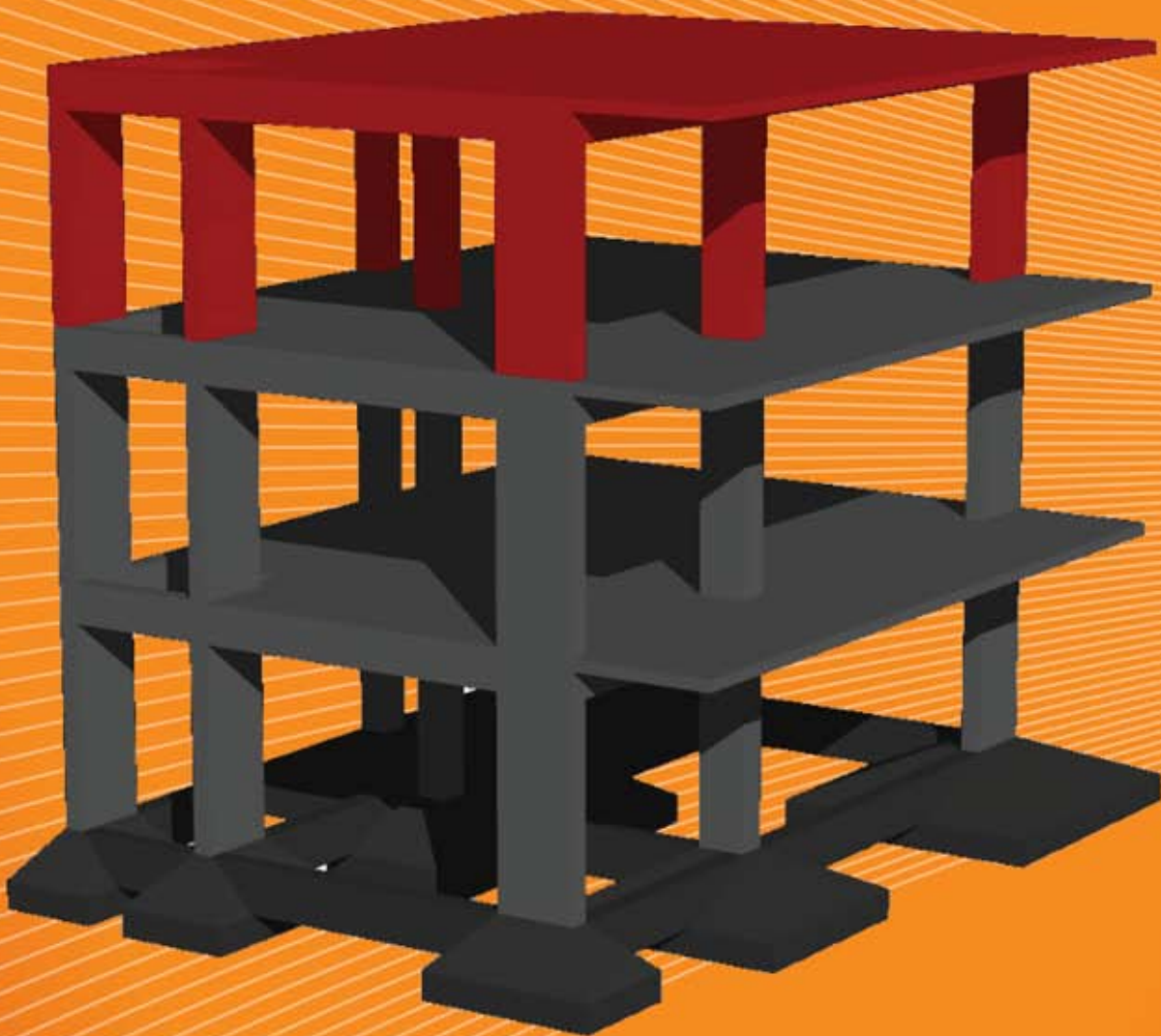


(10R)
fespa
Κανονισμός Επεμβάσεων

**Παράδειγμα
προσθήκης
με ΚΑΝ.ΕΠΕ.**



Fespa R

For Windows

Στατικό παράδειγμα προσθήκης ορόφου σε υφιστάμενη κατασκευή

&

Αποτίμηση φέρουσας ικανότητας του κτιρίου στη νέα κατάσταση

σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ 2012



Αθήνα, Δεκέμβριος 2012

Version 1.0.9

Πίνακας περιεχομένων

1	Στατικό παράδειγμα προσθήκης ορόφου σε κτίριο.....	3
1.1	Εισαγωγή.....	3
2	Εισαγωγή δεδομένων	5
2.1	Βήματα διαδικασίας.....	5
2.2	Παραγωγή νέου ορόφου (Βήμα 1)	6
2.3	Χαρακτηρισμός μελών (Βήμα 2).....	6
1.1	Αντοχές μελών (Βήμα 3)	7
1.2	Φορτιστικό προσομοίωμα (Βήμα 4)	10
1.3	Καθορισμός συντελεστή συμπεριφοράς η (Βήμα 5)	11
1.4	Καθορισμός μελών προς όπλιση (Βήμα 6)	12
1.5	Διαστασιολόγηση ορόφου προσθήκης (Βήμα 7).....	12
1.6	Παράμετροι Pushover (Βήμα 8)	13
1.7	Επίλυση (Βήμα 9).....	14
3	Αξιολόγηση αποτελεσμάτων.....	15
3.1	Μέγιστοι λόγοι στατικής επάρκειας υποστυλωμάτων	18
3.2	Μέγιστοι λόγοι στατικής επάρκειας δοκών	18
3.3	Συμπεράσματα (Βήμα 11)	18

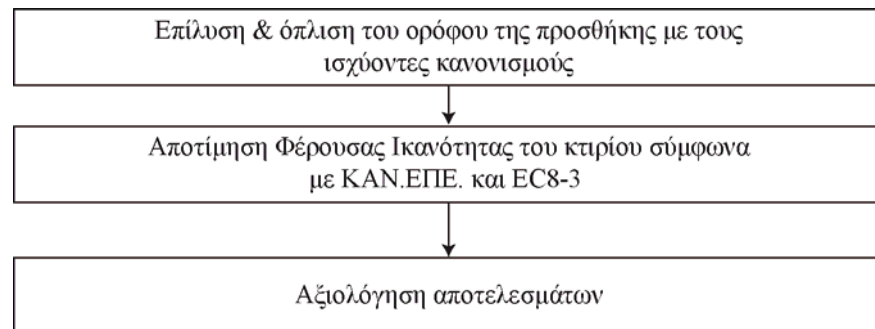
1

Στατικό παράδειγμα προσθήκης ορόφου σε κτίριο - Εισαγωγικά

1.1 Εισαγωγή

Στο φορέα του παραδείγματος αποτίμησης που προηγήθηκε, θα πραγματοποιηθεί προσθήκη ενός ορόφου και αποτίμηση φέρουσας ικανότητας του κτιρίου στη νέα κατάσταση.

Πορεία εργασίας



Δεδομένα νέου ορόφου

- Κανονισμός σκυροδέματος: EC2, Αντισεισμικός κανονισμός: EC8
- Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας II, $a_g=0.24$, έδαφος B, Σπουδαιότητα Σ2 με $\gamma=1$, $\theta=1$
- Ποιότητα σκυροδέματος C25/30

- Ποιότητα χάλυβα B500C, Ποιότητα χάλυβα συνδετήρων B500C
- Ύψος ορόφου 3m

2

Εισαγωγή δεδομένων

2.1 Βήματα διαδικασίας

1. Συμπλήρωση του **προσομοιώματος** της κατασκευής με την παραγωγή του ορόφου της προσθήκης.
2. Καθορισμός των μελών της προσθήκης ως **νέα**.
3. Εισαγωγή των **τιμών των αντοχών** σκυροδέματος και χάλυβα στον όροφο της προσθήκης.
4. Τροποποίηση του **φορτιστικού προσομοιώματος** (φορτίων δοκών).
5. Προσδιορισμός **συντελεστή σεισμικής συμπεριφοράς q** για τη διαστασιολόγηση.
6. Καθορισμός των μελών του κτιρίου που θα οπλίζονται κατά την **όπλιση μελών**.
7. **Διαστασιολόγηση** με τους νέους κανονισμούς, ώστε να προκύψουν οπλισμοί του ορόφου της προσθήκης βάσει των EC2, EC8.
8. Εισαγωγή της **στάθμης επιτελεστικότητας** για την οποία θα γίνει ο έλεγχος, της σεισμικής απαίτησης που αντιστοιχεί σε αυτήν και των λοιπών παραμέτρων της pushover.
9. **Επιλύσεις** (κατασκευή καμπύλης ικανότητας, απαίτησης, προσδιορισμός της στοχευόμενης μετακίνησης και συντελεστές επάρκειας κάθε μέλους για κάθε εξεταζόμενη στάθμη επιτελεστικότητας).
10. **Αξιολόγηση** των αποτελεσμάτων
11. Εξετάζεται αν χρειάζεται **ενίσχυση** κάποιων μελών ή καθορισμός κάποιων άλλων ως **δευτερευόντων**, ή **μείωση των απαιτήσεων** και μετά τις τροποποιήσεις επαναλαμβάνονται οι επιλύσεις του βήματος 9.

