



fespa ^(10R)

Κανονισμός Επεμβάσεων

Αποτίμηση στατικής
επάρκειας υφιστάμενης
κατασκευής σύμφωνα
με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2012

Fespa R

For Windows

Αποτίμηση στατικής επάρκειας

Υφιστάμενης κατασκευής σύμφωνα με τον

ΚΑΝ.ΕΠΕ 2012



Αθήνα, Οκτώβριος 2012

Version 1.0.47

Πίνακας περιεχομένων

1	Στατικό παράδειγμα αποτίμησης αυθαιρέτου – Εισαγωγικά	4
1.1	Εισαγωγή.....	4
1.2	Ο φορέας του παραδείγματος	5
1.3	Διερεύνηση και τεκμηρίωση των στοιχείων φέροντος οργανισμού .	7
1.3.1	Διερευνητικές εργασίες.....	8
1.4	Στόχοι αποτίμησης	9
1.5	Στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων – ΣΑΔ.....	11
2	Βασικές έννοιες.....	12
3	Εισαγωγή δεδομένων	15
3.1	Τα βήματα της διαδικασίας.....	15
3.2	Εισαγωγή φορέα στο Fespa – Επίλυση & όπλιση (Βήματα 1 & 2)	16
3.2.1	Διαστασιολόγηση κτιρίου με ΕΚΩΣ 2000 – ΕΑΚ 2003	16
3.2.2	Προσδιορισμός οπλισμών στην υφιστάμενη κατασκευή	16
3.2.3	Απεικόνιση και εποπτεία υφιστάμενων οπλισμών	18
3.3	Διαχείριση και τροποποίηση οπλισμών δοκών και υποστυλωμάτων (Βήμα 3).....	20
3.3.1	Δοκοί	20
3.3.2	Οπλισμός πλακών.....	21
3.3.3	Υποστυλώματα	22
3.4	Αποτίμηση Φέρουσας Ικανότητας κτιρίου σύμφωνα με ΚΑΝ.ΕΠΕ και EC8-3 (Βήματα 4 – 6)	23
3.4.1	Σκοπός – Γενικά - Εισαγωγικά	23
3.4.2	Καθορισμός σεισμικού συντελεστή	24
3.4.3	Καθορισμός παραμέτρων χαρακτηρισμού μελών	24
3.4.4	Στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων (ΣΑΔ)	25
3.4.5	Αντοχές υφιστάμενων υλικών	26
3.4.6	Κύρια και δευτερεύοντα μέλη.....	26
3.4.7	Αντοχές υλικών για το κάθε μέλος.....	28
3.4.8	Παράμετροι Pushover	28
3.5	Στάθμη επιτελεστικότητας (Βήμα 7)	31
3.5.1	Σεισμική Απαίτηση.....	31
3.6	Επίλυση (Βήμα 8).....	36
4	Αξιολόγηση αποτελεσμάτων.....	39

4.1	Αξιολόγηση αποτελεσμάτων αποτίμησης για το κτίριο συνολικά (Βήμα 9.1).....	39
4.2	Αποτελέσματα αποτίμησης υπό σεισμικά φορτία για κάθε μέλος (Βήμα 9.2).....	44
4.2.1	Δοκοί	44
4.2.2	Υποστυλώματα	47
4.2.3	Λόγοι στατικής επάρκειας μελών λ.....	54
4.2.4	Υποστυλώματα. Εξεταζόμενες στάθμες SD και NC	55
4.2.5	Θεμελίωση. Εξεταζόμενες στάθμες SD και NC	56
4.2.6	Δοκοί. Εξεταζόμενες στάθμες SD και NC	58
4.3	Αποτελέσματα αποτίμησης υπό στατικά φορτία	58
4.3.1	Αποτίμηση φέρουσας ικανότητας σε κάμψη	58
5	Παράρτημα	62

1

Στατικό παράδειγμα αποτίμησης αυθαίρετου κτιρίου-Εισαγωγικά

1.1 Εισαγωγή

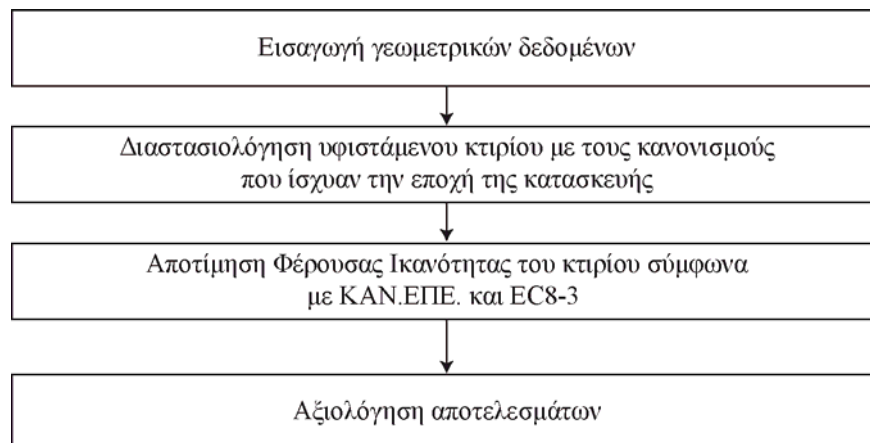
Στις επόμενες σελίδες περιγράφεται η διαδικασία **αποτίμησης φέρουσας ικανότητας** και ελέγχου υφιστάμενης αυθαίρετης κατασκευής που πρόκειται να νομιμοποιηθεί σύμφωνα με τον νόμο 4014 περί τακτοποίησης αυθαιρέτων.

Απαιτούμενα προγράμματα:

Τα προγράμματα που απαιτούνται για την παραπάνω διαδικασία είναι:

- Ευρωκώδικες, Fespa 10R KAN.EΠΕ

Πορεία εργασίας



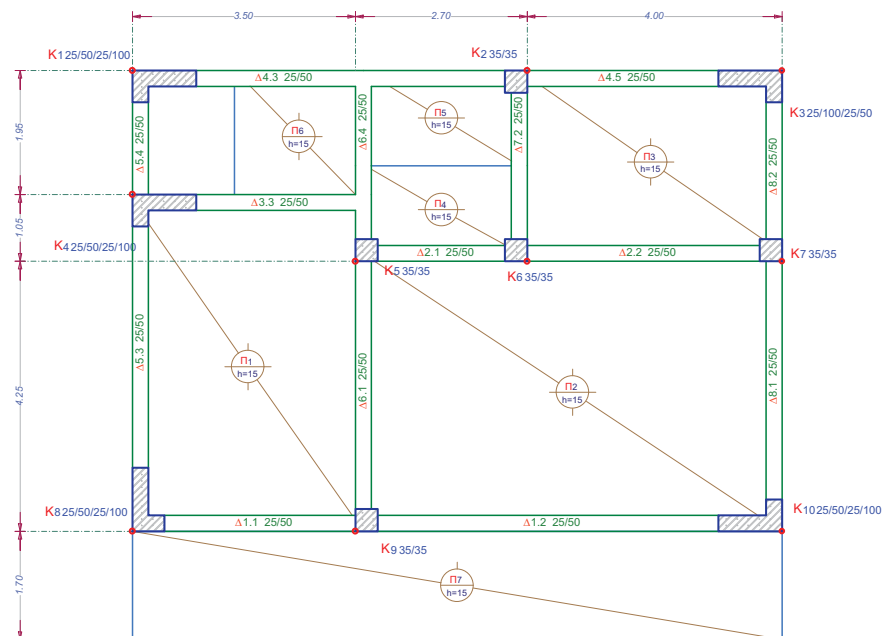
1.2 Ο φορέας του παραδείγματος

Ο φορέας που θα περιγράψουμε, ο οποίος αποτελείται από ισόγειο και δύο ορόφους, φαίνεται στην **Εικόνα 1.1**.

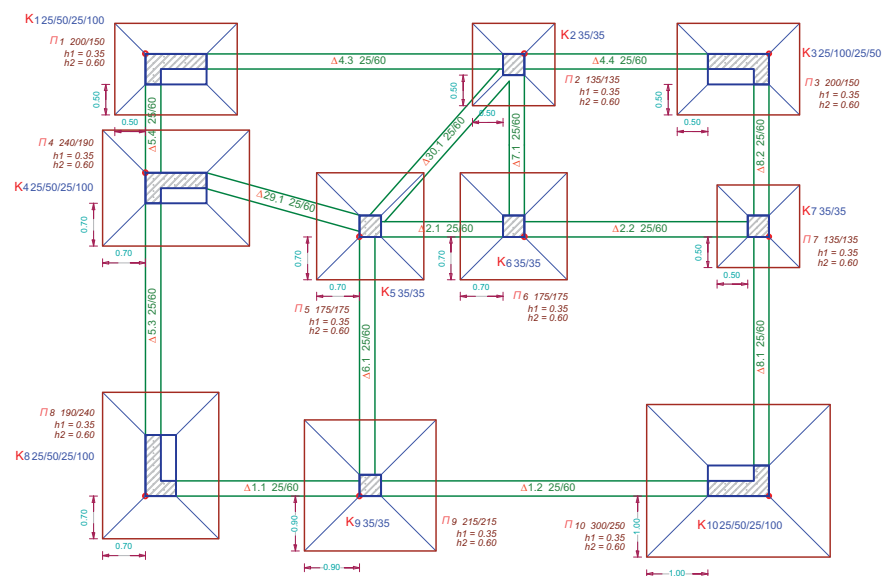
Η μελέτη έγινε για ένα νόμιμο κτίριο που κατασκευάστηκε στην Αθήνα (σεισμική ζώνη **I**). Εν συνεχεία, τα σχέδια εκχωρήθηκαν παρατύπως και κατασκευάστηκε πανομοιότυπο κτίριο στην Κρήτη (σεισμική ζώνη **II**).

Οι οπλισμοί θα εξαχθούν με τιμές εδαφικής επιτάχυνσης a_g της ζώνης **I**, ενώ η αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας, που αφορά τη νομιμοποίηση του κτιρίου στην Κρήτη, θα γίνει με τιμές a_g της ζώνης **II**.

Η θεμελίωση έχει πραγματοποιηθεί με πέδιλα.



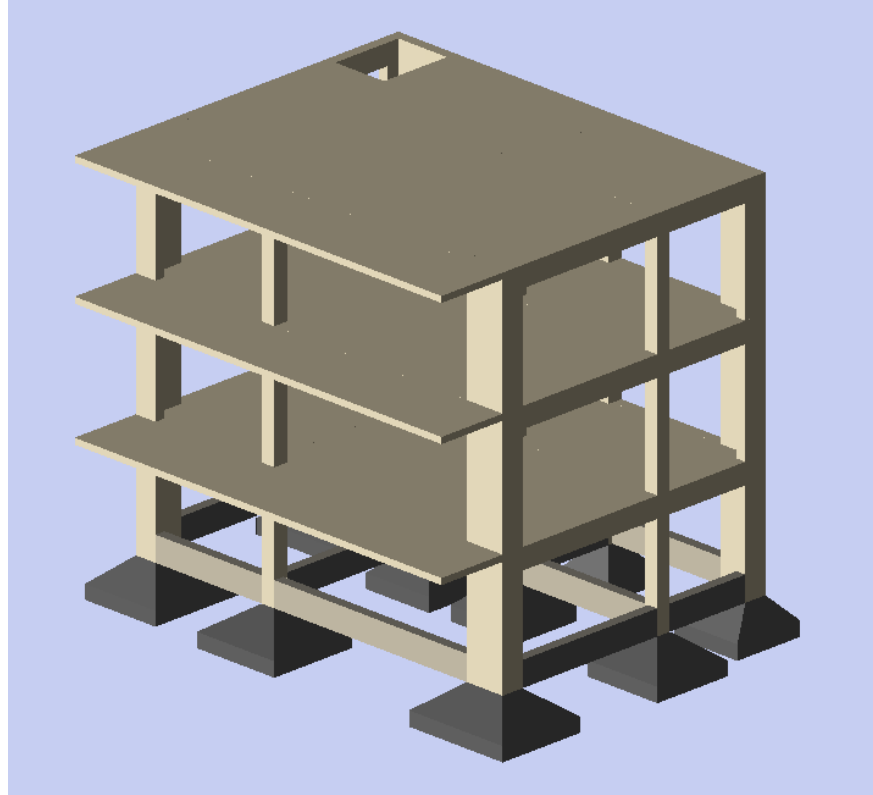
Εικόνα 1.1: Όροφος 0 (Τυπικός όροφος)



Εικόνα 1.2: Στάθμη Θεμελίωσης

Δεδομένα

- Κανονισμός σκυροδέματος: ΕΚΩΣ 2000, Αντισεισμικός κανονισμός: ΕΑΚ 2003
- Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας II, $a_g=0.24$, έδαφος Β, Σπουδαιότητα Σ2 με $\gamma=1$, συντελεστής θεμελίωσης $\theta=1$
- Ποιότητα σκυροδέματος C20/25
- Ποιότητα χάλυβα S500, Ποιότητα χάλυβα συνδετήρων S500
- Επιτρεπόμενη τάση εδάφους: 250 KΝ/m²
- Ύψος ορόφου 3m



Εικόνα 1.3: Τρισδιάστατη απεικόνιση κτιρίου

1.3 Διερεύνηση και τεκμηρίωση των στοιχείων φέροντος οργανισμού

- Κατά τον επιτόπιο έλεγχο δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές αποκλίσεις στην εφαρμογή των σχεδίων.
- Τα θεμέλια δεν αποκαλύφθηκαν και ως εκ τούτου οι διαστάσεις και η διάταξη της θεμελίωσης σχεδιάστηκαν σύμφωνα με τα σχέδια.
- Δεν εντοπίστηκαν θέσεις βλαβών, ενδεικτικές στατικής ή δομικής ανεπάρκειας ούτε βλάβες που θα μπορούσαν να αποδοθούν σε παλαιότερα σεισμικά επεισόδια.

1.3.1 Διερευνητικές εργασίες

Οπλισμός δομικών στοιχείων

Έγιναν αποκαλύψεις οπλισμών σε περιορισμένο πλήθος αντιπροσωπευτικών δομικών στοιχείων και έγινε οπτική επιθεώρηση και καταγραφή τους.

Υφιστάμενο σκυρόδεμα

Για την εκτίμηση της μέσης θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος έγιναν πυρηνοληψίες σε συνδυασμό με έμμεσες μεθόδους, έτσι προέκυψαν:

$$f_{cm} = 30MPa \quad f_{ym} = 575MPa$$

Αναμενόμενες τιμές για τις αντοχές των υλικών

Η μέση αντοχή σκυροδέματος υφιστάμενων μελών προκύπτει από επί τόπου δοκιμές. Οι αναμενόμενες τιμές για την αντοχή κυλινδρικού δοκιμίου όταν είναι γνωστή η κατηγορία σκυροδέματος που χρησιμοποιήθηκε κατά την κατασκευή δίδονται στα επόμενα.

- Η μέση αντοχή κυλινδρικού δοκιμίου f_c και κυβικού $f_{c,cube}$ συσχετίζονται σύμφωνα και με EC2-1-1 πίν.3.1 με τον ακόλουθο τύπο:

$$f_{cm} = f_{cm,cube}/1.25$$

- Η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου λόγω σκλήρυνσης. Η μεταβολή αυτή μπορεί να εκτιμηθεί βάσει της EC2-1-1 §3.1.2(6):

$$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) \cdot f_{cm}$$

όπου ο συντελεστής $\beta_{cc}(t)$ για 10 έως 30 έτη και τσιμέντο χαμηλής ή μέσης αντοχής μπορεί να ληφθεί περίπου ίσος με $1.20 \div 1.25$. Τελικά η αντοχή του κυλινδρικού δοκιμίου είναι:

$$f_{cm}(t) = f_{cm,cube} \cdot 1.25 / 1.25 = f_{cm,cube}$$

- Όταν είναι γνωστή η χαρακτηριστική τιμή της αντοχής, τότε η μέση τιμή μπορεί να εκτιμηθεί

- είτε βάσει του EC2-1-1 πίν. 3.1: $f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ MPa}$
- είτε βάσει ΚΑΝ.ΕΠΕ. παράρτ. 4.2: $f_{cm} = \min \{f_{ck} + 5 \text{ MPa} ; 1.20 \cdot f_{ck}\}$

Οι παραπάνω θεωρήσεις συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα:

	Ποιότητα υφιστάμενου σκυροδέματος όπως προδιαγράφεται στην μελέτη		Αποτίμηση Φ.Ι.
	Μέση τιμή κυβικού δοκιμίου [MPa]	Χαρακτηριστική τιμή κυλινδρικού δοκιμίου fck [MPa]	Ενδεικτική Μέση αναμενόμενη τιμή κυλινδρικού δοκιμίου fcm [MPa]
B160	16		16
B225	22.5		22.5
B300	30		30
C16/20		16	23÷30
C20/25		20	29÷35

Πίνακας 1.1: Αναμενόμενες μέσες αντοχές για υφιστάμενο σκυρόδεμα ανάλογα με την ποιότητα που προδιαγράφεται στα κατασκευαστικά σχέδια της μελέτης.

	Νέος οπλισμός Χαρακτηρ. τιμές	Υφιστάμενος οπλισμός Μέσες τιμές			
	B500C	S500s ή B500C	S500	StIII ή S400	StI ή S220
Αντοχή f_{yk} ή f_{ym} [MPa]	f _{yk} = 500	f _{ym} = 550 ÷ 575	f _{ym} = 550 ÷ 575	f _{ym} = 460 ÷ 480	f _{ym} = 260 ÷ 290
Οριακή παραμόρφωσ η ε_{suk} ή ε_{sum}	6.0 ÷ 7.5%	10%	5%	5%	10 ÷ 12%

Πίνακας 1.2: Ενδεικτικές – προτεινόμενες τιμές χαρακτηριστικής αντοχής και παραμόρφωσης για νέο χάλυβα και αντίστοιχες μέσες τιμές για υφιστάμενο χάλυβα.

1.4 Στόχοι αποτίμησης

Σύμφωνα με την απαίτηση του κύριου του έργου θα γίνουν οι εξής έλεγχοι:

1. Έλεγχος για στόχο αποτίμησης Γ2 (στάθμη επιτελεστικότητας Γ2) με πιθανότητα υπέρβασης 50% εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50

ετών. Ως δευτερεύων στόχος επιλέγεται η στάθμη B3 σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (ελάχιστος στόχος):

Ανεκτοί στόχοι αποτίμησης αυθαιρέτων (στοχευόμενη συμπεριφορά)					
Περίοδος T (έτη)	Πιθανότητα υπέρβασης εντός 50 ετών (P/50)	A/A	Στάθμη επιτελεστικότητας (επίδοσης) Φ.Ο.		
			Άμεση χρήση A (DL)	Προστασία ζωής B (SD)	Αποφυγή κατάρ. Γ (NC)
975	5%/50	0	A ₀	B ₀	Γ ₀
475	10%/50	1	A ₁	B ₁	Γ ₁
72	50%/50	2	A ₂	B ₂	Γ ₂
31	80%/50	3	A ₃	B ₃	Γ ₃

Πίνακας 2.1
ΚΑΝΕΤΕ

Πίνακας 1.3: Πίνακας ανεκτών στόχων αποτίμησης αυθαιρέτων

[Πηγή: <http://www.spme.gr/uploads/File/DEDOTA/MELETES.pdf>]

- Θα γίνει διερεύνηση για την ανεύρεση της στάθμης επιτελεστικότητας που είναι συνδεδεμένη με τον μέγιστο σεισμικό συντελεστή τόσο για την οιονεί κατάρρευση όσο και για την προστασία ζωής των ενοίκων, και η τελική αποτίμηση θα γίνει με αυτούς τους συντελεστές. Δηλαδή θα γίνει τεκμηρίωση για την ανώτερη στάθμη επιτελεστικότητας που μπορεί να διαθέσει το κτίριο. **Η διερεύνηση αυτή παρουσιάζεται στο Παράρτημα.**

1.5 Στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων – ΣΑΔ

Δεδομένα		Προέλευση Δεδομένων	Στάθμη Αξιοπιστίας
Γεωμετρικά στοιχεία θεμελίωσης		Σχέδια αρχικής μελέτης μη επιβεβαιωμένα. Εύλογη θεώρηση μηχανικού.	Ικανοποιητική
Γεωμετρικά στοιχεία ανωδομής		Αποτύπωση φέροντος οργανισμού. Σχέδια αρχικής μελέτης επιβεβαιωμένα και διορθωμένα.	Ικανοποιητική
Υλικά φ.ο.	Σκυρόδεμα	Παραδοχές αρχικής μελέτης. Πυρηνοληψία και έμμεσες μέθοδοι.	Ικανοποιητική
	Χάλυβας	Παραδοχές αρχικής μελέτης επιβεβαιωμένες με οπτική αναγνώριση.	Ικανοποιητική
Οπλισμοί (πλήθος, διάταξη, λεπτομέρειες)		Σχέδια αρχικής μελέτης επιβεβαιωμένα με αποκαλύψεις. Μαγνητικές ανιχνεύσεις. Εύλογες θεωρήσεις μηχανικού.	Ικανοποιητική

Πίνακας 1.4: Στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων

Ανάλογα με τη **στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων** (υψηλή, ικανοποιητική, ανεκτή) επιτρέπεται να ληφθεί υπόψη η αυξημένη αβεβαιότητα στις αριθμητικές τιμές των δεδομένων στην υφιστάμενη κατασκευή.

