματα

$0.15 \times 23 = 3.45 \rightarrow 4$ δοκοί

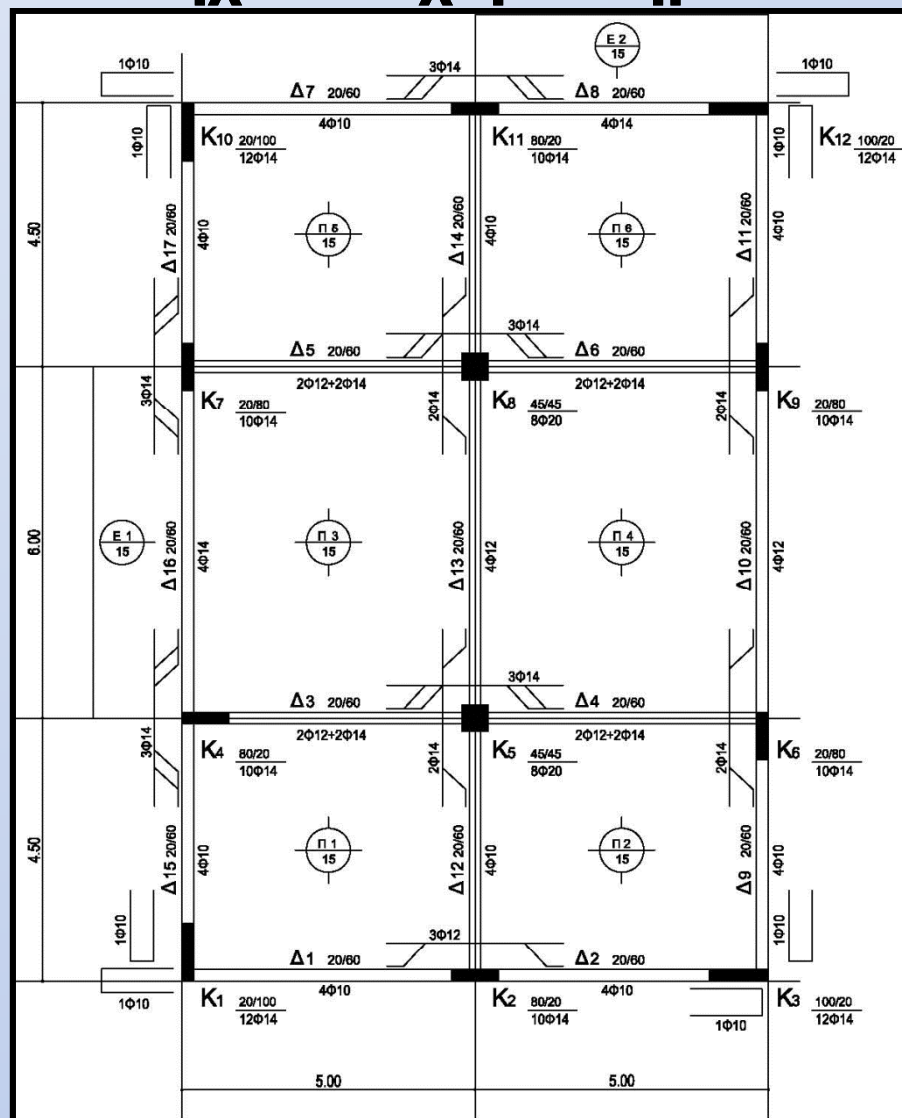
(iii) «Ανεκτή»:

2 υποστυλώματα

2 δοκοί

Τεκμηρίωση σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. (17)

- Μηχανικά χαρακτηριστικά υλικών: σκυρόδεμα (7)



► Δοκιμές (σύνολα):

(i) «Υψηλή»:

9 πυρήνες

$6 \times 5 \times 2 = 60$ υποστυλώματα

$6 \times 5 \times 2 = 60$ δοκοί

(ii) «Ικανοποιητική»(+?):

9 πυρήνες

$4 \times 5 \times 2 = 40$ υποστυλώματα

$4 \times 5 \times 2 = 40$ δοκοί

(iii) «Ανεκτή»(+?):

9 πυρήνες

$2 \times 5 \times 2 = 20$ υποστυλώματα

$2 \times 5 \times 2 = 20$ δοκοί

ΚΑΝ.ΕΠΕ. χωρίς τεκμηρίωση;;; = ερήμην (1)

- **Ερήμην τιμές αντοχής υλικών:** Χάλυβας οπλισμού (Παράρτημα 3.1, Πίν. 2)

Κατηγορία Χάλυβα Οπλισμού	«Ονομαστική» Μέση τιμή $f_{ym} (MPa)$	«Χαρακτηριστική» Μέση τιμή μείον μία τυπική απόκλιση $f_{yk} (MPa)$
S220 & Stahl I	280	240
S400 & Stahl III	450	410
S500 & Stahl IV	520	500

«Ανεκτή» Σ.Α.Δ. άκοπα και δωρεάν (;;;) όταν απλά (§3.7.2.1):

- ▶ Δειγματοληπτικού χαρακτήρα αποξηλώσεις και **οπτική αναγνώριση** → «Ικανοποιητική» και μηχανικά χαρακτηριστικά από σχετικούς Κανονισμούς.
- ▶ Δοκιμές σε **3 δείγματα** από τον κρίσιμο όροφο → «Υψηλή» και «πραγματικά» μηχανικά χαρακτηριστικά

ΚΑΝ.ΕΠΕ. χωρίς τεκμηρίωση;;; = **ερήμην** (2)

- **Ερήμην τιμές αντοχής υλικών: Σκυρόδεμα** (1)
(Παράρτημα 3.1, Πίν. 1)

Εφαρμοσθέντες Κανονισμοί Μελέτης και Κατασκευής	«Ονομαστική» Μέση τιμή $f_{cm} (MPa)$	«Χαρακτηριστική» Μέση τιμή μείον μία τυπική απόκλιση $f_{ck} (MPa)$
...<1954	10	6
1954<...<1985	12	8
1985<...<1995	16	12
1995<...	20	16

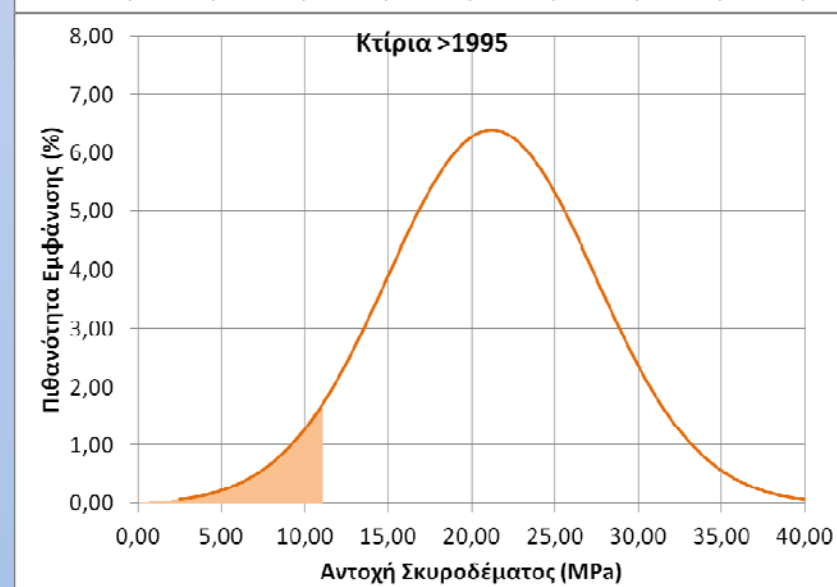
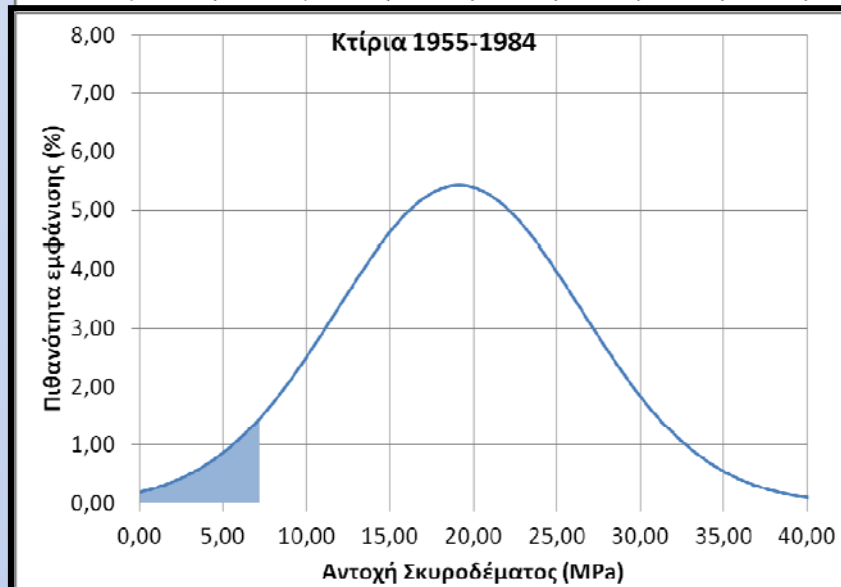
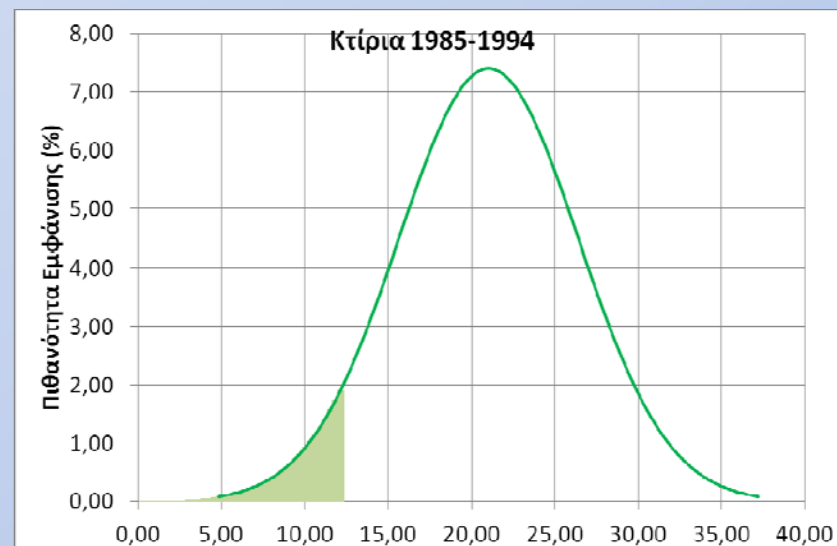
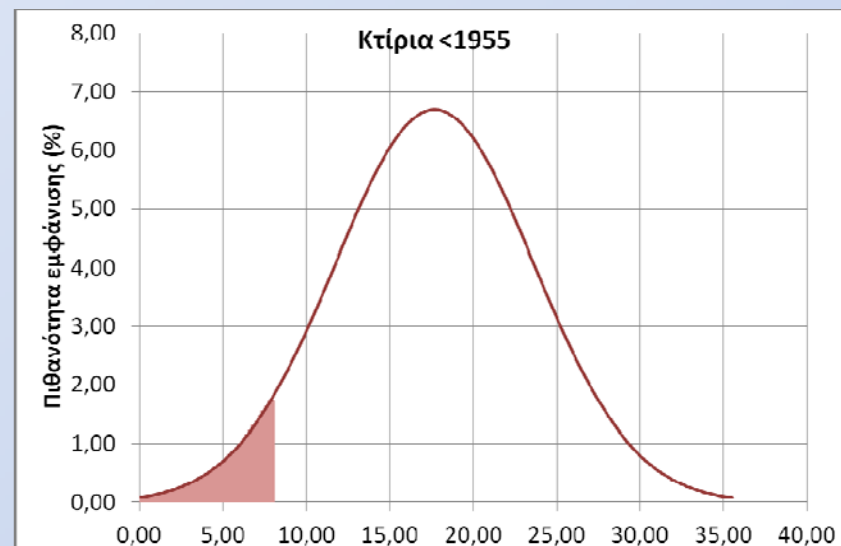
«**Ανεκτή**» **Σ.Α.Δ.** χωρίς δοκιμές (άμεσες ή έμμεσες).

