

ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ – ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

Γ. Παναγόπουλος
Καθηγητής Εφαρμογών, ΤΕΙ Σερρών

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ- ΚΑΝ.ΕΠΕ. (Μέρος Α)

- Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων
- Προκαταρκτική Ελαστική Ανάλυση και δείκτες ανεπάρκειας (λ)
- Μέθοδοι Ανάλυσης
- Ελαστικές Μέθοδοι Ανάλυσης
 - Ελαστική Στατική Ανάλυση
 - Ελαστική Δυναμική Ανάλυση

Στάθμες αξιοπιστίας δεδομένων

Η τεκμηρίωση του φέροντος οργανισμού αποτελείται από τα παρακάτω στάδια:

- Αποτύπωση φέροντος οργανισμού.
- Ιστορικό.
- Καταγραφή βλαβών.
- Διερευνητικές εργασίες (αφανή στοιχεία, υλικά δόμησης, έδαφος θεμελίωσης κτλ).

Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για την τεκμηρίωση του φέροντος οργανισμού κατατάσσονται σε κάποια Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων (ΣΑΔ) που εκφράζει την επάρκεια των πληροφοριών/στοιχείων που διατίθενται.

Στόχος της τεκμηρίωσης του φέροντος οργανισμού είναι η συλλογή όλων εκείνων των στοιχείων (και η αξιολόγηση της αξιοπιστίας τους), τα οποία θα χρειαστούν για την αποτίμηση και τον ενδεχόμενο ανασχεδιασμό της υφιστάμενης κατασκευής.

Στάθμες αξιοπιστίας δεδομένων

→ Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων (Σ.Α.Δ.)

- Εκφράζει την επάρκεια πληροφοριών για το υπό μελέτη κτίριο
- Αναφέρεται σε δεδομένα που σχετίζονται με δράσεις ή αντιστάσεις
- Δεν είναι απαραίτητα ενιαία σε όλο το κτίριο



- Σ.Α.Δ. :
 - ❖ ΥΨΗΛΗ
 - ❖ ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ
 - ❖ ΑΝΕΚΤΗ

Στάθμες αξιοπιστίας δεδομένων

→ Αφορά :

- Μηχανικά Χαρακτηριστικά Υλικών (συνδυασμός έμμεσων μεθόδων, βαθμονόμηση με λίγους πυρήνες)
- Γεωμετρικά Δεδομένα Δομήματος (προέλευση δεδομένων, π.χ. σχέδια αρχικής μελέτης)
- Εδαφικοί παράμετροι (εδαφοτεχνική έρευνα)

→ Επιπτώσεις Σ.Α.Δ. στην Αποτίμηση και Ανασχεδιασμό

Αφορά :

- Επιλογή κατάλληλων **συντελεστών ασφαλείας** δράσεων και αντιστάσεων.
- Στις **μεθόδους ανάλυσης** : Στις ελαστικές δεν τίθενται προϋποθέσεις εφαρμογής σχετιζόμενες με τη Σ.Α.Δ., στις ανελαστικές πρέπει να διασφαλίζεται τουλάχιστον ικανοποιητική.

Στάθμες αξιοπιστίας δεδομένων

Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων για Σκυρόδεμα (§3.7.1):

- [§3.7.1.1] Η διερεύνηση αφορά τον προσδιορισμό της θλιπτικής αντοχής σε κάθε θέση.
- [§3.7.1.2] Συνδυασμός έμμεσων μεθόδων (υπέρηχοι, κρουσίμετρο) και πυρηνοληψίας.
- [§3.7.1.3.α] Για μικρά (έως διώροφα) κτίρια το απολύτως ελάχιστο πλήθος πυρήνων είναι $n=3$ από ομοειδή δομικά στοιχεία. Για μεγαλύτερα κτίρια απαιτούνται τουλάχιστον 3 πυρήνες ανά δυο ορόφους, οπωσδήποτε όμως 3 πυρήνες στον «κρίσιμο» όροφο.
- Απαιτούμενη κάλυψη έμμεσων μεθόδων (βλ. §3.7.1.3.β-δ):
 - Υψηλή ΣΑΔ: 45% των κατακορύφων και 25% των οριζοντίων στοιχείων
 - Ικανοποιητική ΣΑΔ: 30% των κατακορύφων και 15% των οριζοντίων στοιχείων
 - Ανεκτή ΣΑΔ: 15% των κατακορύφων και 7.5% των οριζοντίων στοιχείων



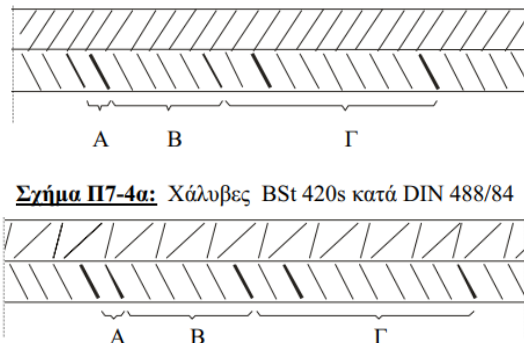
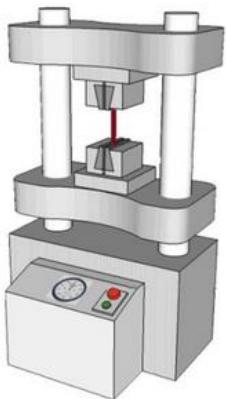
(πηγή: <http://enisxiseis.gr>,
<http://www.nbmcw.com>)



Στάθμες αξιοπιστίας δεδομένων

Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων για Χάλυβα (§3.7.2):

- [§3.7.2.1.α] Ο προσδιορισμός της κατηγορίας του χάλυβα αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό υφισταμένης κατασκευής.
 - Υψηλή ΣΑΔ [§3.7.2.1.β-γ]: Διερεύνηση σε τρία (3) τουλάχιστον δείγματα περίπου ίδιας διαμέτρου από δομικά στοιχεία του κρίσιμου ορόφου για προσδιορισμό χαρακτηριστικών (όριο διαρροής, αντοχή, ολκιμότητα).
 - Ικανοποιητική ΣΑΔ [§3.7.2.1.α-β]: κατάταξη βάσει οπτικής αναγνώρισης (λείος ή με νευρώσεις, σημάνσεις στην επιφάνεια κτλ) και εποχής κατασκευής (βλ. και «Κανονισμό Τεχνολογίας Χαλύβων, ΚΤΧ 2008»), αφού γίνει αποκάλυψη του σπλισμού σε κατάλληλες θέσεις («χαντρώματα»)
- [§3.7.2.1] Γενικότερα πρέπει να δοθεί προσοχή στην συγκολλησιμότητα του χάλυβα, την ολκιμότητα διαβρωμένου σπλισμού, κτλ.