2

Βασικές έννοιες

Ικανότητα της κατασκευής

Αναπαριστά τη δυνατότητα της κατασκευής να αντιστέκεται στη σεισμική κίνηση του εδάφους και εξαρτάται από την **αντοχή** και τη **δυνατότητα παραμόρφωσης** καθενός μέλους της κατασκευής.

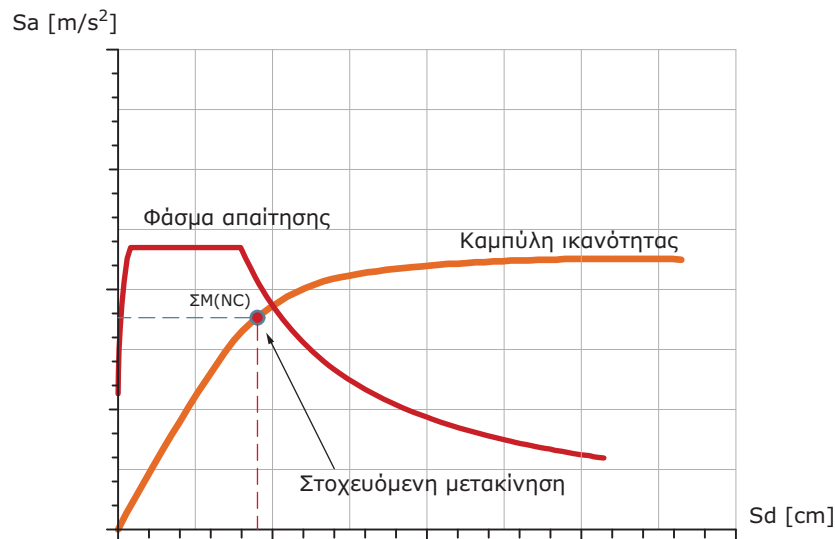
Απαίτηση

Αναπαριστά την σεισμική κίνηση του εδάφους.

Επιτελεσματικότητα (επιθυμητή συμπεριφορά)

Εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο η ικανότητα της κατασκευής αποκρίνεται στη σεισμική απαίτηση. Με την εισαγωγή της έννοιας αυτής διαφοροποιούνται σημαντικά προς τα πάνω ή προς τα κάτω οι απαιτήσεις από την κατασκευή.

Γενική περιγραφή της μεθόδου αποτίμησης της κατασκευής



Σχήμα 2.1: Βασικές έννοιες – Διάγραμμα απαίτησης ικανότητας

Καμπύλη ικανότητας

Κεντρικός στόχος της μη γραμμικής μεθόδου (Pushover) είναι η χάραξη της καμπύλης ικανότητας της κατασκευής. Αυτή αναπαριστά την οριζόντια μετακίνηση της κορυφής του δομήματος (κόμβος ελέγχου), ως συνάρτηση του μεγέθους της δύναμης που εφαρμόζεται στην κατασκευή. Αυτή η διαδικασία είναι ανεξάρτητη από τη μέθοδο που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των απαιτήσεων λόγω του σεισμικού κινδύνου.

Κόμβος ελέγχου

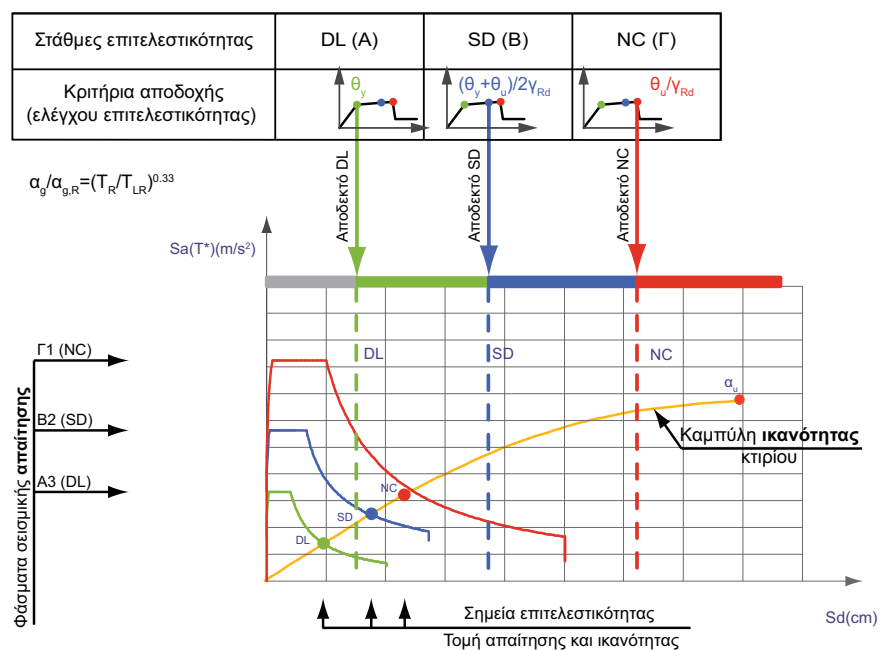
Είναι ο κόμβος του προσομοιώματος που είναι αντιπροσωπευτικός και κατάλληλος ώστε στη θέση αυτή να μετρώνται οι μεταθέσεις της κορυφής του δομήματος.

Στοχευόμενη μετακίνηση - Απαιτήσεις

Η μέθοδος φασματικής ικανότητας απομειώνει το ελαστικό φάσμα ώστε να ληφθούν υπόψιν οι επιδράσεις της μη γραμμικής συμπεριφοράς της κατασκευής και να τμηθεί με την καμπύλη ικανότητας στο σημείο της **στοχευόμενης μετακίνησης** (EC8-1, παράρτημα Β).

Έλεγχοι επιτελεστικότητας

Όταν η μετακίνηση της κορυφής του δομήματος γίνει ίση με τη στοχευόμενη, συγκρίνονται οι παραμορφώσεις κάθε στοιχείου του φορέα με τις οριακές (Βλ. **Σχήμα 2.2**). Στόχος είναι οι παραμορφώσεις κάθε μέλους να παραμένουν κάτω από τις οριακές τιμές. Οι οριακές τιμές είναι διαφορετικές για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας [Άμεση χρήση (A), Προστασία ζωής (B), Αποφυγή κατάρρευσης (Γ)].



Σχήμα 2.2: Κριτήρια αποδοχής - ελέγχου επιτελεστικότητας

3

Εισαγωγή δεδομένων

3.1 Τα βήματα της διαδικασίας

1. Εισαγωγή στο Fespa του **προσομοιώματος** της κατασκευής.
2. **Επίλυση** και **όπλιση** του προσομοιώματος με τον ισχύοντα κανονισμό κατά τον χρόνο κατασκευής, ώστε να προκύψουν οπλισμοί οι οποίοι να μπορούν να **χρησιμοποιηθούν ως βάση εργασίας** για να διευκολυνθεί η εισαγωγή των υφιστάμενων οπλισμών στο μοντέλο.
3. **Διόρθωση** των οπλισμών που έχουν προκύψει από το προηγούμενο βήμα ώστε να αντιπροσωπεύουν τους **οπλισμούς που έχουν τοποθετηθεί** στην κατασκευή.
4. Καθορισμός κάθε μέλους ως **υφιστάμενου, ενισχυόμενου ή νέου**.
5. Καθορισμός κάθε μέλους ως **πρωτεύοντος ή δευτερεύοντος**.
6. Προσδιορισμός της **στάθμης αξιοπιστίας δεδομένων (ΣΑΔ)** και των **μέσων τιμών για τις αντοχές** του σκυροδέματος και του χάλυβα.
7. Καθορισμός της **στάθμης επιτελεστικότητας** για την οποία θα γίνει ο έλεγχος καθώς και της σεισμικής απαίτησης που αντιστοιχεί σε αυτήν.
8. **Επιλύσεις** (κατασκευή καμπύλης ικανότητας, φάσμα απαίτησης, προσδιορισμός της στοχευόμενης μετακίνησης και υπολογισμός συντελεστών επάρκειας κάθε μέλους για κάθε εξεταζόμενη στάθμη επιτελεστικότητας).
9. **A. Αξιολόγηση** των αποτελεσμάτων για το κτίριο συνολικά
B. Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων για κάθε μέλος
10. Εξετάζεται αν απαιτείται **ενίσχυση** κάποιων μελών ή καθορισμός κάποιων άλλων ως **δευτερευόντων**, ή **μείωση των απαιτήσεων** (όπως έχουν

προσδιορίζεται στο βήμα 7) και μετά τις τροποποιήσεις επαναλαμβάνονται οι επιλύσεις του βήματος 8.

3.2 Εισαγωγή φορέα στο Fespa – Επίλυση & όπλιση (Βήματα 1 & 2)

3.2.1 Διαστασιολόγηση κτιρίου με ΕΚΩΣ 2000 – ΕΑΚ 2003

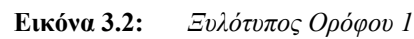
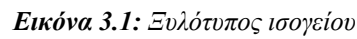
Σκοπός: Αφού δημιουργηθεί το γεωμετρικό και το φορτιστικό προσομοίωμα του κτιρίου στο Fespa, θα ακολουθήσει η όπλιση των μελών σύμφωνα με τους κανονισμούς της μελέτης. Σκοπός του βήματος είναι ο καθορισμός των οπλισμών του κτιρίου, οι οποίοι και θα χρησιμοποιηθούν εν συνεχεία ως βάση για την εισαγωγή των υφισταμένων οπλισμών που είναι αναγκαίοι για την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας αυτού.

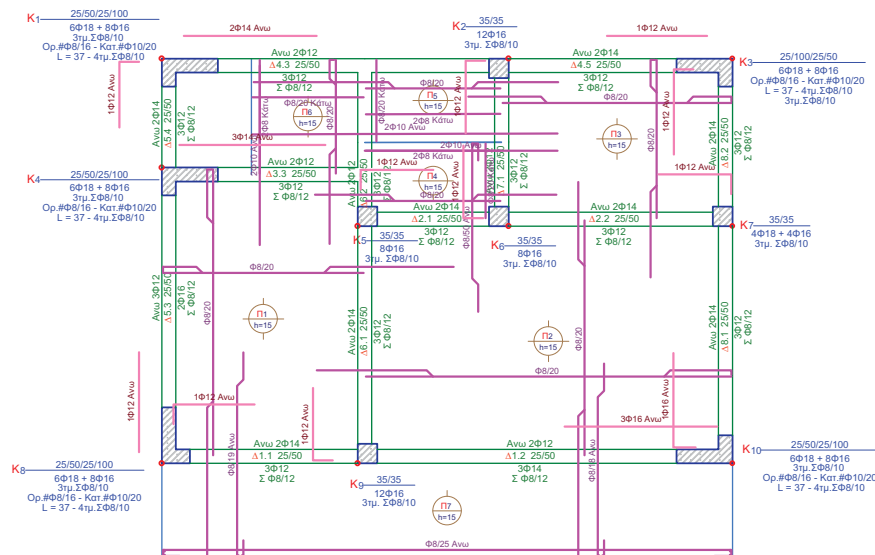
3.2.2 Προσδιορισμός οπλισμών στην υφιστάμενη κατασκευή

Καθορίζονται οι **παράμετροι**:

- Κτίριο> Γενικά> Γενική περιγραφή εργασίας= Νέα κατασκευή
- Κτίριο> Γενικά> Στόχος μελέτης= Διαστασιολόγηση
- Κτίριο> Γενικά> Κανονισμός σκυροδέματος= ΕΚΩΣ2000
- Κτίριο> Γενικά> Αντισεισμικός κανονισμός= ΕΑΚ2003
- Κτίριο> Σκυρόδεμα> Ποιότητα σκυροδέματος= C20/25
- Κτίριο> Οπλισμός> Χαρακτηρ. αντοχή χάλυβα $f_{yk}=500$
- Κτίριο> Φάσμα> Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας= 1
- Κτίριο> Φάσμα> Σπουδαιότητα κτιρίου= II (συνήθη κτίρια)
- Κτίριο> Φάσμα> Κατηγορία εδάφους= B

Οι οπλισμοί που προέκυψαν για τα γραμμικά μέλη σύμφωνα με τους κανονισμούς της μελέτης, φαίνονται στην **Εικόνα 3.1**, **Εικόνα 3.2** και την **Εικόνα 3.3**.





Εικόνα 3.3: Ενλότυπος Ορόφου 2

3.2.3 Απεικόνιση και εποπτεία υφιστάμενων οπλισμών

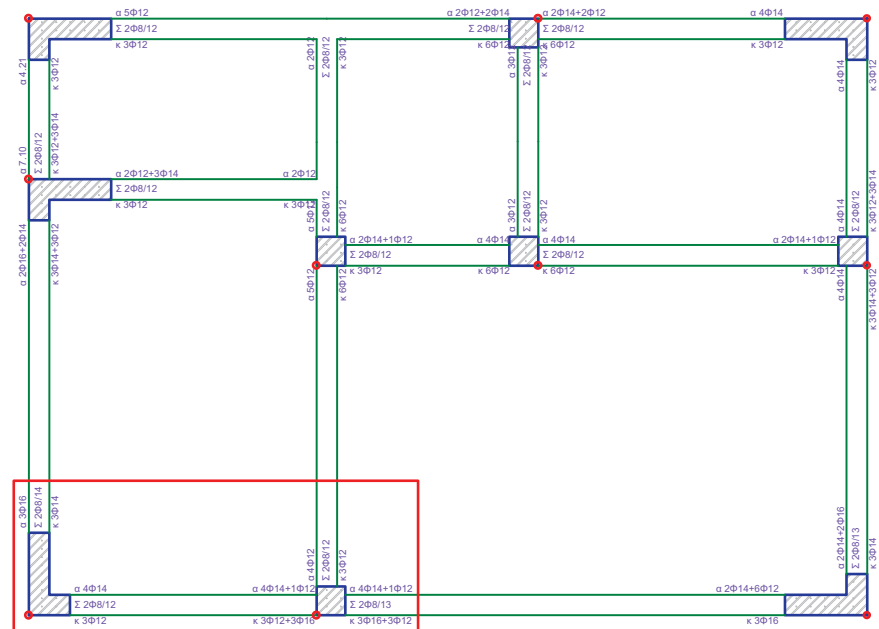


Για να εμφανιστούν στο σχέδιο της κάτοψης οι υφιστάμενοι οπλισμοί στα άκρα δοκών, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 3.4** και στην **Εικόνα 3.5**, πρέπει να οριστούν ως κανονισμοί οι Ευρωκώδικες:

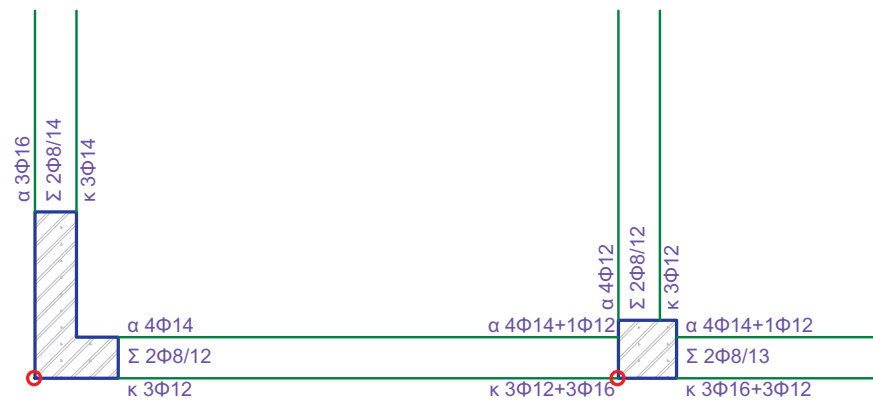
- «Κτίριο> Γενικά> Κανονισμός σκυροδέματος= EC2»
- «Κτίριο> Γενικά> Αντισεισμικός κανονισμός= EC8»

Η εμφάνιση του υφιστάμενου οπλισμού στα άκρα δοκών επιτυγχάνεται:

- Είτε με τη χρήση του εικονιδίου «Λεπτομέρειες» της εργαλειοθήκης «Σχεδιαστικά»
- Είτε επιλέγοντας «Διαφανή/ Λεπτομέρειες οπλισμών/ Οπλισμός διατομής άκρου δοκού». Αναγράφεται στο σχέδιο ο οπλισμός στα άκρα κάθε μέλους, είτε με την μορφή ράβδων, είτε με την μορφή A_s (βλ. παράμετρο «Κτίριο> Σκυρόδεμα> Περιγραφή οπλισμού άκρου»).



Εικόνα 3.4: Οπλισμός στα άκρα δοκών ισογείου



Εικόνα 3.5: Λεπτομέρεια οπλισμού στα άκρα δοκού ισογείου

3.3 Διαχείριση και τροποποίηση οπλισμών δοκών και υποστυλωμάτων (Βήμα 3)

3.3.1 Δοκοί

Εισαγωγή ή τροποποίηση διαμήκους & εγκάρσιου οπλισμού άκρου δοκού



Με την εντολή «Πάρε παραμέτρους άκρου» της οντότητας «Δοκός», επιλέγουμε μία δοκό και το επιθυμητό άκρο αυτής και μεταβαίνουμε στην καρτέλα των παραμέτρων «Ράβδοι άκρου» όπου μπορεί κανείς να δει αναλυτικά τι συνολικό οπλισμό, διαμήκη και εγκάρσιο, έχει το δεδομένο άκρο.



Τροποποιούμε όπου απαιτείται τους υπάρχοντες οπλισμούς και επιλέγουμε την εντολή «Δώσε παραμέτρους άκρου» της οντότητας «Δοκός».

Δημιουργία πλαστικής άρθρωσης στο άκρο δοκού

Μπορούμε επίσης χρησιμοποιώντας την εντολή «Πάρε παραμέτρους άκρου» και μεταβαίνοντας στην καρτέλα «Στατικά άκρου», να ορίσουμε αν αναμένεται δημιουργία πλαστικής άρθρωσης ή όχι στο συγκεκριμένο άκρο της δοκού.

Εισαγωγή ή τροποποίηση διαμήκους & εγκάρσιου οπλισμού ανοίγματος δοκού



Ομοίως, με τις εντολές «Πάρε/Δώσε παραμέτρους ανοίγματος» της οντότητας «Δοκός» είναι ορατοί και επεξεργάσιμοι οι οπλισμοί ανοίγματος των δοκών στην καρτέλα «Ράβδοι ανοίγματος» των παραμέτρων.



Δοκός	
Διατομή	Στατικά
Στατικά	Στατικά άκρου
Δεσμική	Φορτία
Σκυρόδεμα	Οπλισμός
Υλικό - Αποτίμηση	Ράβδοι άκρου
Ράβδοι ανοίγματος	Δομικός χάλυβας
Ταυτοποίηση	
Ελαστικές αρθρώσεις	
☒	Ελαστική άρθρωση y(2)
☒	Ελαστική άρθρωση z(3)
☒	Συντελεστής ελαστικότητας y(2)
☒	Συντελεστής ελαστικότητας z(3)
Πλαστική άρθρωση - pushover	
☒	Δυνατότητα πλαστικής άρθρωσης
Υπόδειγμα >>	
☒	Ενότητα
☒	Ύψος/Καμία

Εικόνα 3.6: Η καρτέλα «Στατικά άκρου» της «Δοκού». Δυνατότητα δημιουργίας πλαστικής άρθρωσης στο άκρο δοκού.

Δοκός

Διατομή | Στατικά | Στατικά άκρου | Δεσμική | Φορτία | Σκυρόδεμα | Οπλισμός | Υλικά - Αποτίμηση | **Ράβδοι άκρου** | Ράβδοι ανοίγματος | Δομικός χάλυβας | Τσιμεντοκονία

✓ Όπλιση διατομής ? Από διαστασιολόγηση

Διαμορφωσιμότητα οπλισμού

✓ Άνω οπλισμός $n^{\circ}\Phi$ [mm] ? 2Φ12+2Φ14

✓ Διατομή άνω οπλισμού A_{s_t} [cm²] ? 5.34

✓ Διατομή άνω οπλισμού εκτός συνδετήρα A_{s_el} [cm²/m] ? 2.51

✓ Κάτω οπλισμός $n^{\circ}\Phi$ [mm] ? 3Φ14+3Φ12

✓ Διατομή κάτω οπλισμού A_{s_b} [cm²] ? 8.01

Οπλισμός διάτμησης

✓ Οπλισμός διάτμησης (συνδετήρες) $\tau\mu^{\circ}\Phi/s$ [mm/cm] ? 2Φ8/12

✓ Διατομή συνδετήρων A_{sw}/s [cm²/m] ? 8.38

✓ Λοξός οπλισμός διάτμησης $n^{\circ}\Phi$ [mm] ?