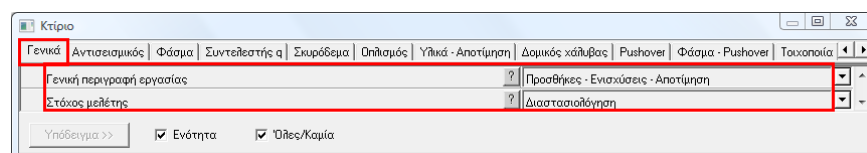
2.2 Παραγωγή νέου ορόφου (Βήμα 1)

Γίνεται παραγωγή του νέου ορόφου της προσθήκης:

- Παραγωγές> Παραγωγή ορόφου> Όροφος βάσης παραγωγής = 2, Αριθμός παραγωγών = 1

2.3 Χαρακτηρισμός μελών (Βήμα 2)

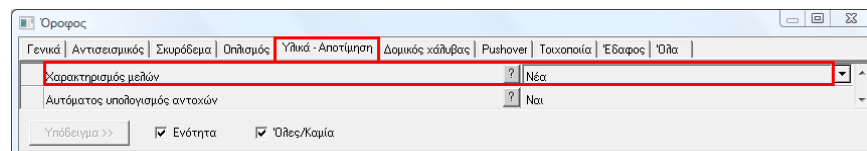
Καθορίζονται οι παράμετροι του κτιρίου:



Εικόνα 2.1: Επιλέγουμε «Κτίριο> Γενικά> Γενική περιγραφή εργασίας= Προσθήκες-Ενισχύσεις-Αποτίμηση» και «Κτίριο> Γενικά> Στόχος μελέτης= Διαστασιολόγηση» για να χαρακτηρίσουμε το είδος και το σκοπό της μελέτης.

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

Καθορίζονται οι παράμετροι του ορόφου προσθήκης:



Εικόνα 2.2: Επιλέγουμε «Όροφος> Υλικά-αποτίμηση> Χαρακτηρισμός μελών= Νέα».

Υπενθυμίζεται ότι τα υπόλοιπα μέλη του κτιρίου έχουν χαρακτηριστεί ως «Υφιστάμενα» μέσω της σχετικής παραμέτρου («Κτίριο> Υλικά-Αποτίμηση> Χαρακτηρισμός μελών»). Επομένως, στην επίλυση διαστασιολόγησης που θα ακολουθήσει, θα οπλιστούν σύμφωνα με τους νέους κανονισμούς μόνο τα μέλη του ορόφου της προσθήκης («Νέα»).

Για να οπλισθούν τα υποστυλώματα του ορόφου της προσθήκης (κατά τη διαστασιολόγηση), θα πρέπει στην παράμετρο «Υποστύλωμα» Οπλισμοί» Μέθοδος» να δοθεί η τιμή «Διαστασιολόγηση».

Για να διατηρηθεί και στον όροφο της προσθήκης η διάταξη του οπλισμού των υποστυλωμάτων του υποκείμενου ορόφου θα πρέπει κατά την παραγωγή ορόφου να μεταφερθούν στην τελευταία στάθμη οι διατομές που υπάρχουν στον όροφο βάσης παραγωγής («Παραγωγές» Κτίριο» Παραγωγή με διατομές = Ναι»). Κατά την επίλυση διαστασιολόγησης θα ελεγχθεί η επάρκειά των διατομών των υποστυλωμάτων («Υποστύλωμα» Οπλισμοί» Μέθοδος = Έλεγχος επάρκειας»). Αν αυτές δεν επαρκούν είναι δυνατόν, μέσω της οντότητας «Ράβδοι οπλισμού» να προστεθούν επιπλέον ράβδοι στις επιθυμητές θέσεις.

2.4 Αντοχές μελών (Βήμα 3)

Εικόνα 2.3: Επιλέγουμε «Οροφος» Υλικά-Αποτίμηση» και ορίζουμε τις αντοχές σκυροδέματος και χάλυβα των υλικών και την οριακή παραμόρφωση του υφιστάμενου οπλισμού, για τον όροφο της προσθήκης.