Σχήμα Π7-4α: Χάλυβες BSt 420s κατά DIN 488/84

Σχήμα Π7-4β: Χάλυβες BSt 500s κατά DIN 488/84



(πηγή: <http://www.zwick.com/>)

Στάθμες αξιοπιστίας δεδομένων

Στάθμες Αξιοπιστίας γεωμετρικών δεδομένων (§3.7.4):

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			
				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)	✓	✓		✓	✓			✓	✓

Προκαταρκτική Ελαστική Ανάλυση – Δείκτες ανεπάρκειας λ

Η **προκαταρκτική ελαστική ανάλυση** χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των **δεικτών λ** και την διερεύνηση της κανονικότητας του φορέα (§5.5):

- [§5.5.1.1] Προσδιορίζονται οι λόγοι **$\lambda = S/R_m$** (δείκτες ανεπάρκειας)
 S : εντατικό μέγεθος (ροπή) λόγω σεισμικού συνδυασμού (§4.4.2) όπου η σεισμική δράση λαμβάνεται δίχως μείωση (ελαστικό φάσμα του EC8-1).
 R_m : διαθέσιμη αντίσταση του στοιχείου (μέσες τιμές αντοχής υλικών §5.1.4)
- Ο υπολογισμός των λ γίνεται μόνο με βάση τις αντοχές σε κάμψη στα πρωτεύοντα στοιχεία.
- Οι λόγοι λ βοηθούν στον προσδιορισμό της κανονικότητας του φορέα.
- Οι λόγοι λ δίνουν μια πρώτη εικόνα της αντίστασης του κτιρίου (π.χ. αν $\lambda > 4$ σε μεγάλο αριθμό στοιχείων, άνω του 1/3 του συνόλου, είναι σαφής η ανεπάρκεια του φορέα και περιττεύει περαιτέρω αποτίμηση του κτιρίου).
- Σε διαξονική κάμψη είναι ευχερέστερος ο υπολογισμός του λ ως λόγος του απαιτούμενου προς το διαθέσιμο οπλισμό (για το σεισμικό συνδυασμό).

Προκαταρκτική Ελαστική Ανάλυση – Δείκτες ανεπάρκειας λ

Η τιμή του δείκτη ανεπάρκειας λ αποτελεί το βασικό κριτήριο για την επιτρεπόμενη Μέθοδο Ανάλυσης:

- Υψηλές Τιμές ($\lambda > 2,5$) υποδηλώνουν έντονη ανεπάρκεια του φέροντος οργανισμού οπότε οι ελαστικές μέθοδοι **δεν** θεωρούνται κατάλληλες.
- Ωστόσο ακόμη και στην περίπτωση μεγάλων τιμών του δείκτη ανεπάρκειας επιτρέπεται η χρήση ελαστικών μεθόδων υπό την προϋπόθεση μορφολογικής κανονικότητας δομήματος.

Προκαταρκτική Ελαστική Ανάλυση – Δείκτες ανεπάρκειας λ

Παράμετροι προκαταρκτικής ελαστικής ανάλυσης για τον προσδιορισμό των δεικτών λ:

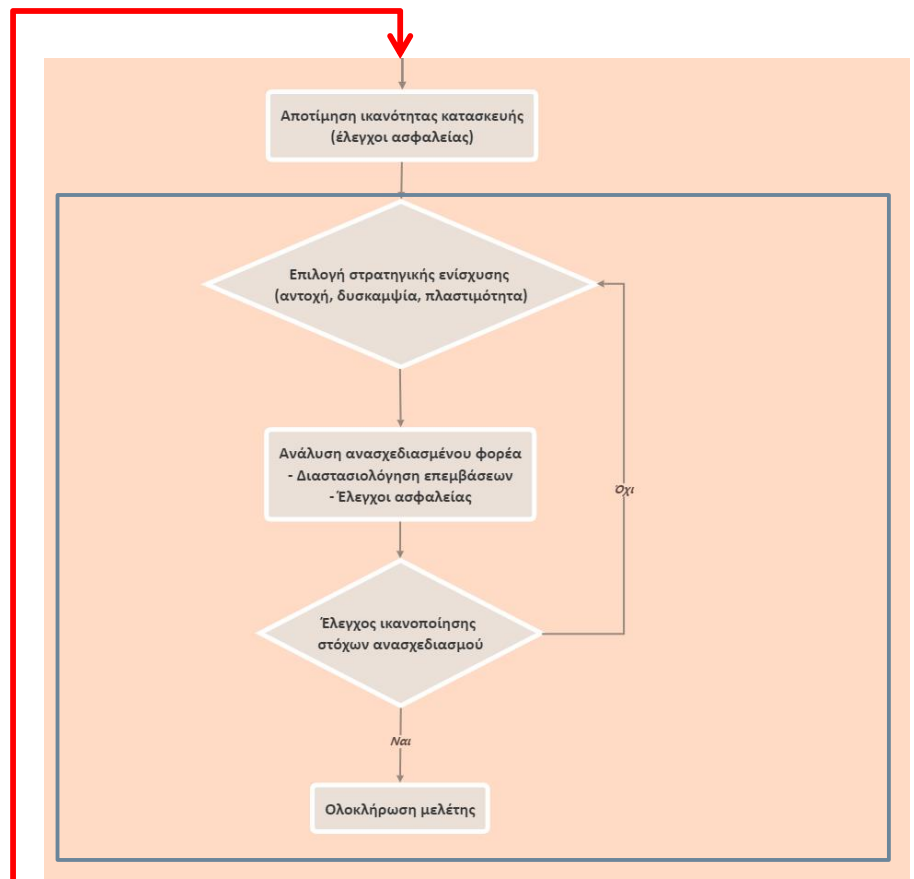
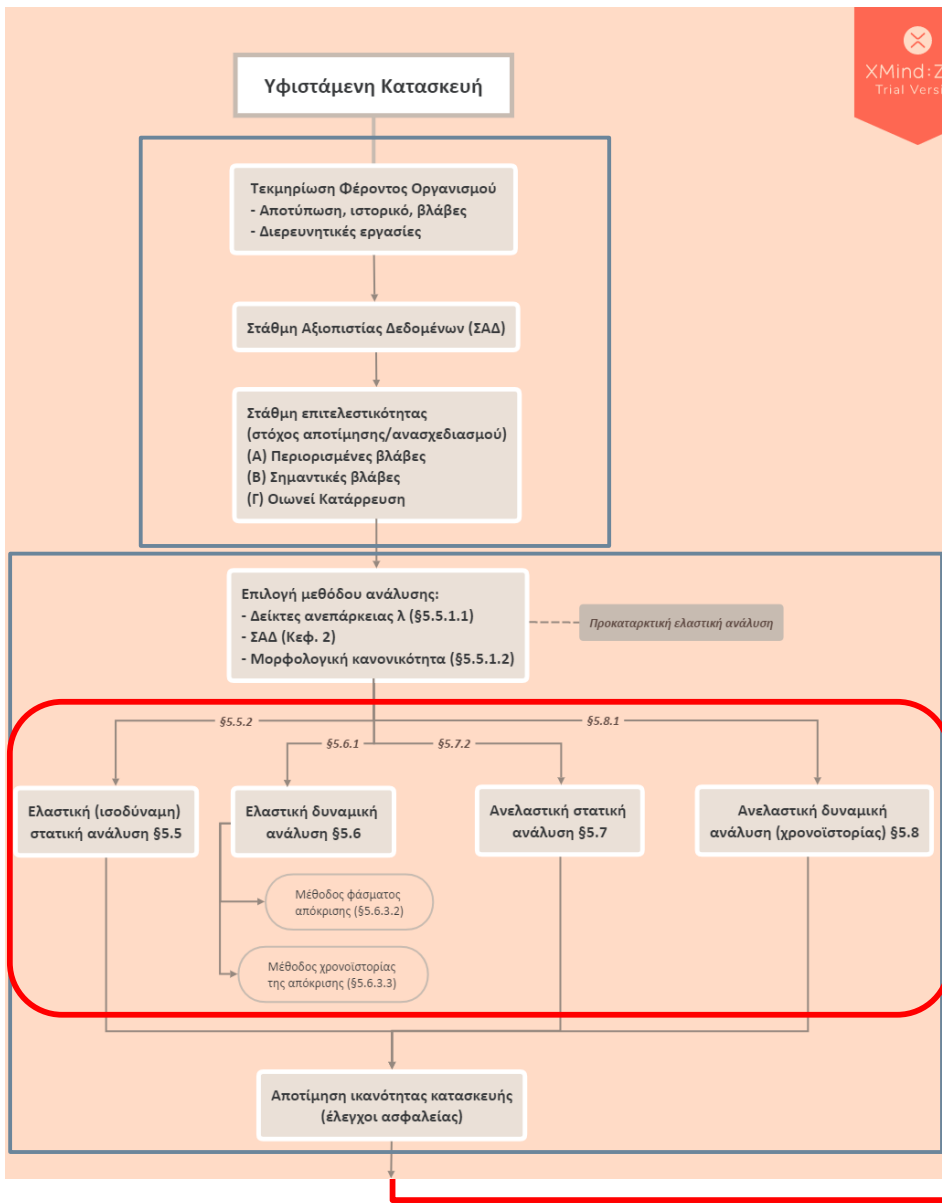
- [§4.4.2] Σεισμικός συνδυασμός φόρτισης σύμφωνα με τους ισχύοντες Κανονισμούς. Από τη σχέση του Ευρωκώδικα (EN1990, Eq.6.12b) προκύπτει:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

