

ΚΑΝΕΠΕ (3^η Αναθεώρηση 2022):

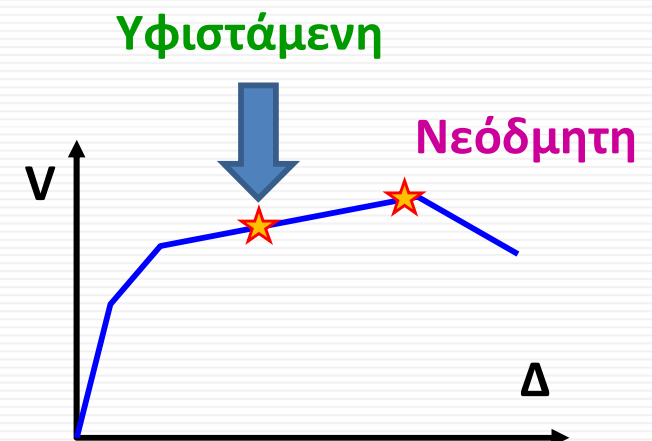
υφιστάμενα δομήματα από Οπλισμένο Σκυρόδεμα «συνήθους διακινδύνευσης»

ΟΡΙΖΕΙ:

- 1) Τα κριτήρια αποτίμησης της φέρουσας ικανότητας υφισταμένου δομήματος (υλικά, διατομές, κατασκευαστικές λεπτομέρειες)
- 2) Τις ελάχιστες υποχρεωτικές απαιτήσεις φέρουσας ικανότητας ανασχεδιασμένων δομημάτων ή μελών τους

(μπορεί να είναι μειωμένες σε σχέση με τις προβλέψεις των ισχυόντων Κανονισμών σχεδιασμού νέων δομημάτων)

- 3) Τον καθορισμό των τρόπων με τους οποίους μπορεί να γίνει επέμβαση



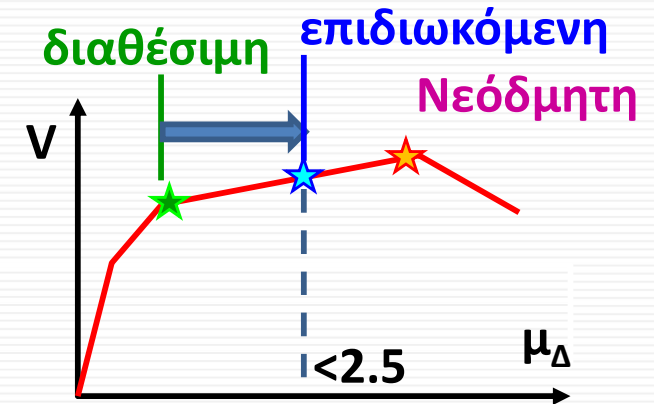
Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. (3^η Αναθεώρηση 2022):

καλύπτει τους ελέγχους υφισταμένων δομημάτων

- χωρίς εμφανείς βλάβες ή φθορές (ενδεχόμενος αντισεισμικός ανασχεδιασμός)
- που έχουν υποστεί βλάβες (έλεγχος, επισκευή ή ενίσχυση και αντισεισμικό ανασχεδιασμό)

ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ: διαθέσιμη φέρουσα ικανότητα

- Συλλογή στοιχείων
(έρευνα του ιστορικού του δομήματος)
- Ανάλυση
- Έλεγχος οριακών καταστάσεων



Συλλογή στοιχείων

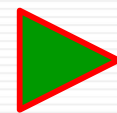
Καταγράφονται:

- οι βλάβες ή φθορές ανεξαρτήτως του αν οφείλονται σε σεισμό ή άλλες δράσεις (πυρκαγιά, δράσεις περιβάλλοντος κ.λπ.).
- Οι περιβαλλοντικές συνθήκες
- Η γεωμετρία των διατομών
- Η κατάσταση των υλικών που απαρτίζουν έκαστο δομικό στοιχείο

Διερευνητικές εργασίες & μετρήσεις → ΠΟΣΟΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ποιότητας των υλικών

!!! πιστοποιημένα Εργαστήρια

Χρήσιμο βοήθημα για την εκτίμηση των χαρακτηριστικών των υλικών, αποτελεί η έκδοση του Τ.Ε.Ε.: «Μέθοδοι για την επιτόπου αποτίμηση των χαρακτηριστικών των υλικών», Αθήνα, 2002.