Στις δύο παρακάτω εικόνες (Εικόνα 2.4 και Εικόνα 2.5) φαίνεται η διαφοροποίηση των αντοχών σε μία υφιστάμενη δοκό και μια νέα δοκό του ορόφου της προσθήκης.

Δοκός

Διατομή | Στατικά | Στατικά άκρου | Δοσική | Φορτία | Σκυρόδεμα | Οπλισμός | **Υλικά - Αποτίμηση** | Ράβδα άκρου | Ράβδα ανοίγματος | Δομικός χάλυβας | Τακτοποίηση

✓	Χαρακτηρισμός μέλους	?	Υφιστάμενο
✓	Μέθοδος ενίσχυσης	?	Εγκυτο σκυρόδεμα
✓	Αυξημένες απαιτήσεις πλαστικότητας	?	Ναι (Κύριο σεισμικό μέλος)
✓	Σκυρόδεμα		
✓	Μέση αντοχή σκυροδέματος f_{cm} [MPa]	?	30.0
✓	Οπλισμός		
✓	Μέση αντοχή χάλυβα f_{yk} [MPa]	?	575.0
✓	Οριακή παραμόρφωση υφιστάμενου οπλισμού ε_{yk} [%]	?	6.000
✓	Μέση αντοχή χάλυβα συνδετήρων f_{ykwd} [MPa]	?	575.0
✓	Ενισχύσεις		
✓	Μέτρο ελαστικότητας FRP E_f [kN/m²]	?	3.0E+008
✓	Οριακή εφελκυστική αντοχή FRP $f_{t,f}$ [MPa]	?	2500.0
✓	Οριακή ανηγμένη παραμόρφωση ε_{uf}	?	1.50E-2
✓	Συνολικό πάχος υλικού FRP t_f [mm]	?	2.0
✓	Συντελεστές Μηχανικών χαρακτηριστικών γ		
✓	Ροπή διαρροής γ αστοχίας $M=M^*/M$	?	1.000
✓	Στροπή διαρροής $\gamma_{\theta}=\theta_y/\theta_x$	?	1.000
✓	Στροπή διαρροής (ενίσχυση με μανδύα) $\gamma_{\theta}=\theta_y/\theta_x$	?	1.050
✓	Οριακή στροπή $\gamma_{du}=\theta_u/\theta_d$	?	1.000
✓	Διατηρητική αντοχή $N=VR^*/VR$	?	1.000
✓	Διατηρητική αντοχή (ενίσχυση με μανδύα) $N_f=N^*/VR$	?	0.900
✓	Αντοχές για Αποτίμηση Φ.Ι.		
✓	Αυτόματος υπολογισμός αντοχών	?	Ναι
✓	Αντοχή σκυροδέματος (έλεγχος παραμορφώσεων) $f_{c,0}$ [MPa]	?	25.00
✓	Αντοχή χάλυβα (έλεγχος παραμορφώσεων) $f_{y,0}$ [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) $f_{ywd,F}$ [MPa]	?	416.7

Υπόδειγμα >> ☒ Ενότητα ☒ Όλες/Καμία

Εικόνα 2.4: Επιλέγουμε «Δοκός» Πάρε παραμέτρους> Υλικά-Αποτίμηση», σε κάποιον υφιστάμενο όροφο, για να δούμε τις αντοχές για μία υφιστάμενη δοκό.

Δοκός

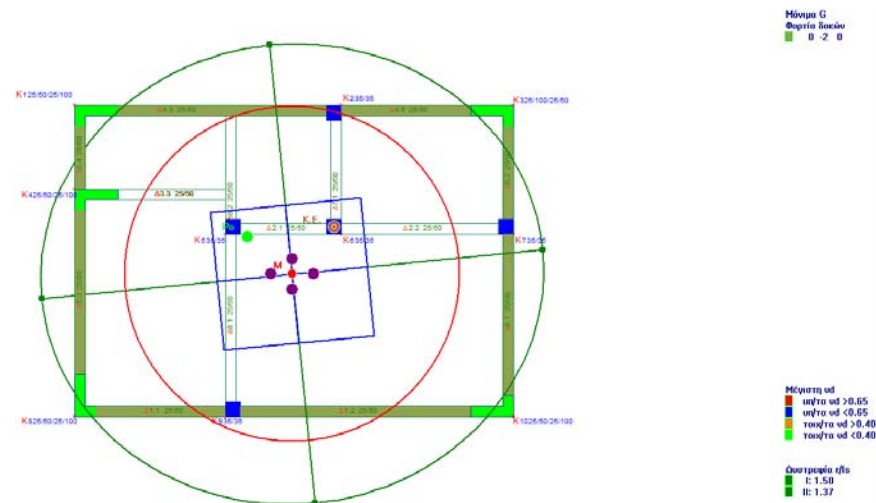
Διατομή | Στατικά | Στατικά άκρου | Δοσική | Φορτία | Σκυρόδεμα | Οπλισμός | **Υλικά - Αποτίμηση** | Ράβδα άκρου | Ράβδα ανοίγματος | Δομικός χάλυβας | Τακτοποίηση