Υπάρχει **αντάλλαγμα**;

Όχι πάντως η **Ανελαστική Στατική μέθοδος** για την οποία **συνιστάται** (§5.7.2) η εξασφάλιση «**Ικανοποιητικής**» **Σ.Α.Δ.**

ΚΑΝ.ΕΠΕ. χωρίς τεκμηρίωση;;; = ερήμην (3)

- Ερήμην τιμές αντοχής υλικών: Σκυρόδεμα (2)



ΚΑΝ.ΕΠΕ. χωρίς τεκμηρίωση;;; = ερήμην (4)

- Ερήμην τιμές αντοχής υλικών: Σκυρόδεμα (3)

Δόμηση	Στάθμη	Στοιχείο	f_c κυλίνδρου (MPa)	f_{cm} (MPa)	f_{ck} (MPa)
1964	Ισόγειο	Υποστύλωμα	19,2	17,46	15,19
		Υποστύλωμα	18,2		
		Υποστύλωμα	14,9		
	Όροφος	Υποστύλωμα	18,7	17,11	14,89
		Υποστύλωμα	14,6		
		Υποστύλωμα	18,0		
1955	Ισόγειο	Υποστύλωμα	19,2	24,83	16,75
		Υποστύλωμα	34,1		
		Υποστύλωμα	21,2		
	B' Όροφος	Υποστύλωμα	26,1	24,10	21,06
		Υποστύλωμα	25,6		
		Υποστύλωμα	20,6		
1980	Ισόγειο	Υποστύλωμα	16,6	15,47	14,26
		Υποστύλωμα	15,6		
		Υποστύλωμα	14,2		
	B' Όροφος	Υποστύλωμα	15,0	14,10	13,25
		Υποστύλωμα	14,0		
		Υποστύλωμα	13,3		

Παντού (;;;)
 $f_{cm}=12$ MPa
 $f_{ck}=8$ MPa

!!!

Καθορισμός **στόχου** (1)

- **Στάθμες επιτελεστικότητας (Σ.Ε.):** επίπεδα βλάβης των στοιχείων του **Φ.Ο.** Συναρτώνται με και ελέγχονται βάσει **οριακών τιμών ανελαστικών παραμορφώσεων** (§2.2.2).
 - ▶ **A - «Περιορισμένες βλάβες»**
 - ▶ **B – «Σημαντικές βλάβες»**
 - ▶ **Γ – «Οιονεί κατάρρευση»**
- **Στόχος αποτίμησης ή ανασχεδιασμού:** συνδυασμός στάθμης επιτελεστικότητας και σεισμικής δράσης σχεδιασμού (§2.2.1, Πιν. 2.1).

Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών	Στάθμη επιτελεστικότητας φέροντος οργανισμού		
	«Περιορισμένες βλάβες»	«Σημαντικές βλάβες»	«Οιονεί Κατάρρευση»
10%	A1	B1	Γ1
50%	A2	B2	Γ2

Καθορισμός στόχου (2)

- **Ευθύνη επιλογής** (συχνό ερώτημα): καθορίζεται από **τον κύριο του έργου** (§1.3.3).

Λαμβάνονται υπόψιν οι ακόλουθοι **ελάχιστοι ανεκτοί στόχοι** (Παράρτημα 2.1):

Κατηγορία Σπουδαιότητας	Στόχοι
I	Γ2
II	Γ1
III	B1
IV	B1 και A2 (Ικανοποίηση και των δύο στόχων)

«I»: Κτίρια **μικρής σπουδαιότητας**

«II»: **Συνήθη** κτίρια

«III»: Κτίρια **μεγάλης οικονομικής σημασίας** ή/και **συνάθροισης κοινού**

«IV»: Κτίρια **με λειτουργίες ζωτικής σημασίας** ή **με έργα υψηλής πολιτισμικής αξίας**

Αναλύσεις και έλεγχοι (1)

Προσομοίωση: μέλη, συνδέσεις,
φορτία, διαφράγματα, μάζες,
δυσκαμψίες

Ανάλυση (αναλύσεις;)

Έλεγχοι

Ελαστική Στατική

Ελαστική Δυναμική

Ανελαστική Στατική

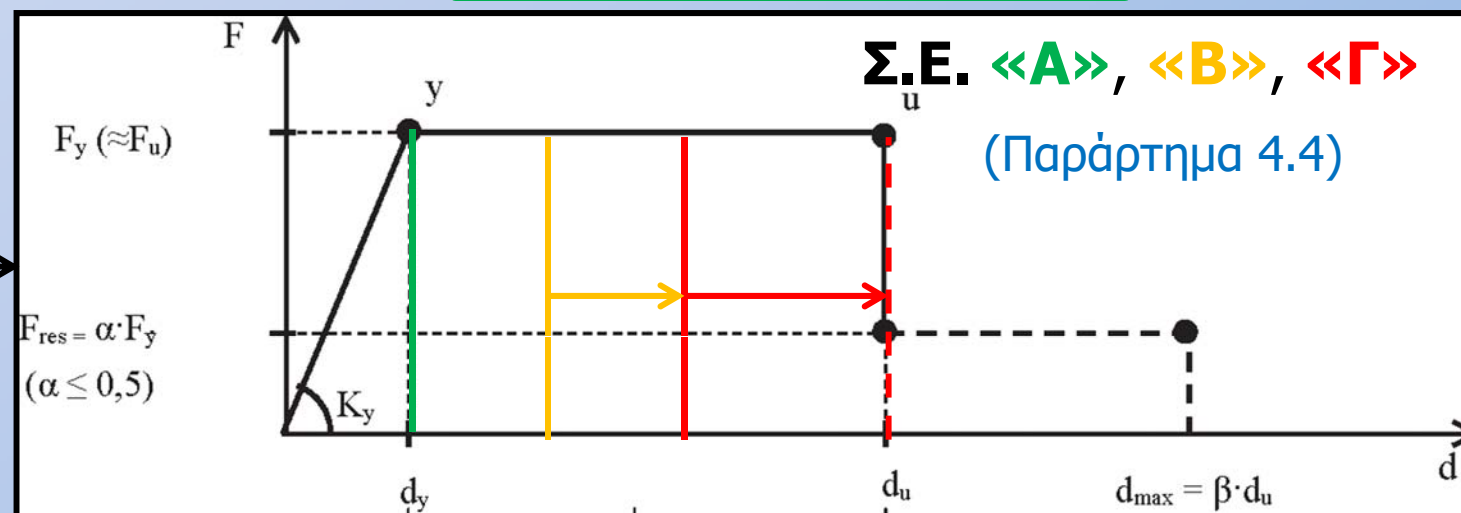
Ανελαστική Δυναμική

με q

με m

με q

με m



Αναλύσεις και έλεγχοι (2)

- **Προσομοίωση:** γενικά
 - ▶ **Χωρικό** μόρφωμα (**προσομοίωμα**) σύμφωνα με τις **αρχές** που προβλέπονται στον **EΚ8-1** (§5.4.1).
 - ▶ Για τις **συνθήκες στήριξης** συνεκτιμώνται το **είδος της θεμελίωσης** και η **ποιότητα του εδάφους** (§5.4.1).
 - ▶ **Δυνητικός χαρακτηρισμός δευτερευόντων στοιχείων** του Φ.Ο. (δεν αφορά τοιχοπληρώσεις)
Η **συνολική συνεισφορά** τους στην **πλευρική δυσκαμψία** **δεν πρέπει να υπερβαίνει** (§5.4.3(β)):
το **25%** της συνολικής για **Ελαστικές αναλύσεις**
το **50%** της συνολικής για **Ανελαστικές αναλύσεις**
 - *Ο **έλεγχος** των ανωτέρω απαιτεί **δύο ελαστικές αναλύσεις** με **διαφορετική σύνδεση** των στοιχείων αυτών (στα άκρα).

Αναλύσεις και έλεγχοι (3)

- Προσομοίωση: **δυσκαμψία** (1)
 - ▶ Γενικά λαμβάνεται **τέμνουσα** στη διαρροή: $K = F_y / \delta_y$
Συμβατή (;;;) με **Σταδίου II** (§7.1.2.2(γ))
 - ▶ **Ελαστικές αναλύσεις** με χρήση **καθολικού δείκτη συμπεριφοράς q: δυνητικά Σταδίου I** (§4.4.1.4)

A/α	Δομικό στοιχείο	Δυσκαμψία
1.1	Υποστύλωμα εσωτερικό	$0,8*(E_c I_g)$
1.2	Υποστύλωμα περιμετρικό	$0,6*(E_c I_g)$
2.1	Τοίχωμα, μή - ρηγματωμένο	$0,7*(E_c I_g)$
2.2	Τοίχωμα, ρηγματωμένο (1)	$0,5*(E_c I_g)$
3	Δοκός (2)	$0,4*(E_c I_g)$

- ▶ Χωρίς οπλισμούς (§7.1.2.2(δ), σημειώσεις):

Υποστυλώματα

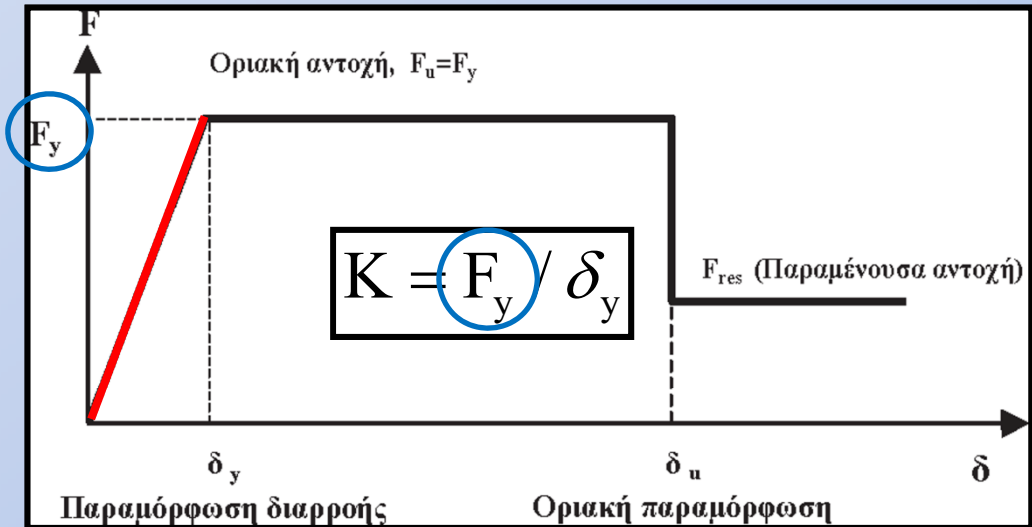
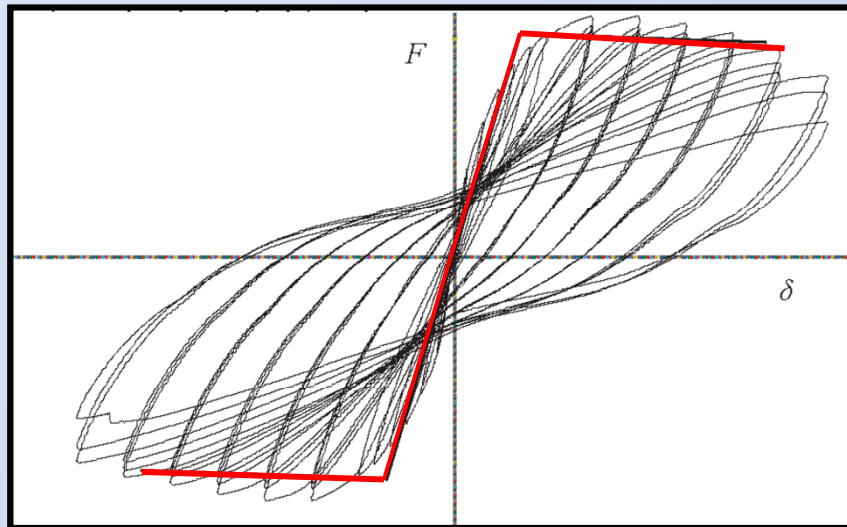
$$K = 0,08 \left(0,8 + \ln [\max(0,6; a_s)] \right) \left(1 + 0,048 \frac{N}{A_c} (MPa) \right) E_c I_c$$

Δοκοί

$$K = 0,1 \left(0,8 + \ln [\max(0,6; a_s)] \right) E_c I_c$$

Αναλύσεις και έλεγχοι (4)

- Προσομοίωση: **δυσκαμψία** (2)



$$A = \rho + \rho' + \rho_v + \frac{N}{bdf_y},$$

$$B = \rho + \rho' \delta' + 0,5\rho_v(1 + \delta') + \frac{N}{bdf_y}$$

$$A = \rho + \rho' + \rho_v - \frac{N}{\varepsilon_c E_s b d} \approx \rho + \rho' + \rho_v - \frac{N}{1.8\alpha bdf_c}$$

$$B = \rho + \rho' \delta' + 0.5\rho_v(1 + \delta').$$

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

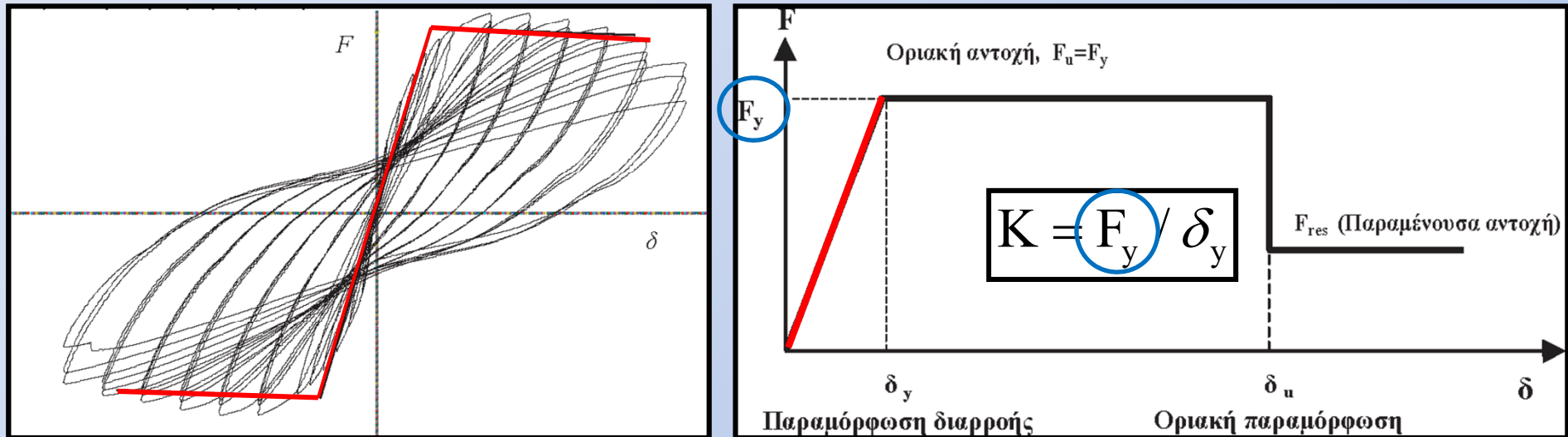
(Παράρτημα 7Α)

$$(1/r)_y = \frac{f_y}{E_s(1 - \xi_y)d}$$

$$(1/r)_y = \frac{\varepsilon_c}{\xi_y d} \approx \frac{1.8f_c}{E_c \xi_y d}$$

Αναλύσεις και έλεγχοι (5)