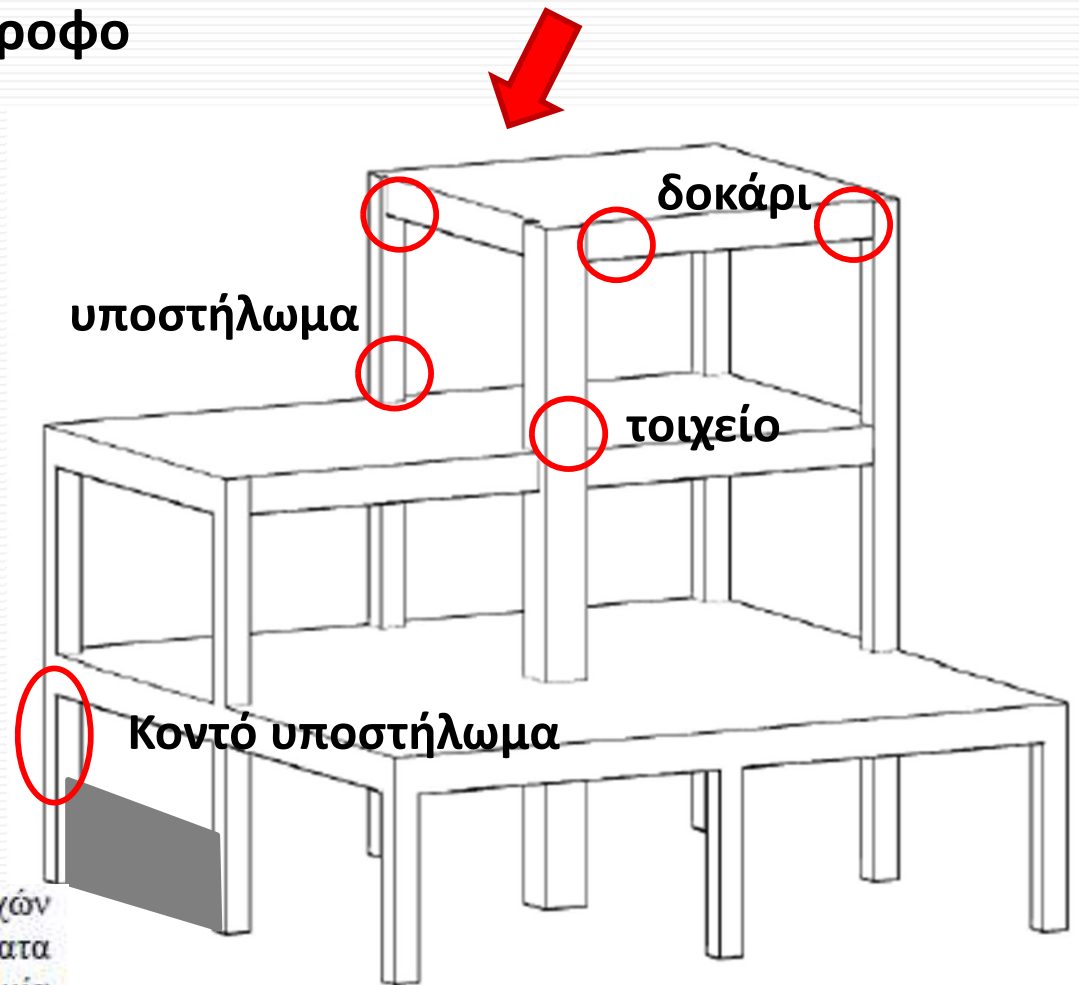
- **ΘΕΣΕΙΣ**
(αντιπροσωπευτικές)
- **ΠΛΗΘΟΣ** (ικανό για στατιστική επεξεργασία)



επιτόπου θλιπτική αντοχή, $f_{ck, is}$ (αντιπρ.) σε κάθε κρίσιμη περιοχή κάθε δομικού στοιχείου (αποτίμηση / ανασχεδιασμός: $f_{ck, is} / \gamma_c$ αντί f_{ck})

- **Θέσεις:** όχι μία τιμή για όλο το κτίριο αλλά για κάθε κρίσιμη περιοχή ομοειδών δομικών στοιχείων ανά όροφο

- **κακοτεχνίες φέροντος οργανισμού**
(μικρότερη αντοχή κάτω περιοχής υποστηλώματος λόγω απόμειξης)
- **διαφοροποίηση αντοχής**
(συνθήκες συντήρησης)



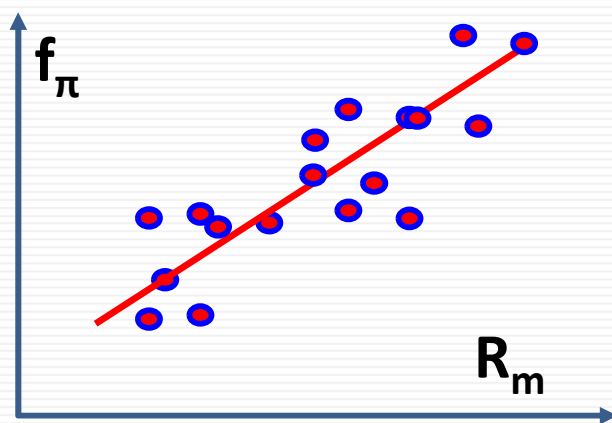
Είναι ενδεχόμενο να παρουσιάζονται σημαντικές διαφορές αντοχών ανάμεσα στις πλάκες, στις δοκούς, στα πάνω τμήματα υποστηλωμάτων και στα κάτω τμήματα υποστηλωμάτων (κατά μία τελείως ενδεικτική αναλογία 0,70/0,80/0,90/1,00), ενώ σε περίπτωση κακότεχνης σκυροδέτησης υποστηλώματος, δεν αποκλείεται και το κάτω τμήμα-του να παρουσιάσει μικρότερες αντοχές λόγω απόμειξης και σπηλαιώσεως.

ΘΕΣΕΙΣ: Που γίνονται οι μετρήσεις ανά μέθοδο;

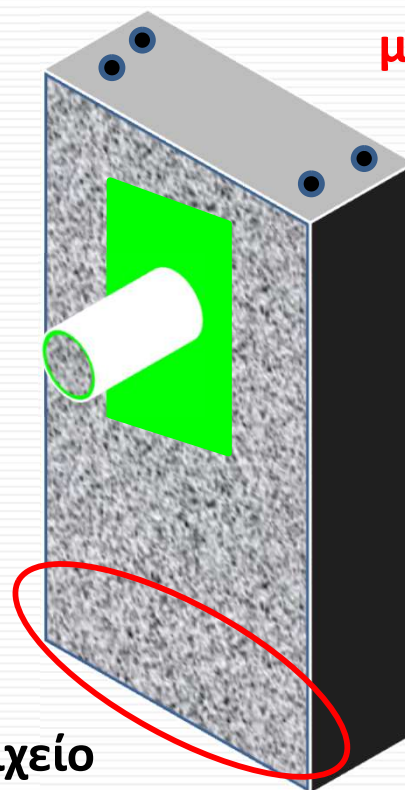
➔ Έμμεσες : μέτρηση ιδιότητας άλλης της αντοχής (σκληρότητα, πυκνότητα)