✓	Χαρακτηρισμός μέλους	?	Νέο
✓	Μέθοδος ενίσχυσης	?	Εγκυτο σκυρόδεμα
✓	Αυξημένες απαιτήσεις ηλιαστικότητας	?	Ναι (Κύριο σεισμικό μέλος)
✓	Σκυρόδεμα		
✓	Παύτητα σκυροδέματος	?	C25/30
✓	Χαρακτηριστική αντοχή σκυροδέματος f_{ck} [MPa]	?	25
✓	Οπλισμός		
✓	Χαρακτηρ. αντοχή χάλυβα f_{yk} [MPa]	?	500
✓	Οριακή παραμόρφωση νέου οπλισμού ϵ_{yk} [%]	?	6.000
✓	Χαρακτηρ. αντοχή χάλυβα συνδετήρων f_{yk} [MPa]	?	500
✓	Ενισχύσεις		
✓	Μέτρο ελαστικότητας FRP E_f [kN/m ²]	?	3.0E+008
✓	Οριακή εφελκυστική αντοχή FRP f_{td} [MPa]	?	2500.0
✓	Οριακή ανηγμένη παραμόρφωση ϵ_{ef}	?	1.50E-2
✓	Συνολικό πάχος υλικού FRP t_f [mm]	?	2.0
✓	Συντελεστές Μηχανικών χαρακτηριστικών ϵ		
✓	Ροπή διαρροής & ασταχίας $M=M^*/M$	?	1.000
✓	Στροπή διαρροής $\theta_y=\theta_y^*/\theta_y$	?	1.000
✓	Στροπή διαρροής (ενίσχυση με μονόαξ) $\theta_y=\theta_y^*/\theta_y$	?	1.050
✓	Οριακή στροπή $\theta_u=\theta_u^*/\theta_u$	?	1.000
✓	Διατμητική αντοχή $N^*=N^*/N_R$	?	1.000
✓	Διατμητική αντοχή (ενίσχυση με μονόαξ) $N^*=N^*/N_R$	?	0.900
✓	Αντοχές για Αποτίμηση Φ.Ι		
✓	Αυτόματος υπολογισμός αντοχών	?	Ναι
✓	Αντοχή σκυροδέματος (έλεγχος παραμορφώσεων) $f_{c, \theta}$ [MPa]	?	25.00
✓	Αντοχή χάλυβα (έλεγχος παραμορφώσεων) $f_{y, \theta}$ [MPa]	?	500.0
✓	Αντοχή σκυροδέματος (έλεγχος δυνάμεων) $f_{c, F}$ [MPa]	?	16.67
✓	Αντοχή χάλυβα (έλεγχος δυνάμεων) $f_{y, F}$ [MPa]	?	434.8
✓	Αντοχή χάλυβα συνδετήρων (έλεγχος δυνάμεων) $f_{yk, F}$ [MPa]	?	434.8

Υπόδειγμα >> ☒ Ενότητα ☒ Όλες/Καμία

Εικόνα 2.5: Επιλέγουμε «Δοκός> Πάρε παραμέτρους> Υλικά-Αποτίμηση», στον όροφο της προσθήκης, για να δούμε τις αντοχές για μία νέα δοκό.

2.5 Φορτιστικό προσομοίωμα (Βήμα 4)



Εικόνα 2.6: Επιλέγουμε «Δοκός> Πάρε/Δώσε Φορτία> Φορτία», και τροποποιούμε κατάλληλα την τιμή του πρόσθετου μόνιμου φορτίου της ανώτατης στάθμης του κτιρίου αλλά και των υπολοίπων όπου κρίνεται απαραίτητο.