✓ Διατομή λοξού οπλισμού A_{s_d} [cm²] ? 0.00

Εμφάνιση

✓ Δυνατότητα οπλισμού στην αγκύρωση άνω ράβδων ? Ναι

✓ Δυνατότητα οπλισμού στην αγκύρωση κάτω ράβδων ? Ναι

✓ Ορατός οπλισμός ? Ναι

✓ Περιγραφή οπλισμού ? Τεμάκια & διάμετροι (n^οΦ)

Υπόδειγμα >> ☒ Ενότητα ☒ Όλες/Καμία

Εικόνα 3.7: Οπλισμός άκρου δοκού Δ1.2 - ορόφου 2

Δοκός

Διατομή | Στατικά | Στατικά άκρου | Δεσμική | Φορτία | Σκυρόδεμα | Οπλισμός | Υλικά - Αποτίμηση | **Ράβδοι άκρου** | **Ράβδοι ανοίγματος** | Δομικός χάλυβας | Τσιμεντοκονία

✓ Όπλιση διατομής ? Από διαστασιολόγηση

Διαμορφωσιμότητα οπλισμού

✓ Άνω οπλισμός ανοίγματος $n^{\circ}\Phi$ [mm] ? 2Φ12

✓ Διατομή άνω οπλισμού ανοίγματος A_{s_ts} [cm²] ? 2.26

✓ Κάτω οπλισμός ανοίγματος $n^{\circ}\Phi$ [mm] ? 3Φ14

✓ Διατομή κάτω οπλισμού ανοίγματος A_{s_bs} [cm²] ? 4.62

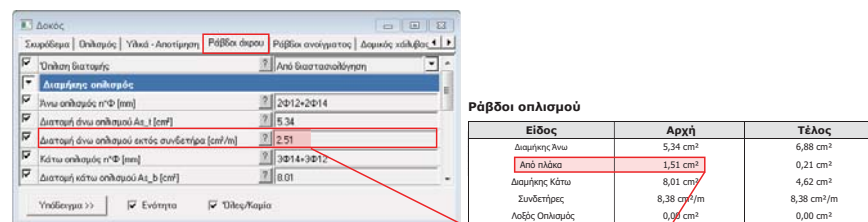
Υπόδειγμα >> ☒ Ενότητα ☒ Όλες/Καμία

Εικόνα 3.8: Οπλισμός ανοίγματος δοκού Δ1.2 - ορόφου 2

3.3.2 Οπλισμός πλακών

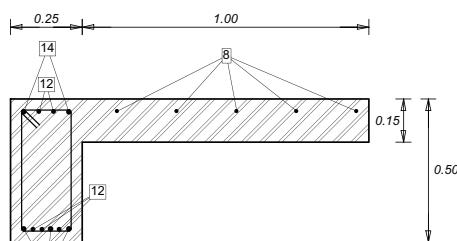
Ο οπλισμός **ανά μέτρο πλάτους** της πλάκας, που συμμετέχει στον έλεγχο της δοκού έναντι κάμψεως, απεικονίζεται στην παράμετρο «Διατομή άνω οπλισμού εκτός συνδετήρα [cm²/m]» της καρτέλας «Δοκός» Ράβδοι άκρου» που ανοίγει με την εντολή «Πάρε παραμέτρους άκρου».

Ο οπλισμός από πλάκα που εμφανίζεται στο αντίστοιχο άκρο δοκού στο τεύχος επίλυσης, προκύπτει ως:



$$A_s = b_{eff} A_{s_sl} = 4 h_f A_{s_sl} = 4 \times 0.15 \times 2.51 = 1.51 \text{ cm}^2$$

Τομή δοκού Δ1.2(2) στο άκρο αρχής



Οπλισμός πλάκας Φ8/20 - 5Φ8/m - 2.51 cm²/m

Εικόνα 3.9: Οπλισμός εκτός συνδετήρα ανά μέτρο μήκους– Δοκός Δ1.2(2). Εισαγωγή στο παράθυρο των παραμέτρων και Αποτελέσματα στο Τεύχος μελέτης.

Σημείωση

Ο συνεργαζόμενος οπλισμός της πλάκας στην παράμετρο εισάγεται ανηγμένος **ανά μέτρο πλάτους** της πλάκας και στο τεύχος τυπώνεται πολλαπλασιασμένος επί $4h_f$ ($=b_{eff}$), σύμφωνα με τις πρόνοιες της §5.4.3.1.1 του EC8-1.

3.3.3 Υποστυλώματα



Επιλέγουμε «Διατομή» Παραγωγή διατομής από υποστυλώμα» για να δημιουργήσουμε την διατομή του υποστυλώματος, της οποίας οι οπλισμοί θα τροποποιηθούν.

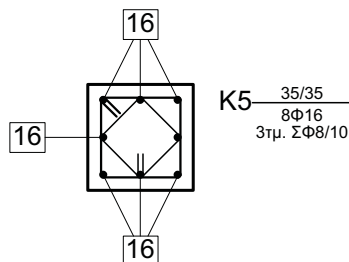
Εισαγωγή ή τροποποίηση διαμήκους οπλισμού υποστυλωμάτων



Οι διαμήκεις οπλισμοί (διάμετρος και θέση) τροποποιούνται επιλέγοντας «Ράβδοι οπλισμού», μέσω των εντολών «Πάρε/Δώσε παραμέτρους».

Εισαγωγή ή τροποποίηση συνδετήρων υποστυλωμάτων

Οι συνδετήρες της διατομής του υποστυλώματος τροποποιούνται επιλέγοντας «Υποστώμα» Συνδετήρες», με τη βοήθεια των εντολών «Πάρε/Δώσε παραμέτρους».



Σχήμα 3.1: Λεπτομέρεια όπλισης υποστυλώματος K5(2)

Χαρακτηρισμός μελών

Κάθε μέλος στο Fespa μπορεί να χαρακτηριστεί πλέον ως **υφιστάμενο**, ως **νέο** (Βλ. προσθήκες-παράδειγμα 2) ή ως **ενισχυόμενο** (π.χ. σε περίπτωση μανδύα υποστυλώματος). Με την επιλογή «Κτίριο» Υλικά –Αποτίμηση> Οπλισμοί μελών> Νέα και ενισχυόμενα με μανδύα» εξασφαλίζετε ότι σε κάθε νέα επίλυση για διαστασιολόγηση που θα κάνετε το πρόγραμμα θα οπλίσει τα μέλη που έχουν οριστεί ως «Νέα» και ως «Ενισχυόμενα με μανδύα» ενώ για τα «Υφιστάμενα» δεν θα τροποποιηθεί ο οπλισμός.

3.4 Αποτίμηση Φέρουσας Ικανότητας κτιρίου σύμφωνα με ΚΑΝ.ΕΠΕ και EC8-3 (Βήματα 4 – 6)

3.4.1 Σκοπός – Γενικά - Εισαγωγικά

Σκοπός: Με τους τοποθετημένους οπλισμούς με ΕΚΩΣ 2000-EAK 2003, θα πραγματοποιηθεί η αποτίμηση φέρουσας ικανότητας του κτιρίου και θα αξιολογηθούν τα αποτελέσματα σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.

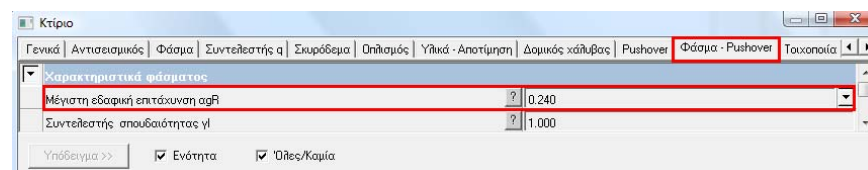
- Κτίριο> Γενικά> Κανονισμοί> Κανονισμός σκυροδέματος= EC2
- Κτίριο> Γενικά> Κανονισμοί> Αντισεισμικός κανονισμός= EC8

Η επιλογή των Ευρωκωδίκων ως κανονισμών γίνεται έτσι ώστε να χρησιμοποιηθεί το φάσμα των Ευρωκωδίκων, όπως καθορίζει ο ΚΑΝ.ΕΠΕ,

καθώς και όλες οι διατάξεις του Ευρωκώδικα στις οποίες παραπέμπει ο ΚΑΝ.ΕΠΕ.

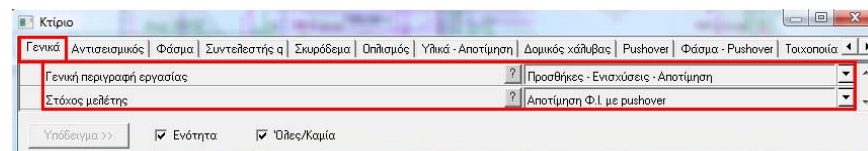
Οι τιμές των παραμέτρων στην καρτέλα «Κτίριο» Φάσμα» **δεν ενημερώνονται αυτόματα** (π.χ. Σεισμική Ζώνη) μετά την αλλαγή κανονισμών σε EC που έγινε στο προηγούμενο βήμα. Για αυτό πρέπει να εισαχθούν εκ νέου δίνοντας έμφαση στην αντιστοιχία σεισμικών ζωνών με τους ελληνικούς κανονισμούς.

3.4.2 Καθορισμός σεισμικού συντελεστή

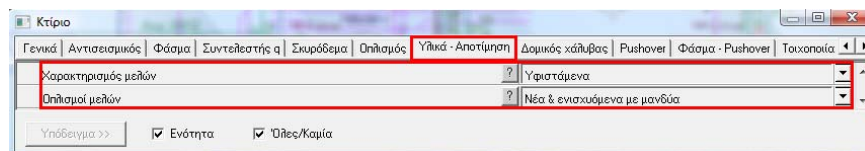


Εικόνα 3.10: Για την αποτίμηση εισάγεται «Κτίριο» Φάσμα-Pushover» Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $agR=0.24$ » επειδή το αυθαίρετο κτίριο μελετήθηκε για $a_g=0.16$ αλλά κατασκευάστηκε σε περιοχή επιτάχυνσης $a_g=0.24$.

3.4.3 Καθορισμός παραμέτρων χαρακτηρισμού μελών

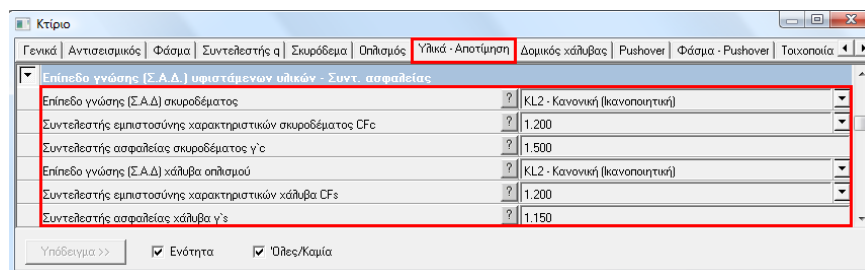


Εικόνα 3.11: Επιλέγουμε «Κτίριο» Γενικά» Γενική περιγραφή εργασίας= Προσθήκες-Ενισχύσεις-Αποτίμηση» και «Κτίριο» Γενικά» Στόχος μελέτης= Αποτίμηση Φ.Ι. με pushover» για να χαρακτηρίσουμε το είδος και τον σκοπό της μελέτης.



Εικόνα 3.12: Επιλέγουμε «Κτίριο> Υλικά-αποτίμηση> Χαρακτηρισμός μελών=Υφιστάμενα» και «Κτίριο> Υλικά-αποτίμηση> Οπλισμοί μελών=Μόνο νέα και ενισχυόμενα με μανδύα» ώστε σε περίπτωση διαστασιολόγησης να μην οπλίζονται εκ νέου τα υφιστάμενα μέλη.

3.4.4 Στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων (ΣΑΔ)



Εικόνα 3.13: Επιλέγουμε «Κτίριο> Υλικά-Αποτίμηση> Επίπεδο γνώσης σκυροδέματος= KL2» και ομοίως για το επίπεδο γνώσης (Σ.Α.Δ.) χάλυβα οπλισμού.

Οι τρεις δυνατές στάθμες αξιοπιστίας δεδομένων (Βλέπε σελ. 11) για υφιστάμενα υλικά είναι:

KL1 – Περιορισμένη γνώση (Ανεκτή ΣΑΔ)

KL2 – Κανονική γνώση (ΙΚανοποιητική ΣΑΔ)

KL3 – Πλήρης γνώση (Υψηλή ΣΑΔ)

Το επίπεδο γνώσης ΣΑΔ καθορίζει τις τιμές των συντελεστών εμπιστοσύνης (CF) καθώς και τους επιμέρους συντελεστές ασφαλείας των υλικών γ_c και γ_s . Στον καθορισμό των σκελετικών διαγραμμάτων αντοχής M-θ υπεισέρχονται οι μέσες τιμές αντοχής του χάλυβα και του σκυροδέματος διαιρεμένες με τον συντελεστή εμπιστοσύνης, ενώ στον προσδιορισμό των αντοχών των πρωτευόντων μελών σε τέμνουσα V_R διαιρούνται και με συντελεστές ασφαλείας. Βλ. EC8-3 §2.2.1(5)A-(7)A. Αλλαγή του επιπέδου γνώσης ενημερώνει αυτόματα τους συντελεστές σύμφωνα και με το εθνικό προσάρτημα.

3.4.5 Αντοχές υφιστάμενων υλικών

Σύμφωνα με την **Εικόνα 3.14**:

Μέση αντοχή σκυροδέματος $f_{cm} = 30$ MPa όπως προκύπτει από επί τόπου δοκιμές (Βλ. δεδομένα σελ. 8).

Μέση αντοχή χάλυβα $f_{ym} = 575$ MPa

Μέση αντοχή χάλυβα συνδετήρων $f_{ywm} = 575$ MPa

Υφιστάμενο σκυρόδεμα & Οπλισμός	
Μέση αντοχή σκυροδέματος f_{cm} [MPa]	30.0
Μέση αντοχή χάλυβα f_{ym} [MPa]	575.0
Οριακή παραμόρφωση υφιστάμενου οπλισμού es_{u_e} [%]	6.000
Μέση αντοχή χάλυβα συνδετήρων f_{ywm} [MPa]	575.0

Εικόνα 3.14: Επιλέγουμε «Κτίριο» Υλικά-Αποτίμηση», ορίζουμε τις μέσες αντοχές σκυροδέματος και χάλυβα των υλικών και την οριακή παραμόρφωση του υφιστάμενου οπλισμού.

Οριακή παραμόρφωση υφιστάμενου οπλισμού $es_{u_e} = 6\%$, όπως προκύπτει από τον **Πίνακα 1.2**.

3.4.6 Κύρια και δευτερεύοντα μέλη

Σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ (§ 2.4.3.4) οι επιμέρους φορείς του φέροντος οργανισμού ενός κτιρίου, καθώς και τα μεμονωμένα δομικά στοιχεία που επηρεάζουν τη δυσκαμψία και την κατανομή της έντασης στο κτίριο, ή που φορτίζονται λόγω των πλευρικών μετακινήσεων του κτιρίου, μπορεί κατά την αποτίμηση ή τον ανασχεδιασμό να διακρίνονται σε **κύρια** και **δευτερεύοντα**. Ως κύρια εν γένει θα χαρακτηρίζονται τα στοιχεία ή οι επιμέρους φορείς που συμβάλλουν στην αντοχή και ευστάθεια του κτιρίου υπό σεισμικά φορτία. Τα υπόλοιπα φέροντα στοιχεία ή επιμέρους φορείς θα χαρακτηρίζονται ως δευτερεύοντα.

Δοκός

Διατομή | Στατικά | Στατικά άκρου | Δεσμική | Φάρτια | Σκυρόδεμα | Οπλισμός | **Υλικά - Αποτίμηση** | Ράβδοι άκρου | Ράβδοι ανοίγματος | Δομικός χάλυβας | Τοιχοποιία

☒ Χαρακτηρισμός μέλους ? Νέο

☒ Μέθοδος ενίσχυσης ? Έγκυτο σκυρόδεμα

☒ **Αυξημένες απαιτήσεις ηλκασιμότητας** ? **Δευτερεύον σεισμικό μέλος**

Σκυρόδεμα

☒ Ποιότητα σκυροδέματος ? C20/25

☒ Χαρακτηριστική αντοχή σκυροδέματος f_{ck} [MPa] ? 20

Οπλισμός

☒ Χαρακτηρ. αντοχή χάλυβα f_{yk} [MPa] ? 500

☒ Οριακή παραμόρφωση νέου οπλισμού ϵ_{yk} [%] ? 6.000

☒ Χαρακτηρ. αντοχή χάλυβα συνδετήρων f_{yk} [MPa] ? 500

Υπόδειγμα >> ☒ Ενότητα ☒ Όλες/Καμία

Εικόνα 3.15: Χαρακτηρισμός δοκού ως δευτερεύον σεισμικό μέλος

Κτίριο

Γενικά | Αντισεισμικός | Φάσμα | Συντελεστής α | Σκυρόδεμα | Οπλισμός | **Υλικά - Αποτίμηση** | Δομικός χάλυβας | Pushover | Φάσμα - Pushover | Τοιχοποιία

Αντοχές για έλεγχο Παραμορφώσεων (Νέα υλικά)

Αντοχή σκυροδέματος $f_{c,th}=f_{ck}$ [MPa] ? 20.00

Αντοχή χάλυβα διαμήκη οπλισμού $f_{y,th}=f_{yk}$ [MPa] ? 500.0

Αντοχή χάλυβα συνδετήρων (περίσφιγξη) $f_{yw,th}=f_{ywk}$ [MPa] ? 500.0

Αντοχές για έλεγχο Παραμορφώσεων (Υφιστάμενα υλικά)

Αντοχή σκυροδέματος $f_{c,th}=f_{cm}/CF_c$ [MPa] ? 25.00

Αντοχή χάλυβα διαμήκη οπλισμού $f_{y,th}=f_{ym}/CF_s$ [MPa] ? 479.2

Αντοχή χάλυβα συνδετήρων (περίσφιγξη) $f_{yw,th}=f_{ywm}/CF_s$ [MPa] ? 479.2

Αντοχές για έλεγχο Δυνάμεων (Νέα υλικά - Κύρια μέλη)

Αντοχή σκυροδέματος $f_{c,Fpr}=f_{ck}/\gamma_s$ [MPa] ? 13.33

Αντοχή χάλυβα διαμήκη & λοξού οπλ. $f_{y,Fpr}=f_{yk}/\gamma_s$ [MPa] ? 434.8

Αντοχή χάλυβα συνδετήρων $f_{yw,Fpr}=f_{ywk}/\gamma_s$ [MPa] ? 434.8

Αντοχές για έλεγχο Δυνάμεων (Υφιστάμενα υλικά - Κύρια μέλη)

Αντοχή σκυροδέματος $f_{c,Fpr}=f_{cm}/(CF_c \cdot \gamma_s)$ [MPa] ? 16.67

Αντοχή χάλυβα διαμήκη & λοξού οπλ. $f_{y,Fpr}=f_{ym}/(CF_s \cdot \gamma_s)$ [MPa] ? 416.7

Αντοχή χάλυβα συνδετήρων $f_{yw,Fpr}=f_{ywm}/(CF_s \cdot \gamma_s)$ [MPa] ? 416.7

Αντοχές για έλεγχο Δυνάμεων (Νέα υλικά - Δευτερεύοντα μέλη)

Αντοχή σκυροδέματος $f_{c,Fsn}=f_{ck}$ [MPa] ? 20.00

Αντοχή χάλυβα διαμήκη & λοξού οπλ. $f_{y,Fsn}=f_{yk}$ [MPa] ? 500.0

Αντοχή χάλυβα συνδετήρων $f_{yw,Fsn}=f_{ywk}$ [MPa] ? 500.0

Αντοχές για έλεγχο Δυνάμεων (Υφιστάμενα υλικά - Δευτερεύοντα μέλη)

Αντοχή σκυροδέματος $f_{c,Fse}=f_{cm}/CF_c$ [MPa] ? 25.00

Αντοχή χάλυβα διαμήκη & λοξού οπλ. $f_{y,Fse}=f_{ym}/CF_s$ [MPa] ? 479.2

Αντοχή χάλυβα συνδετήρων $f_{yw,Fse}=f_{ywm}/CF_s$ [MPa] ? 479.2

Υπόδειγμα >> ☒ Ενότητα ☒ Όλες/Καμία

Εικόνα 3.16: Αντοχές υφιστάμενων υλικών για κύρια και δευτερεύοντα μέλη για ελέγχους παραμορφώσεων και δυνάμεων.

3.4.7 Αντοχές υλικών για το κάθε μέλος

Αντοχές για Αποτίμηση Φ.1	?	Ναι
Αυτόματος υπολογισμός αντοχών		
Αντοχή σκυροδέματος (έλεγχος παραμορφώσεων) $f_{c,B}$ [MPa]	25.00	
Αντοχή χάλυβα (έλεγχος παραμορφώσεων) $f_{y,B}$ [MPa]	479.2	
Αντοχή σκυροδέματος (έλεγχος δυνάμεων) $f_{c,F}$ [MPa]	16.67	
Αντοχή χάλυβα (έλεγχος δυνάμεων) $f_{y,F}$ [MPa]	416.7	
Αντοχή χάλυβα συνδετήρων (έλεγχος δυνάμεων) $f_{yw,F}$ [MPa]	416.7	

Υπόδειγμα >> ☒ Ενότητα ☒ Όλες/Καμία

Εικόνα 3.17: Οι κατάλληλες τιμές αντοχών (ανάλογα με το αν το μέλος έχει χαρακτηριστεί κύριο ή δευτερεύον) μεταφέρονται σε κάθε μέλος του κτιρίου, όπως επαληθεύεται μέσω των παραμέτρων, επιλέγοντας «Πάρε παραμέτρους» Υλικά-Αποτίμηση» για οποιαδήποτε Δοκό ή Υποστύλωση.

Σημείωση

Επιλέγοντας «Δοκός» Υλικά-Αποτίμηση» Αυτόματος υπολογισμός αντοχών= Όχι», στο επιλεγμένο μέλος μπορούμε να εισάγουμε οποιεσδήποτε τιμές αντοχών θέλουμε, διαφορετικές από αυτές που έχουν οριστεί στο «Κτίριο».