- Προσομοίωση: **δυσκαμψία** (3)



$$(1/r)_y = \frac{f_y}{E_s(1 - \xi_y)d}$$

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

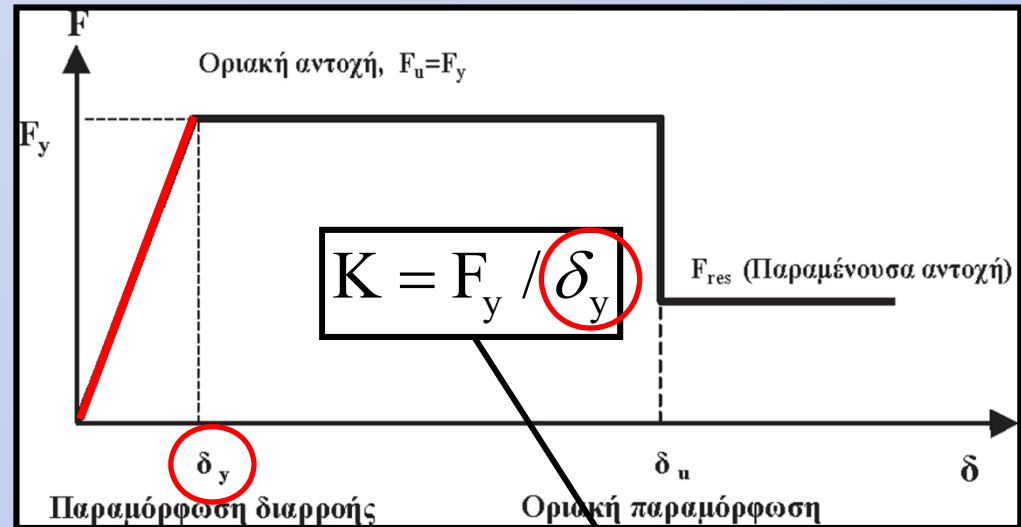
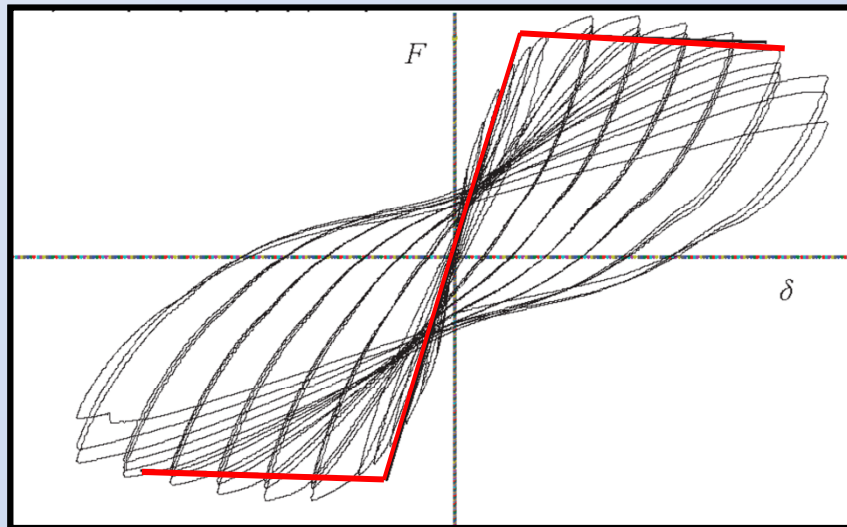
$$(1/r)_y = \frac{\varepsilon_c}{\xi_y d} \approx \frac{1.8 f_c}{E_c \xi_y d}$$

$$\frac{M_y}{bd^3} = (1/r)_y \left\{ E_c \frac{\xi_y^2}{2} \left(0.5(1 + \delta') - \frac{\xi_y}{3} \right) + \left[(1 - \xi_y)\rho + (\xi_y - \delta')\rho' + \frac{\rho_v}{6}(1 - \delta') \right] \cdot (1 - \delta') \frac{E_s}{2} \right\}$$

(Παράρτημα 7Α)

Αναλύσεις και έλεγχοι (6)

- Προσομοίωση: **δυσκαμψία** (4)



$$(1/r)_y = \frac{f_y}{E_s(1 - \xi_y)d}$$

(§7.2.2)

$$(1/r)_y = \frac{\varepsilon_c}{\xi_y d} \approx \frac{1.8 f_c}{E_c \xi_y d}$$

$$\theta_y = (1/r)_y \frac{L_s + a_V z}{3} + 0,0014 \left(1 + 1,5 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{(1/r)_y d_b f_y}{8 \sqrt{f_c}}$$

$$\theta_y = (1/r)_y \frac{L_s + a_V z}{3} + 0,0013 + \frac{(1/r)_y d_b f_y}{8 \sqrt{f_c}}$$

$$L_s = L_c / 2$$

$$K = M_y L_s / 3 \theta_y$$

(§7.2.3)

Αναλύσεις και έλεγχοι (7)

- Προσομοίωση: **δυσκαμψία** (5)
 - ▶ Οπλισμοί γνωστοί
 - ▶ Τα θ_y (και θ_u) υπολογίζονται σε ελαστικές αναλύσεις, όταν χρησιμοποιούνται οι τοπικοί δείκτες, m .
 - ▶ Η ροπή διαρροής, M_y , **υπολογίζεται ούτως ή άλλως!**
Έστω **ελαστική ανάλυση** με καθολικό δείκτη, q .



Έλεγχοι με βάση τις **δυνάμεις** → προσδιορισμός των αντίστοιχων **αντοχών** → **Πώς!!!**

- * Συχνή ερώτηση → όταν για ένα μέγεθος **διατίθενται σχέσεις στον ΚΑΝ.ΕΠΕ.**, αυτές «προηγούνται» - οι ΕΚ-2/8 συμπληρώνουν.

Πόσος είναι τελικά ο «επιπλέον» **φόρτος** τον οποίο θεραπεύουν οι «απλούστερες» σχέσεις;

Αναλύσεις και έλεγχοι (8)

- **Προσομοίωση: διαφράγματα (§5.4.6)**

Διακρίνονται σε **ευπαραμόρφωτα** (άμεση προσομοίωση / έλεγχος) και **απαραμόρφωτα** (κινηματικός περιορισμός).

Ένα **σύστημα πλακών σκυροδέματος** μπορεί να θεωρηθεί **απαραμόρφωτο** όταν (§5.4.6(ε), σημειώσεις):

- ▶ Υπάρχουν **περιμετρικές δοκοί**, ικανοποιητική **διαδοκίδωση**, **όχι** σημαντικές **μεταβολές** στα **πάχη** διατομών και στη **διάταξη** των οριζοντίων στοιχείων.
- ▶ **Περιορισμένες ανισοσταθμίες**
- ▶ **Απουσία μεγάλων εσοχών/εξέχοντων τμημάτων**
- ▶ **Απουσία μεγάλων κενών**

Σε **οριακές περιπτώσεις** απαιτείται **αναλυτικός έλεγχος** για την κατάταξη

Αναλύσεις και έλεγχοι (9)

- Προκαταρκτικοί υπολογισμοί: δείκτης ανεπάρκειας

Δείκτης ανεπάρκειας, λ , πρωτεύοντος φέροντος δομικού στοιχείου (§5.5.1.1):

$$\lambda = S / R_m$$

S: ροπή από ελαστική φασματική ανάλυση

R_m : αντοχή σε κάμψη (M_y) υπολογισμένη με μέσες τιμές αντοχής υλικών.

Μέγιστο λ ανά όροφο $\rightarrow$ κρίσιμος λόγος ορόφου

«Παρατηρητήριο αναλύσεων»:

- ▶ κύρια – δευτερεύοντα: **2**
- ▶ δείκτες ανεπάρκειας: **1**
- ▶ διαφράγματα: **1 (;)**

Αναλύσεις και έλεγχοι (10)

- Προκαταρκτικοί υπολογισμοί: μορφολογική κανονικότητα



(§5.5.1.2)

Όχι «φυτευτά»

- Μέσος δείκτης ανεπάρκειας ορόφου:

$$\bar{\lambda}_k = \sum_{i=1}^n \lambda_i V_{si} / \sum_{i=1}^n V_{si}$$

Ελέγχεται εάν $\bar{\lambda}_k \leq 1.5 \bar{\lambda}_{k-1}$ και $\bar{\lambda}_k \leq 1.5 \bar{\lambda}_{k+1}$ («μαλακός»)

- Λόγος λ «απέναντι» στοιχείων ≤ 1.5 για δεδομένη διεύθυνση της σεισμικής δράσης (στρέψη)

Αναλύσεις και έλεγχοι (11)

- **Ανάλυση: ελαστική στατική (1)**

- ▶ **Προϋποθέσεις (§5.5.2):**

- (i) Παντού $\lambda < 2.5$ ή σποραδικά $\lambda > 2.5$ και μορφολογικά κανονικό
 - (ii) $T_0 < 4T_c$ (EK8-1) ή 2sec
 - (iii) Όχι επίμηκες σχήμα
 - (iv) Ομαλή κατανομή δυσκαμψίας σε κάτοψη
 - (v) Ομαλή κατανομή δυσκαμψίας και μάζας καθ' ύψος
 - (vi) «Σαφήνεια» Φ.Ο. και στις δύο διευθύνσεις

Τα (iii) και (iv) ελέγχονται με βάση τις σχετικές μετατοπίσεις των ορόφων.

Αναλύσεις και έλεγχοι (12)

- **Ανάλυση: ελαστική στατική (2)**
 - Προσδιορισμός και κατανομή σεισμικών φορτίων: **EK8-1** (§5.5.5)
 - * Τροποποίηση όταν χρησιμοποιούνται **m**: $V = C_1 C_m S_e W$
 - * Καθολικός δείκτης συμπεριφοράς, **q**:

Εφαρμοσθέντες Κανονισμοί μελέτης (και κατασκευής)	Ευμενής παρουσία ή απουσία τοιχοπληρώσεων (1)		Δυσμενής (γενικώς) παρουσία τοιχοπληρώσεων (1)	
	Ουσιώδεις βλάβες σε πρωτεύοντα στοιχεία		Ουσιώδεις βλάβες σε πρωτεύοντα στοιχεία	
	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι
1995<...	3,0	2,3	2,3	1,7
1985<...<1995(2)	2,3	1,7	1,7	1,3
...<1985	1,7	1,3	1,3	1,1

(§4.6.2, Πίνακας Σ4.4)
Προσέγγιση για Σ.Ε.
«B»

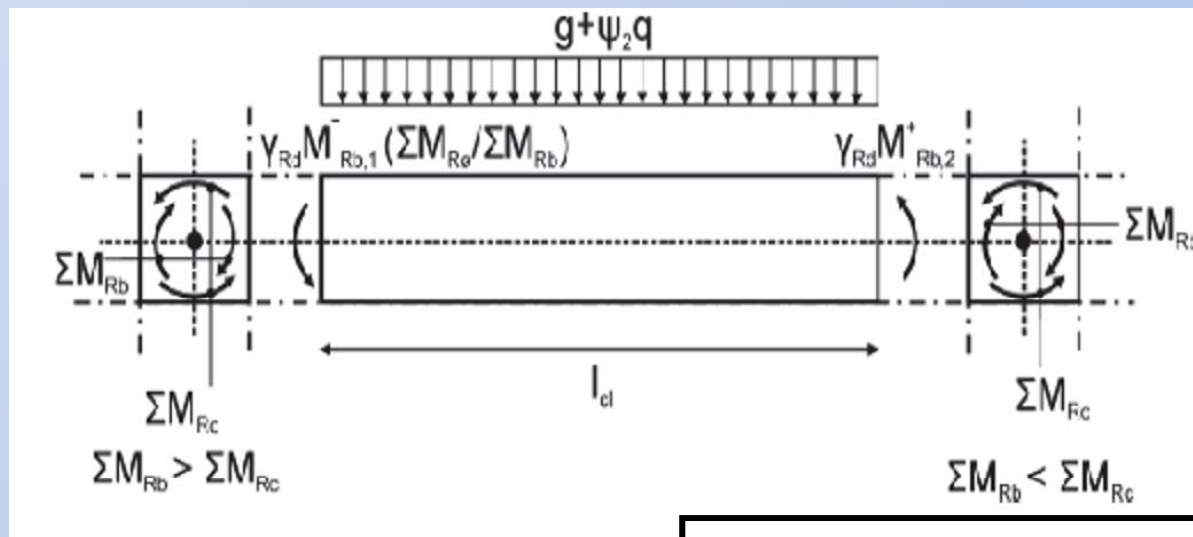
«διόρθωση»