- A_{Ed} είναι η σεισμική δράση
- Από το Παράρτημα A (EC0 - EN1990, Table A1.1 και Table A1.3) προκύπτει η τιμή του $\psi_{2,i}=0.3$ (για συνήθη κτίρια κατοικιών-γραφείων).
- Περισσότερες πληροφορίες στους Κίρτας και Παναγόπουλος (2016) Κεφ. 3.

- Αρχικά προκύπτει σεισμικός συνδυασμός φόρτισης: $G_k + 0.3 \cdot Q_k + A_{Ed}$

Διαδικασία Αποτίμησης – Ανασχεδιασμού : Μέθοδοι Ανάλυσης



Επιτρεπόμενες μέθοδοι ανάλυσης στον ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Ελαστικές μέθοδοι

Ελαστική (ισοδύναμη)
στατική ανάλυση

Ελαστική δυναμική
ανάλυση

Αντιστοίχιση με τις μεθόδους
ανάλυσης που χρησιμοποιούνται
από τους κανονισμούς στο
σχεδιασμό νέων κατασκευών

Ανελαστικές μέθοδοι

Ανελαστική στατική
(pushover) ανάλυση

Ανελαστική δυναμική
ανάλυση χρονοϊστορίας

Δεν περιλαμβάνονται στους
κανονισμούς για το σχεδιασμό
νέων κατασκευών παρά μόνο ως
εναλλακτική επιλογή

Επιτρεπόμενες μέθοδοι ανάλυσης στον ΚΑΝ.ΕΠΕ.

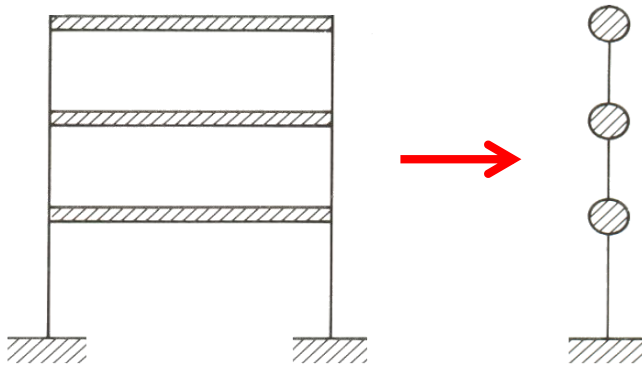
Οι μέθοδοι ανάλυσης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά την αποτίμηση ή/και τον ανασχεδιασμό υφιστάμενου κτιρίου είναι (ΚΑΝ.ΕΠΕ. §2.4.3.3 και §5.1.1):

- Ελαστική (ισοδύναμη) στατική ανάλυση (βλ. §5.5) με καθολικό δείκτη συμπεριφοράς (q) ή τοπικούς (m) δείκτες, ανεξαρτήτως ΣΑΔ*.
- Ελαστική δυναμική ανάλυση (με φάσμα ή χρονοϊστορία απόκρισης, βλ. §5.6) με καθολικό δείκτη συμπεριφοράς (q) ή τοπικό (m), ανεξαρτήτως ΣΑΔ.
- Ανελαστική στατική ανάλυση (pushover, βλ. §5.7) όπου συνιστάται η διασφάλιση τουλάχιστον ικανοποιητικής ΣΑΔ.
- Ανελαστική δυναμική ανάλυση (χρονοϊστορίας, βλ. §5.8), όπου συνιστάται η διασφάλιση τουλάχιστον ικανοποιητικής ΣΑΔ.
- Σε ειδικές περιπτώσεις, μόνο για αποτίμηση, επιτρέπεται η προσεγγιστική αναλυτική εκτίμηση της έντασης δίχως λεπτομερή ανάλυση προσομοιώματος του συνόλου του κτιρίου.
- Σε ειδικές περιπτώσεις και για συγκεκριμένους σκοπούς είναι δυνατόν να χρησιμοποιούνται εμπειρικές μέθοδοι.