3.4.8 Παράμετροι Pushover

Μεταβαίνουμε στην καρτέλα «Κτίριο» Pushover» και τροποποιούμε τις αντίστοιχες παραμέτρους (Βλ. **Εικόνα 3.18**).

– «Κτίριο» Pushover» Α' κατανομή φόρτισης= Ομοιόμορφη»

Η υποχρεωτική κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ κατανομή φόρτισης καθ' ύψος είναι η ορθογωνική και επιλέγεται επιπλέον είτε η τριγωνική είτε η ιδιομορφική ως δεύτερη.

– «Κτίριο» Pushover» Β' κατανομή φόρτισης= Ιδιομορφική»

– «Κτίριο» Pushover» Συντελεστής συνδυασμού εγκάρσιας φόρτισης [%]= 30»

– «Κτίριο» Pushover» Τυχηματική εκκεντρότητα= Μόνο στην εγκάρσια διεύθυνση»

– «Κτίριο» Pushover» Φαινόμενα 2ας τάξης P-Δ= Ναι»

Κτίριο

Γενικά | Αντισεισμικός | Φάσμα | Συντελεστής α | Σκυρόδεμα | Οπλισμός | Υλικά - Αποτίμηση | Δομικός χάλυβας | **Pushover** | Φάσμα - Pushover | Τεκμηρίωση

Φόρτιση - Ανάλυση

A' Κατανομή φόρτισης	?	Ομοιόμορφη
B' Κατανομή φόρτισης	?	Ιδιομορφική
Συντελεστής συνδυασμού εγκάρσιας φόρτισης [%]	?	30.0
Τυχηματική εκκεντρότητα	?	Μόνο στην εγκάρσια διεύθυνση
Μέθοδος επίλυσης	?	Μετατοπίσεων
Φαινόμενα 2ας τάξης (P- Δ)	?	Ναι
Πλήθος Αξονικών (Αλληλεπίδραση N-M _y -M _z)	?	5

Διάγραμμα Απαίτησης-Ικανότητας

Υπολογισμός στοχευόμενης μετακίνησης	?	Μεθοδολογία EC8
Έλεγχος τέμνουσας	?	Ναι

Οπλισμός δοκού

Αρχή, ολίσθηση στην αγκύρωση άνω ράβδων	?	Ναι
Αρχή, ολίσθηση στην αγκύρωση κάτω ράβδων	?	Ναι
Τέλος, ολίσθηση στην αγκύρωση άνω ράβδων	?	Ναι
Τέλος, ολίσθηση στην αγκύρωση κάτω ράβδων	?	Ναι

Οπλισμός υποστυλώματος

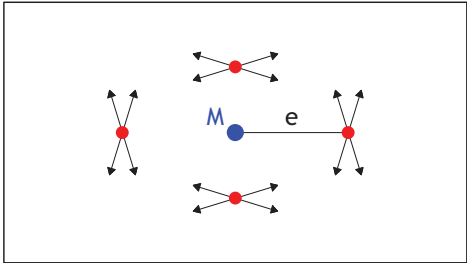
Επιρροή περιστροφής στα διαγράμματα αντοχής	?	Ναι
Ολίσθηση στην αγκύρωση ράβδων αρχής	?	Ναι
Ολίσθηση στην αγκύρωση ράβδων τέλους	?	Ναι

Υπόδειγμα >> ☒ Ενότητα ☒ Όλες/Καμία

Εικόνα 3.18: Οι παράμετροι της καρτέλας «Pushover» του «Κτιρίου»

Τυχηματική εκκεντρότητα και εγκάρσια φόρτιση 30%

Τυχηματική εκκεντρότητα = Μόνο στην εγκάρσια διεύθυνση
 Συντελεστής συνδυασμού εγκάρσιας φόρτισης = 30%

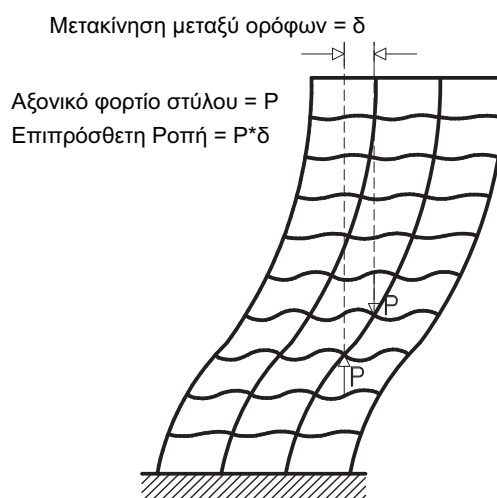


16 κατευθύνσεις φόρτισης * 2 κατανομές =
 = **32 μη γραμμικές αναλύσεις**

Σχήμα 3.2: Το πλήθος των ανελαστικών αναλύσεων εξαρτάται από τις επιλογές για την εγκάρσια συνιστώσα της φόρτισης και την τυχηματική εκκεντρότητα.

Φαινόμενα P-Δ

Οι οριζόντιες μετατοπίσεις προκαλούν τη δημιουργία ροπών λόγω βαρύτητας (Βλ. Σχήμα 3.3). Στην ελαστική ανάλυση οι ροπές αυτές είναι μικρές αλλά στη μη γραμμική ανάλυση το γινόμενο των φορτίων λόγω ίδιου βάρους κλπ. επί την οριζόντια παραμόρφωση είναι σημαντικό ποσοστό της ροπής ανατροπής λόγω σεισμού και πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό της καμπύλης ροπών-μετακινήσεων το φαινόμενο P-Δ. Αυτό γίνεται με ακρίβεια καθώς ο υπολογισμός αποκρίσεων που συνδέονται με την αστάθεια αποτελεί κύριο αντικείμενο προγραμμάτων, όπως το Fespa, που κάνουν μη γραμμική ανάλυση.

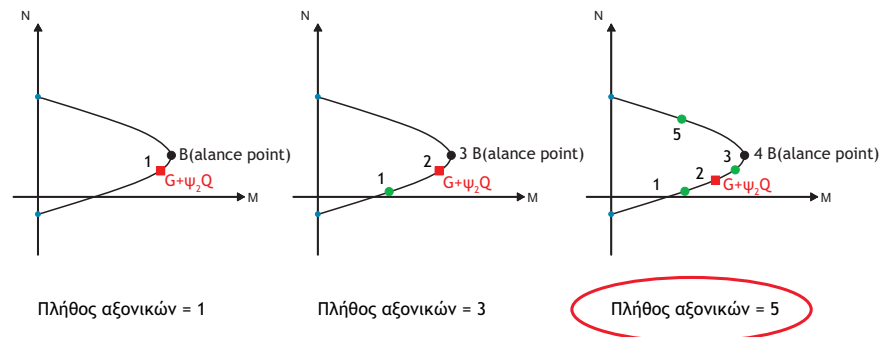


Σχήμα 3.3: Επιρροή φαινομένων P-Δ, δυναμική αστάθεια

Αλληλεπίδραση ροπής-αξονικής N-My-Mz

– «Κτίριο» Pushover> Πλήθος Αξονικών (Αλληλεπίδραση N-My-Mz)= 5»

Κατά τον υπολογισμό των διαγραμμάτων ροπών καμπυλοτήτων στο Fespa λαμβάνεται υπόψη η επίδραση της αξονικής δύναμης στην καμπτική αντοχή. Με την παράμετρο αυτή δίδεται η δυνατότητα στον μελετητή να καθορίσει την ακρίβεια με την οποία θα προσδιοριστεί η καμπύλη αλληλεπίδρασης N-M εισάγοντας το πλήθος των αξονικών δυνάμεων, για τις οποίες θα συνταχθούν τα διαγράμματα M-φ.



Σχήμα 3.4: Διάγραμμα αλληλεπίδρασης ροπής-αξονικής δύναμης $M-N$, πλήθος και σχετικό μέγεθος αξονικών δυνάμεων για τις οποίες θα συνταχθούν τα διαγράμματα ροπών-καμπυλοτήτων $M-\phi$.

Επιρροή ολίσθησης στην αγκύρωση – Επιρροή περισφιγξης οπλισμού

Τέλος, εισάγουμε την επιρροή της ολίσθησης στην αγκύρωσης των ράβδων καθώς και της περισφιγξης του οπλισμού υποστυλωμάτων. Η σχετική με την ολίσθηση παράμετρος («Κτίριο» Pushover») ορίζεται ως «**Ναι**» σε περιπτώσεις ανεπαρκούς αγκύρωσης των ράβδων στις θέσεις των πλαστικών αρθρώσεων, όπου η δυνατότητα ολίσθησης αυξάνει τη γωνία στροφής χορδής θ_y στη διαρροή.

3.5 Στάθμη επιτελεστικότητας (Βήμα 7)

3.5.1 Σεισμική Απαίτηση

Μεταβαίνουμε στην καρτέλα «Κτίριο» Φάσμα- Pushover» για να επιλέξουμε τους στόχους της αποτίμησης:

Σύμφωνα με τον **Πίνακα 3.1** που περιλαμβάνει τους ανεκτούς στόχους αποτίμησης αυθαιρέτων, και επειδή η σπουδαιότητα του κτιρίου είναι Σ2 (συνήθης) επιλέγουμε:

1. Στάθμη επιτελεστικότητας «**Αποφυγή κατάρρευσης**» (NC ή Γ) με πιθανότητα υπέρβασης **50%**.
2. Στάθμη επιτελεστικότητας «**Προστασία ζωής**» (SD ή B) με πιθανότητα υπέρβασης **80%**.

Κτίριο

Γενικά | Αντισεισμικός | Φάσμα | Συντελεστής q | Σκυρόδεμα | Οπλισμός | Υλικά - Αποτίμηση | Δομικός χάρτης | Pushover | **Φάσμα - Pushover** | Τοιχοποιία

Χαρακτηριστικά φάσματος

Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $a_g R$ 0.240

Συντελεστής σπουδαιότητας γ 1.000

Παράμετροι υπολογισμού φάσματος (Σπουδαιότητα II)

Ζωή σχεδιασμού TL [έτη] 50

Υπολογισμός φάσματος απαίτησης βάσει... Πιθανότητας υπέρβασης PLR

Πιθανότητα υπέρβασης PLR [%] 10.00

Περίοδος επαναφοράς TLR [έτη] 474.6

Εκθέτης k 3.000

DL - Περιορισμός βλαβών

Στάθμη επιτελεστικότητας DL 0.1

DL - Περίοδος επαναφοράς T_DLR [Ετη] 31.1

DL - Πιθανότητα υπέρβασης P_DLR [%] 80.00

Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $(\gamma^* a_g R)_{DL}$ 0.097

SD - Σημαντικές βλάβες

Στάθμη επιτελεστικότητας SD 1η υπέρβαση ορίου σε υποστ./μια ή δοκό

SD - Περίοδος επαναφοράς T_SDR [Ετη] 31.1

SD - Πιθανότητα υπέρβασης P_SDR [%] 80.00

Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $(\gamma^* a_g R)_{SD}$ 0.097

NC - Όσες κατάρρευση

Στάθμη επιτελεστικότητας NC 1η αστοχία υποστ./τος ή δοκού

NC - Περίοδος επαναφοράς T_NCR [Ετη] 72.1

NC - Πιθανότητα υπέρβασης P_NCR [%] 50.00

Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $(\gamma^* a_g R)_{NC}$ 0.128

Υπόδειγμα >> ☒ Ενότητα ☒ Όλες/Καμία

Εικόνα 3.19: Οι παράμετροι για τις στάθμες SD και NC στην καρτέλα «Φάσμα – Pushover» του «Κτιρίου»

Καθώς εισάγονται οι τιμές που φαίνονται στην **Εικόνα 3.19** για την επιτελεστικότητα και την πιθανότητα υπέρβασης, το Fespa υπολογίζει για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση a_g .

Εάν αντί για την πιθανότητα υπέρβασης είναι γνωστή η **περίοδος επαναφοράς** του σεισμικού γεγονότος με το οποίο πρέπει να γίνει ο έλεγχος, ορίζουμε την παράμετρο «Κτίριο» Φάσμα-Pushover» Υπολογισμός φάσματος απαίτησης βάσει...=περίοδος επαναφοράς TR» οπότε οι πιθανότητες υπέρβασης γίνονται ανενεργές και ενεργοποιούνται οι περιόδοι επαναφοράς για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας.

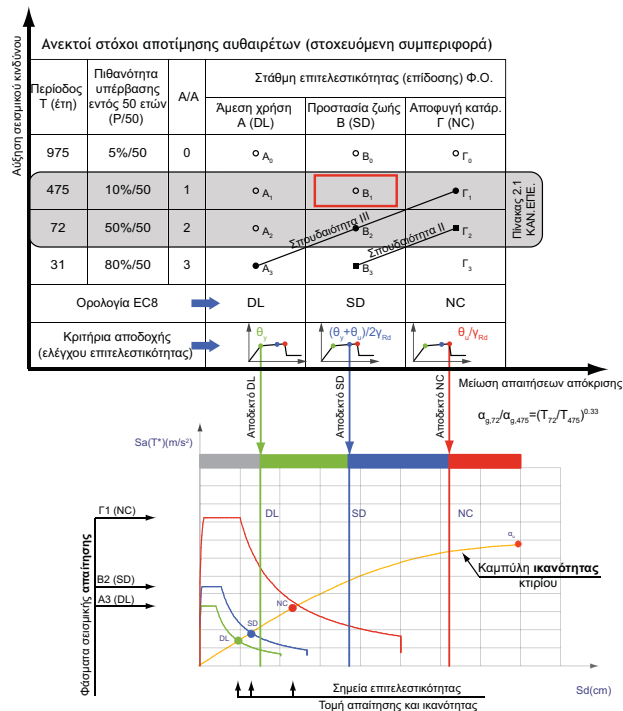
Σημείωση

Από τη σύγκριση του **Πίνακα 3.1** με τον **Πίνακα 3.2** φαίνεται ότι οι απαιτήσεις κατά την αποτίμηση αυθαίρετων είναι **σημαντικά μειωμένες** σε σχέση με τις απαιτήσεις για αποτίμηση και ανασχεδιασμό υφιστάμενων και προσθηκών.



ΛΟΓΙΣΜΙΚΗ

ΠΡΟΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΕΣ



Σημείωση 1
● B₁: Βασικός στόχος σχεδιασμού EC8, EAK

Σημείωση 2
Στόχος αποτίμησης αυθαιρέτων

Σπουδαιότητα I & II	Συνιστώμενος Γ_2	Προαιρετικός B_3
III & άνω	Γ_1	B_2, A_3

Πηγή: <http://www.spme.gr/uploads/File/DEDOTA/MELETES.pdf>

Πίνακας 3.1: Ανεκτοί στόχοι αποτίμησης αυθαιρέτων

Επιλέγεται η **σπουδαιότητα** (π.χ. ΣII) του κτιρίου, η **επιτελεστικότητα** (π.χ. Αποφυγή κατάρ.Γ) κατόπιν η **πιθανότητα υπέρβασης** του σεισμού (π.χ. 50%). Εξ' αυτών έχει επιλεγεί ως **στόχος αποτίμησης** ο Γ2 που σημαίνει ότι έχουμε επιλέξει:

1. Φάσμα σεισμικής απαίτησης Γ2 με περίοδο επαναφοράς $T=72$ έτη
2. Σημείο επιτελεστικότητας NC
3. Έλεγχος πλαστικών μελών $\theta \leq \theta_{\text{επιτρ}} = \theta_u/\gamma_{Rd}$.



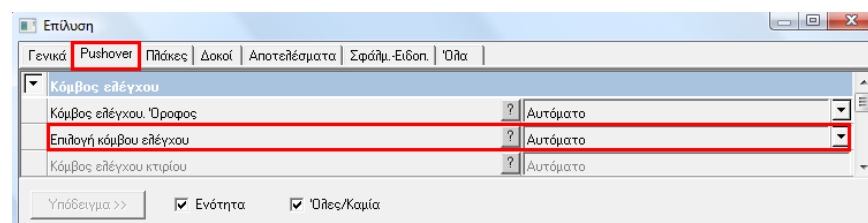
Πίνακας 3.2: *Ανεκτοί στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού υφισταμένων και προσθηκών*

Κόμβος Ελέγχου



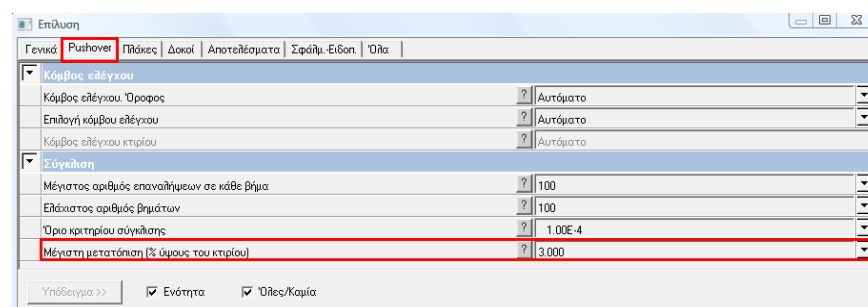
Ως **κόμβος ελέγχου** λαμβάνεται αυτόματα από το πρόγραμμα ο πιο κοντινός κόμβος στο κέντρο μάζας της ανώτερης στάθμης. Σε περίπτωση ύπαρξης δώματος ή απόληξης κλιμακοστασίου στην ανώτερη στάθμη προτείνεται να επιλέγεται ως κόμβος ελέγχου ο πιο κοντινός κόμβος στο κέντρο μάζας της αμέσως κατώτερης στάθμης. Στις περιπτώσεις που πρέπει να τροποποιηθεί η θέση του κόμβου ελέγχου του κτιρίου μεταβαίνουμε στην «Επίλυση» και μέσω της εντολής «**Καθορισμός κόμβου ελέγχου**» καθορίζουμε στην κάτωψη το σημείο που θα αποτελέσει το νέο κόμβο ελέγχου ως πιο αντιπροσωπευτικό για την μελέτη των μετακινήσεων με την μέθοδο Pushover.

Μετά την επιλογή του νέου σημείου μεταβαίνουμε στην παράμετρο «Επίλυση» Pushover» Επιλογή κόμβου ελέγχου κτιρίου» και επαληθεύουμε ότι πλέον αντί για την επιλογή «Αυτόματο» έχουν οριστεί οι συντεταγμένες του νέου κόμβου ελέγχου. Στον κόμβο ελέγχου θα επιτευχθεί η **στοχευόμενη μετακίνηση** δηλαδή το **σημείο επιτελεστικότητας**.



Εικόνα 3.20: Αλλαγή κόμβου ελέγχου του κτιρίου

Μέγιστη οριζόντια μετατόπιση



Εικόνα 3.21: Επίλυση Pushover - Παράμετρος μέγιστης μετατόπισης

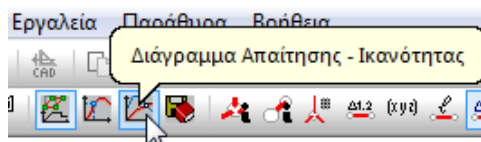
Καθορίζουμε τη μέγιστη οριζόντια μετατόπιση της κορυφής του κτιρίου (κόμβου ελέγχου), ως ποσοστό του ύψους του κτιρίου, στην οποία θα ολοκληρωθεί η ανάλυση.

3.6 Επίλυση (Βήμα 8)

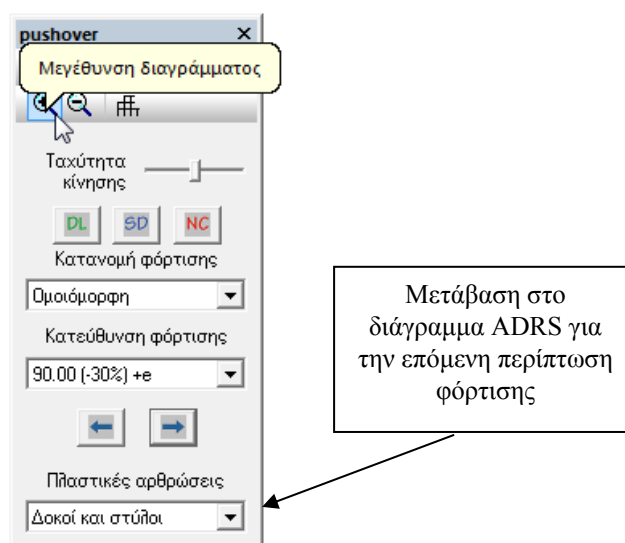


Επιλέγουμε την εντολή «**Διαγράμματα P-K, Επίλυση Pushover**» της επίλυσης ώστε να υπολογιστούν τα διαγράμματα Ροπών-καμπυλοτήτων (και ροπών-γωνιών στροφής χορδής) όπως ορίζεται στον ΚΑΝ.ΕΠΕ και εν συνεχεία να πραγματοποιηθεί η μη γραμμική ανάλυση Pushover.

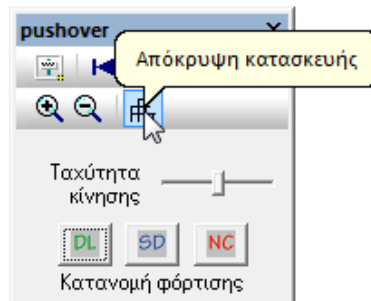
Από το τρισδιάστατο προσομοίωμα (3DV) επιλέγοντας τα εικονίδια «Pushover» και «Διάγραμμα Απαιτήσης-Ικανότητας» δίνεται η καμπύλη αντίστασης του κτιρίου, δηλαδή η συμπεριφορά του υπό αυξανόμενη ένταση και η σεισμική απαίτηση για την επιλεγμένη στάθμη επιτελεστικότητας.