2.6 Καθορισμός συντελεστή συμπεριφοράς q (Βήμα 5)

Κτίριο

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

Συντελεστής q - $q_{\text{qa}}^{\text{kw}}$

Συντ. σεισμικής συμπεριφοράς οριζόντια q_k	?	3.300
Συντ. σεισμικής συμπεριφοράς οριζόντια q_z	?	3.450
Συντ. σεισμικής συμπεριφοράς κατακόρυφα q_v	?	1.500

Στατικό Σύστημα

Κύριο υλικό κτιρίου (για προσδιορισμό q)

Κατηγορία πλαστικότητας

Τύπος στατικού συστήματος [διεύθυνση X]

Τύπος στατικού συστήματος [διεύθυνση Z]

α_u/α_1

Ο λόγος υπεραντοχής α_u/α_1 καθορίζεται από pushover

Λόγος υπεραντοχής $[\alpha_u/\alpha_1]_x$

Λόγος υπεραντοχής $[\alpha_u/\alpha_1]_z$

Κανονικότητα σε κάτοψη

Τελική τιμή λόγου $[\alpha_u/\alpha_1]_x$

Τελική τιμή λόγου $[\alpha_u/\alpha_1]_z$

Υπόδειγμα >> ☒ Ενότητα ☒ Όλες/Καμία

Εικόνα 2.7: Επιλέγουμε «Κτίριο» Συντελεστής q » και εισάγουμε τις παραμέτρους που απαιτούνται για τον υπολογισμό βάσει Ευρωκωδίκων του συντελεστή συμπεριφοράς.

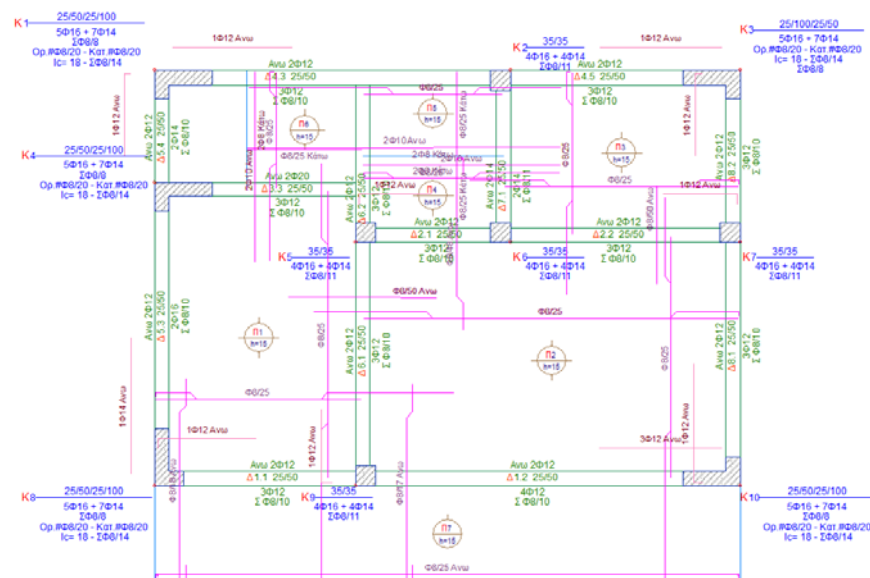
Αναφέρεται ότι στην περίπτωση εισαγωγής λανθασμένου στατικού συστήματος σε κάποια διεύθυνση, το πρόγραμμα υποδεικνύει τη σωστή επιλογή στο αρχικό βήμα της επίλυσης διαστασιολόγησης.

2.7 Καθορισμός μελών προς όπλιση (Βήμα 6)

Εικόνα 2.8: Επιλέγουμε «Κτίριο» Υλικά-Αποτίμηση» Οπλισμοί μελών= Νέα & ενισχυόμενα με μανδύα» έτσι ώστε κατά την επίλυση και όπλιση με Ευρωκώδικες να οπλίζει μόνο μέλη χαρακτηρισμένα ως νέα ή ενισχυόμενα και όχι τα υφιστάμενα μέλη.

2.8 Διαστασιολόγηση ορόφου προσθήκης (Βήμα 7)

Οι οπλισμοί του ορόφου της προσθήκης, όπως προέκυψαν με επίλυση και όπλιση με Ευρωκώδικες, φαίνονται στην **Εικόνα 2.9**.