*ΣΑΔ: Στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων (υψηλή, ικανοποιητική και ανεκτή)

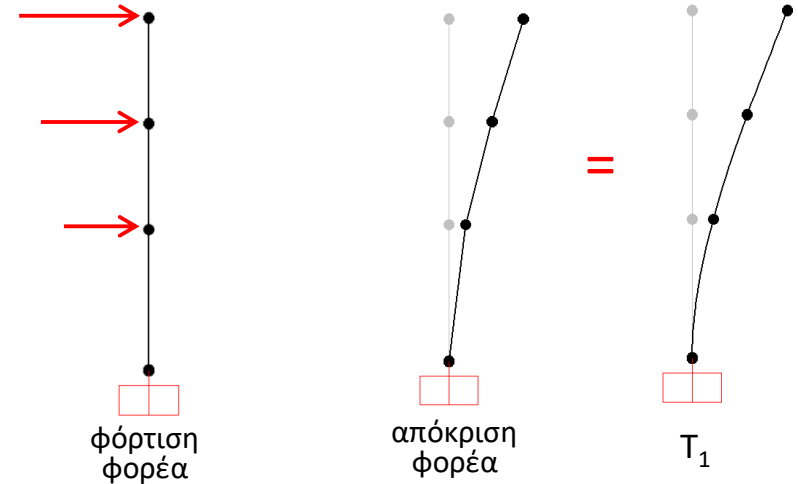
Ελαστικές Μέθοδοι Ανάλυσης

Δυναμικό προσομοίωμα φορέα
(συγκεντρωμένες μάζες)

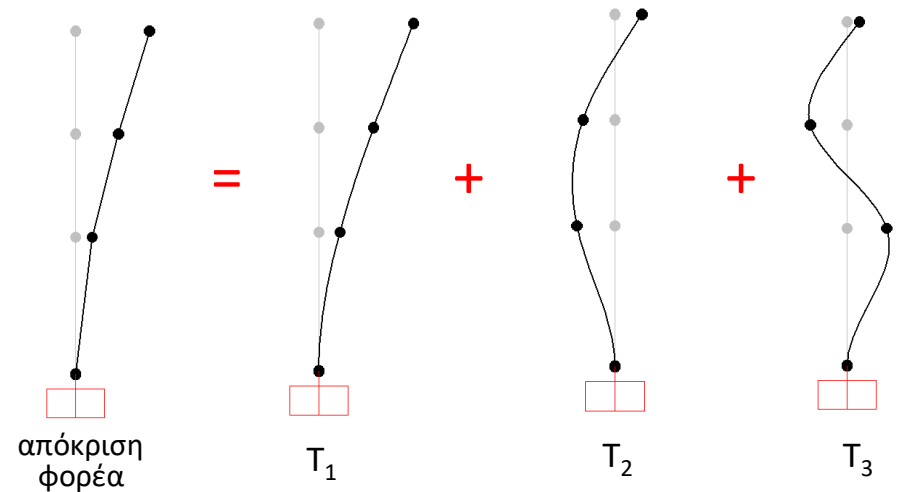


(πηγή: Μανώλης και συνεργάτης 2015, τροποποιημένο)

Ελαστική στατική μέθοδος ανάλυσης



Ελαστική δυναμική μέθοδος ανάλυσης



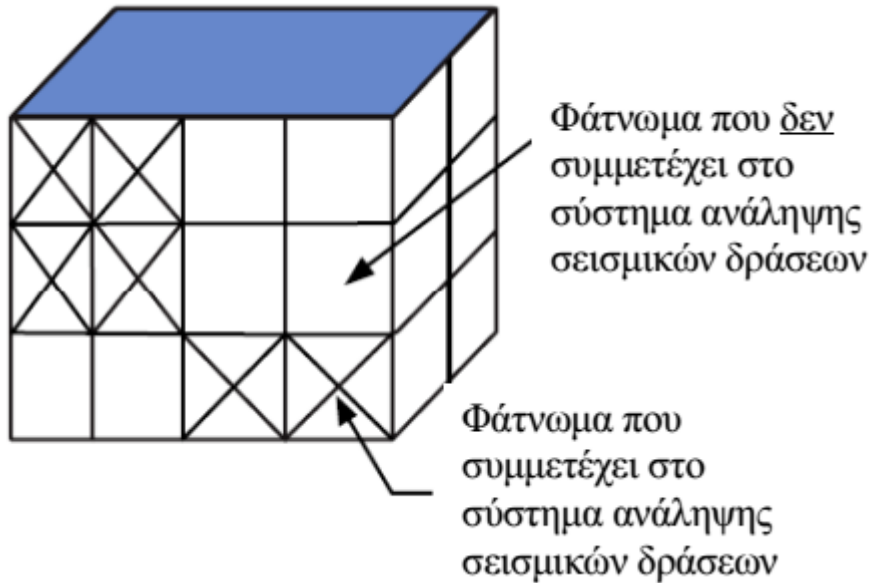
Ελαστική **στατική** ανάλυση – Προϋποθέσεις εφαρμογής

Ισχύουν οι προϋποθέσεις που θέτει ο ΕΚ 8-3, και ειδικότερα για τα ελληνικά κτίρια ισχύουν τα εξής:

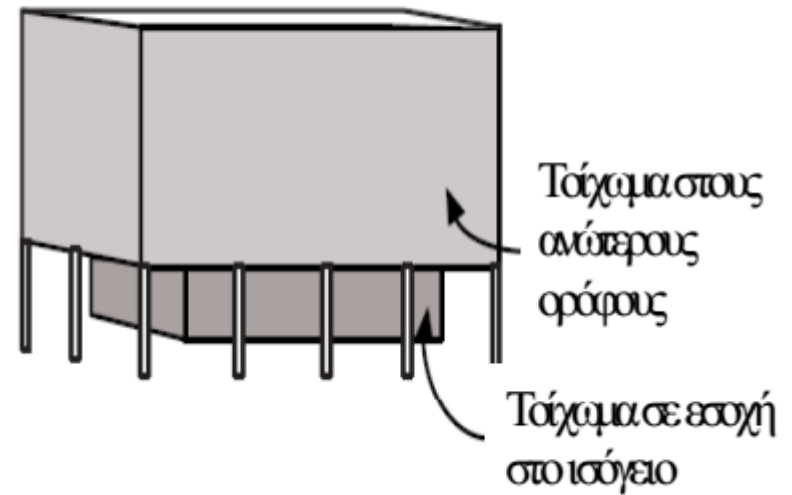
1. Η εφαρμογή της στατικής ελαστικής μεθόδου επιτρέπεται (για στάθμες επιτελεστικότητας Β ή Γ) όταν ικανοποιείται το σύνολο των παρακάτω συνθηκών
 - Για όλα τα κύρια στοιχεία προκύπτει $\lambda \leq 2.5$, ή για ένα ή περισσότερα από αυτά προκύπτει $\lambda > 2.5$ και το κτίριο είναι μορφολογικά κανονικό (λ : δείκτης ανεπάρκειας)
 - Η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος του κτιρίου T_0 είναι μικρότερη του $4T_c$ ή $2s$
 - Ο λόγος της οριζόντιας διάστασης σε έναν όροφο προς την αντίστοιχη διάσταση σε έναν γειτονικό όροφο δεν υπερβαίνει το 1.5 (εξαιρούνται ο τελευταίος όροφος και τα προσαρτήματα).
 - Το κτίριο δεν παρουσιάζει έντονα ασύμμετρη κατανομή της δυσκαμψίας σε κάτοψη, σε οποιονδήποτε όροφο
 - ο κτίριο σε καθ' ύψος τομή δεν παρουσιάζει ασύμμετρη κατανομή της μάζας ή της δυσκαμψίας
 - Το κτίριο διαθέτει σύστημα ανάληψης σεισμικών δράσεων σε δύο περίπου κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις
2. Εφόσον δεν υπάρχουν ουσιώδεις βλάβες, επιτρέπεται για τους σκοπούς (μόνον) της αποτίμησης η εφαρμογή της ελαστικής στατικής μεθόδου