(§4.6.1(β), Πίνακας 4.1)

Στάθμη επιτελεσματικότητας		
«Περιορισμένες βλάβες» (Α)	«Σημαντικές βλάβες» (Β)	«Οιονεί κατάρρευση» (Γ)
0,6 πάντως δε 1,0<q*<1,5	1,0	1,4

Αναλύσεις και έλεγχοι (13)

- **Ανάλυση: ελαστική στατική (3)**
 - ▶ **Εντατικά μεγέθη: πλάστιμοι** τρόποι αστοχίας S_d από **ανάλυση** (§9.3.3(α))
 - * Μέθοδος **m**: $S_d = S_G + S_E / m$ (§9.3.2(α))
 - ▶ **Εντατικά μεγέθη: ψαθυροί** τρόποι αστοχίας (§9.3.2(β))
Ικανοτικά μεγέθη – **δοκοί**



(§9.3.2(β)(ii))

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

Αναλύσεις και έλεγχοι (14)

- **Ανάλυση: ελαστική στατική (4)**

- **Εντατικά μεγέθη:**

Ψαθυροί τρόποι αστοχίας

Ικανοτικά μεγέθη – **υποσυνωμάτα:**

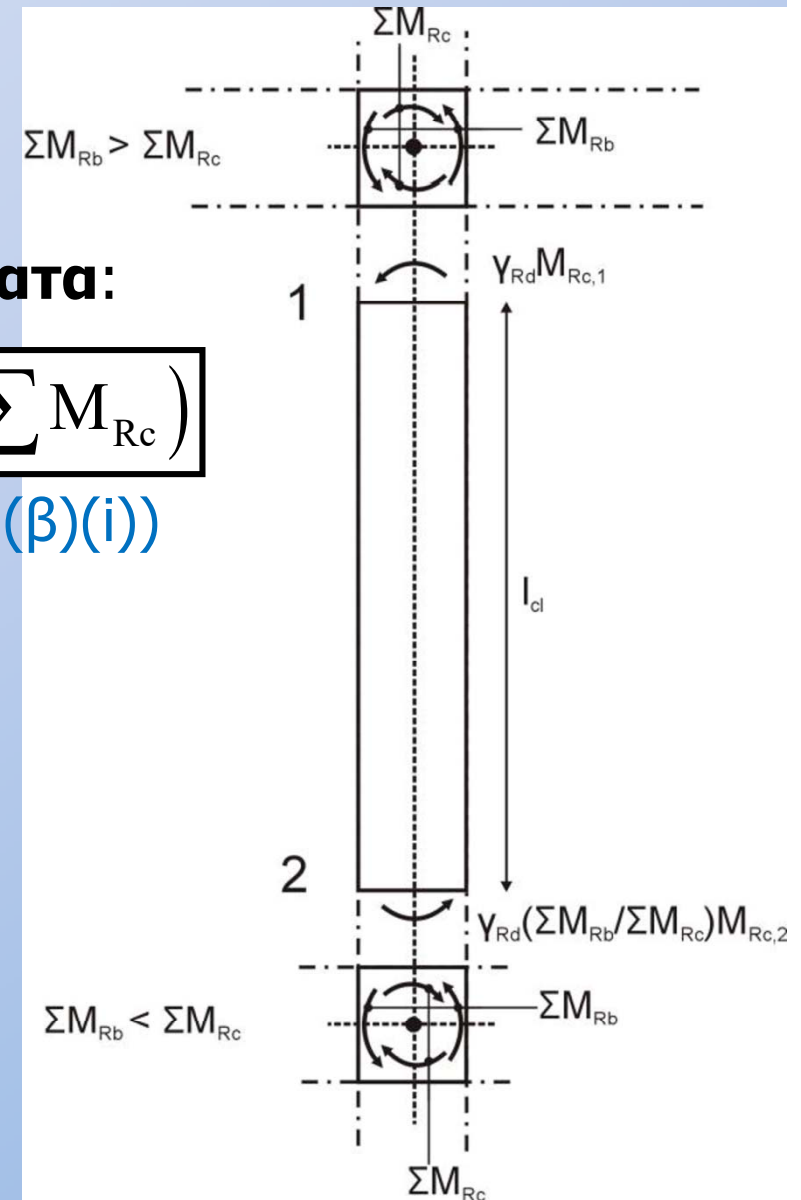
$$M_{i,d} = \gamma_{Rd} M_{Rc,i} \min \left(1, \sum M_{Rb} / \sum M_{Rc} \right)$$

(§9.3.2(β)(i))

* **Από $M_{i,d} \rightarrow V_{sd}$**

* **Τοιχώματα (§9.3.2(β)(iii)):**

$$V_{sd} = \frac{\gamma_{Rw} M_{RW}}{M_{EW}} V_E$$



Αναλύσεις και έλεγχοι (15)

- **Ανάλυση: ελαστική στατική (5)**

► Δείκτες **m**: $m = \delta_d / \delta_y$ (§4.7.1)

$$\theta_y = (1/r)_y \frac{L_s + a_V z}{3} + 0,0014 \left(1 + 1,5 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{(1/r)_y d_b f_y}{8\sqrt{f_c}}$$

$$\theta_y = (1/r)_y \frac{L_s + a_V z}{3} + 0,0013 + \frac{(1/r)_y d_b f_y}{8\sqrt{f_c}}$$

δ_y (§7.2.2)

$$\delta_d = 0.5(\delta_y + \delta_u) / \gamma_{Rd} \quad \text{για Σ.Ε. «B»} \quad (\S 9.3.1)$$

$$\delta_d = \delta_u / \gamma_{Rd} \quad \text{για Σ.Ε. «Γ»}$$

$$\theta_{um} = 0,016 \cdot (0,3^v) \left[\frac{\max(0,01; \omega')}{\max(0,01; \omega - \omega')} f_c \right]^{0.225} (\alpha_s)^{0,35} 25^{\left(\alpha \rho_s \frac{f_{yw}}{f_c} \right)} (1,25^{100} \rho_d)$$

(§7.2.4(β))

Αναλύσεις και έλεγχοι (16)

- **Ανάλυση: ελαστική στατική** (6)

- ▶ **Αντιστάσεις:**

Πλάστιμοι τρόποι ή για τα ικανοτικά μεγέθη
(Παράρτημα 7Α):

$$\frac{M_y}{bd^3} = (1/r)_y \left\{ E_c \frac{\xi_y^2}{2} \left(0.5(1+\delta') - \frac{\xi_y}{3} \right) + \left[(1-\xi_y)\rho + (\xi_y - \delta')\rho' + \frac{\rho_v}{6}(1-\delta') \right] \cdot (1-\delta') \frac{E_s}{2} \right\}$$

Ψαθυροί τρόποι (δοκοί – υποστυλώματα):

$$V_R = \frac{h-x}{2L_s} \min(N; 0,55A_c f_c) + \left(1 - 0,05 \min(5, \mu_{\theta}^{pl}) \right) \left[0,16 \max(0,5; 100\rho_{tot}) (1 - 0,16 \min(5; \alpha_s)) \sqrt{f_c} A_c + V_w \right]$$

Αντίστοιχες σχέσεις για τοιχώματα, κοντά υποστυλώματα (Παράρτημα 7Γ).

Αναλύσεις και έλεγχοι (17)

- Ανάλυση: **ελαστική δυναμική**
 - ▶ Προϋποθέσεις: Παντού $\lambda < 2.5$ ή σποραδικά $\lambda > 2.5$ και μορφολογικά κανονικό (§5.6.1(α))

Η δυναμική ελαστική μέθοδος μπορεί να εφαρμοσθεί για αποτίμηση με **15% αύξηση** των γ_{sd} **χωρίς έλεγχο προϋποθέσεων** (§5.6.1(β)).

- ▶ Σεισμικές δράσεις: **φάσμα ψευδοεπιταχύνσεων ΕΚ8-1** ή κατάλληλα κλιμακομένα σετ επιταχυνσιογραφημάτων (§5.2).
- ▶ Θεώρηση ανελαστικής συμπεριφοράς (§5.6.4.1):
Μετατοπίσεις/παραμορφώσεις $\times q$ (όταν χρησιμοποιείται)
Μετατοπίσεις/παραμορφώσεις $\times C_1$ (όταν χρησιμοποιούνται τοπικοί δείκτες)

Αναλύσεις και έλεγχοι (18)

- **Ανάλυση: ανελαστική στατική (1)**
 - ▶ Προϋποθέσεις: **περιορισμένη επιρροή ανώτερων ιδιομορφών** (§5.7.2(α)).
 - * Η «**Ικανοποιητική**» Σ.Α.Δ. είναι **σύσταση (!)** και όχι υποχρέωση.

Η επιρροή των ανώτερων ιδιομορφών **ελέγχεται** με **δύο ελαστικές αναλύσεις** (§5.7.2(α)): (α) μόνο με την **πρώτη ιδιομορφή** (β) με **όσες χρειάζεται** για να εξασφαλισθεί **90% ενεργός μάζα**.

- ▶ **Σημαντική επιρροή ανώτερων ιδιομορφών = επιπλέον ελαστική ανάλυση** (§5.7.2(β))

«Παρατηρητήριο αναλύσεων»:

- ▶ κύρια – δευτερεύοντα: **2**
- ▶ ανώτερες ιδιομορφές: **2+1**
- ▶ διαφράγματα: **1 (;)**

Αναλύσεις και έλεγχοι (19)

- **Ανάλυση: ανελαστική στατική (2)**
 - ▶ **Κατανομή οριζόντιων φορτίων:**
Δύο κατανομές **καθ' ύψος (§5.7.3.3):**
 - (i) **Ιδιομορφική**, συμβατή με τη διεύθυνση που εξετάζεται (**διαφορετική ανά οριζόντια διεύθυνση**)
 - (ii) **Ομοιόμορφη**, ανάλογη με την κατανομή των μαζών καθ' ύψος

Χωρικός συνδυασμός: ισχύει η **γνωστή αναλογία 10:3** μεταξύ των οριζοντίων διευθύνσεων (§5.4.9(β)).

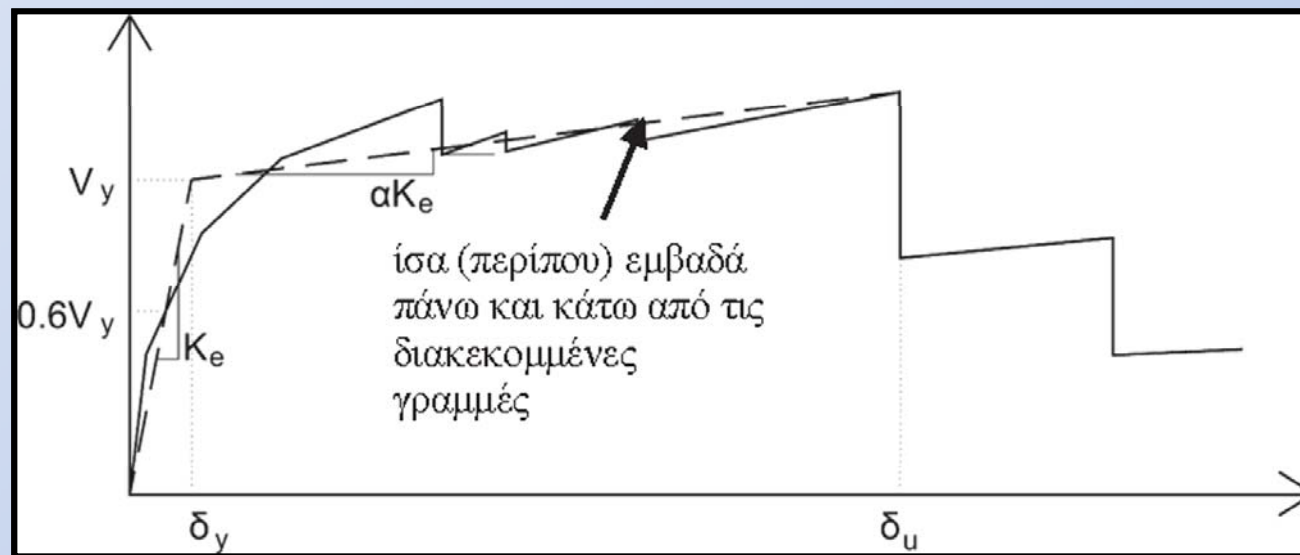
- * Τα **οριζόντια φορτία** εφαρμόζονται και με τις **δύο πιθανές φορές (+/-)**