Εικόνα 3.22: Για να προκύψει το επιθυμητό διάγραμμα ADRS που θέλουμε να μελετήσουμε μεταβαίνουμε στο τρισδιάστατο προσομοίωμα 3DV και επιλέγουμε «Pushover» Διάγραμμα Απαιτήσης-Ικανότητας».



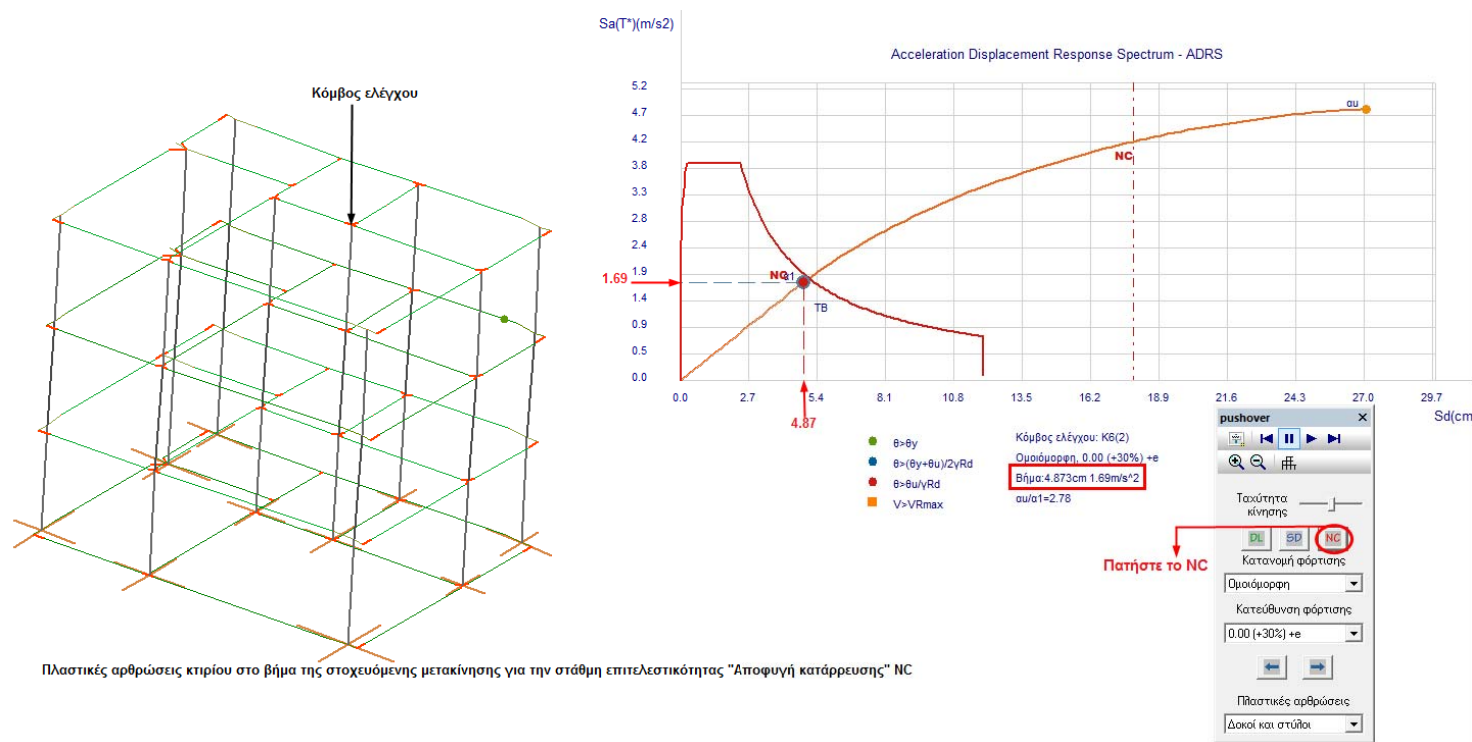
Εικόνα 3.23: Αλλάζοντας τις επιλογές μπορούμε να δούμε οποιοδήποτε διάγραμμα. Για να μεγεθύνουμε το διάγραμμα επιλέγουμε «Μεγέθυνση διαγράμματος».



Εικόνα 3.24: Μέσω του κατάλληλου εικονιδίου, η κατασκευή μπορεί να αποκρυφτεί πλήρως έτσι ώστε να μπορεί να μεγεθυνθεί κατά το μέγιστο δυνατό το διάγραμμα ADRS (Acceleration Displacement Response Spectrum).



Χρησιμοποιώντας το εικονίδιο της μεγέθυνσης να αυξομειώσουμε το μέγεθος του τρισδιάστατου προσομοιώματος του κτιρίου και να έχουμε τελικώς όλα τα διαθέσιμα αποτελέσματα στην οθόνη.



Εικόνα 3.25: Διάγραμμα *απαίτησης – ικανότητας ADRS* (συμπεριφορά κτιρίου σε όρους φασματικής επιτάχυνσης – φασματικής μετακίνησης) και εικόνα πλαστικών αρθρώσεων κτιρίου στο βήμα της στοχευόμενης μετακίνησης για τη στάθμη επιτελεστικότητας «Αποφυγή κατάρρευσης» NC.

4

Αξιολόγηση αποτελεσμάτων

4.1 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων αποτίμησης για το κτίριο συνολικά (Βήμα 9.1)

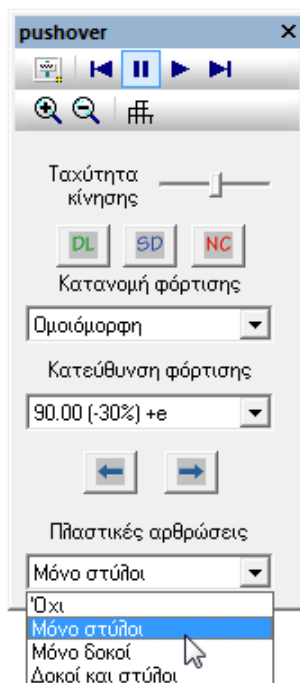


Εικόνα 4.1: Επιλέγοντας τα εικονίδια DL, SD και NC αντίστοιχα προκύπτει η εικόνα των πλαστικών αρθρώσεων στο κτίριο για τις στάθμες επιτελεσματικότητας «Περιορισμού βλαβών», «Σημαντικών βλαβών» και «Οιονεί κατάρρευσης» αντίστοιχα και ανάλογα με τις επιλογές του χρήστη από τις παραμέτρους της καρτέλας «Φάσμα – Pushover».

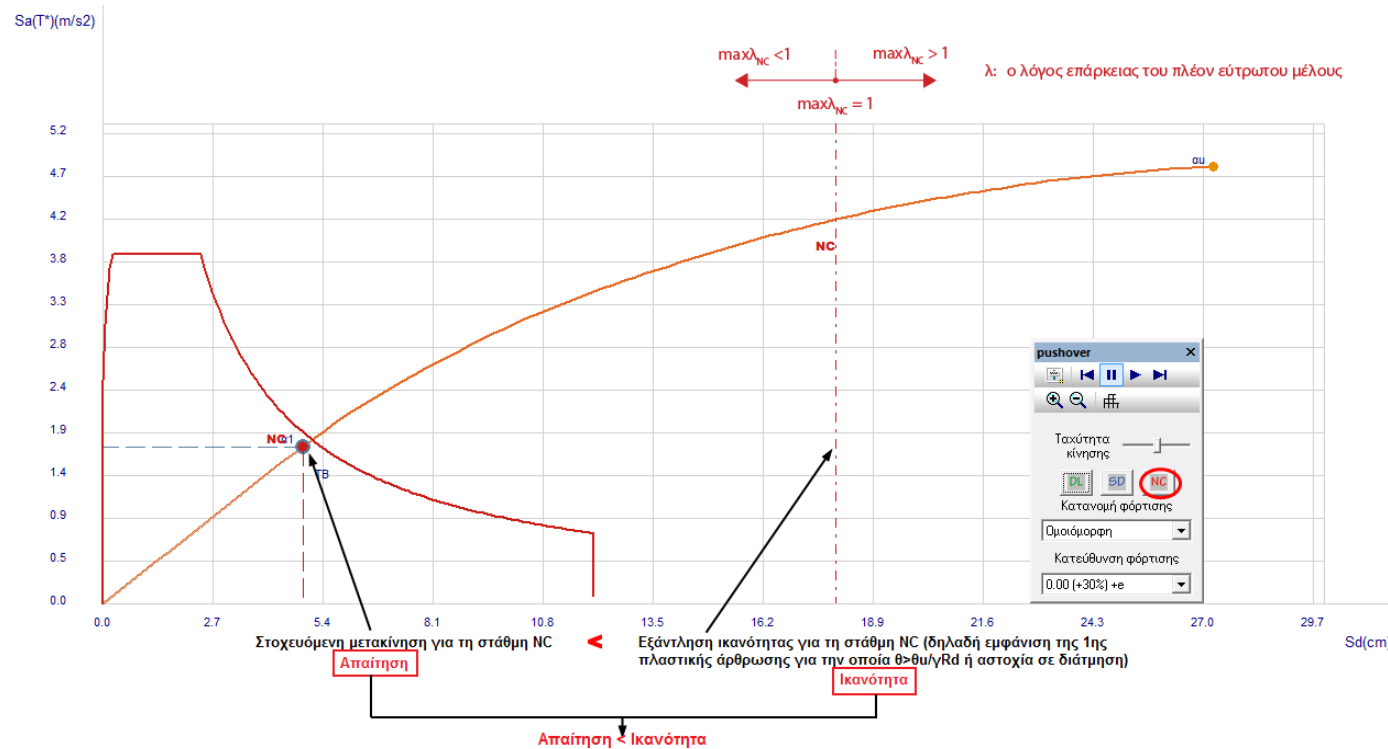
Το άκρο κάθε γραμμικού μέλους μπορεί να είναι σε μία εκ των τριών παρακάτω διακριτών περιοχών, ανάλογα με την τιμή της γωνίας στροφής-χορδής που έχει αναπτυχθεί τοπικά για την στοχευόμενη μετακίνηση του κόμβου ελέγχου της κατασκευής.

- $\theta > \theta_y$
- $\theta > (\theta_y + \theta_u) / 2 \gamma_{Rd}$
- $\theta > \theta_u / \gamma_{Rd}$
- $V > V_{Rmax}$

όπου θ_y η γωνία στροφής χορδής του μέλους στην διαρροή και θ_u στην αστοχία.

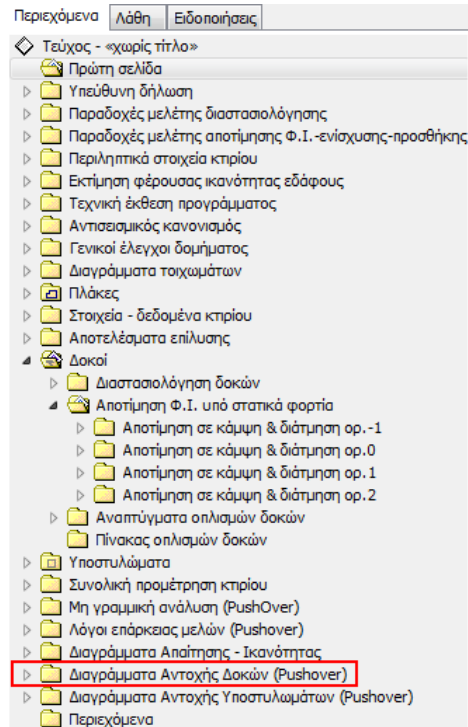


Εικόνα 4.2: Στο τρισδιάστατο προσομοίωμα η εικόνα των πλαστικών αρθρώσεων για κάποια περίπτωση κατανομής και κατεύθυνσης φόρτισης είναι διαθέσιμη μόνο για στύλους, μόνο για δοκούς ή συνολικά για δοκούς και στύλους.

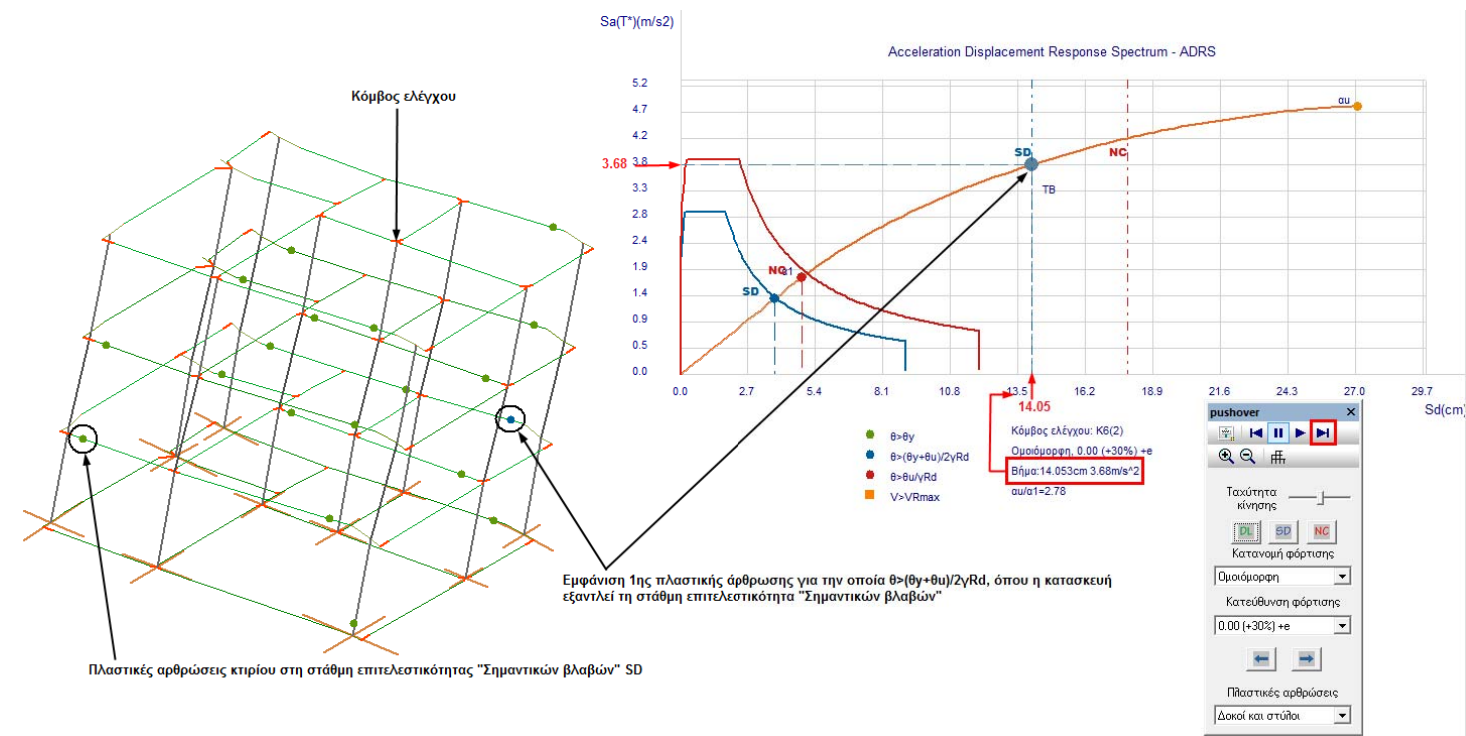


Εικόνα 4.3: Διάγραμμα *απαίτησης – ικανότητας* (συμπεριφορά κτιρίου σε όρους φασματικής επιτάχυνσης – φασματικής μετακίνησης) στο βήμα της στοχευόμενης μετακίνησης για τη στάθμη επιτελεστικότητας «Αποφυγή κατάρρευσης» NC.

Η συμπεριφορά των πλαστικών αρθρώσεων στα άκρα του μέλους συνοψίζεται με διαγραμματική μορφή σε όρους Ροπών – Γωνιών στροφής για όλα τα γραμμικά μέλη στις αντίστοιχες ενότητες του τεύχους για δοκούς και υποστυλώματα. Δίνονται ενδεικτικά τα διαγράμματα για την δοκό **Δ.1.1(2)** και το υποστύλωμα **K5(0)**.



Εικόνα 4.4: Διαγράμματα αντοχής – Τεύχος επίλυσης



Εικόνα 4.5: Διάγραμμα *απαίτησης – ικανότητας ADRS* (συμπεριφορά κτιρίου σε όρους φασματικής επιτάχυνσης – φασματικής μετακίνησης) και εικόνα πλαστικών αρθρώσεων κτιρίου κατά την εξάντληση της στάθμης επιτελεστικότητας «Σημαντικών βλαβών» SD.

4.2 Αποτελέσματα αποτίμησης υπό σεισμικά φορτία για κάθε μέλος (Βήμα 9.2)

4.2.1 Δοκοί

Γενικά δεδομένα - Αντοχές / Έλεγχοι παραμορφώσεων ή δυνάμεων

Δοκός 1, Άνοιγμα 1, Όροφος 2

Γενικά δεδομένα δοκού

Κόμβοι	Αρχή: 15	Τέλος: 9	Μέλος: 155	ΣΠΕΜ = 1,00
Διατομή	Πλοκοδοκός		Ανωδομής	Ακουμπες σπλοήσεις
Διαστάσεις	25/50/130/15/5,2 (cm)		Μήκος lcl=3,00m	Bl=0,37m Br=0,18m
Μέσες Αντοχές	fcm:30,00 [MPa]	fym:575,0 [MPa]	fywm:575,0 [MPa]	Υφιστάμενο μέλος Κύριο
Αντοχές - Έλεγχος Παραμορφώσεων		Αντοχές - Έλεγχος Δυνάμεων		
fc:S:25,00 [MPa]	fy-S:479,2 [MPa]		fc:16,67 [MPa]	fy:416,7 [MPa]
ecsc:-2,0‰	ecui:-3,5‰	esui:60,0‰	Lv:1,50[m]	vel:1,50
Συντελεστής r		rM = M*/M :1,00	rdy=θy*/θy:1,00	rdv=θv*/θv:1,00

Χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς: θu: yel=1.50 VR: yel=1.15

Στον παραπάνω πίνακα με τα γενικά δεδομένα της δοκού Δ1.1(2) αναγράφονται οι αντοχές των υλικών για έλεγχο στην ανελαστική ανάλυση σε όρους γωνίας στροφής – χορδής ή σε όρους δυνάμεων, όπως έχουν δοθεί στις καρτέλες «Υποστύλωμα / Δοκός > Υλικά – Αποτίμηση» καθώς και ο χαρακτηρισμός του μέλους ως νέο, υφιστάμενο ή ενισχυόμενο, κύριο ή δευτερεύον.

Υπάρχοντες οπλισμοί στις θέσεις ελέγχου

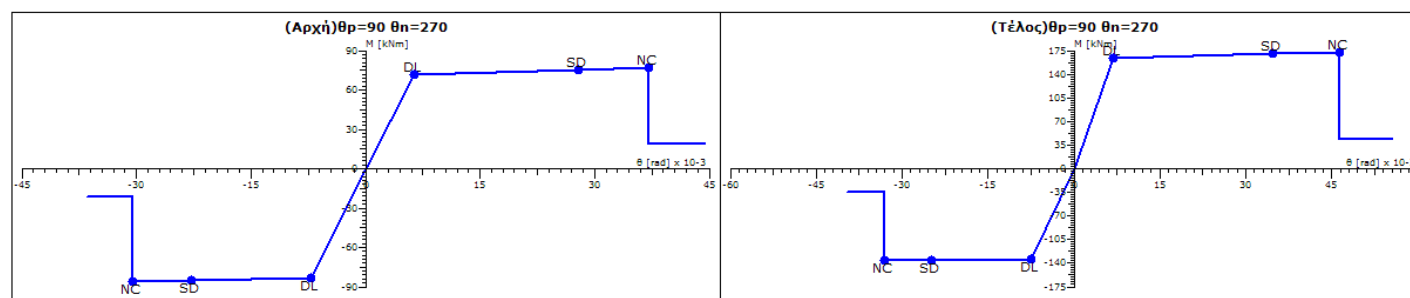
Ράβδοι οπλισμού

Είδος	Αρχή	Τέλος
Διαμήκης Άνω	4,21 cm ²	5,34 cm ²
Από πλάκα	0,00 cm ²	1,51 cm ²
Διαμήκης Κάτω	3,39 cm ²	8,01 cm ²
Συνδετήρες	8,38 cm ² /m	8,38 cm ² /m
Λοδός Οπλισμός	0,00 cm ²	0,00 cm ²

Στον παραπάνω πίνακα φαίνονται οι οπλισμοί που έχουν προκύψει από την επίλυση ή έχουν εισαχθεί από το χρήστη μέσω των παραμέτρων της καρτέλας «Δοκός > Ράβδοι άκρου & ανοίγματος» ή στον Πίνακα 414: Εισαγωγή Οπλισμού του προγράμματος.