Ελαστική **στατική** ανάλυση – Προϋποθέσεις εφαρμογής

Παραδείγματα μή-κανονικότητας καθύψος



Διακοπή φορέα καθύψος



εκτός επιπέδου εσοχή

Ελαστική **στατική** ανάλυση – Εφαρμογή

Η εφαρμογή της ελαστικής στατικής ανάλυσης περιλαμβάνει τις κάτωθι επιλογές:

- Ελαστική (ισοδύναμη) στατική ανάλυση (βλ. §5.5) με καθολικό δείκτη συμπεριφοράς (q) ή τοπικούς (m) δείκτες, ανεξαρτήτως ΣΑΔ*.
- [§5.5.5.2] Η μέθοδος με βάση τον καθολικό δείκτη συμπεριφοράς (q) οδηγεί εν γένει σε αποτελέσματα παρόμοια ή συντηρητικότερα εκείνων από τη μεθοδολογία των επιμέρους τοπικών δεικτών (m). Η μέθοδος q συνιστάται σε φορείς που δεν παρουσιάζουν έντονη ανισοκατανομή των απαιτούμενων πλαστικών αρθρώσεων (όπως π.χ. συμβαίνει στην περίπτωση κτιρίων με ασθενή όροφο). Αν αναμένεται τέτοια ανισοκατανομή πλαστικών παραμορφώσεων συνιστάται η μέθοδος των επιμέρους τοπικών δεικτών (m).
- [§4.1.3] Ο έλεγχος και η ανίσωση ασφαλείας εφαρμόζονται κατά τους Ευρωκώδικες και γενικώς οι έλεγχοι γίνονται σε όρους εντατικών μεγεθών (δυνάμεων) (βλ. και σχόλια παραγράφου στον ΚΑΝ.ΕΠΕ. και σχόλια Πίνακα Π4.1).
- [§4.4.1.3] Για γραμμικές μεθόδους ανάλυσης με καθολικό q χρησιμοποιούνται τα φάσματα σχεδιασμού $S_d(T)$ του EC8-1 ενώ για μη-γραμμικές μεθόδους ανάλυσης ή γραμμικές με χρήση του τοπικού δείκτη m τα ελαστικά φάσματα $S_e(T)$ του EC8-1 (ο συντελεστής σπουδαιότητας γ_I θεωρείται ίσος με τη μονάδα).

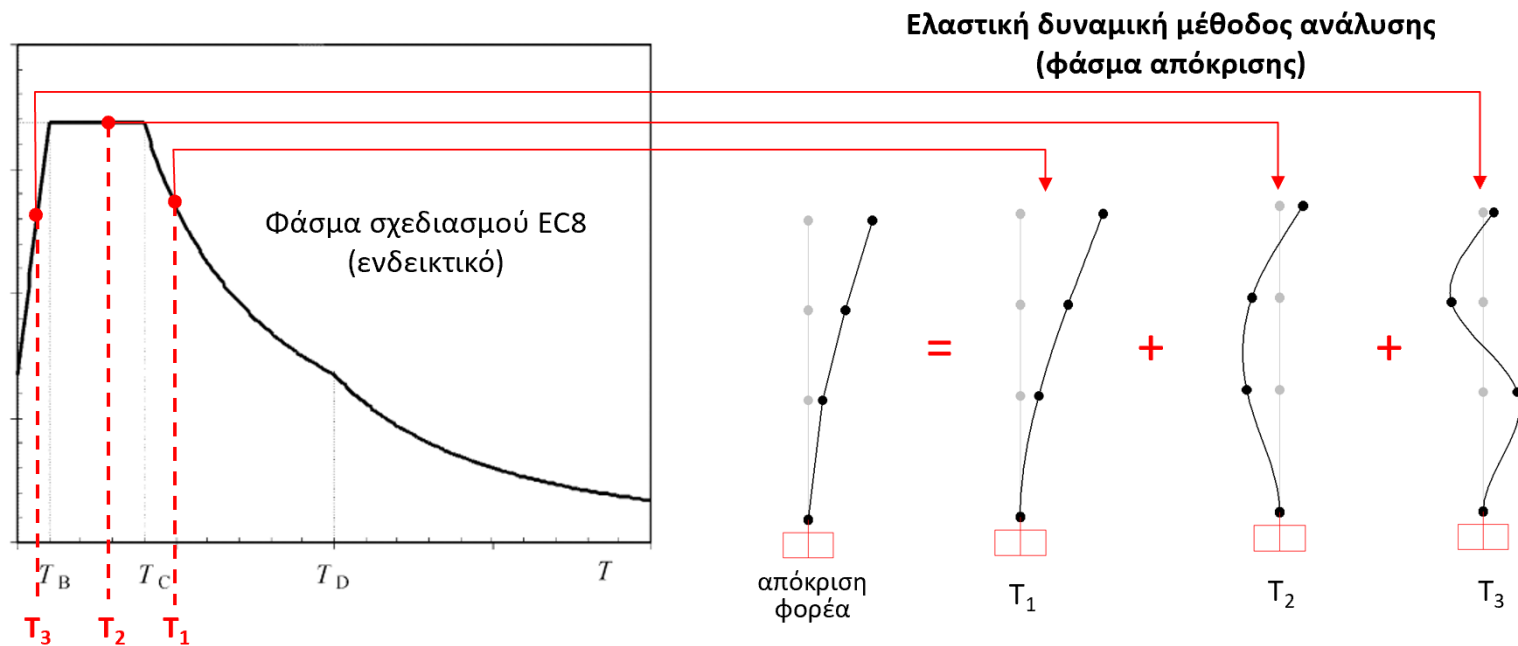
Ελαστική δυναμική ανάλυση – Προϋποθέσεις εφαρμογής