«Παρατηρητήριο αναλύσεων»:

- ▶ ιδιομορφική: **8** (+;)
- ▶ ομοιόμορφη: **8** (+;)

Αναλύσεις και έλεγχοι (20)

- **Ανάλυση: ανελαστική στατική (3)**
 - **Καμπύλη αντίστασης (§5.7.3.4):**



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

(§5.7.3.5)

- * **Κόμβος ελέγχου** για τη «μέτρηση» της μετατόπισης:
Κέντρο μάζας του **τελευταίου πλήρους ορόφου**
(§5.7.3.2)

Αναλύσεις και έλεγχοι (21)

- **Ανάλυση: ανελαστική στατική** (4)
 - ▶ **Στοχευόμενη μετατόπιση:** μετατόπιση **ισοδύναμου** **μονοβάθμιου** **συστήματος** (§5.7.4.2):

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 \left(T_e^2 / 4\pi^2 \right) S_{eT}$$

C₀ σχετίζει μετατοπίσεις **μονοβάθμιου** (ισοδύναμου) και **πολυβάθμιου** συστήματος

C₁ σχετίζει **ανελαστική** και **ελαστική** μετατόπιση

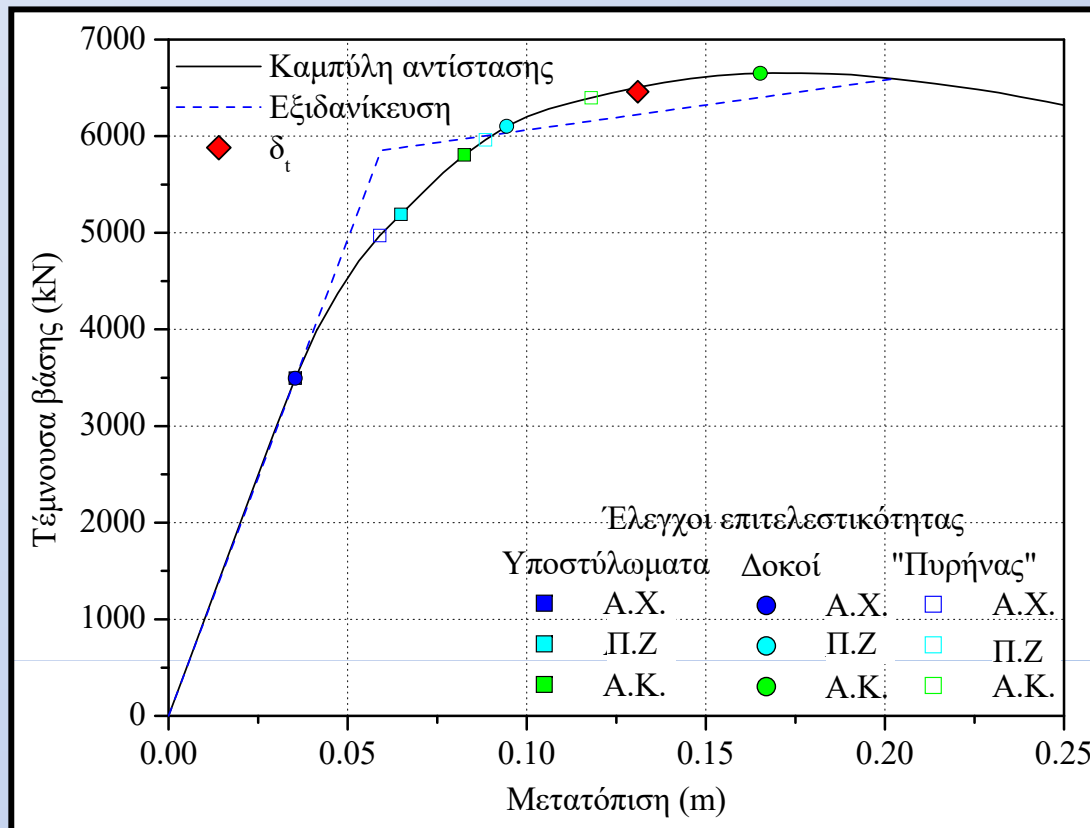
C₂ επιρροή **σχήματος βρόχου υστέρησης**

C₃ **φαινόμενα 2ας τάξεως**

Αναλύσεις και έλεγχοι (22)

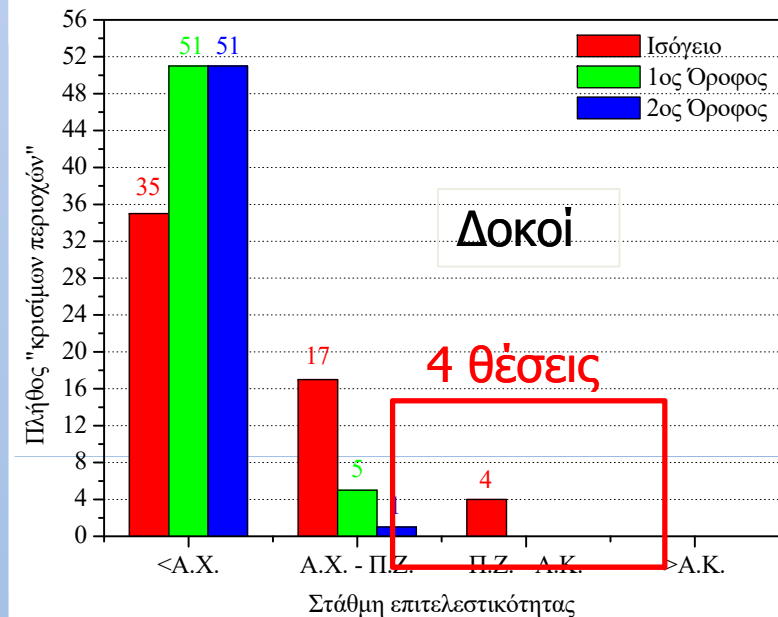
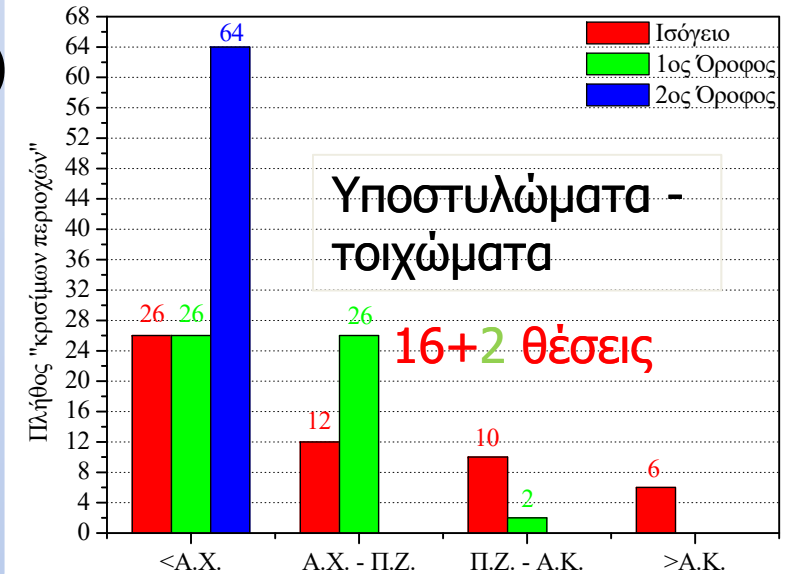
• Ανάλυση: **ανελαστική στατική** (5)

► Ενδεικτικά αποτελέσματα:



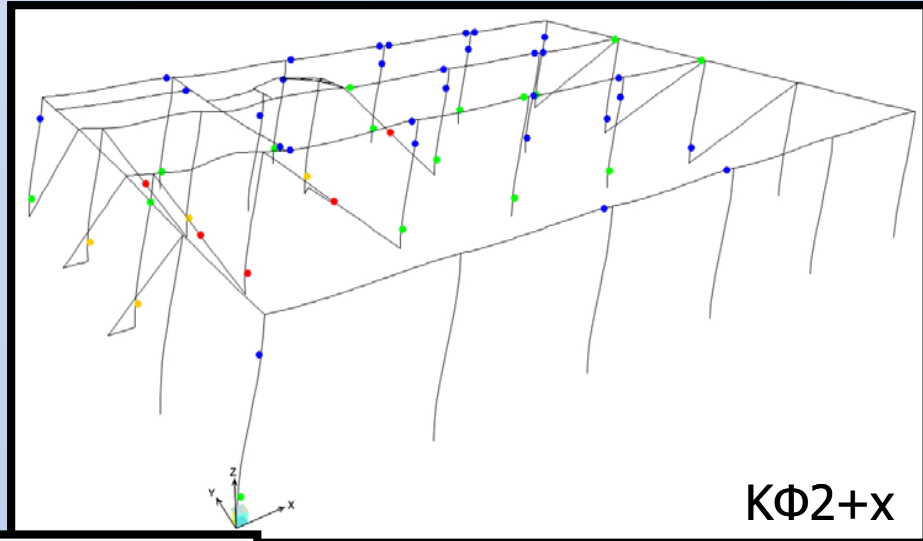
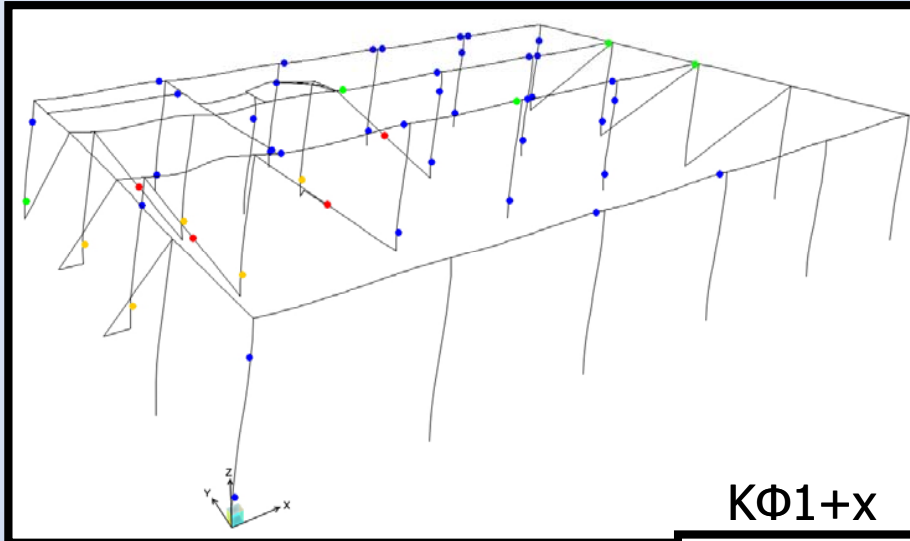
$$\delta_t = 13.3 \text{ cm}$$

$$\delta_{lim, \Pi Z} = 6.0 \text{ cm}$$

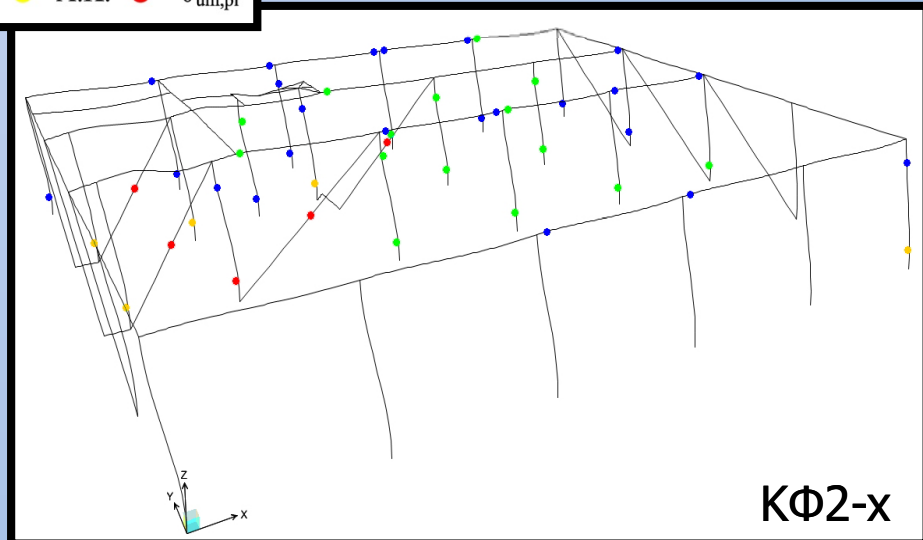
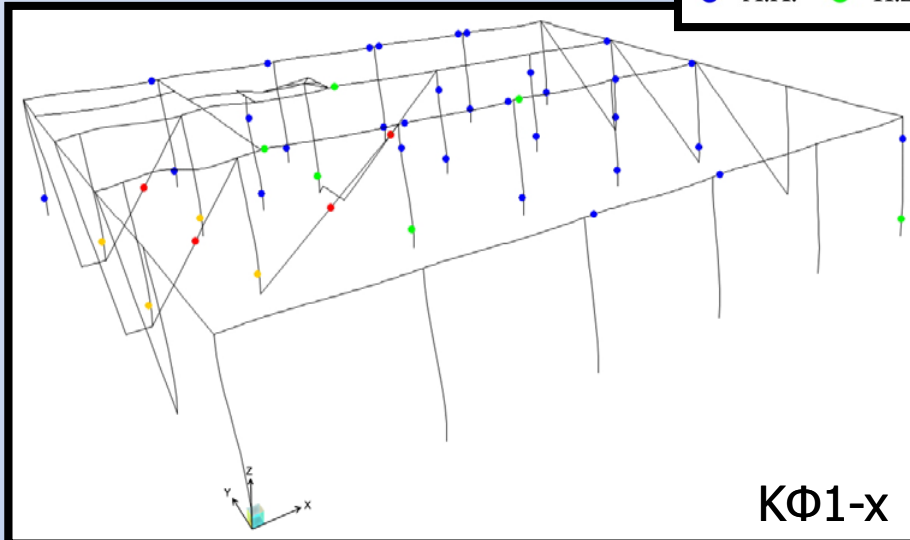