Καμπύλες αντοχής, Σκελετικά διαγράμματα Ροπών – γωνιών στροφής χορδής

Διάγραμμα Μ-θ δοκού Δ1.1(2)



Δοκός Δ1.1 - Όροφος 2

Αρχή:

Γωνία [deg]	Γενικά στοιχεία			Ροπή [kNm]			Γωνία Στροφής Χορδής [rad]		
	N [kN]	EI _σ /EI _α	μθ	DL	SD	NC	DL	SD	NC
90 (Mz+)	0,0	3,7%	5,76	71,4	75,1	76,7	6,44E-03	2,78E-02	3,71E-02
270 (Mz-)	0,0	3,8%	4,24	-83,3	-85,0	-85,8	-7,17E-03	-2,28E-02	-3,04E-02

Τέλος:

Γωνία [deg]	Γενικά στοιχεία			Ροπή [kNm]			Γωνία Στροφής Χορδής [rad]		
	N [kN]	EI _σ /EI _α	μθ	DL	SD	NC	DL	SD	NC
90 (Mz+)	0,0	7,8%	6,68	164,0	169,8	172,2	6,94E-03	3,48E-02	4,64E-02
270 (Mz-)	0,0	5,9%	4,40	-133,3	-135,2	-136,2	-7,52E-03	-2,48E-02	-3,31E-02

Εικόνα 4.6: Διάγραμμα συμπεριφοράς πλαστικών αρθρώσεων στο άκρο αρχής και τέλους για τη δοκό Δ1.1(2) σε όρους ροπών – γωνιών στροφής χορδής. Για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας «Άμεση χρήση» DL, «Σημαντικών βλαβών» SD και «Αποφυγή κατάθρευσης» NC παρουσιάζεται γραφικά και αριθμητικά η ροπή και η γωνία στροφής χορδής.

Ενεργός δυσκαμψία, πλαστικές αρθρώσεις

Η ενεργός δυσκαμψία του μήκους L_s στοιχείου ισούται με:

$$EI_{eff} = K = \frac{M_y L_s}{3\theta_y}$$

όπου M_y και θ_y η τιμή της ροπής και της γωνίας στροφής χορδής, αντίστοιχα, στη διαρροή της ακραίας διατομής του στοιχείου.

Στα διαγράμματα αντοχής του Τεύχους επίλυσης δίνεται ο λόγος της ενεργού δυσκαμψίας EI_{eff} του μέλους προς την αντίστοιχη γεωμετρική δυσκαμψία EI_{gross} (π.χ $Ebh^3/12$ για ορθογωνική διατομή) για κάθε άκρο του μέλους για θετικές και αρνητικές ροπές.

Μέχρι την διαρροή τα μέλη αποκρίνονται ελαστικά με **ενεργό δυσκαμψία** που προσδιορίζεται με την σχέση $EI_{eff} = M_y \cdot L_v / (3 \cdot \theta_y)$. Βλ. EC8-3 §A.3.2.4(5) και ΚΑΝ.ΕΠΕ. §7.2.3. Μόλις το μέλος υπερβεί το όριο διαρροής σε κάμψη ή ακόμη στην περίπτωση όπου σημειωθεί αστοχία σε διάτμηση πριν την καμπτική διαρροή, το άκρο πλαστικοποιείται, γεγονός που ισοδυναμεί με απώλεια της δυσκαμψίας για το άκρο αυτό. Κατά την μετελαστική απόκριση αυξάνεται η παραμόρφωση στο πλαστικοποιημένο άκρο χωρίς ουσιαστικά να παραλαμβάνεται επιπλέον ένταση.

Αρχή :

Γωνία [deg]	N [kN]	Γενικά στοιχεία	
		EI_{eff}/EI_{gross}	μ_θ
90 (Mz+)	0,0	3,7%	5,76
270 (Mz-)	0,0	3,8%	4,24

Εικόνα 4.7: Ενεργός δυσκαμψία. Κόμβος αρχής δοκού Δ1.1(2). Ο αντίστοιχος πίνακας τυπώνεται και για τον κόμβο τέλους του μέλους.

Ως μ_θ ορίζεται η πλαστιμότητα σε όρους γωνιών στροφής χορδής για το άκρο του μέλους:

$$\mu_\theta = \frac{\theta_u}{\theta_y} = \frac{\theta_{NC}}{\theta_{DL}}$$

Διατμητική αντοχή

Αρχή : Διατμητική Αντοχή EC2-1-1 §6.2.3

$\cot\theta_z$ [/]	VR_{sz} [kN]	VR_{maxz} [kN]	$\cot\theta_y$ [/]	VR_{sy} [kN]	VR_{maxy} [kN]
-	-	-	2,33	328,4	328,4

Διατμητική Αντοχή VR : Διεύθυνση Y

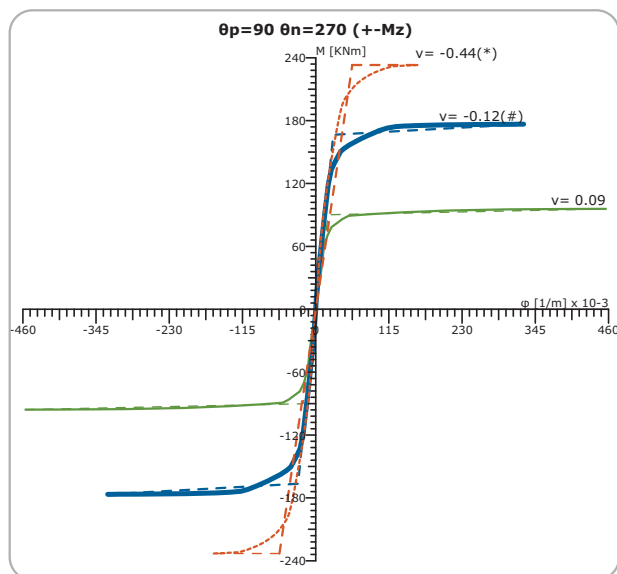
N [kN]	VRc [kN]	Πριν την καμπτική διαρροή		Μετά την καμπτική διαρροή		
		VR [kN]	VRmax [kN]	$\mu\Delta, \rho I$ [/]	VR [kN]	VRmax [kN]
0,00	47,3	328,4	-	5,37	106,9	-

Εικόνα 4.8: Διατμητική αντοχή της δοκού Δ1.1(2). Οι παραπάνω πίνακες εκτυπώνονται για τον κόμβο αρχής και τον κόμβο τέλους του μέλους.

4.2.2 Υποστυλώματα

Εισαγωγικά

Σκελετικά διαγράμματα Ρομών – καμπυλοτήτων



Σχήμα 4.1: Σκελετικά διαγράμματα Ρομών – Καμπυλοτήτων υποστυλώματος υπολογισμένα για 3 αξονικές δυνάμεις.

Η απόκριση της διατομής για αλληλεπίδραση διαξονικής κάμψης και αξονικής δύναμης (My-Mz-N) προσεγγίζεται συντάσσοντας διαγράμματα Ρομών –

Καμπυλοτήτων M-φ για ένα φάσμα αξονικών δυνάμεων καλύπτοντας ταυτόχρονα ανά 30° την αλληλεπίδραση My-Mz. Στις καμπύλες M-φ αποτυπώνονται με ακρίβεια οι θέσεις απόθλιψης του σκυροδέματος, η διαδοχική διαρροή των ράβδων οπλισμού και του σκυροδέματος και τελικά η αστοχία της διατομής. Οι καμπύλες αυτές μετατρέπονται σε ισοδύναμες διγραμμικές με προσδιορισμό της θέσης διαρροής της διατομής My-φy σύμφωνα με ΚΑΝ.ΕΠΕ. §7.2.2(β). Τα διαγράμματα M-φ εμφανίζονται στο τεύχος εάν επιλεγεί «Επίλυση> Αποτελέσματα> Διαγράμματα Ροπών-Καμπυλοτήτων M-φ = Ναι».

Περίσφιγξη

Η επιρροή της περίσφιγξης λαμβάνεται υπόψη εφόσον αυτό επιλεγεί μέσω των αντίστοιχων παραμέτρων της καρτέλας «Κτίριο, Υποστύλωμα> Pushover> Επιρροή περίσφιγξης στα διαγράμματα αντοχής».

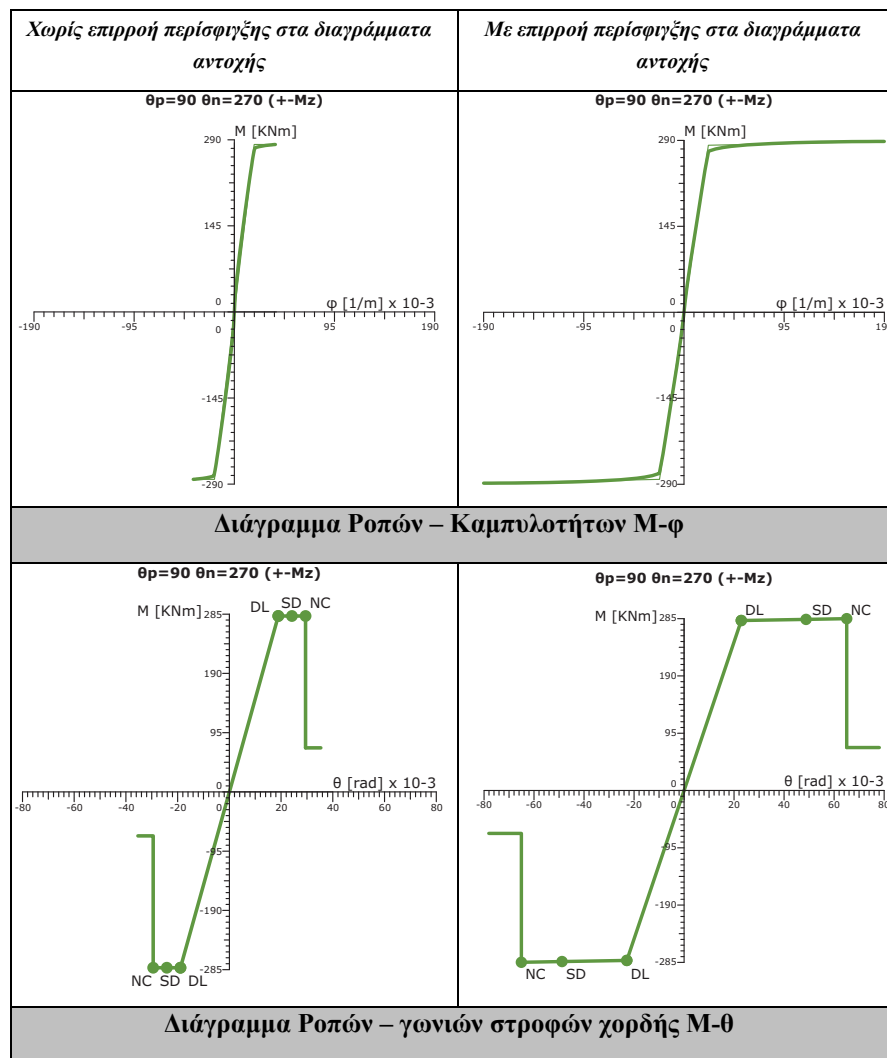
Η επίδραση της περίσφιγξης $\alpha \cdot \rho_{sx}$ υπεισέρχεται στον υπολογισμό του νόμου συμπεριφοράς του σκυροδέματος σύμφωνα με τις παρακάτω σχέσεις. Βλ. EC8-3 §A.3.2.2(8)(β).

$$f_{cc} = f_c \left[1 + 3,7 \left(\frac{\alpha \rho_{sx} f_{yw}}{f_c} \right)^{0,86} \right]$$

$$\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{c2} \left[1 + 5 \left(\frac{f_{cc}}{f_c} - 1 \right) \right] \quad \varepsilon_{cu} = 0,004 + 0,5 \frac{\alpha \rho_{sx} f_{yw}}{f_{cc}}$$

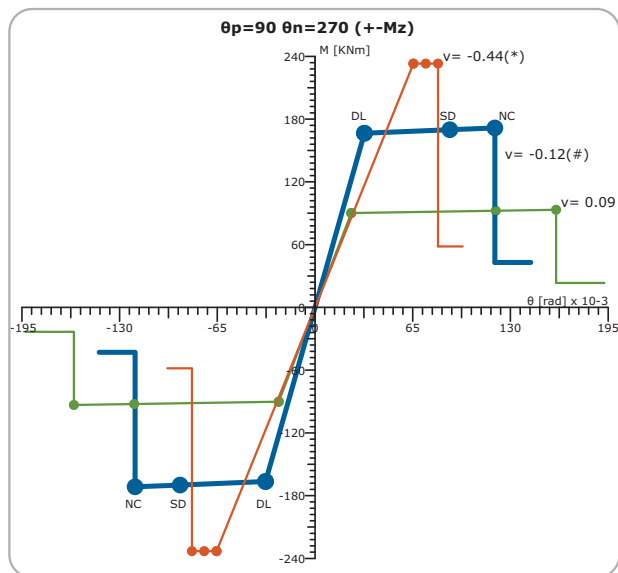
Σε διαφορετική περίπτωση, οι τιμές των παραπάνω μεγεθών που χρησιμοποιούνται για την σύνταξη των διαγραμμάτων Ροπών – Καμπυλοτήτων λαμβάνονται από τον πίνακα 3.1 του EC2-1-1.

Από τις παραπάνω σχέσεις γίνεται φανερό πως η επιρροή της περίσφιγξης, εφόσον αυτή είναι ουσιαστική, συνεπάγεται αυξημένη αντοχή σκυροδέματος f_{cc} και παραμορφώσεις διαρροής ε_{cc} και αστοχίας ε_{cu} .



Σχήμα 4.2: Επιρροή περίσφιγξης στα διαγράμματα αντοχής υποστυλώματος.

Σκελετικά διαγράμματα Ρομών – γωνιών στροφής χορδής



Σχήμα 4.3: Σκελετικά διαγράμματα Ρομών–γωνιών στροφής χορδής υποστυλώματος υπολογισμένα για 3 αξονικές δυνάμεις.

Αποτελέσματα διαγραμμάτων $M-\theta$, αλλά και $M-\varphi$ ανά 30° παρουσιάζονται στο τεύχος εάν επιλεγεί «Επίλυση> Αποτελέσματα> Διαγράμματα Ρομών – Στροφών $M-\theta$ = Διαγράμματα ανά 30° ».

Τα όρια κάθε στάθμης επιτελεστικότητας (**DL,SD,NC**) σε όρους γωνίας στροφής χορδής για το μέλος:

$$\theta(\text{DL}) = \theta_y$$

Όριο

Περιορισμού Βλαβών (Α) - Το όριο διαρροής της διατομής

$$\theta(\text{SD}) = (\theta_y + \theta_u) / 2 \cdot \gamma R_d$$

Όριο Σημαντικών Βλαβών (Β)

$$\theta(\text{NC}) = \theta_u / \gamma R_d$$

Όριο Οιονεί Κατάρρευσης (Γ)

Για δοκούς και υποστυλώματα:

$$\theta_y = \phi_y \frac{L_v + a_v z}{3} + 0,0013 \left(1 + 1,5 \frac{h}{L_v} \right) + 0,13 \phi_y \frac{d_b f_y}{\sqrt{f_c}}$$

Για τοιχώματα ορθογωνικής διατομής, διατομής μορφής T ή με εσοχές:

$$\theta_y = \phi_y \frac{L_v + a_v z}{3} + 0,002 \left(1 - 0,125 \frac{L_v}{h} \right) + 0,13 \phi_y \frac{d_b f_y}{\sqrt{f_c}}$$

Αποτελέσματα για το υποστύλωμα K5(2) όπως φαίνονται στο Τεύχος μελέτης

Γενικά δεδομένα- Αντοχές / Έλεγχοι παραμορφώσεων ή δυνάμειων

Υποστύλωμα : K5(0)

Γενικά δεδομένα

Διατομή	Ορθογωνική: 35/35 /d'=5,5	Μήκος=3,00 [m]	Lv γ:1,56[m] Lv z:1,53 [m]	Μέλος: 13
Μέσες Αντοχές	f _{cm} :30,00 [MPa]	f _{ym} :575,0 [MPa]	f _{ywm} :575,0 [MPa]	Υφιστάμενο μέλος: Κύριο
Περ. Μάστισης	l _o : 2,00 [m]	l _{oym} : 0,58 [m]	f _{yl} : 479,2 [MPa]	k=ft/f _y : 1,00
Αντοχές - Έλεγχος Παραμορφώσεων				
f _c :25,00 [MPa]	f _y :479,2 [MPa]	f _{yw} :479,2 [MPa]	f _c :16,67 [MPa]	f _y :416,7 [MPa]
Περίσφιξη:Ναι	f _{cc} :30,39 [MPa]	f _{ccv} :21,18 [MPa]	ε _{su} :60,0‰	ε _{cc} :4,2‰
Συντελεστής r		r _M = M*/M :1,00	r _{dy} =θ _y */θ _y :1,00	r _{du} =θ _u */θ _u :1,00

Χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς: θ_u: γ_{el}=1.70 VR: γ_{el}=1.15

Στον παραπάνω πίνακα με τα γενικά δεδομένα του υποστυλώματος K5(0) αναγράφονται οι αντοχές των υλικών για έλεγχο στην ανελαστική ανάλυση σε όρους γωνίας στροφής – χορδής ή σε όρους δυνάμεων, όπως έχουν δοθεί στις καρτέλες «Υποστύλωμα / Δοκός > Υλικά – Αποτίμηση» καθώς και ο χαρακτηρισμός του μέλους ως νέο, υφιστάμενο ή ενισχυόμενο, κύριο ή δευτερεύον.

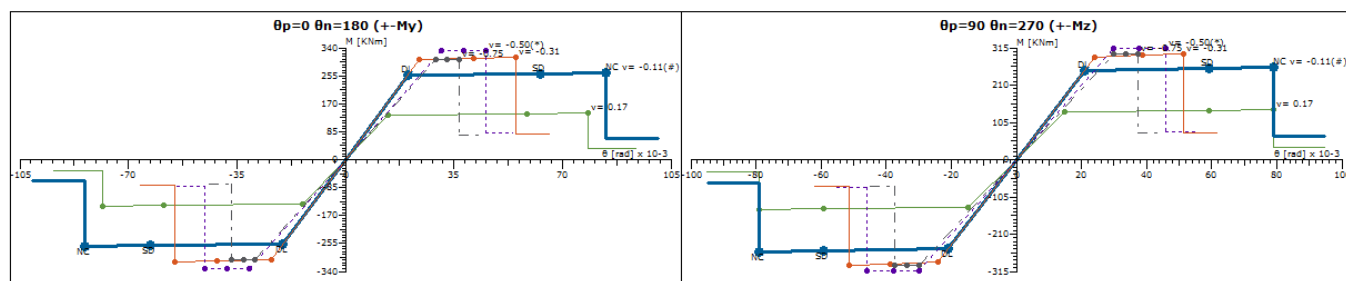
Υπάρχοντες οπλισμοί στις θέσεις ελέγχου

Ράβδοι οπλισμού

Είδος	Αρχή	Τέλος
Διαμήκης	10Φ20+2Φ16 (35,44 cm ²)	10Φ20+2Φ16 (35,44 cm ²)
Συνδετήρες	Z:3τμ.Φ8/10.0, Y:3τμ.Φ8/10.0	Z:3τμ.Φ8/10.0, Y:3τμ.Φ8/10.0

Ακολουθεί το ίδιο διάγραμμα συμπεριφοράς αλλά σε όρους **M-φ (ροπών-καμπυλοτήτων)**. Για να προκύψουν και σε αυτή τη μορφή τα διαγράμματα πρέπει πριν την ανελαστική στατική ανάλυση να επιλέξουμε «Επίλυση> Αποτελέσματα> Διαγράμματα Ροπών-Καμπυλοτήτων M-φ= Ναι».