1. Το πεδίο εφαρμογής της δυναμικής ελαστικής μεθόδου ορίζεται από τη συνθήκη πως για όλα τα κύρια στοιχεία προκύπτει $\lambda \leq 2,5$ ή για ένα ή περισσότερα από αυτά προκύπτει $\lambda > 2.5$ και το κτίριο είναι μορφολογικά κανονικό
2. Εφόσον δεν υπάρχουν ουσιώδεις βλάβες, επιτρέπεται για τους σκοπούς (μόνον) της αποτίμησης η εφαρμογή της δυναμικής ελαστικής μεθόδου

Ελαστική **δυναμική** ανάλυση – Εφαρμογή

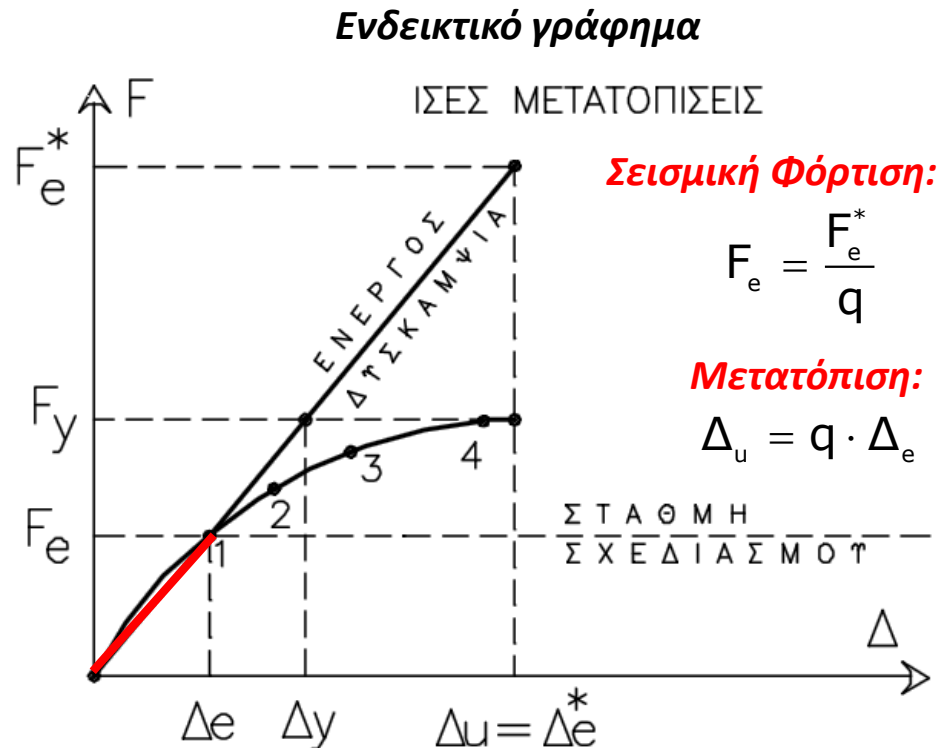
Η εφαρμογή της ελαστικής δυναμικής ανάλυσης περιλαμβάνει τις παρακάτω επιλογές ανάλυσης:

- [§5.6.3.2] Μέθοδος φάσματος απόκρισης (γνωστή και ως δυναμική φασματική ανάλυση ή φασματική ιδιομορφική ανάλυση).
 - Η σεισμική φόρτιση προσδιορίζεται μέσω του φάσματος σχεδιασμού του EC8-1.
 - Οι γενικότερες παράμετροι της ανάλυσης (εντατικά μεγέθη, χωρική επαλληλία κτλ) καθορίζονται βάσει του EC8-1.
- [§5.6.3.3] Μέθοδος χρονοϊστορίας της απόκρισης (δυν. ανάλ. με χρονοϊστορία φόρτισης).



Ελαστική **δυναμική** ανάλυση – Εφαρμογή

- [§5.6.4.1.α] Εφόσον η ανάλυση γίνεται με τη μέθοδο του καθολικού δείκτη q , οι παραμορφώσεις που υπολογίζονται από την ανάλυση θα πρέπει να πολλαπλασιάζονται επί το q ώστε να ληφθεί υπόψη η επιρροή της ανελαστικής συμπεριφοράς των επιμέρους δομικών στοιχείων.
- [§5.6.4.1.β] Εφόσον η ανάλυση γίνεται με τη μέθοδο των τοπικών δεικτών m , όλα τα εντατικά μεγέθη και οι παραμορφώσεις που υπολογίζονται από την ανάλυση αυξάνονται κατάλληλα ώστε να ληφθεί υπόψη η επιρροή της ανελαστικής συμπεριφοράς των επιμέρους δομικών στοιχείων.
- [§5.6.4.1.γ] Σε όλες τις περιπτώσεις γίνεται επαύξηση αποτελεσμάτων για να συνεκτιμηθεί η επιρροή της στρέψης.



(πηγή: ΕΑΚ 2000, για λεπτομέρειες βλ. ΕΑΚ 2000 §3.1)

Παράμετροι Ελαστικών Μεθόδων Ανάλυσης

Καθορισμός σεισμικού συνδυασμού φόρτισης:

- [§4.4.2] Σεισμικός συνδυασμός φόρτισης σύμφωνα με τους ισχύοντες Κανονισμούς. Από τη σχέση του Ευρωκώδικα (EN1990, Eq.6.12b) προκύπτει:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

- A_{Ed} είναι η σεισμική δράση
 - Από το Παράρτημα A (EC0 - EN1990, Table A1.1 και Table A1.3) προκύπτει η τιμή του $\psi_{2,i}=0.3$ (για συνήθη κτίρια κατοικιών-γραφείων).
 - Περισσότερες πληροφορίες στους Κίρτας και Παναγόπουλος (2015) Κεφ. 3.
- Αρχικά προκύπτει σεισμικός συνδυασμός φόρτισης: $G_k + 0.3 \cdot Q_k + A_{Ed}$

Παράμετροι Ελαστικών Μεθόδων Ανάλυσης

➤ Συντελεστές ασφαλείας προσομοιωμάτων γ_{sd}

Πίνακας Σ 4.2: Τιμές του συντελεστή γ_{sd}

Έντονες και εκτεταμένες βλάβες ή / και επεμβάσεις	Ελαφρές και τοπικές βλάβες ή / και επεμβάσεις	Χωρίς βλάβες και χωρίς επεμβάσεις
$\gamma_{sd} = 1,20$	$\gamma_{sd} = 1,10$	$\gamma_{sd} = 1,00$

Βλ. και Παράρτημα 7Δ περί βλαβών και φθορών.