Εικόνα 2.9: Ξυλότυπος ορόφου προσθήκης

2.9 Παράμετροι Pushover (Βήμα 8)

Στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων

Επιλέγουμε «Κτίριο> Υλικά-αποτίμηση> Επίπεδο γνώσης (ΣΑΔ) υφιστάμενων υλικών-Συντ. ασφαλείας> Επίπεδο γνώσης σκυροδέματος= KL2» και ομοίως για το επίπεδο γνώσης χάλυβα οπλισμού.

Οι παράμετροι για τη μη γραμμική ανάλυση Pushover ορίζονται όπως στο **Στατικό παράδειγμα αποτίμησης αυθαιρέτου υφιστάμενου κτιρίου** που προηγήθηκε (Βλ. §3.4.8).

Σεισμική απαίτηση

Στο «Κτίριο> Φάσμα- Pushover» επιλέγουμε τους στόχους της αποτίμησης:

Σύμφωνα με τον Πίνακα 5 (Βλ. **Στατικό παράδειγμα αποτίμησης αυθαιρέτου**):

1. Στάθμη επιτελεστικότητας «**Αποφυγή κατάρρευσης**» (Γ) ή «Οιονεί κατάρρευσης» (NC) με πιθανότητα υπέρβασης **10%**.
2. Στάθμη επιτελεστικότητας «**Προστασία ζωής**» (B) ή «Σημαντικές βλάβες» (SD) με πιθανότητα υπέρβασης **50%**.

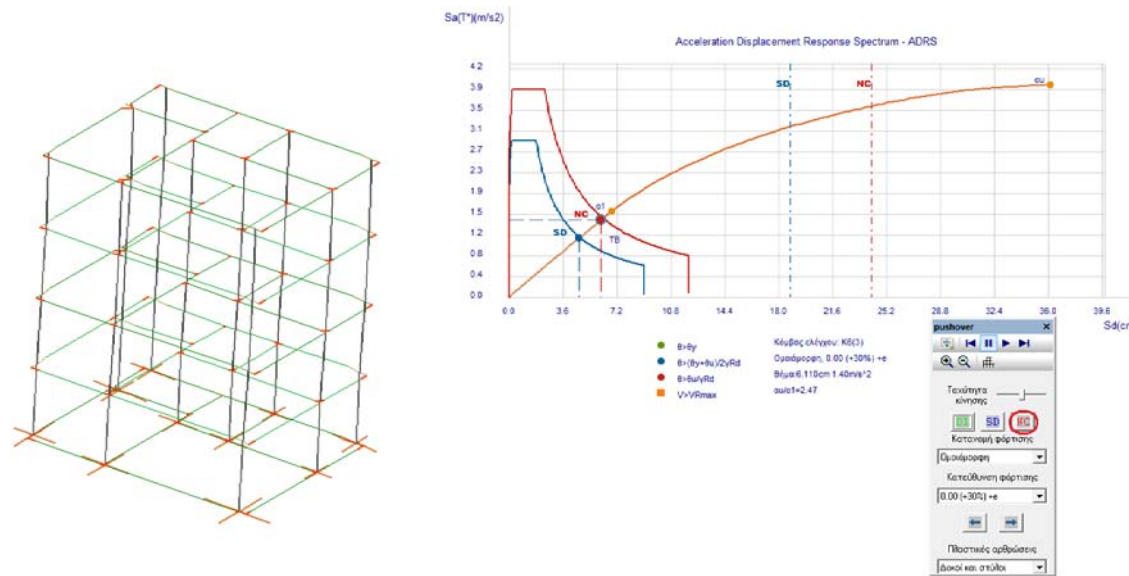
2.10 Επίλυση (Βήμα 9)