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ έμμεσων

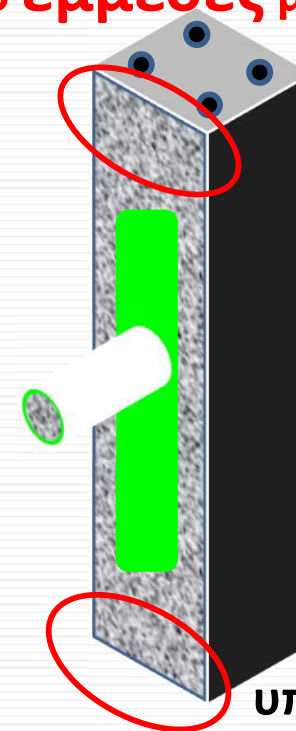
➔ Πυρηνοληψία (σε εργαστήριο): δείκτης αντοχής



Κρίσιμες περιοχές:
μόνο έμμεσες μέθοδοι



Τοιχείο



υποστήλωμα

Πυρηνοληψία (περιοχή μικρής έντασης χωρίς σπλισμούς)

▪ πλήθος μετρήσεων (από οποιαδήποτε μέθοδο) → **Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων ΣΑΔ**

Στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων – ΣΑΔ: αφορά δράσεις και αντιστάσεις

- Εκφράζει την επάρκεια των πληροφοριών για την αποτίμηση & τον ανασχεδιασμό
(πληρότητα αποτύπωσης)
- Δεν ορίζεται βάσει διασποράς των δεδομένων
- Η ΣΑΔ δεν είναι απαραίτητα ενιαία για όλο το κτήριο
- Για την ανάλυση κατασκευής πριν από επέμβαση λαμβάνεται η δυσμενέστερη ΣΑΔ

ΣΑΔ γ (ΥΛΙΚΟΥ)

ΣΑΔ Γ (ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ)

ΣΑΔ Λ (ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ)

Στάθμες αξιοπιστίας δεδομένων

- **ΥΨΗΛΗ**
- **ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ**
- **ΑΝΕΚΤΗ**

ΣΑΔ γ (ΥΛΙΚΟΥ) :

ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΗ ΤΙΜΗ αντοχής σκυροδέματος:

Μέση τιμή – τυπική απόκλιση



στην αποτίμηση / ανασχεδιασμό ως αντιπροσωπευτική τιμή :

Ανάλογα με την Σ.Α.Δ. γ (στην Αποτίμηση και τον Ανασχεδιασμό):

- Επιλέγονται οι συντελεστές ασφαλείας γ_m για τα δεδομένα των υφιστάμενων υλικών, σε συνδυασμό με τους γ_{Rd} (αντιστάσεις)

Έλεγχος σε όρους δυνάμεων (N, V, M)

(ελαστική ανάλυση & ψαθυρή συμπεριφορά, $\mu < 2$): $f_{ck, is} = f_{cm, is} - s \rightarrow f_{ck, is} / \gamma_c$

$$s = 10-20\% f_{cm, is}$$

ΣΑΔ Υψηλή	ΣΑΔ Ικανοποιητική	ΣΑΔ Ανεκτή
$\gamma_c = 1.15$ (↓)	$\gamma_c = 1.3$	$\gamma_c = 1.45$ (↑)

Έλεγχος σε όρους παραμορφώσεων (θ, f, ϕ , πλάσטיμη συμπεριφορά):

$$f_{cm, is} \rightarrow f_{cm, is} / \gamma_c$$

ΣΑΔ Υψηλή	ΣΑΔ Ικανοποιητική	ΣΑΔ Ανεκτή
$\gamma_c = 1.0$ (↓)	$\gamma_c = 1.1$	$\gamma_c = 1.2$ (↑)

γ_m εκφράζει την επιτόπου αντοχή προς την αντοχή από συμβατικά δοκίμια

έμμεση μέθοδος

πλήθος μετρήσεων ↔ Στάθμες αξιοπιστίας δεδομένων – ΣΑΔ

• ΥΨΗΛΗ

• ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ

• ΑΝΕΚΤΗ

Οι θέσεις εφαρμογής της έμμεσης μεθόδου σε κάθε όροφο πρέπει να καλύπτουν:

- Το 45% των κατακορύφων στοιχείων
- Το 25% των οριζοντίων στοιχείων (δοκοί ή πλάκες).

- Το 30% των κατακορύφων στοιχείων
- Το 15% των οριζοντίων στοιχείων (δοκοί ή πλάκες).

Στην περίπτωση που τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζουν ικανοποιητική σύγκλιση ($S \leq 0,20 X_m$), τότε η Σ.Α.Δ. μπορεί να θεωρείται «υψηλή».

Εφαρμογή στο μισό των ποσοστών για ΣΑΔ «Ικανοποιητική»

Στην περίπτωση που τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζουν ικανοποιητική σύγκλιση ($S \leq 0,20 X_m$), τότε η Σ.Α.Δ. μπορεί να θεωρείται «Ικανοποιητική».