➤ Τιμές των βασικών (μόνιμων ή μεταβλητών δράσεων)

	Ανεκτή ΣΑΔ	Ικανοποιητική ΣΑΔ	Υψηλή ΣΑΔ
Βασικοί συνδυασμοί και δυσμενής επιρροή δράσης	1.50	1.35	1.20
Υπόλοιπες περιπτώσεις συνδυασμών και επιρροών της δράσης (και τυχαματική δράση σεισμού με $\gamma_g = 1.10 \pm 0.10$)	1.20	1.10	1.00

Παράμετροι Ελαστικών Μεθόδων Ανάλυσης

➤ Επίπεδο σεισμικής φόρτισης

- [§4.4.1.2] Για πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 χρόνια λαμβάνεται υπόψη η σεισμική δράση του EC8 ενώ για πιθανότητα υπέρβασης 50% στα 50 χρόνια λαμβάνεται υπόψη το 60% της σεισμικής δράσης του EC8.

Πίνακας 2.1: Στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού (ΚΑΝ.ΕΠΕ. §2.2.1 και Στυλιανίδης 2012)

Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός 50 ετών	Στάθμη επιτελεστικότητας φέροντος οργανισμού		
	Περιορισμένες βλάβες (Άμεση χρήση)	Σημαντικές βλάβες (Προστασία ζωής)	Αποφυγή οίωνεί κατάρρευσης
10% (T=475 έτη)	A1	B1	Γ1
50% (T≈70 έτη)	A2	B2	Γ2

Παράμετροι Ελαστικών Μεθόδων Ανάλυσης

- Προσδιορισμός ενιαίου/καθολικού δείκτη συμπεριφοράς q (απλοποιητική διαδικασία ΚΑΝ.ΕΠΕ.):
- Στη συνέχεια, ανάλογα με τη στάθμη επιτελεστικότητας, λαμβάνονται υπόψη διαφοροποιημένες τελικές τιμές του q^* σύμφωνα με τα οριζόμενα δίνονται στον Πίνακα 4.1 (§4.6.1.β), με τιμή αναφοράς q' την τιμή που ισχύει για στάθμη επιτελεστικότητας Β (σημαντικές βλάβες) σύμφωνα με τις διατάξεις του EC8-1 για νέα κτίρια (βλ. και σχόλια §4.6.1.β όπως και Παράρτημα 4.3).

Πίνακας 4.1 : Τιμές του λόγου q^*/q' αναλόγως του στόχου επανελέγχου (για τον φέροντα οργανισμό)

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

Οι τιμές του Πίνακα 4.1 ισχύουν ανεξαρτήτως της πιθανότητας υπερβάσεως για τον σεισμό σχεδιασμού (γενικώς, 10%, ή 50% - κατά την κρίση και έγκριση της Δημόσιας Αρχής), βλ. και § 4.4.1.2.

[Σ§4.6.1.β] Διαφοροποίηση q^*/q' ανά επιτελεστικότητα

- πιο ψαθυρά συστήματα: 0.8-1.0-1.2 (στάθμη Α-Β-Γ)
- πιο πλαστικά συστήματα: 0.4-1.0-1.6 (στάθμη Α-Β-Γ)

- [§4.6.1.β] Σημειώνεται πως για στάθμη επιτελεστικότητας Α η τελική τιμή του q^* είναι λίγο μεγαλύτερη του 1.0 και οπωσδήποτε μικρότερη του 1.5.
- [§4.6.1.γ] Σε κτίρια με σημαντική επιρροή ανώτερων ιδιομορφών συνίσταται εφαρμογή στατικής ανελαστικής ανάλυσης σε συνδυασμό με δυναμική ελαστική ανάλυση, επιτρέποντας αύξηση κατά 25% της τιμής του q που λαμβάνεται υπόψη.

Παράμετροι Ελαστικών Μεθόδων Ανάλυσης

- Προσδιορισμός ενιαίου/καθολικού δείκτη συμπεριφοράς q (απλοποιητική διαδικασία ΚΑΝ.ΕΠΕ.):

Το επίπεδο της σεισμικής φόρτισης βάσει του στόχου (στάθμη επιτελεστικότητας) προκύπτει από την διαφοροποίηση του q^* και δίνεται στον Πίνακα Π.4.2:

ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΥΠΕΡΒΑΣΕΩΣ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ 50 – ΕΤΙΑΣ	ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ		
	«Περιορισμένες βλάβες» (Α)	«Σημαντικές βλάβες» (Β)	«Οιονεί κατάρρευση» (Γ)
10 %	$\approx 1,65$	1,00	$\approx 0,70$
50 %	$\approx 1,00$	0,60	$\approx 0,45$

Σημείωση

Ο Πίνακας ισχύει και για την αποτίμηση και για τον ανασχεδιασμό, με κατάλληλες τιμές αναφοράς όσο αφορά την στάθμη επιτελεστικότητας και την πιθανότητα υπερβάσεως. Αναλόγως της συμπεριφοράς του κτιρίου, ενδέχεται να υπάρχουν διαφοροποιήσεις για τις στάθμες επιτελεστικότητας Α και Γ, βλ. σχόλια § 4.6.1.

Παράμετροι Ελαστικών Μεθόδων Ανάλυσης

- Τιμές ιδιοτήτων για τα υλικά και επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_m δίνονται στο Παράρτημα 4.1 (μέθοδος ενιαίου δείκτη q και μέθοδος τοπικών δεικτών m):

ΠΙΝΑΚΑΣ Π 4.1 : ΤΙΜΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ (που διαμορφώνουν τις αντιστάσεις) ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΙ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ γ'_m

	ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ¹					
	ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ²			ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ³		
	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ⁶	ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΑ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ		ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ	ΠΡΟΣΤΙΘΕΜΕΝΑ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ	
		Ναι	Όχι		Ναι	Όχι
Αντιπροσωπευτικές τιμές ⁵	$\bar{X} - s$	X_k	X_k	\bar{X}	\bar{X}	\bar{X}
Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ'_m ⁴	Αναλόγως ΣΑΔ $\gamma'_c = 1,30 \pm 0,15$ $\gamma'_s = 1,15 \pm 0,10$	Αναλόγως διατομής ή / και προσπελασιμότητας $\gamma_m = (1,05 \text{ ή } 1,20)$	Αυξημένοι	Αναλόγως ΣΑΔ $\gamma'_m = 1,10 \pm 0,10$	Αναλόγως διατομής ή / και προσπελασιμότητας $\gamma'_m = 1,15 \text{ ή } 1,25$	$\gamma'_m = 1,15 \text{ ή } 1,25$

• Υφιστάμενες τοιχοπληρώσεις: $\gamma_m = 1,5 \pm 0,2$.