Καμπύλες αντοχής. Διαγράμματα M-θ υποστύλωμα K5(2)



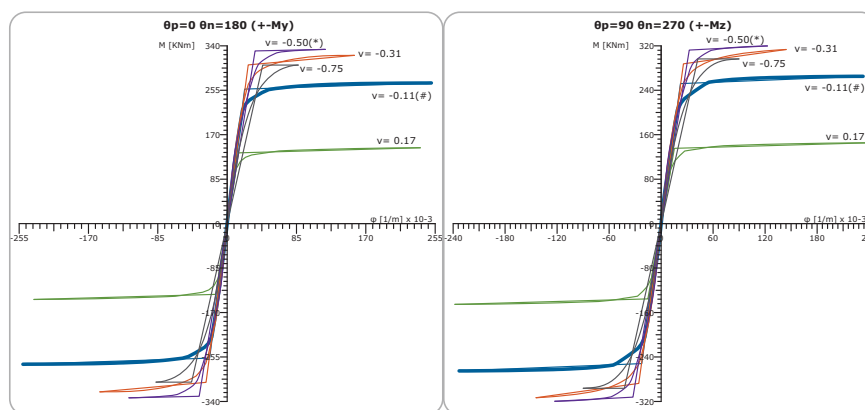
Υποστύλωμα K5 - Όροφος 2

Γωνία [deg]	Γενικά στοιχεία			Ροπή [kNm]			Γωνία Στροφής Χορδής [rad]		
	N [kN]	EL _y /EI _{max}	μθ	DL	SD	NC	DL	SD	NC
0	641,9	13,2%	5,6	135,3	138,9	140,5	1,39E-02	5,87E-02	7,83E-02
	-414,2(♯)	17,4%	4,2	257,2	261,3	263,3	2,01E-02	6,30E-02	8,39E-02
	-1140,7	17,3%	2,3	303,5	308,1	311,7	2,38E-02	4,13E-02	5,50E-02
	-1867,3(*)	14,5%	1,5	330,2	330,7	331,1	3,09E-02	3,81E-02	4,53E-02
	-2795,0	14,1%	1,3	303,1	303,1	303,1	2,93E-02	3,29E-02	3,66E-02
90	641,9	12,5%	5,3	135,4	139,1	140,8	1,50E-02	5,93E-02	7,91E-02
	-414,2(♯)	16,6%	3,8	251,9	256,3	258,6	2,10E-02	5,92E-02	7,89E-02
	-1140,7	16,6%	2,1	287,5	293,5	298,7	2,40E-02	3,86E-02	5,15E-02
	-1867,3(*)	14,5%	1,5	312,3	313,6	314,8	2,97E-02	3,78E-02	4,60E-02
	-2795,0	13,7%	1,3	296,4	296,4	296,4	3,00E-02	3,37E-02	3,75E-02
180	641,9	13,2%	5,6	-135,3	-138,9	-140,5	-1,39E-02	-5,87E-02	-7,83E-02
	-414,2(♯)	17,4%	4,2	-257,2	-261,3	-263,3	-2,01E-02	-6,30E-02	-8,39E-02
	-1140,7	17,3%	2,3	-303,5	-308,1	-311,7	-2,38E-02	-4,13E-02	-5,50E-02
	-1867,3(*)	14,5%	1,5	-330,2	-330,7	-331,1	-3,09E-02	-3,81E-02	-4,53E-02
	-2795,0	14,1%	1,3	-303,1	-303,1	-303,1	-2,93E-02	-3,29E-02	-3,66E-02
270	641,9	12,5%	5,3	-135,4	-139,1	-140,8	-1,50E-02	-5,93E-02	-7,91E-02
	-414,2(♯)	16,6%	3,8	-251,9	-256,3	-258,6	-2,10E-02	-5,92E-02	-7,89E-02
	-1140,7	16,6%	2,1	-287,5	-293,5	-298,7	-2,40E-02	-3,86E-02	-5,15E-02
	-1867,3(*)	14,5%	1,5	-312,3	-313,6	-314,8	-2,97E-02	-3,78E-02	-4,60E-02
	-2795,0	13,7%	1,3	-296,4	-296,4	-296,4	-3,00E-02	-3,37E-02	-3,75E-02

Εικόνα 4.9: Διάγραμμα συμπεριφοράς πλαστικών αρθρώσεων στο άκρο αρχής και τέλους για το υποστύλωμα K5(0) σε όρους ροπών – γωνιών στροφής χορδής. Για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας «Άμεση χρήση» DL, «Σημαντικών βλαβών» SD και «Αποφυγή κατάρρευσης» NC παρουσιάζεται γραφικά η ροπή και η γωνία στροφής χορδής.

Ακολουθεί το ίδιο διάγραμμα συμπεριφοράς αλλά σε όρους **M-φ (ροπών-καμπυλοτήτων)**. Για να προκύψουν και σε αυτή τη μορφή τα διαγράμματα πρέπει πριν την ανελαστική στατική ανάλυση να επιλέξουμε «Επίλυση> Αποτελέσματα> Διαγράμματα Ροπών-Καμπυλοτήτων M-φ= Ναι».

Διάγραμμα M-φ υποστυλώματος K5(0)



Σχήμα 4.4: Διάγραμμα συμπεριφοράς πλαστικών αρθρώσεων στο άκρο αρχής και τέλους για το υποστύλωμα K5(0) σε όρους ροπών – καμπυλοτήτων.

Διατμητική αντοχή

Διατμητική Αντοχή EC2-1-1 §6.2.3

$\cot\theta_z$ [/]	VR_{sz} [kN]	VR_{maxz} [kN]	$\cot\theta_y$ [/]	VR_{sy} [kN]	VR_{maxy} [kN]
2,32	386,6	386,6	2,32	386,6	386,6

Διατμητική Αντοχή VR: Διεύθυνση Z

N [kN]	VRc [kN]	Πριν την καμπτική διαρροή		Μετά την καμπτική διαρροή		
		VR [kN]	VRmax [kN]	$\mu\Delta, pl$ [/]	VR [kN]	VRmax [kN]
641,93	0,0	386,6	-	8,56	151,8	-
-414,18(#)	130,7	386,6	-	6,09	184,3	-
-1140,75	130,7	386,6	-	2,92	262,3	-
-1867,32(*)	130,7	386,6	-	1,49	298,7	-
-2794,97	130,7	386,6	-	1,13	302,4	-

Εικόνα 4.10: Διατμητική αντοχή του υποστυλώματος K5(0) και στις δύο διευθύνσεις.

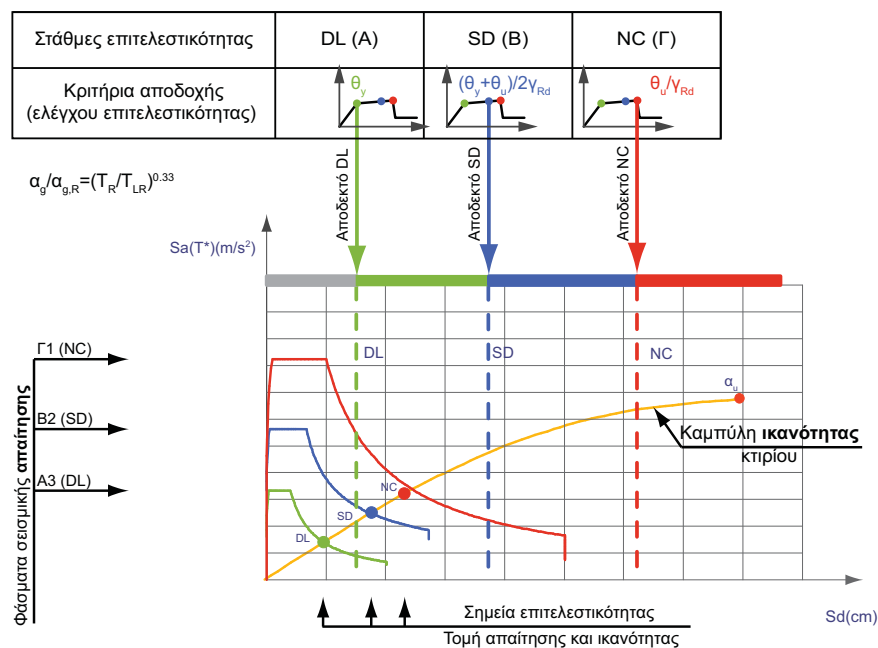
4.2.3 Λόγοι στατικής επάρκειας μελών λ

Οι **λόγοι επάρκειας** (Απαίτηση/Ικανότητα) στο βήμα της στοχευόμενης μετακίνησης συνοψίζονται για το σύνολο των υποστυλωμάτων, των δοκών και των στοιχείων της θεμελίωσης σε συγκεντρωτικούς πίνακες.

Λόγοι επάρκειας $\lambda=\theta/\theta_{lim}$ και $\lambda=V/VR$

Το κριτήριο συμμόρφωσης σε όρους γωνίας στροφής – χορδής θ ή τέμνουσας δύναμης συνίσταται στη μη υπέρβαση των ορίων που αντιστοιχούν στην κάθε στάθμη επιτελεστικότητας. Τα όρια αυτά καθώς και η γραφική απεικόνιση της διαδικασίας ελέγχου επιτελεστικότητας φαίνονται ακολούθως (Βλ. **Σχήμα 4.5**). Για τις στάθμες A, B, Γ που ελέγχονται στη μελέτη και για μετατόπιση ίση με την αντίστοιχη στοχευόμενη υπολογίζονται οι λόγοι $\lambda=\theta/\theta_{lim}$ και $\lambda=V/VR$. Εφόσον $\lambda \leq 1.00$, τότε το κριτήριο θεωρείται ότι ικανοποιείται, διαφορετικά θα πρέπει να εξεταστούν μέθοδοι ενίσχυσης.

Ο λόγος επάρκειας έναντι διάτμησης υπολογίζεται μόνο στη μέγιστη στάθμη επιτελεστικότητας που ελέγχεται στην μελέτη. Βλ. EC8-3 §A.3.3.2.



Σχήμα 4.5: Διαδικασία ελέγχου επιτελεστικότητας βάσει των κριτηρίων της κάθε στάθμης.

Δευτερεύοντα μέλη:

- Για έλεγχο σε όρους παραμορφώσεων στις στάθμες επιτελεστικότητας B-Σημαντικών Βλαβών (SD) και Γ-Αποφυγή κατάρρευσης (NC) επιτρέπεται να υποστούν μεγαλύτερες μετακινήσεις και βλάβες απ' ότι τα πρωτεύοντα στοιχεία. Βλ. EC8-3 §3.2.2. & §A.3.2.3 και ΚΑΝ.ΕΠΕ. §9.3.1.
- Για έλεγχο τεμνουσών εφαρμόζονται μικρότεροι συντελεστές ασφαλείας υλικών με αποτέλεσμα οι αντιστάσεις (ροπή, τέμνουσα) να προκύπτουν μεγαλύτερες στα δευτερεύοντα μέλη απ' ότι στα πρωτεύοντα. Βλ. EC8-3 §2.2.1 και ΚΑΝ.ΕΠΕ. πιν. Π4.1.

4.2.4 Υποστυλώματα. Εξεταζόμενες στάθμες SD και NC

Λόγοι στατικής επάρκειας υποστυλωμάτων**Συγκεντρωτικός πίνακας λόγων επάρκειας Υποστυλωμάτων**

Μέλος	K/Δ	ADL Αρχής	ADL Τέλους	ASD Αρχής	ASD Τέλους	ANC Αρχής	ANC Τέλους	λ VRy	λ VRz
K1(0)	KM	-	-	0.42	-	0.37	-	-	-
K1(2)	KM	-	-	-	0.33	-	0.31	-	0.09
K2(0)	KM	-	-	0.18	0.10	0.17	0.10	0.13	0.06
K2(1)	KM	-	-	0.13	0.15	0.13	0.14	0.14	0.06
K2(2)	KM	-	-	0.11	0.16	0.10	0.14	0.11	0.04
K3(0)	KM	-	-	0.50	0.20	0.45	0.18	-	0.22
K3(1)	KM	-	-	0.26	0.36	0.21	0.33	-	0.15
K3(2)	KM	-	-	0.09	0.28	0.10	0.26	-	0.10
K4(0)	KM	-	-	0.58	0.36	0.51	0.32	-	0.21
K4(1)	KM	-	-	0.38	0.43	0.35	0.39	-	0.13
K4(2)	KM	-	-	0.23	0.40	0.22	0.37	-	0.09

Σημείωση: Ο λόγος επάρκειας έναντι διάτμησης υπολογίζεται στη στάθμη: NC

Εικόνα 4.11: Συγκεντρωτικοί λόγοι στατικής επάρκειας υποστυλωμάτων. Οι μέγιστες τιμές των λόγων προέκυψαν από τις 32 ανελαστικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν.

Μέγιστοι λόγοι στατικής επάρκειας υποστυλωμάτων**Μέγιστα Λόγων Επάρκειας - Έλεγχος Στροφής**

Στάθμη Επιτελεστικότητας	Μέλος [I]	Λόγος Επάρκειας [I]
-	-	-
SD	K10(0)	0.68
NC	K10(0)	0.58

Μέγιστα Λόγων Επάρκειας - Έλεγχος Διάτμησης

Στάθμη Επιτελεστικότητας	Μέλος [I]	Λόγος Επάρκειας [I]
NC	K10(0)	0.36

Εικόνα 4.12: Μέγιστοι λόγοι στατικής επάρκειας υποστυλωμάτων για αστοχία σε κάμψη και διάτμηση.

4.2.5 Θεμελίωση. Εξεταζόμενες στάθμες SD και NC

Έλεγχοι εκκεντροτήτων και τάσεων πεδίων

Έλεγχοι εκκεντροτήτων και τάσεων πεδίων

Στοιχείο [']	eL/L [']	eb/b [']	κ [']	ξ [']	?	σmax [kPa]	<	1.2*2*σsep [kPa]	σαν [kPa]	<	2*σsep [kPa]
Π 1(-1)	0.123	0.230	0.068	0.354	κ<1/9	357.4	<	600.0	239.0	<	500.0
Π 2(-1)	0.008	0.085	0.007	0.093	ξ<1/6	381.2	<	600.0	289.5	<	500.0
Π 3(-1)	0.126	0.102	0.026	0.228	κ<1/9	406.5	<	600.0	215.5	<	500.0
Π 4(-1)	0.201	0.065	0.045	0.266	κ<1/9	352.5	<	600.0	173.1	<	500.0
Π 5(-1)	0.032	0.010	0.001	0.043	ξ<1/6	229.3	<	600.0	166.6	<	500.0
Π 6(-1)	0.010	0.054	0.003	0.063	ξ<1/6	254.0	<	600.0	193.8	<	500.0
Π 7(-1)	0.001	0.064	0.004	0.065	ξ<1/6	318.8	<	600.0	256.4	<	500.0
Π 8(-1)	0.232	0.067	0.058	0.299	κ<1/9	330.1	<	600.0	165.4	<	500.0
Π 9(-1)	0.039	0.016	0.002	0.055	ξ<1/6	190.6	<	600.0	157.5	<	500.0
Π 10(-1)	0.166	0.058	0.031	0.224	κ<1/9	276.4	<	600.0	128.1	<	500.0

κ = (eL/L)² + (eb/b)², ξ = eL/L + eb/b

Εικόνα 4.13: Έλεγχοι εκκεντροτήτων και τάσεων πεδίων

Ο έλεγχος περιορισμού της εκκεντρότητας διατυπώνεται με τις ακόλουθες συνθήκες και παρουσιάζεται γραφικά στο **Σχήμα 4.6**.

Πέδωλα

$$\xi = \frac{e_L}{L} + \frac{e_B}{B} \leq \frac{1}{6}$$

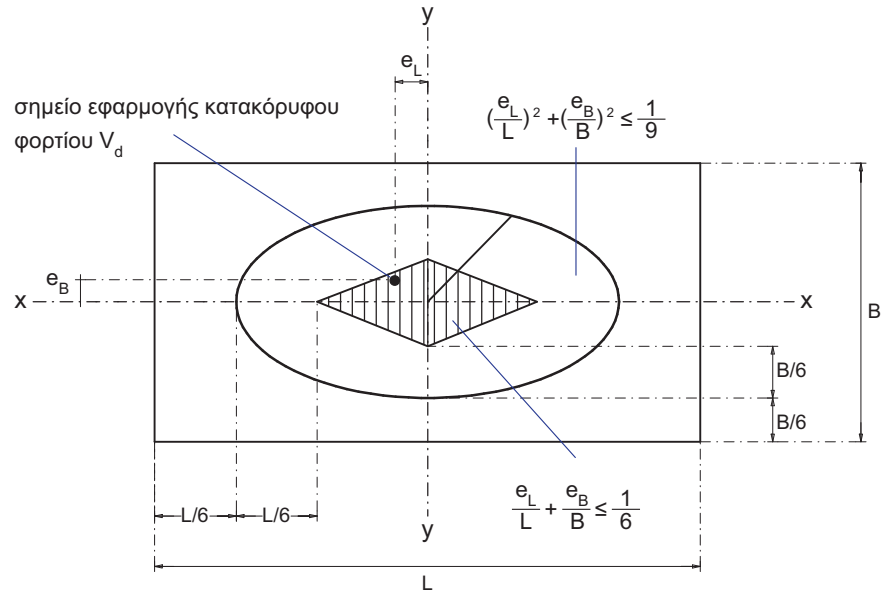
Περιορισμένη
εκκεντρότητα

$$\frac{e_L}{L} + \frac{e_B}{B} > \frac{1}{6} \text{ και } \left(\frac{e_L}{L}\right)^2 + \left(\frac{e_B}{B}\right)^2 \leq \frac{1}{9}$$

Μεγάλη εκκεντρότητα

$$\kappa = \left(\frac{e_L}{L}\right)^2 + \left(\frac{e_B}{B}\right)^2 > \frac{1}{9}$$

Υπερβολική
εκκεντρότητα



Σχήμα 4.6: Όρια επιτρεπόμενης εκκεντρότητας σε πέδιλο.

Έλεγχοι φέρουσας ικανότητας εδάφους

Έλεγχοι Φέρουσας Ικανότητας Εδάφους [§6.5.2]

Στοιχείο [']	V_d [kN]	<	V_{Rd} [kN]	A' [m ²]
Π 1(-1)	715.3	<	1192.6	2.39
Π 2(-1)	547.1	<	854.8	1.71
Π 3(-1)	630.7	<	1098.8	2.20
Π 4(-1)	690.1	<	1599.4	3.20
Π 5(-1)	583.0	<	1402.2	2.80
Π 6(-1)	678.0	<	1421.1	2.84
Π 7(-1)	484.6	<	868.6	1.74
Π 8(-1)	678.8	<	1558.6	3.12
Π 9(-1)	846.7	<	2210.2	4.42
Π 10(-1)	825.0	<	2311.9	4.62

Σημείωση: Οι γεωτεχνικοί έλεγχοι πραγματοποιούνται στη στάθμη: NC

Εικόνα 4.14: Έλεγχοι φέρουσας ικανότητας εδάφους

Για την μέγιστη στάθμη επιτελεστικότητας που εξετάζεται στην μελέτη πραγματοποιείται έλεγχος φέρουσας ικανότητας έδρασης σύμφωνα με EC7-1 §6.5.2 ακολουθώντας την απλοποιημένη μέθοδο, η οποία βασίζεται στην γνώση της επιτρεπόμενης τάσης σ_{π} στη **στάθμη θεμελίωσης**.

V_d Η συνολική δύναμη έδρασης του πεδύλου ή της πεδιλοδοκού

V_{Rd} Η φέρουσα ικανότητα έδρασης, η οποία υπολογίζεται ως εξής:

$$V_{Rd} = \frac{FS \cdot \sigma_{\pi}}{A' \cdot \gamma_{R;V}}$$

4.2.6 Δοκοί. Εξεταζόμενες στάθμες SD και NC

Μέγιστοι λόγοι στατικής επάρκειας δοκών

Μέγιστα Λόγων Επάρκειας-Έλεγχος Στροφών

Στάθμη Επιτελεστικότητας	Μέλος [I]	Λόγος Επάρκειας [I]
SD	Δ3.3(0)	0.34
NC	Δ3.3(0)	0.32

Μέγιστα Λόγων Επάρκειας- Έλεγχος Διάτμησης

Στάθμη Επιτελεστικότητας	Μέλος [I]	Λόγος Επάρκειας [I]
NC	Δ1.2(1)	0.43

Εικόνα 4.15: Μέγιστοι λόγοι στατικής επάρκειας δοκών για αστοχία σε κάμψη και διάτμηση.

4.3 Αποτελέσματα αποτίμησης υπό στατικά φορτία

4.3.1 Αποτίμηση φέρουσας ικανότητας σε κάμψη

Μέγιστα αποτίμησης φέρουσας ικανότητας σε κάμψη

Φόρτιση [I]	Κόμβος [I]	NEd [kN]	MEd [kNm]	δ [I]	δlim [I]	M'Ed=δ*MEd [kNm]	MRd [kNm]	λ [I]
Σφ 4	15	-43,97	-38,18	-	-	-38,18	-82,92	0,46
Σφ 6	0	-34,87	21,84	-	-	21,84	70,37	0,31
Σφ 5	9	-36,57	-45,46	-	-	-45,46	-124,85	0,36

Για τους συνδυασμούς στατικών δράσεων του πίνακα 816, για τους οποίους ζητείται έλεγχος στην Οριακή κατάσταση αστοχίας, οι δοκοί ελέγχονται σε κάμψη και αξονική δύναμη με περιορισμένη ανακατανομή.

Η ανακατανομή των ροπών συνίσταται στον υποβιβασμό των ροπών στηρίξεων με αντίστοιχη αύξηση των ροπών ανοίγματος σύμφωνα με τους περιορισμούς ως προς το βάθος της θλιβόμενης ζώνης της EC2-1-1 §5.5(4).

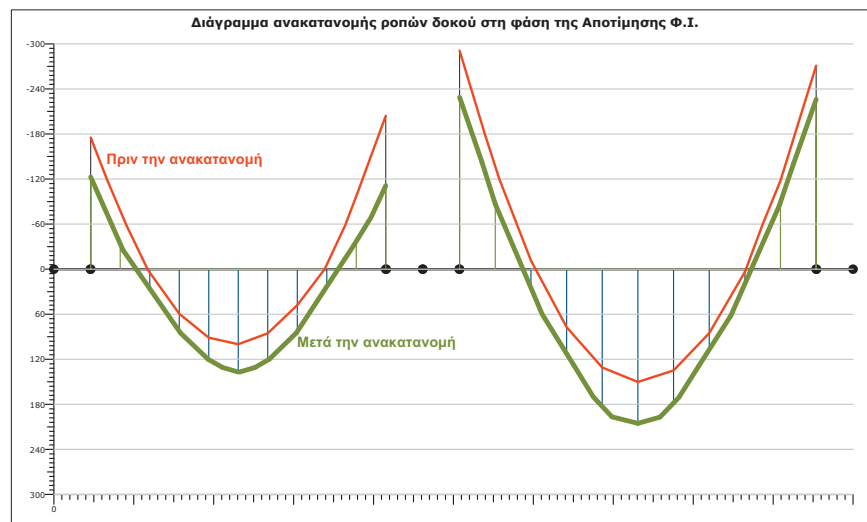
$\delta = M'Ed/MEd$ ο λόγος της ροπής στήριξης μετά την ανακατανομή προς την ροπή πριν την ανακατανομή

δ_{lim} το κάτω όριο του λόγου δ , το οποίο προκύπτει από την σχέση EC2-1-1 (5.10):

$$\delta \geq 0,44 + 1,25 \cdot \chi_u \geq 0,70$$

όπου χ_u το βάθος της θλιβόμενης ζώνης μετά την ανακατανομή.