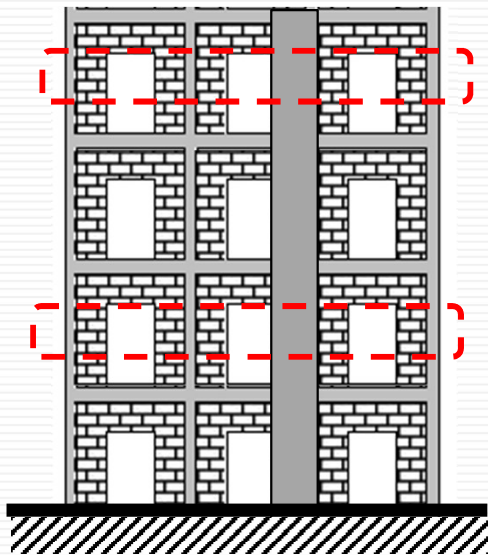
Ελάχιστη Πυρηνοληψία κατά ΚΑΝΕΠΕ

Διαθέσιμα:

- φάκελος μελέτης
- αποδείξεις συνεχούς επίβλεψης
- δοκιμές σκυροδέματος κατά την φάση κατασκευής ΓΙΑ ΕΙΔΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΤΗΡΙΩΝ

Όροφοι	Πυρήνες
≤ 2	3 από <u>ομοειδή</u> δομικά στοιχεία
> 2	3 ανά δύο ορόφους από ομοειδή δομικά στοιχεία
>2 & μαλακός όροφος	3 ανά δύο ορόφους από ομοειδή δομικά στοιχεία <u>+3 στον “μαλακό” όροφο</u>

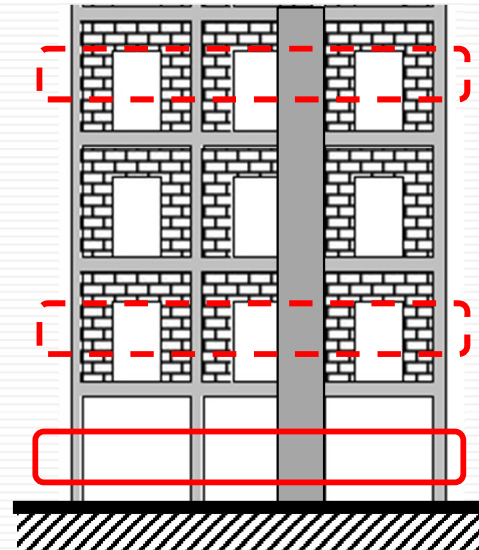
Εφαρμογή σε 4-όροφη οικοδομή



→ 18 πυρήνες

2^{ος} → $n=3$ (δοκ.) + 3 (υποστ.) + 3 (τοιχεία)

4^{ος} → $n=3$ (δοκ.) + 3 (υποστ.) + 3 (τοιχεία)



→ 27 πυρήνες!!!

Πιλοτή → $n=3$ (δοκ.) + 3 (υποστ.) + 3 (τοιχεία)

2^{ος} → $n=3$ (δοκ.) + 3 (υποστ.) + 3 (τοιχεία)

4^{ος} → $n=3$ (δοκ.) + 3 (υποστ.) + 3 (τοιχεία)

Ελάχιστη Πυρηνοληψία (από ομοειδή δμ. σтч. κάθε ορόφου)

Διαθέσιμα:

- φάκελος μελέτης
- αποδείξεις συνεχούς επίβλεψης
- δοκιμές σκυροδέματος κατά την φάση κατασκευής

Πρέπει: $|f_{i,\pi} - f_{i,\pi}^{ave}| < 15\% f_{i,\pi}^{ave}$

→ ΣΑΔ «ικανοποιητική» → $\gamma_c = 1.3$ (ή 1.1)

(χωρίς ανάγκη για έμμεσες μεθόδους)

Αν εκτελεσθούν και έμμεσες δοκιμές
επιπέδου ΣΑΔ «ικανοποιητική»

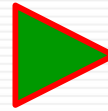
- Το 30% των κατακορύφων στοιχείων
- Το 15% των οριζοντίων στοιχείων (δοκοί ή πλάκες)

→ ΣΑΔ «υψηλή»

Αν δεν ισχύει: $|f_{i,\pi} - f_{i,\pi}^{ave}| < 15\% f_{i,\pi}^{ave}$

→ Οποσδήποτε και έμμεσες μετρήσεις

- Συλλογή στοιχείων
(έρευνα του ιστορικού του δομήματος)



Σε περιπτώσεις αντικειμενικής αδυναμίας εκτέλεσης του προγράμματος ελέγχων και διερευνήσεων επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν για την τεκμηρίωση της αντοχής των υλικών, αξιόπιστα αποτελέσματα παλαιότερων ποιοτικών ελέγχων

Αλλιώς «ερήμην» τιμές που όμως αντιστοιχούν σε «ανεκτή» ΣΑΔ

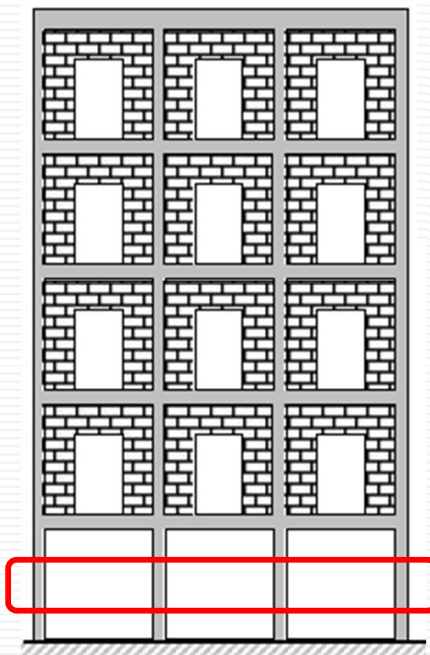
Πίνακας 1. «Ερήμην» Αντιπροσωπευτικές Τιμές Θλιπτικής Αντοχής Σκυροδέματος.