• Προστιθέμενες τοιχοπληρώσεις: $\gamma_m = 1,70 \div 3,00$, βλ. ΕΚ 6.

⁵⁾ \bar{X} = μέση τιμή, X_k = χαρακτηριστική τιμή, s = τυπική απόκλιση (βλ. και Κεφ. 3).

¹⁾ Γενικώς, ο Πίνακας ισχύει και για τις γραμμικές και για τις μή – γραμμικές μεθόδους ανάλυσης.

2) ²⁾ Έλεγχος σε όρους δυνάμεων (εντατικών μεγεθών) γίνονται κυρίως στις γραμμικές μεθόδους ανάλυσης, αλλά και στις μή – γραμμικές για στοιχεία με οιονεί – ψαθυρή συμπεριφορά (μ_0 ή $\mu_d < 2,0$ ή $\mu_{1/r} < 3,0$) ή για ενδεχόμενους ψαθυρούς μηχανισμούς αστοχίας (π.χ. λόγω διάτμησης) ή για στοιχεία υπογειών, θεμελίων κ.λπ. Αυτό ισχύει και για τους ελέγχους καμπτικής αντοχής με τη μέθοδο q που είναι μέθοδος ελέγχου δυνάμεων.

3) ³⁾ Έλεγχος σε όρους παραμορφώσεων γίνονται κυρίως στις μή – γραμμικές μεθόδους ανάλυσης και για στοιχεία με οιονεί – πλάστιμη συμπεριφορά ή για πλάστιμους μηχανισμούς αστοχίας. Αυτό αφορά και τους ελέγχους καμπτικής αντοχής με τη μέθοδο m , που είναι μέθοδος (έμμεσου) ελέγχου παραμορφώσεων, έστω και αν οι έλεγχοι γίνονται σε όρους M , N .

⁴⁾ Οι γ'_m διαμορφώνονται για μεν τα υφιστάμενα υλικά αναλόγως της στάθμης αξιοπιστίας των δεδομένων, για δε τα προστιθέμενα υλικά αναλόγως της διατομής και της προσπελασιμότητας της θέσης επέμβασης.

⁵⁾ \bar{X} = μέση τιμή, X_k = χαρακτηριστική τιμή, s = τυπική απόκλιση (βλ. και Κεφ. 3).

⁶⁾ Σε ορισμένες περιπτώσεις, βλ. Κεφ. 9, ο έλεγχος σε όρους δυνάμεων γίνεται με τις μέσες τιμές, όπως γίνεται σε όρους παραμορφώσεων.

Παράμετροι Ελαστικών Μεθόδων Ανάλυσης

➤ Τιμές ιδιοτήτων για τα υλικά και επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_m

Οι επιμέρους **συντελεστές ασφαλείας υφισταμένων υλικών** λαμβάνονται (§4.5.3 και Πίνακας Π4.1):

- [§4.5.3.1] Όταν η αντιπροσωπευτική τιμή είναι ίση με τη μέση τιμή μείον μια τυπική απόκλιση ισχύουν τα εξής για τους συντελεστές υφισταμένων υλικών γ_m :

	Ανεκτή ΣΑΔ	Ικανοποιητική ΣΑΔ	Υψηλή ΣΑΔ
Σκυρόδεμα γ_c	1.45	1.30	1.15
Χάλυβας γ_s	1.25	1.15	1.05
Τοιχοποιία γ	1.70	1.50	1.30

- [§4.5.3.3] Όταν για τον υπολογισμό των αντιστάσεων χρησιμοποιούνται οι μέσες τιμές, οι συντελεστές υλικών γ_m είναι κατ' αρχήν περίπου ίσοι με τη μονάδα, ενώ αυξάνονται καταλλήλως για να ληφθούν υπόψη αβεβαιότητες γεωμετρικών διαστάσεων (για τα υφιστάμενα υλικά) ή και δυσχέρειες επιτόπου επίτευξης/ελέγχου αντοχών (για τα προστιθέμενα υλικά).

- Για υφιστάμενα υλικά λαμβάνεται για $\gamma_m=1.20$ (ανεκτή ΣΑΔ), $\gamma_m=1.00$ (ικανοποιητική ΣΑΔ, συνίσταται όμως $\gamma_m=1.10$) και $\gamma_m=1.00$ (υψηλή ΣΑΔ).

- Για προστιθέμενα υλικά λαμβάνεται $\gamma_m=1.15$ (συνήθης διατομή και προσπελασιμότητα) ή $\gamma_m=1.25$ (μειωμένη διατομή ή προσπελασιμότητα).

Παράμετροι Ελαστικών Μεθόδων Ανάλυσης

➤ Τυπικές αποκλίσεις αντοχών των υφιστάμενων υλικών (ανηγμένες ως προς τις μέσες τιμές) μπορούν να εκτιμηθούν ως εξής (Παράρτημα 4.1.(2)α):

- Τοιχοπληρώσεις $s/f_m=0.20-0.40$
- Σκυροδέματα $s/f_m=0.10-0.20$
- Χάλυβας S220 $s/f_m=0.10$
- Παλαιότεροι νευροχάλυβες $s/f_m=0.08$
- Νεότεροι νευροχάλυβες $s/f_m=0.06$

Σημειώνεται πως αντιπροσωπευτικές «ερήμην» τιμές ιδιοτήτων υλικών δίνονται στο Παράρτημα 3.1 (βλ. Κεφάλαιο 2 σημειώσεων).

Ανελαστική στατική ανάλυση – Προϋποθέσεις εφαρμογής

- Συνιστάται όταν εφαρμόζεται η ανελαστική στατική μέθοδος, να διασφαλίζεται τουλάχιστον «Ικανοποιητική» Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων (ΣΑΔ).
- Η στατική ανελαστική μέθοδος εφαρμόζεται σε κτίρια στα οποία η επιρροή των ανώτερων ιδιομορφών δεν είναι σημαντική.
- Όταν η επιρροή των ανώτερων ιδιομορφών είναι σημαντική, επιτρέπεται να εφαρμόζεται η στατική ανελαστική ανάλυση, υπό τον όρο ότι θα εφαρμόζεται σε συνδυασμό με μια συμπληρωματική δυναμική ελαστική ανάλυση

Ανελαστική δυναμική ανάλυση – Προϋποθέσεις εφαρμογής

- Αξιόπιστη γνώση αντοχών υλικών. ($\Sigma A \Delta \geq I$).
- Επαρκής εμπειρία και εξειδίκευση του μηχανικού
- Χρήση τουλάχιστον 3 σεισμικών διεγέρσεων (επιταχυνσιογραφημάτων)