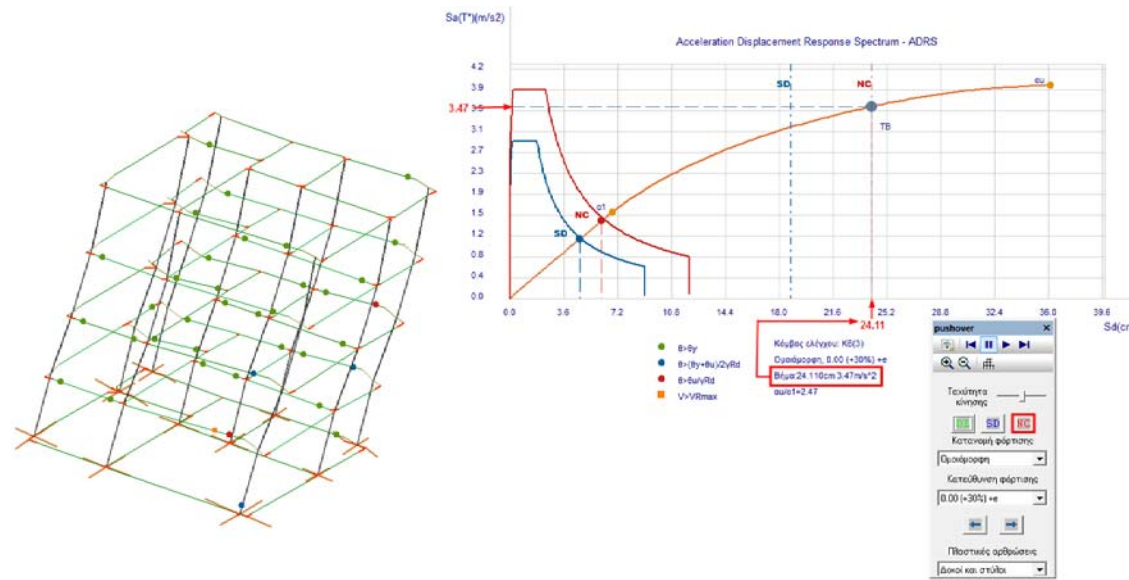
Επιλέγουμε την εντολή «**Διαγράμματα P-K, Επίλυση Pushover**» της επίλυσης ώστε να υπολογιστούν τα διαγράμματα Ροπών-καμπυλοτήτων (και ροπών-γωνιών στροφής χορδής) όπως ορίζονται στον ΚΑΝΕΠΕ και εν συνεχεία να πραγματοποιηθεί η μη γραμμική ανάλυση Pushover. Ακολουθούν ορισμένα χαρακτηριστικά διαγράμματα απαίτησης-ικανότητας (ADRS).

3

Αξιολόγηση αποτελεσμάτων (Βήμα 10)



Εικόνα 3.1: 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.



Εικόνα 3.2: Διάγραμμα **απαίτησης – ικανότητας ADRS** (συμπεριφορά κτιρίου σε όρους φασματικής επιτάχυνσης – φασματικής μετακίνησης) και εικόνα πλαστικών αρθρώσεων κτιρίου στο βήμα της στοχευόμενης μετακίνησης για τη στάθμης επιτελεστικότητας «Αποφυγή κατάρρευσης» NC.

3.1 Μέγιστοι λόγοι στατικής επάρκειας υποστυλωμάτων

Μέγιστα Λόγων Επάρκειας Έλεγχος Στροφής		
Στάθμη Επιτελεστικότητας	Μέλος I/I	Λόγος Επάρκειας I/I
DL	K10(2)	0.45
SD	K10(0)	0.73
NC	K10(0)	0.71
Μέγιστα Λόγων Επάρκειας Έλεγχος Διάτμησης		
Στάθμη Επιτελεστικότητας	Μέλος I/I	Λόγος Επάρκειας I/I
NC	K10(0)	0.56

Εικόνα 3.3: Μέγιστοι λόγοι στατικής επάρκειας υποστυλωμάτων

3.2 Μέγιστοι λόγοι στατικής επάρκειας δοκών

Μέγιστα Λόγων Επάρκειας Έλεγχος Στροφών		
Στάθμη Επιτελεστικότητας	Μέλος I/I	Λόγος Επάρκειας I/I
DL	Δ1.1(2)	1.00
SD	Δ3.3(1)	0.40
NC	Δ5.4(1)	0.69
Μέγιστα Λόγων Επάρκειας Έλεγχος Διάτμησης		
Στάθμη Επιτελεστικότητας	Μέλος I/I	Λόγος Επάρκειας I/I
NC	Δ5.4(1)	0.67

Εικόνα 3.4: Μέγιστοι λόγοι στατικής επάρκειας δοκών

3.3 Συμπεράσματα (Βήμα 11)

Οι δυσμενέστεροι λόγοι επάρκειας για τα πλέον εύτρωτα δομικά μέλη, προέκυψαν $\lambda=0.73$ για το υποστύλωμα K10(0) στη στάθμη επιτελεστικότητας «Προστασία ζωής» (SD) και $\lambda=1$ για τη δοκό Δ1.1(2) στη στάθμη επιτελεστικότητας «Άμεση χρήση» (DL). Συμπερασματικά, δεν απαιτείται ενίσχυση κάποιου μέλους για την στατική επάρκεια