Το ποσοστό της ανακατανομής μπορεί να περιοριστεί εισάγοντας στην παράμετρο «Δοκός» Σκυρόδεμα» Συντ. ανακατανομής δ – Ελάχιστη τιμή» τιμές μεγαλύτερες του 0.70.



Εικόνα 4.16: Ανακατανομή ροπών στηρίξεων σε φάση Αποτίμησης Φέρουσας Ικανότητας.

MRd η ροπή αντοχής για την δεδομένη αξονική δύναμη λαμβάνοντας υπόψη το συνεργαζόμενο οπλισμό της πλάκας για την φορά ροπής που αυτός εφελκύεται, αλλά και τον θλιβόμενο οπλισμό.

$\lambda = M^*Ed/MRd$ ο λόγος επάρκειας του μέλους, που ορίζεται ως το κλάσμα της ανακατανεμημένης ροπής προς την ροπή αντοχής.

Στο Τεύχος μελέτης είναι διαθέσιμος ο έλεγχος Φ.Ι. υπό στατικά φορτία για τις δοκούς όλων των ορόφων του κτιρίου με την μορφή που ακολουθεί ενδεικτικά για την δοκό **Δ1.1(2)**.

Γενικά δεδομένα

Δοκός 1, Άνοιγμα 1, Όροφος 2

Γενικά δεδομένα δοκού

Κόμβοι	Αρχή: 15	Τέλος: 9	Μέλος: 155	ΣΠΕΜ = 1,00	
Διατομή	Πλακοδοκός		Ανωδομή	Ακρομύτες σπολήσεις	
Διαστάσεις	25/50/130/15/5,2 [cm]		Μήκος lcl=3,00m	Bl=0,37m	Br=0,18m
Μέσες Αντοχές	fcm:30,00 [MPa]	fym:575,0 [MPa]	fymw:575,0 [MPa]	Υφιστάμενο μέλος	Κύριο
Αντοχές - Έλεγχοι λειτουργικότητας			Αντοχές - Έλεγχοι στη Ο.Κ. αστοχίας		
f _c -S:25,00 [MPa]	f _y -S:479,2 [MPa]	ε _{su} :20,0‰	f _c :16,67 [MPa]	f _y :416,7 [MPa]	f _{yw} :416,7 [MPa]
ε _{cu} :-2,0‰	ε _{cu} :-3,5‰	rM = M*/M :1,00	rV = VR*/VR:1,00		
Συντελεστές r					

Υπάρχοντες οπλισμοί στις θέσεις ελέγχου

Υπάρχοντες οπλισμοί στις θέσεις ελέγχου

Θέση	Αρχή	Ανοιγμα	Τέλος
Πάνω [cm²]	4,21	3,08	5,34
Πάσα [cm²]	0,00	-	1,51
Κάτω [cm²]	3,39	3,39	8,01
Συνδετήρες [cm²/m]	8,38	-	8,38
Λοξός Οπλισμός [cm²/m]	0,00	-	0,00

Αποτίμηση φέρουσας ικανότητας σε κάμψη

Αποτίμηση Φέρουσας Ικανότητας σε κάμψη

Φόρτιση [/]	Κόμβος [/]	NEd [kN]	MEd [kNm]	δ [/]	δlim [/]	M'Ed=δ*MEd [kNm]	MRd [kNm]	λ [/]	
Σφ 1	15	-43,86	-37,55	-	-	-37,55	-82,92	0,45	
Σφ 1	0	-43,86	16,77	-	-	16,77	71,40	0,23	
Σφ 1	9	-43,86	-43,56	-	-	-43,56	-126,19	0,35	
Σφ 2	15	-38,69	-31,90	-	-	-31,90	-81,77	0,39	
Σφ 2	0	-38,69	12,51	-	-	12,51	70,72	0,18	
Σφ 2	9	-38,69	-45,25	-	-	-45,25	-125,22	0,36	
Σφ 3	15	-37,50	-32,40	-	-	-32,40	-81,61	0,40	
Σφ 3	0	-37,50	18,37	-	-	18,37	70,72	0,26	
Σφ 3	9	-37,50	-31,46	-	-	-31,46	-124,97	0,25	
Σφ 4	15	-43,97	-38,18	-	-	-38,18	-82,92	0,46	
Σφ 4	0	-43,97	16,71	-	-	16,71	71,40	0,23	
Σφ 4	9	-43,97	-43,04	-	-	-43,04	-126,31	0,34	
Σφ 5	15	-36,57	-30,12	-	-	-30,12	-81,44	0,37	
Σφ 5	0	-36,57	10,64	-	-	10,64	70,37	0,15	
Σφ 5	9	-36,57	-45,46	-	-	-45,46	-124,85	0,36	
Σφ 6	15	-34,87	-30,83	-	-	-30,83	-81,11	0,38	
Σφ 6	0	-34,87	21,84	-	-	21,84	70,37	0,31	
Σφ 6	9	-34,87	-25,75	-	-	-25,75	-124,49	0,21	

Μέγιστα αποτίμησης φέρουσας ικανότητας σε κάμψη

Μέγιστα αποτίμησης φέρουσας ικανότητας σε κάμψη

Φόρτιση [/]	Κόμβος [/]	NEd [kN]	MEd [kNm]	δ [/]	δlim [/]	M'Ed=δ*MEd [kNm]	MRd [kNm]	λ [/]	
Σφ 4	15	-43,97	-38,18	-	-	-38,18	-82,92	0,46	
Σφ 6	0	-34,87	21,84	-	-	21,84	70,37	0,31	
Σφ 5	9	-36,57	-45,46	-	-	-45,46	-124,85	0,36	

Αποτίμηση φέρουσας ικανότητας σε διάτμηση

Αποτίμηση Φέρουσας Ικανότητας σε διάτμηση

Φόρτιση [/]	Κόμβος [/]	VEd [kN]	VRds [kN]	VRdMax [kN]	cotθ [/]	λ [/]	
Σφ 1	15	65,06	328,44	328,44	2,33	0,20	
Σφ 1	9	-69,07	328,44	328,44	2,33	0,21	
Σφ 2	15	45,61	328,44	328,44	2,33	0,14	
Σφ 2	9	-54,51	328,44	328,44	2,33	0,17	
Σφ 3	15	67,38	328,44	328,44	2,33	0,21	
Σφ 3	9	-66,75	328,44	328,44	2,33	0,20	
Σφ 4	15	65,23	328,44	328,44	2,33	0,20	
Σφ 4	9	-68,47	328,44	328,44	2,33	0,21	
Σφ 5	15	37,44	328,44	328,44	2,33	0,11	
Σφ 5	9	-47,66	328,44	328,44	2,33	0,15	
Σφ 6	15	68,54	328,44	328,44	2,33	0,21	
Σφ 6	9	-65,15	328,44	328,44	2,33	0,20	

Μέγιστα αποτίμησης φέρουσας ικανότητας σε διάτμηση

Μέγιστα αποτίμησης φέρουσας ικανότητας σε διάτμηση

Φόρτιση [/]	Κόμβος [/]	VEd [kN]	VRds [kN]	VRdMax [kN]	cotθ [/]	λ [/]	
Σφ 6	15	68,54	328,44	328,44	2,33	0,21	
Σφ 1	9	-69,07	328,44	328,44	2,33	0,21	

Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας

Ο. Κ. Λειτουργικότητας: Περιορισμός Τάσεων [EC2-1-1 §7.2]

Φορτί	Κόμβ	MEd	NEd	As1_pr	As2_pr	σc	<	k1*fc	σs	<	k3*fy	Προσθ.1	Προσθ.2
[J]	[J]	[kNm]	[kN]	[cm ²]	[cm ²]	[MPa]		[MPa]	[MPa]		[MPa]	[J]	[J]
Σφ 7	0	63,96	0,00	4,62	2,26	2,9	<	16,2	322,0	<	432,4	.	.
Σφ 7	9	-56,02	0,00	5,34	8,01	5,2	<	16,2	73,9	<	432,4	.	.
Σφ 7	24	-92,61	0,00	6,88	4,62	11,0	<	16,2	263,8	<	432,4	.	.

Ο. Κ. Λειτουργικότητας: Συνθήκη απαλλαγής αναλυτικού υπολογισμού βέλους [EC2-1-1 §7.4]

l	d	K	Θέση	p0	p1_ca	p2_ca	l/d	<	(l/d)lim
[m]	[m]	[J]	[J]	[‰]	[‰]	[‰]	[J]		[J]
5,78	0,45	1,30	0	5,000	0,470	0,000	12,9	<	200,0

Εικόνα 4.17: Έλεγχος φέρουσας ικανότητας υπό στατικά φορτία – Δοκός Δ1.1(2)

5

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ανεύρεση του μέγιστου σεισμικού συντελεστή που αντιστοιχεί σε κάθε στάθμη επιτελεστικότητας,

Διερεύνηση σχετικά με την ανώτερη στοχευόμενη συμπεριφορά

Προσδιορισμός οριακών επιταχύνσεων ag_{max}

Θα προσδιοριστούν οι πιθανότητες υπέρβασης PR (Παράμετροι «Κτίριο» Φάσμα Pushover») κάθε συγκεκριμένου επιπέδου σεισμικής δράσης, με τρόπο τέτοιο ώστε να εξαντλείται η ικανότητα του πλέον εύρωστου μέλους του κτιρίου [KAN.ΕΠΕ Σ§8.2.3].

Οι πιθανότητες υπέρβασης εντός 50 ετών και οι αντίστοιχοι ανεκτοί στόχοι αποτίμησης αυθαιρέτων συγκεντρώνονται στον ακόλουθο πίνακα:

Ανεκτοί στόχοι αποτίμησης αυθαιρέτων (στοχευόμενη συμπεριφορά)					
Περίοδος T(έτη)	Πιθανότητα υπέρβασης εντός 50 ετών (P/50)	A/A	Στάθμη επιτελεστικότητας (επίδοσης) Φ.Ο.		
			Άμεση χρήση A (DL)	Προστασία ζωής B (SD)	Αποφυγή κατάρ. Γ (NC)
$T_{975/50}=975$	5%/50	0	A_0	B_0	Γ_0
$T_{475/50}=475$	10%/50	1	A_1	B_1	Γ_1
$T_{72/50}=72$	50%/50	2	A_2	B_2	Γ_2
$T_{31/50}=31$	80%/50	3	A_3	B_3	Γ_3

Πίνακας 5.1: Πίνακας (ελάχιστων) ανεκτών στόχων αποτίμησης αυθαιρέτων
[Πηγή:
<http://www.spme.gr/uploads/File/DEDOTA/MELETES.pdf>]

Σύμφωνα με την πρώτη απαίτηση του κυρίου του έργου η αποτίμηση του αυθαιρέτου κτίσματος έγινε για πιθανότητες υπέρβασης **80%** και **50%** στις στάθμες επιτελεστικότητας «**Σημαντικών βλαβών**» και «**Οιονεί κατάρρευσης**» αντίστοιχα, σύμφωνα με τον πίνακα ανεκτών στόχων αποτίμησης αυθαιρέτων, για συνήθη κτίρια σπουδαιότητας II. Δηλαδή στοχεύουμε στις καταστάσεις Γ2 και Β3.

Στον ακόλουθο πίνακα συγκεντρώνονται οι μέγιστοι λόγοι επάρκειας $\lambda_{\max}$. Το μέγιστο λ προκύπτει ως το μέγιστο από τον έλεγχο στροφών και τον έλεγχο διάτμησης.

Επιτελεστικότητα	$ag_{\max}$	T_R	P_R	Στύλοι	Δοκοί
				$\lambda_{\max}$	$\lambda_{\max}$
SD (Β)	0.097	31	80	0.68	0.33
NC (Γ)	0.128	72	50	0.58	0.47

Διαιρούμε τη μέγιστη εδαφική επιτάχυνση με τη μέγιστη τιμή του λόγου λ , δηλαδή με το λόγο λ του πλέον **εύτρωτου δομικού μέλους** (δοκού ή υποστύλωματος). Προκύπτει έτσι για κάθε στάθμη η εδαφική επιτάχυνση της νέας ανάλυσης που θα ακολουθήσει.

Στάθμη επιτελεστικότητας SD:

$$(ag_{\max})'_{SD} = \frac{ag_{\max,SD}}{\lambda_{\max,SD}} = \frac{0.097}{0.68} = 0.143$$

Στάθμη επιτελεστικότητας NC:

$$(ag_{\max})'_{NC} = \frac{ag_{\max,NC}}{\lambda_{\max,NC}} = \frac{0.128}{0.58} = 0.22$$

Επιλέγουμε «Κτίριο» Φάσμα-Pushover» και εισάγουμε τις **νέες μέγιστες εδαφικές επιταχύνσεις** για τις στάθμες επιτελεστικότητας «Σημαντικών βλαβών» SD και «Οιονεί κατάρρευση» NC.

Εικόνα 5.1: Εισαγωγή των τιμών της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης με τις οποίες θα γίνει η επόμενη ανάλυση στην καρτέλα «Κτίριο» Φάσμα – Pushover».



Επαναλαμβάνουμε την επίλυση ανελαστικής στατικής ανάλυσης επιλέγοντας μόνο την εντολή «Επίλυση Pushover» (επειδή τα διαγράμματα M-θ θα παραμείνουν τα ίδια λόγω διατήρησης οπλισμών και αντοχών). Για τις μέγιστες εδαφικές επιταχύνσεις **0.14** και **0.22** προέκυψαν οι ακόλουθες τιμές μέγιστων λόγων επάρκειας:

Επιτελεστικότητα	ag_{max}	Στύλοι	Δοκοί
		λ_{max}	λ_{max}
SD (B)	0.14	0.75	0.45
NC (Γ)	0.22	0.69	0.77

Συνεχίζοντας την διαδικασία, υπολογίζουμε τις νέες μέγιστες εδαφικές επιταχύνσεις:

Στάθμη επιτελεστικότητας SD:

$$(ag_{max})'_{SD} = \frac{ag_{max}}{\lambda_{max}} = \frac{0.14}{0.75} = 0.187$$

Στάθμη επιτελεστικότητας NC:

$$(ag_{max})'_{NC} = \frac{ag_{max}}{\lambda_{max}} = \frac{0.22}{0.77} = 0.286$$

όπου για τη στάθμη επιτελεστικότητας NC ως κρίσιμος λόγος λαμβάνεται αυτός της διάτμησης $\lambda=0.77$.

Συνεχίζοντας την διαδικασία, για μέγιστες εδαφικές επιταχύνσεις **0.187** και **0.286** προέκυψαν οι ακόλουθες τιμές μέγιστων λόγων επάρκειας:

Επιτελεστικότητα	ag_{max}	Στύλοι	Δοκοί
		λ_{max}	λ_{max}
SD (B)	0.187	0.79	0.67
NC (Γ)	0.286	0.87	1.29

Παρατηρούμε ότι στην παραπάνω ανελαστική στατική ανάλυση για το πλέον εύρωστο δομικό μέλος προέκυψε λόγος επάρκειας λ μεγαλύτερος της μονάδας. Η τελική τιμή επομένως της νέας εδαφικής επιτάχυνσης θα είναι ενδιάμεση των τιμών 0.22 (για την οποία $\lambda_{max}=0.77$) και 0.286 (για την οποία $\lambda_{max}=1.29$).

Ως νέα μέγιστη εδαφική επιτάχυνση για τη στάθμη επιτελεστικότητας NC εισάγεται η τιμή (διχοτόμος):

$$(ag_{max})'_{NC} = \frac{0.22 + 0.286}{2} = 0.253$$

Για μέγιστη εδαφική επιτάχυνση **0.253** προέκυψαν οι ακόλουθες τιμές μέγιστων λόγων επάρκειας:

Επιτελεστικότητα	ag_{max}	Στύλοι	Δοκοί
		λ_{max}	λ_{max}
SD (B)	0.187	0.79	0.67
NC (Γ)	0.253	0.80	0.99

Παρατηρούμε ότι $\lambda_{max}=0.99 < 1$ και δεν εξαντλείται η ικανότητα του πλέον εύρωστου μέλους.

Οι επαναλήψεις μπορούν να συνεχιστούν μέχρις ότου εξαντληθεί η ικανότητα του πλέον εύρωστου μέλους και για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD, με την προϋπόθεση βέβαια ότι η οριακή μέγιστη εδαφική επιτάχυνση ag_{max} για τη στάθμη επιτελεστικότητας SD να μην προκύπτει μεγαλύτερη από την αντίστοιχη για τη στάθμη NC, πράγμα που θα ήταν άτοπο.

Συνεπώς, οι οριακές τιμές της εδαφικής επιτάχυνσης για τις οποίες εξαντλείται η αντοχή (οριακή τιμή του λόγου $\lambda=1$), είναι:

$$ag_{max,SD} = 0.187$$

$$ag_{max,NC} = 0.253$$

Προσδιορισμός πιθανότητας υπέρβασης PR –Στάθμη επιτελεστικότητας SD

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 8 [EC8-2, Παράρτημα Α]

$$\frac{a_{gc}}{a_{g,R}} = \left(\frac{T_{Rc}}{T_{NCR}} \right)^{1/k}$$

όπου:

$$T_{NCR} = 475 \text{ έτη}, \quad a_{g,R} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline z1 & z2 & z3 \\ \hline 0.16 & 0.24 & 0.32 \\ \hline \end{array} \quad k = 3$$

ενώ $a_{gc} = a_{g,SD} = 0.187$

Έτσι η περίοδος επαναφοράς T_{Rc} που αντιστοιχεί στην επιτάχυνση a_{gc}

$$T_{Rc} = \left(\frac{a_{gc}}{a_{g,R}} \right)^k \cdot T_{NCR} = \left(\frac{0.187}{0.24} \right)^3 \cdot 475 = 225 \text{ έτη}$$

Η πιθανότητα υπέρβασης αυτής της τιμής $a_{gc}=0.187$ για διάρκεια ζωής του έργου $T_L=50$ έτη είναι:

$$P_{Rc} = 1 - e^{-\frac{T_L}{T_{Rc}}} = 1 - e^{-\frac{50}{225}} = 19.9\% \text{ , [EC8-1 §2.1]}$$

Προσδιορισμός πιθανότητας υπέρβασης PR –Στάθμη επιτελεστικότητας NC

Ομοίως, για την στάθμη επιτελεστικότητας NC:

$$T_{Rc} = \left(\frac{a_{gc}}{a_{g,R}} \right)^k \cdot T_{NCR} = \left(\frac{0.253}{0.24} \right)^3 \cdot 475 = 556 \text{ έτη}$$

Η πιθανότητα υπέρβασης για αυτή την τιμή περιόδου επαναφοράς προκύπτει:

$$P_{Rc} = 1 - e^{-\frac{T_L}{T_{Rc}}} = 1 - e^{-\frac{50}{556}} = 8.6\%$$

Συμπέρασμα

Για την στάθμη SD:

$$10\% < P_R = 19.9\% < 50\%$$

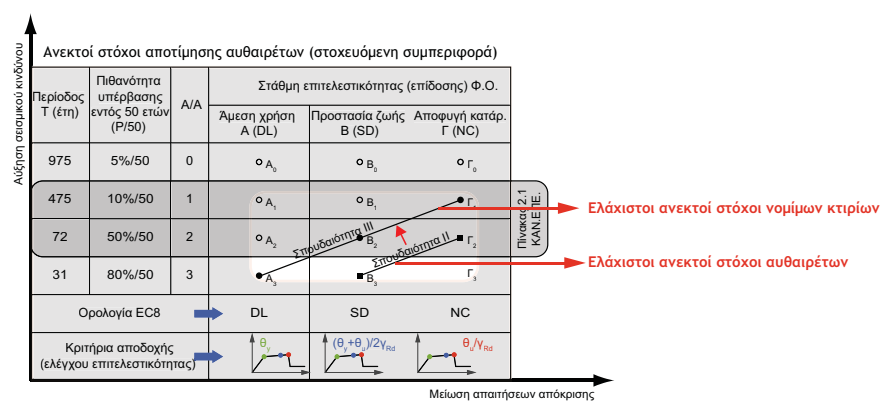
Για την στάθμη NC:

$$P_R = 8.6\% < 10\%$$

Συνεπώς η κατασκευή μας, της οποίας η αποτίμηση Φ.Ι. έγινε με στόχο να ικανοποιούνται οι ανεκτοί στόχοι αυθαιρέτου σπουδαιότητας II, μπορεί να ικανοποιήσει τελικώς τους στόχους είτε αυθαιρέτου κτίσματος σπουδαιότητας III (**Πίνακας 3.1:**

Ανεκτοί στόχοι αποτίμησης αυθαιρέτων) είτε υφιστάμενου νόμιμου - μη αυθαιρέτου κτιρίου σπουδαιότητας II (**Πίνακας 3.2:**

Ανεκτοί στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού υφισταμένων και προσθηκών).



Εικόνα 5.2: Οι στόχοι που ικανοποιεί η κατασκευή μας όταν εξαντλείται η ικανότητα του πλέον εύτρωτου μέλους.