Αναλύσεις και έλεγχοι (23)

- **Ανάλυση: ανελαστική στατική** (6) - ενδεικτικά αποτελέσματα:

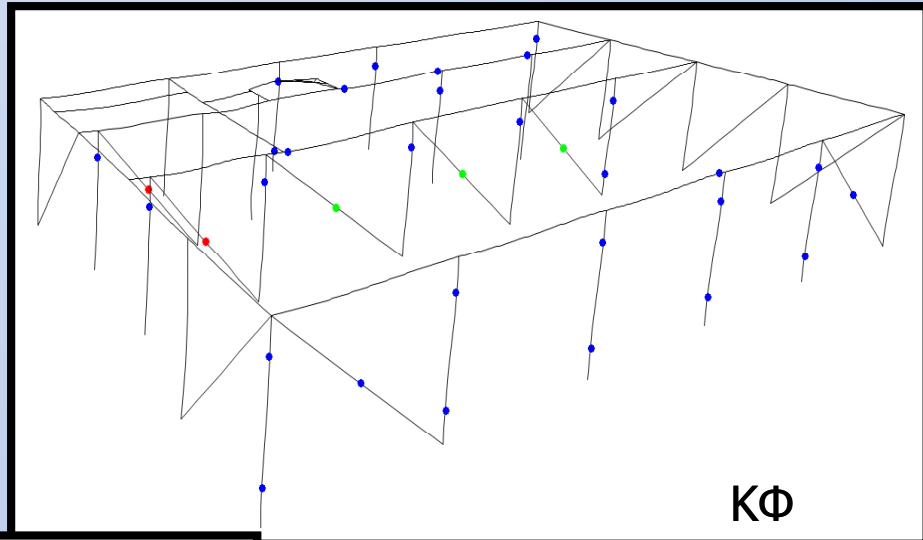
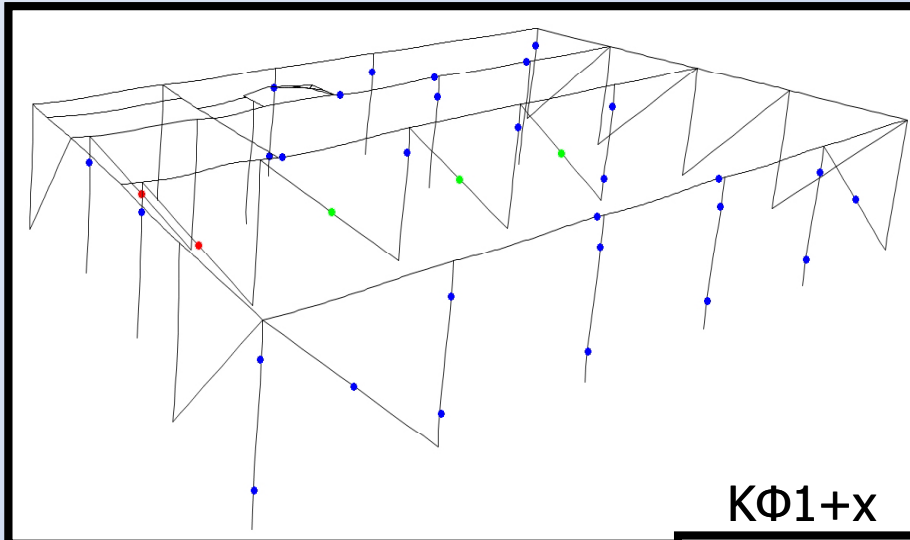


● >A.X. ● >Π.Z. ● >A.K. ● > $\theta_{um,pl}$

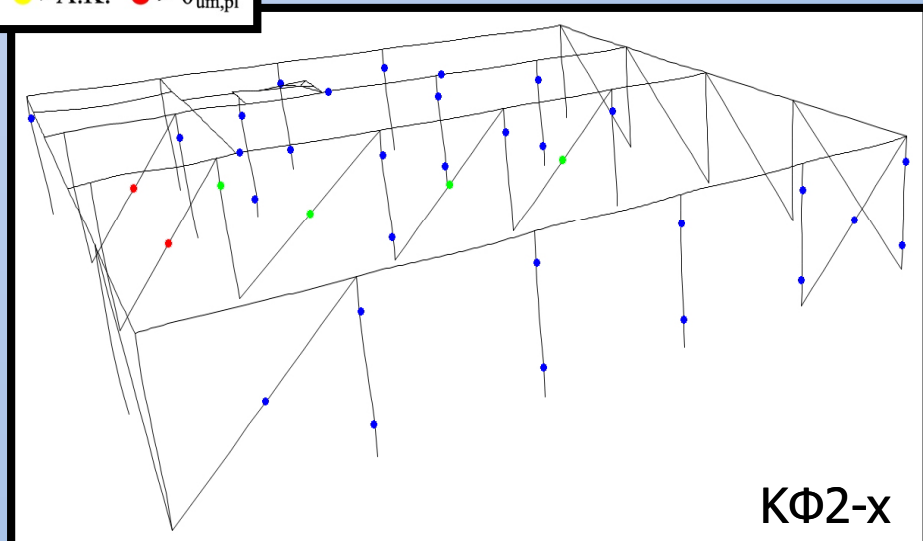
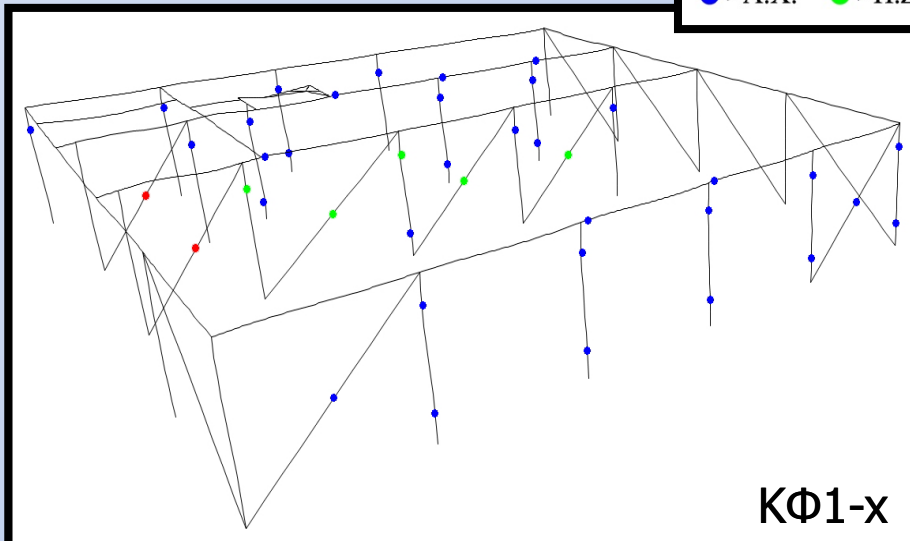


Αναλύσεις και έλεγχοι (24)

- **Ανάλυση: ανελαστική στατική** (7) - ενδεικτικά αποτελέσματα:

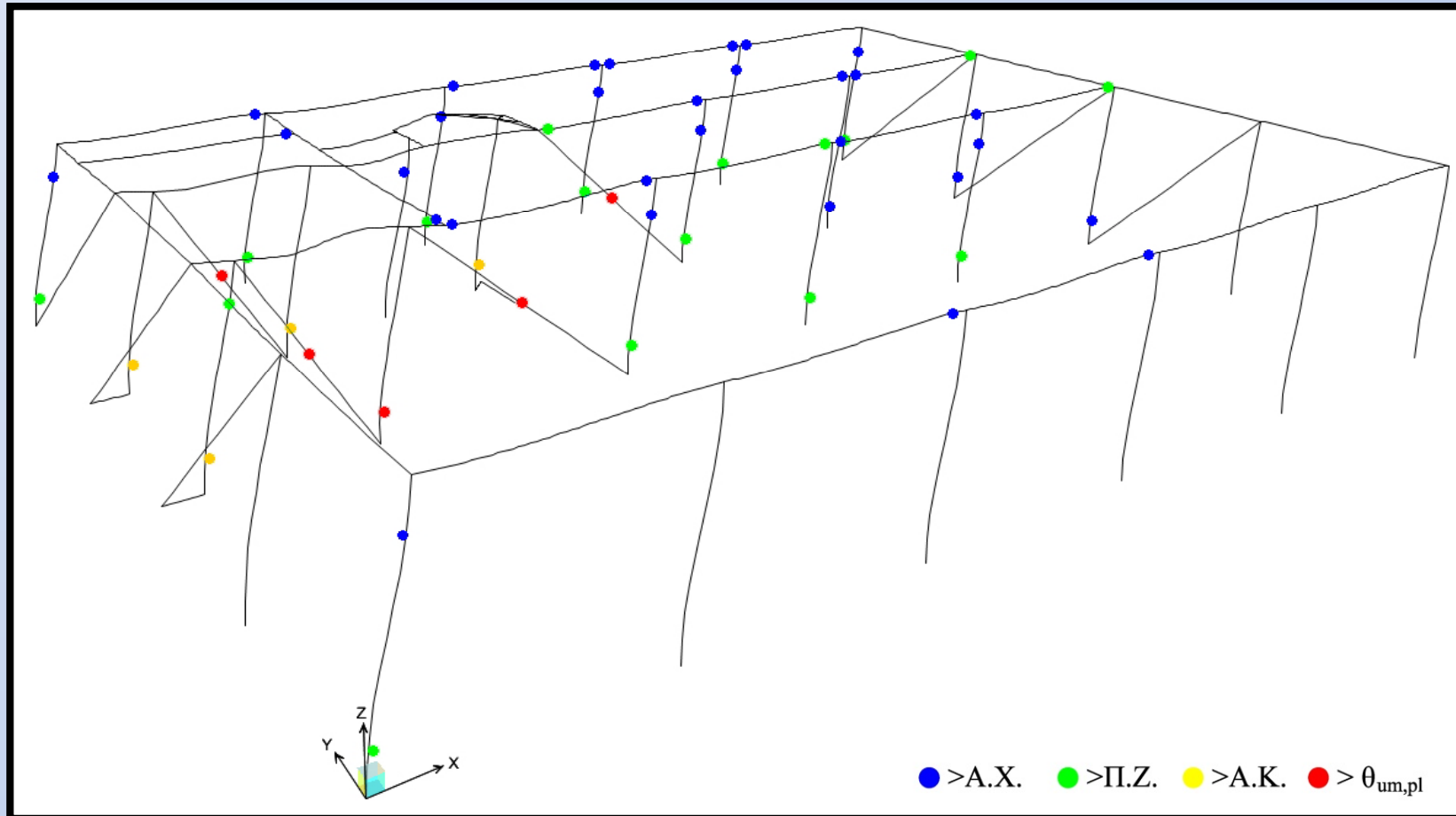


● >A.X. ● >Π.Ζ. ● >A.K. ● > $\theta_{um,pl}$



Αναλύσεις και έλεγχοι (25)