Εφαρμοσθέντες Κανονισμοί Μελέτης και Κατασκευής	«Ονομαστική» Μέση τιμή f_{cm} (MPa)	«Χαρακτηριστική» Μέση τιμή μείον μία τυπική απόκλιση f_{ck} (MPa)
...<1985	13	9
1985≤...	17	13

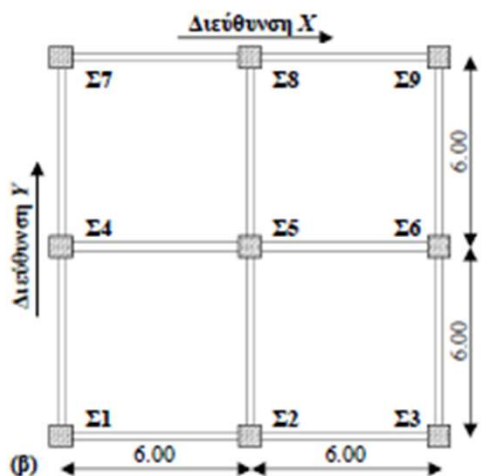
Παράδειγμα

5-όροφη οικοδομή με πιλοτή (1990)

ΚΑΝΕΠΕ: Πιλοτή → n = 9 πυρήνες (3/δοκ/υποστ., προϋποθέτει πλάκα >220mm)



Πυρήνες	$f_{i,\pi} - f_{i,\pi}^{ave}$
22	0.1
25	2.9
19	3.1
23	0.9
25	2.9
19,5	2.6
20	2.1
21	1.1
24	1.9
$f_{cm}=22$ $s=2.3$ $s=10.5\%f_{cm}$ ok	15% x 22=3.3 $s=10-20\%f_{cm}$



ΣΑΔ «ικανοποιητική»

EN 13791 (μόνο πυρήνες)

$$\min \begin{cases} f_{ck,is} = f_{m(n),is} - k = 22 - 6 = 16 \\ f_{ck,is} \leq f_{is,lowest} + 4 = 19 + 4 = 23 \end{cases}$$

Table 2 – Margin k associated with small numbers of test results

n	k
10 to 14	5
7 to 9	6
3 to 6	7

$f_{ck,is,cyl} = 16\text{MPa}$ (κυλίνδρου)

Κατά ΚΑΝΕΠΕ 2022:

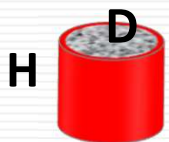
για υπολογισμό των αντιστάσεων ($f_{ck,is}$) η αντιπροσωπευτική τιμή είναι:

$f_{ck,is,cyl} = f_{cm} - s = 22 - 2.3 = 19.7\text{MPa}$ (> 16 MPa κατά EN)

$f_{ck,is,cyl} / \gamma_c = 19.7 / 1.3 = 15.2\text{MPa}$

για υπολογισμό των παραμορφώσεων (f_{cm}) η αντιπροσωπευτική τιμή είναι:

$f_{cm,cyl} / \gamma_c = 22 / 1.1 = 20\text{MPa}$



H/D = 2 & D=10cm

Αναγωγή σε κύλινδρο 300/150

Παράδειγμα

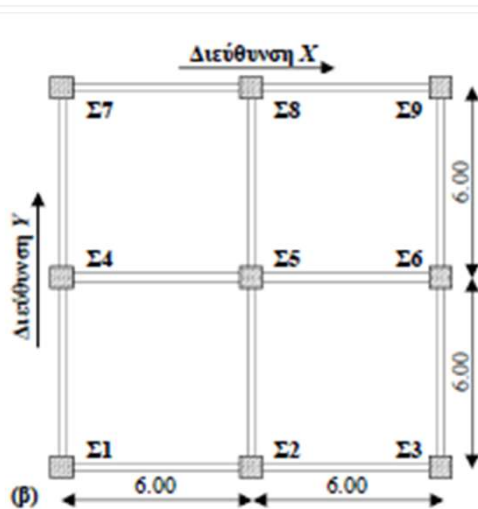
5-όροφη οικοδομή με πιλοτή (1990)

ΚΑΝΕΠΕ: Πιλοτή → $n = 9$ πυρήνες (3/δοκ/υποστ., προϋποθέτει πλάκα >220mm)

Πυρήνες	$f_{i,\pi} - f_{i,\pi}^{ave}$
22	0.1
25	2.9
19	3.1
23	0.9
25	2.9
19,5	2.6
20	2.1
21	1.1
24	1.9
$f_{cm}=22$ $s=2.3$ (10.5% f_{cm}) ok	15% x 22=3.3

→ ΣΑΔ «ικανοποιητική»

→ ΣΑΔ «υψηλή»



Εφαρμογή και έμμεσων:

- Το 30% των κατακορύφων στοιχείων = 3 υποστ. x δύο θέσεις = 6 μετρήσεις
- 15% των οριζοντίων στοιχείων (12 δοκ) = 2 δοκοί x δύο θέσεις = 4 μετρήσεις

Πριν την λήψη των πυρήνων $f_{m(9),is} = 22MPa$
έγιναν κρουσιμετρήσεις $R_{m(9)} = 28$

Κατά ΚΑΝΕΠΕ 2022:

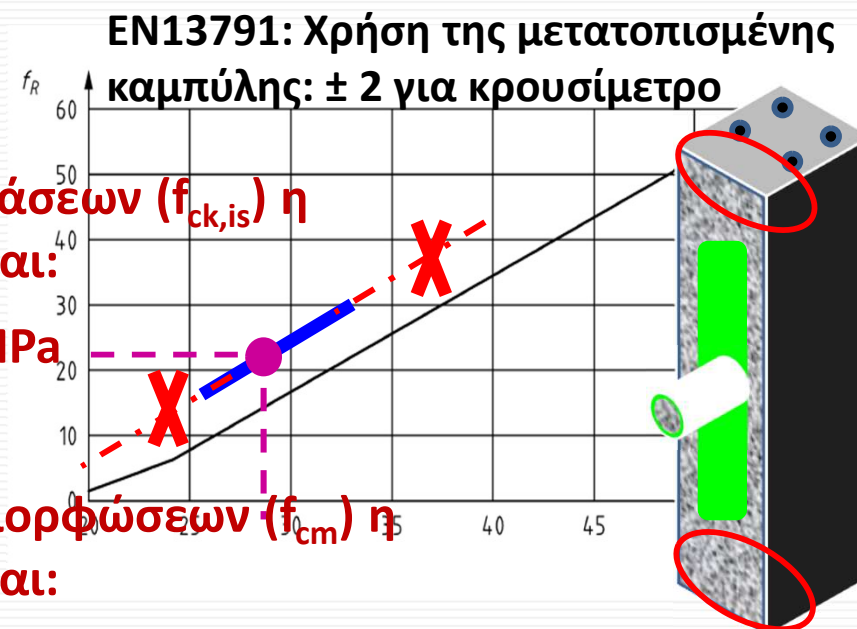
για υπολογισμό των αντιστάσεων ($f_{ck,is}$) η αντιπροσωπευτική τιμή είναι:

$$f_{ck,is,cyl} / \gamma_c = 19.7 / 1.15 = 17.1MPa$$

(αντί του 15.2MPa)

για υπολογισμό των παραμορφώσεων (f_{cm}) η αντιπροσωπευτική τιμή είναι:

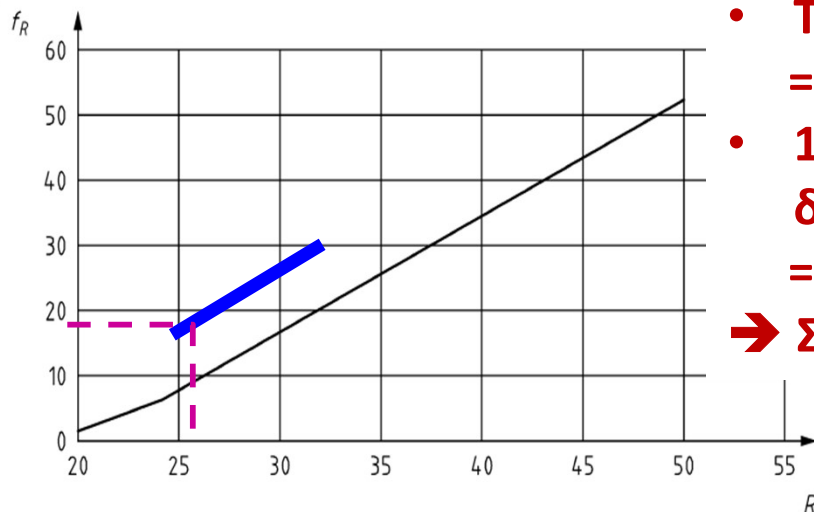
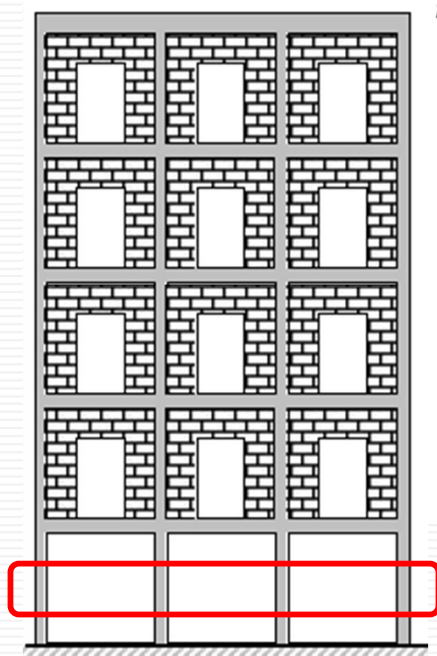
$$f_{cm,cyl} / \gamma_c = 22 / 1 = 22MPa \text{ (αντί 20MPa)}$$



Παράδειγμα

5-όροφη οικοδομή με πιλοτή (1990)

ΚΑΝΕΠΕ: Πιλοτή → $n = 9$ πυρήνες (3/δοκ/υποστ., προϋποθέτει πλάκα >220mm)



- Το 30% των κατακορύφων στοιχείων = 3 υποστ. x δύο θέσεις = 6 μετρήσεις
 - 15% των οριζοντίων στοιχείων (12 δοκ) = 2 δοκοί x δύο θέσεις = 4 μετρήσεις
- ➔ ΣΑΔ «υψηλή»

Έστω για την κάτω κρίσιμη περιοχή του υποστηλώματος Σ9:
 $R_9=26$, $f_R=18\text{MPa}$, τιμή χαμηλότερη από την $f_{cm}=22\text{MPa}$: είτε διερευνώ περισσότερο είτε την δέχομαι και:

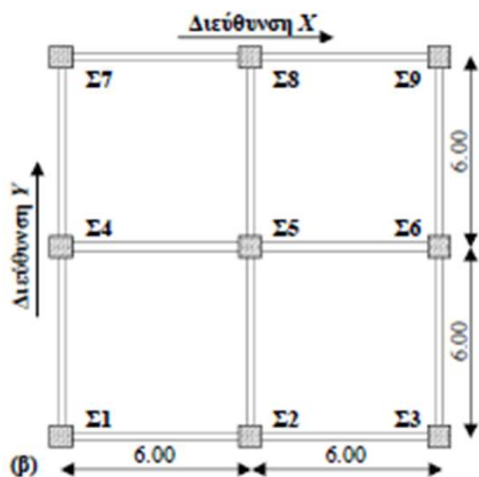
για τις αντιστάσεις (βάσει $f_{R,is}$) η αντιπροσωπευτική τιμή είναι:

$$f_{R,is} = 18 - s = 18 - 1.8 (\text{min}, 10\%) \approx 16 \text{ MPa}$$

$$f_{R,is,cyl} / \gamma_c = 16 / 1.15 = 13,9 \text{ MPa} \text{ (χωρίς έμμεσες } \sim 15.2 \text{ MPa)}$$

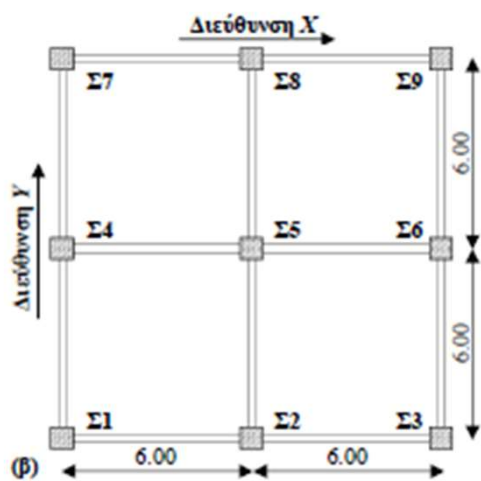
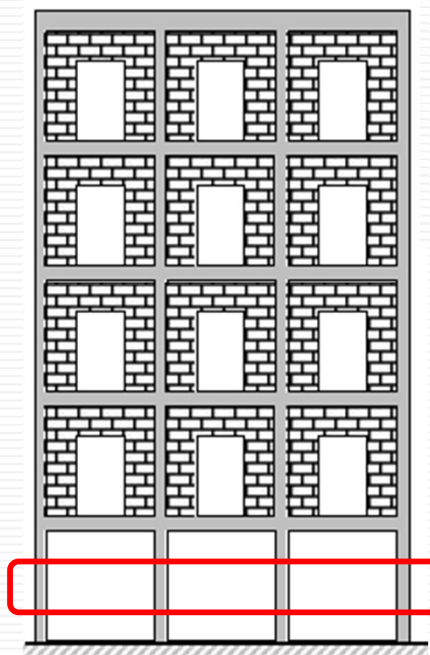
για τις παραμορφώσεις (βάσει $f_{R,m}$) η αντιπροσωπευτική τιμή είναι:

$$f_R / \gamma_c = 18 / 1 = 18 \text{ MPa} \text{ (χωρίς έμμεσες } \sim 20 \text{ MPa)}$$



Παράδειγμα

5-όροφη οικοδομή με πιλοτή (1990)



EN 13791 → Για μία περιοχή (π.χ. πιλοτή) 9 πυρήνες «θέσεις»
(& 9 έμμεσες μετρήσεις στις θέσεις πυρηνοληψίας, όχι στις κρίσιμες)

$f_{i,core}$	$ f_{i,core} - f_{ave} $
22	0.1
25	2.9
19	3.1
23	0.9
25	2.9
19,5	2.6
20	2.1
21	1.1
24	1.9
22	$15\% * f_{i,\pi}^{ave} \approx 3.3$

$$\min \begin{cases} f_{ck,is} = f_{m(n),is} - k = 22 - 6 = 16 \\ f_{ck,is} \leq f_{is,lowest} + 4 = 19 + 4 = 23 \end{cases}$$

Table 2 - Margin k associated with small numbers of test results

n	k
10 to 14	5
7 to 9	6
3 to 6	7

Πρέπει: $|f_{i,\pi} - f_{i,\pi}^{ave}| < 15\% f_{i,\pi}^{ave}$
→ ΣΑΔ «ικανοποιητική»

για τον υπολογισμό των αντιστάσεων η αντιπροσωπευτική τιμή είναι:

$$f_{ck,is,cyl} / \gamma_c = 16 / 1.3 = 12.3 \text{ MPa}$$

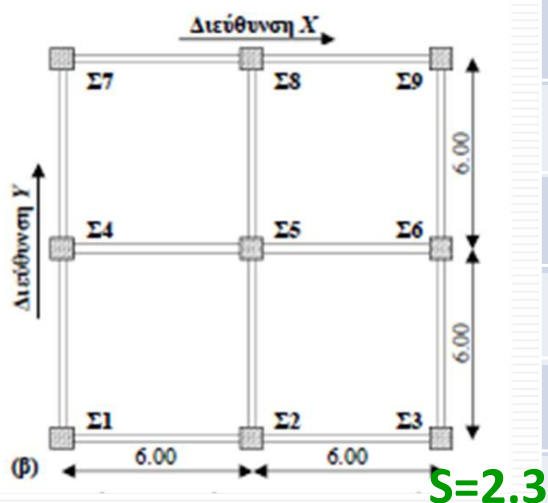
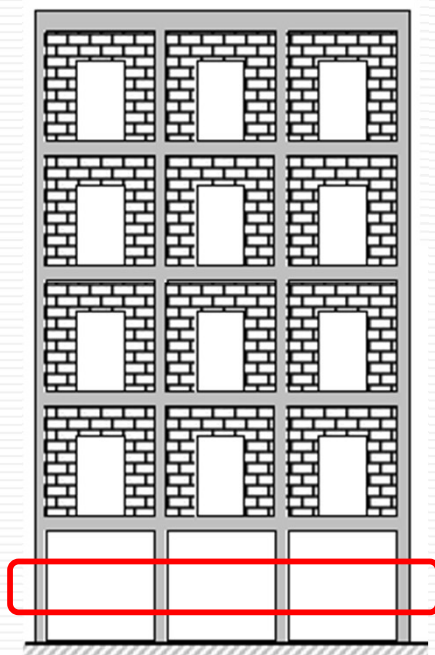
(με ΚΑΝΕΠΕ: 15.2 MPa)

(~10% mean) $S=2.3$

Παράδειγμα

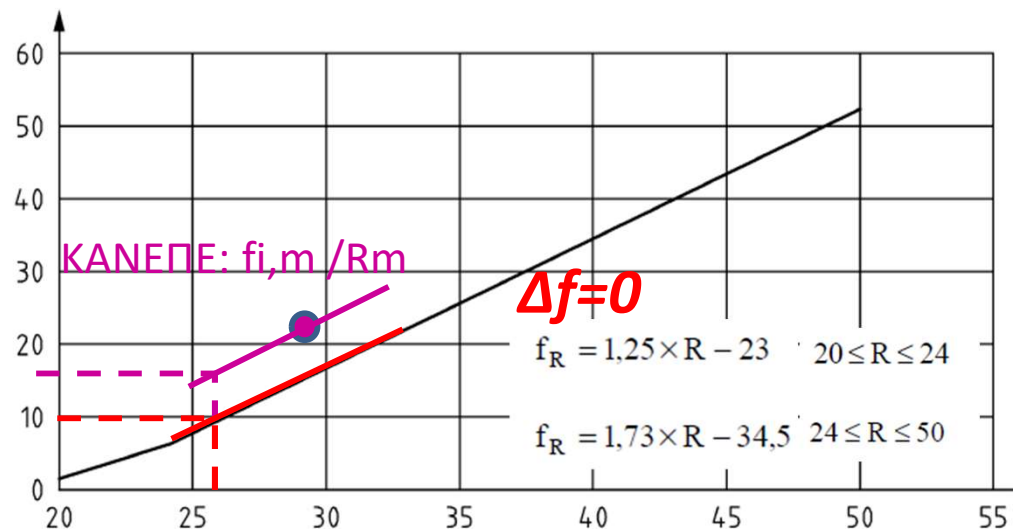
5-όροφη οικοδομή με πιλοτή (1990)

EN 13791 → Για μία περιοχή (π.χ. πιλοτή) 9 πυρήνες «θέσεις-υποστ.» & 9 έμμεσες μετρήσεις



$f_{i,core}$	R	f_R	Δf_i
22	30	17.4	4,6
25	25	8.8	16,3
19	30	17.4	1,6
23	28	13.9	9,1
25	26	10.5	14,5
19,5	30	17.4	2,1
20	31	19.1	0,9
21	27	12.2	8,8
24	26	10.5	13,5
22	28		7.9

$S=2.3$
 $S=2.2$
 $S=5.9$



$$f_{is} = 1.73 \cdot R - 34.5, \quad 24 \leq R \leq 35$$

Μου χρειάζεται για να ελέγξω τις κρίσιμες περιοχές & να αυξήσω τις μετρήσεις (ΣΑΔ από ικανοποιητική σε υψηλή).

Για το παράδειγμα του υποστηλώματος Σ9:
 $R_g=26 \rightarrow f_R=10\text{MPa}$, τιμή χαμηλότερη από την $f_{ck,is}=16\text{MPa}$ (κατά EN από τους πυρήνες) \rightarrow
 $f_{R,is,cyl}/\gamma_c=10/1.15=8.7\text{MPa}$ (Κατά ΚΑΝΕΠΕ 13.9MPa)

$$\delta f = \delta f_{(m)} - k_1 \cdot s = 7.9 - 1.67 \cdot 5.9 = -1.95 < 0 \Rightarrow \delta f = 0$$

Παράδειγμα

5-όροφη οικοδομή με πιλοτή (1990)

Σε περιπτώσεις αντικειμενικής αδυναμίας εκτέλεσης του προγράμματος ελέγχων και διερευνήσεων:

→ «ερήμην» τιμές που όμως αντιστοιχούν σε «ανεκτή» ΣΑΔ

για τον υπολογισμό των αντιστάσεων η αντιπροσωπευτική τιμή είναι: $f_{ck, is, cyl}$
 $/\gamma_c = 13/1.45 = 9\text{MPa}$ (με την ελάχιστη πυρηνοληψία και ΣΑΔ ικανοποιητική 15.2MPa)

Πίνακας 1. «Ερήμην» Αντιπροσωπευτικές Τιμές Θλιπτικής Αντοχής Σκυροδέματος.

Εφαρμοσθέντες Κανονισμοί Μελέτης και Κατασκευής	«Ονομαστική» Μέση τιμή f_{cm} (MPa)	«Χαρακτηριστική» Μέση τιμή μείον μία τυπική απόκλιση f_{ck} (MPa)
...<1985	13	9
1985≤...	17	13