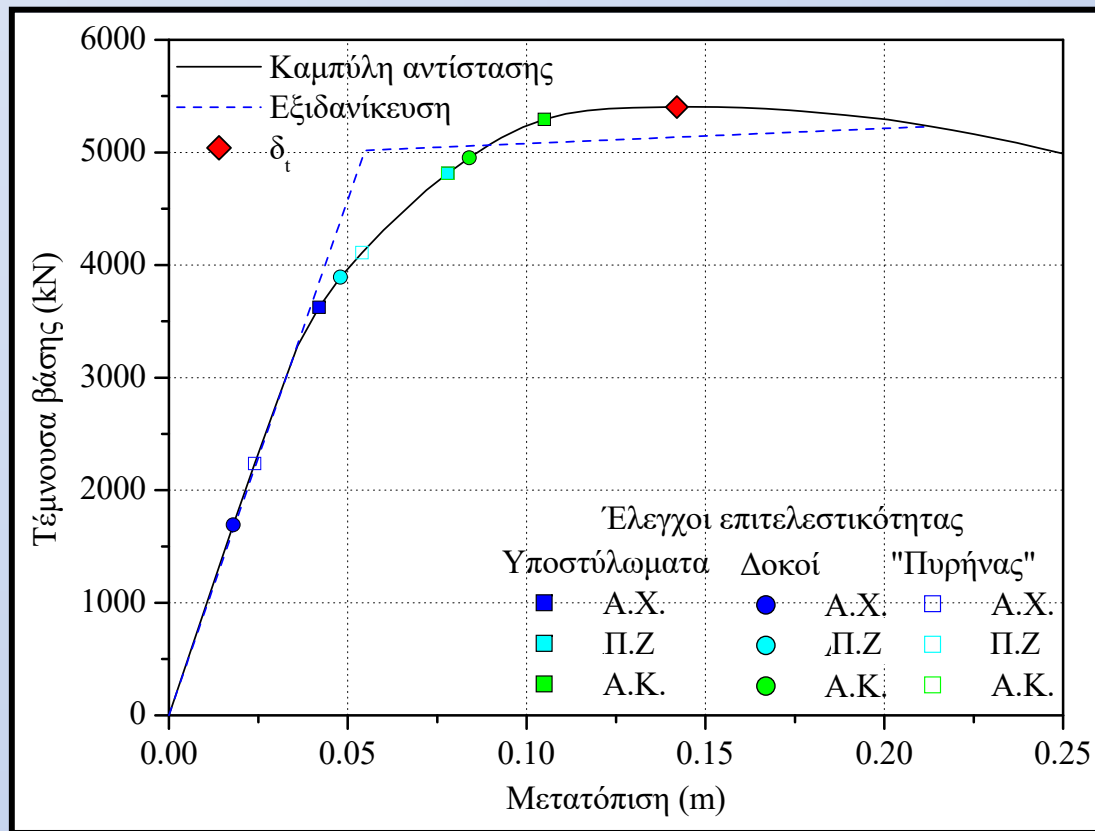
- **Ανάλυση: ανελαστική στατική** (8) - ενδεικτικά αποτελέσματα:



Αναλύσεις και έλεγχοι (26)

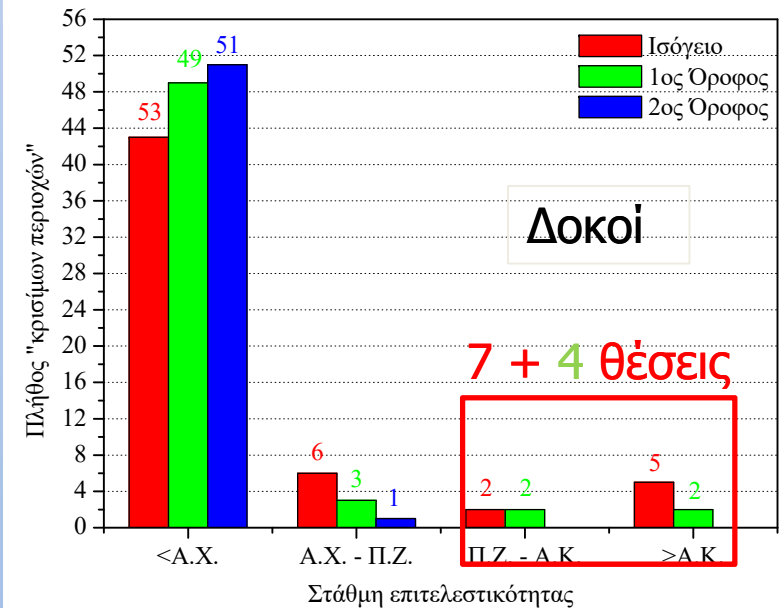
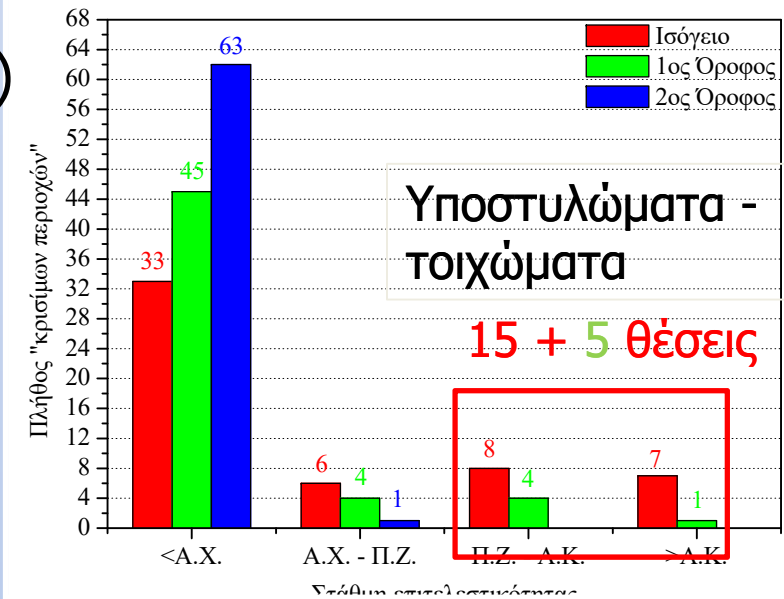
• Ανάλυση: **ανελαστική στατική** (9)

► Ενδεικτικά αποτελέσματα:



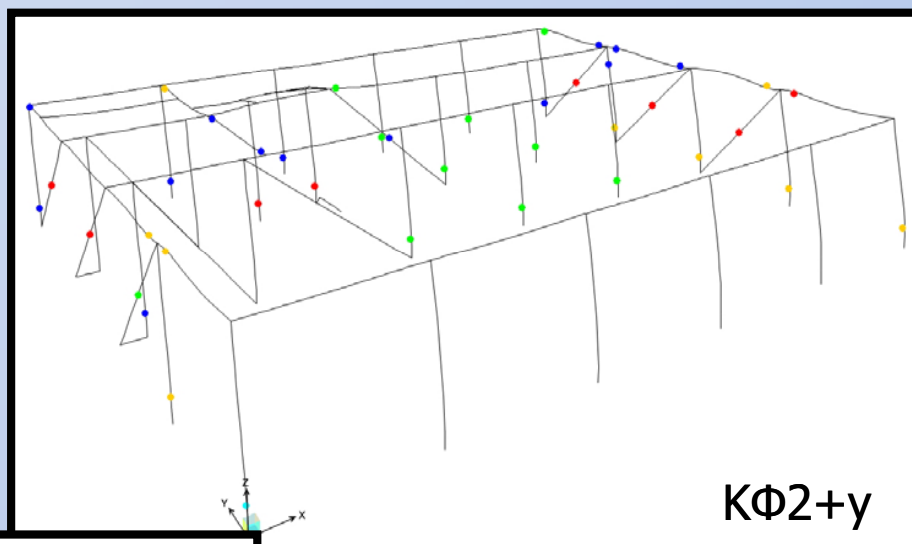
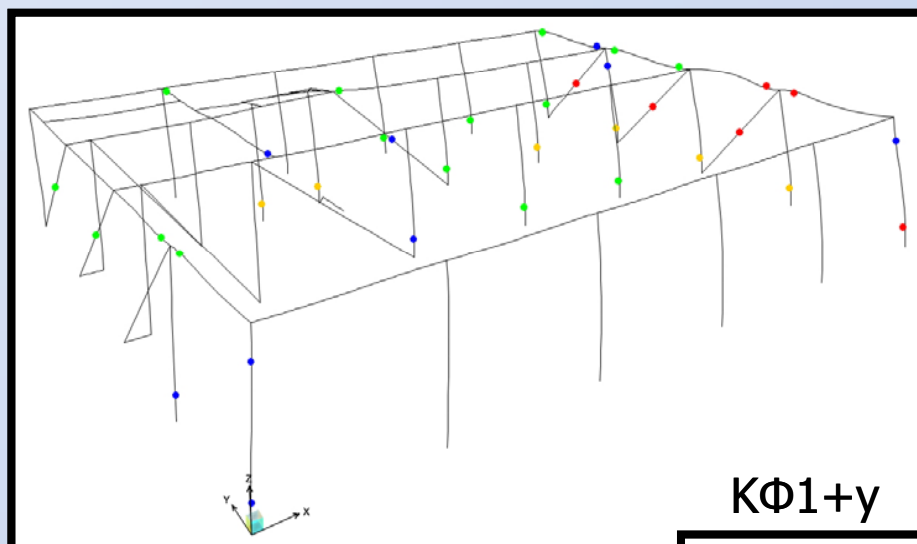
$$\delta_t = 13.2 \text{ cm}$$

$$\delta_{\text{lim}, \Pi Z} = 4.8 \text{ cm } (\Delta), 7.8 \text{ cm } (T)$$

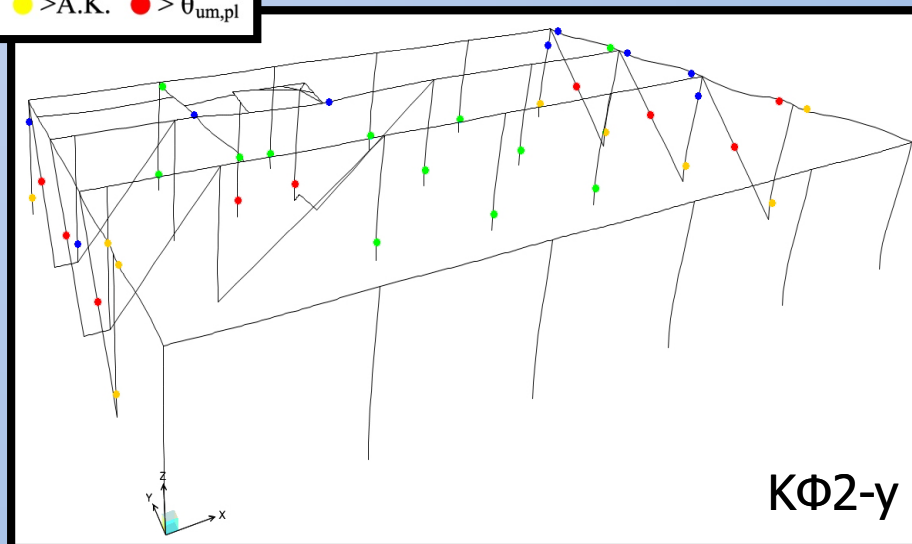
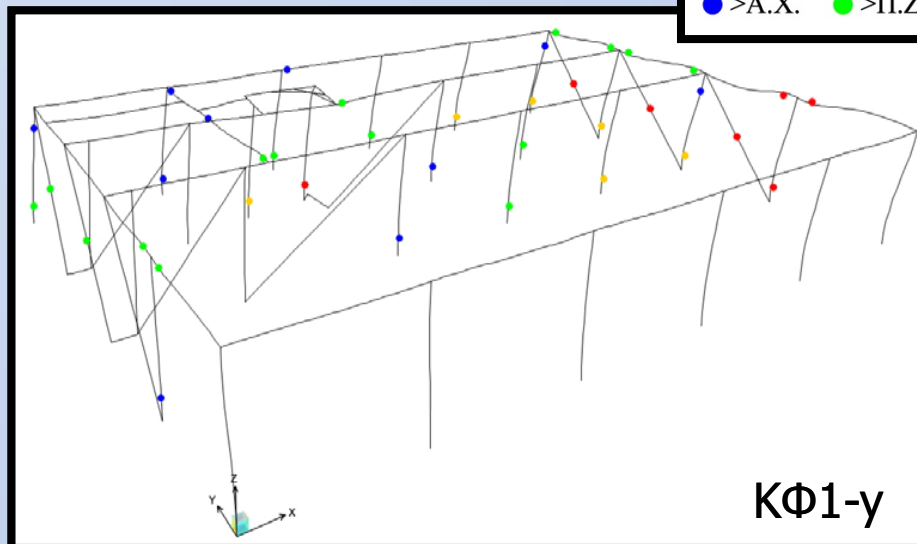


Αναλύσεις και έλεγχοι (27)

- Ανάλυση: **ανελαστική στατική** (10) - ενδεικτικά αποτελέσματα:

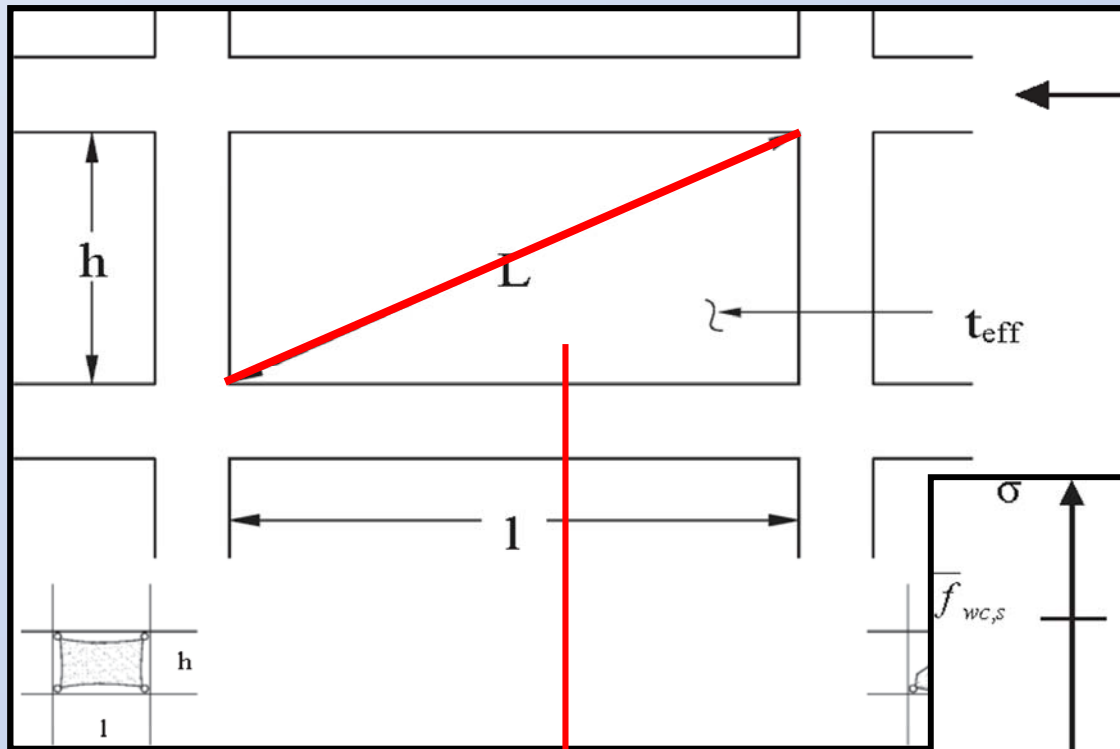


● >A.X. ● >Π.Z. ● >A.K. ● > $\theta_{um,pl}$



Αναλύσεις και έλεγχοι (28)

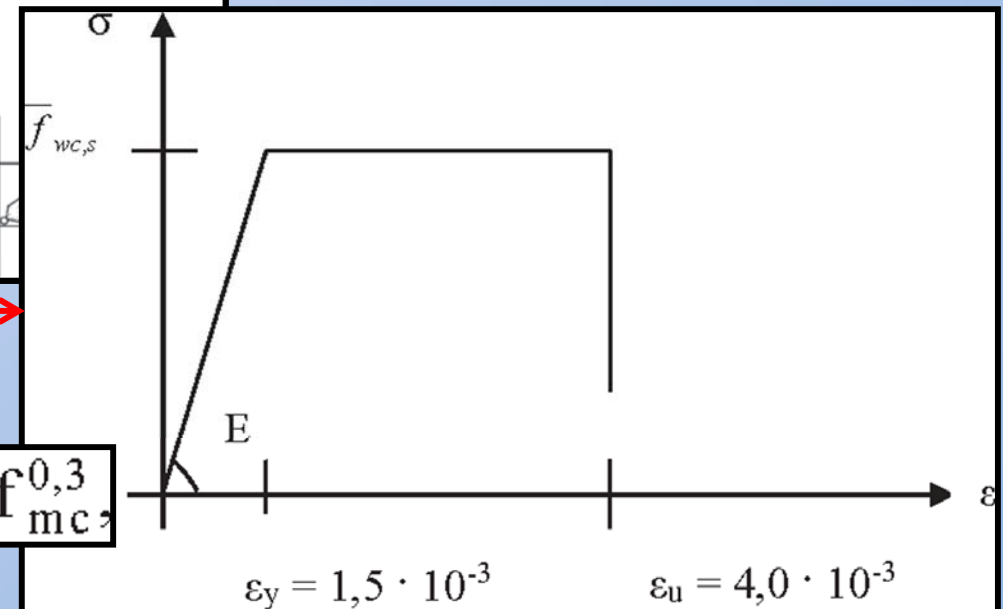
• Τοιχοπληρώσεις (1)



- Ισοδύναμος **διαγώνιος θλιπτήρας**
- Διατμητικό πέτασμα
- * **Όχι** στη Σ.Ε. «Γ»
(§7.4.1(α) και (β))

(§7.4.1(ζ2), Σ20)

$$f_{wc,s} = \lambda_m \lambda_s \lambda_c k f_{bc}^{0,7} f_{mc}^{0,3} \approx 1,25 k f_{bc}^{0,7} f_{mc}^{0,3}$$



Αναλύσεις και έλεγχοι (29)

- **Τοιχοπληρώσεις (2)**

- ▶ **Επιρροή ανοιγμάτων (§7.4.1(δ)):**

- (i) Μεγάλο άνοιγμα σε κάθε άκρο = **αμελείται** η **τοιχοπλήρωση**
 - (ii) Άνοιγμα περίπου στο κέντρο με διαστάσεις $\leq 20\%$ του φατνώματος = **αμελείται** το **άνοιγμα**
 - (iii) Άνοιγμα περίπου στο κέντρο με διαστάσεις $\geq 50\%$ του φατνώματος = **αμελείται** η **τοιχοπλήρωση**
 - (iv) **Ενδιάμεση** περίπτωση = **δύο θλιπτήρες**
 - (v) **Δυο μικρά γειτονικά** ανοίγματα = ισοδύναμο **εννιαίο**

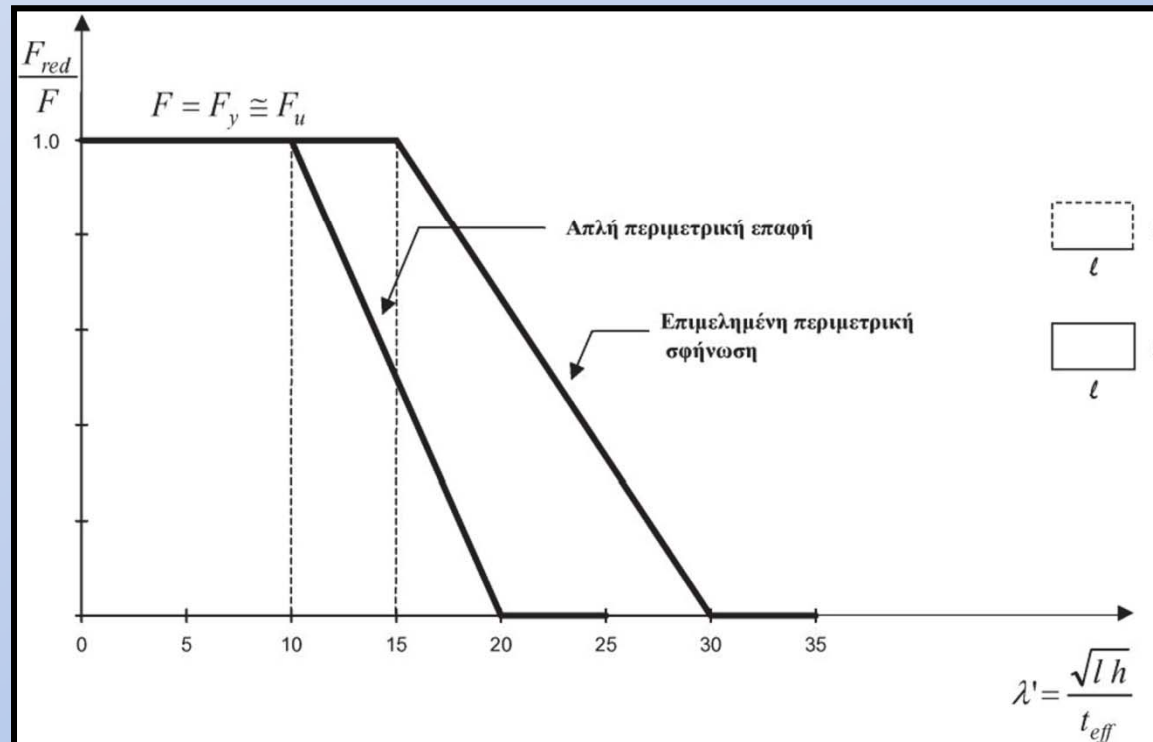
Αναλύσεις και έλεγχοι (30)

- Τοιχοπληρώσεις (3)

► Πρόωρη αστοχία εκτός επιπέδου (§7.4.1(ε)):

Λυγνηρότητα: $\lambda = L / t$

$t_{\text{eff}} = 0.5(t_1 + t_2)$ για **δίστρωτη** τοιχοπλήρωση.



Αναλύσεις και έλεγχοι (31)

- **Στρέψη (1)**

- ▶ Υπολογίζεται η **αύξηση ή μείωση** (;!) των μετατοπίσεων όταν τα **διαφράγματα** είναι **απαραμόρφωτα** (§5.4.2(β)).

- ▶ Στις **στατικές** μεθόδους:

- i. Προσδιορίζεται ο **συντελεστής επαύξησης** $n = \delta_{\max} / \delta_{\text{avg}}$

- ii. Εάν **$n \leq 1.1$** δεν λαμβάνεται υπόψιν η επίδραση της τυχηματικής στρέψης

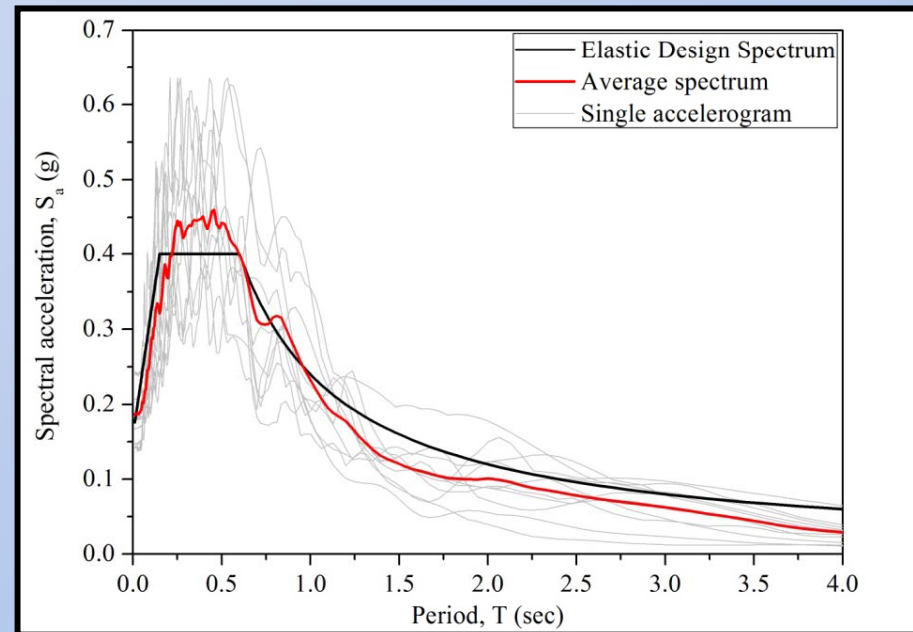
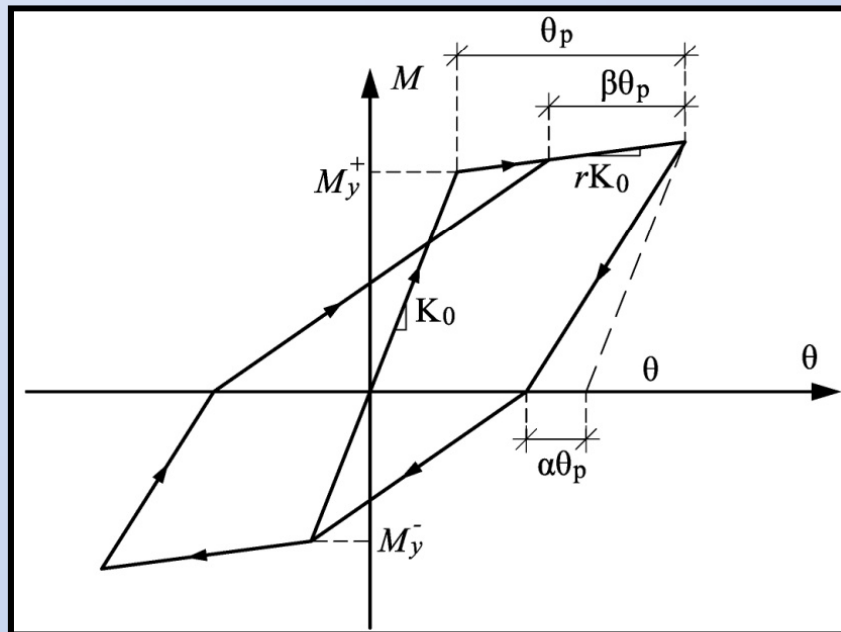
- iii. Εάν **$n \geq 1.2$** , στην **ελαστική μέθοδο** εφαρμόζεται ο **συντελεστής** $(n / 1.2)^2 \leq 3$

- iv. Στην **ανελαστική** μέθοδο (§5.4.2(δ)): **$n \times \delta_t$**

- * Πολύ **πιθανόν** να απαιτηθεί **επιπλέον ελαστική**

Αναλύσεις και έλεγχοι (32)

- **Στρέψη (2)**
 - ▶ **Αποδοτική** αντιμετώπιση των **ακραίων περιπτώσεων** μόνο με **δυναμικές μεθόδους**.



Υπάρχει και ελαστική δυναμική!!!