

ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ Ο/Σ ΜΕ ΕΛΑΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ, ΣΤΑΘΜΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΒΛΑΒΩΝ ΚΑΤΑ ΚΑΝ.ΕΠΕ.

ΑΠΟΣΤΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ
ΠΥΛΑΡΙΝΟΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ

Περίληψη

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο την παραμετρική αποτίμηση επάρκειας ενός διώροφου κτηρίου, με προσθήκη ενός επιπλέον ορόφου, κτιρίου Ο/Σ κατασκευασμένο το 1975 με 3 ελαστικές μεθόδους ανάλυσης που προτείνει ο ΚΑΝΕ.ΕΠΕ. Επιπλέον για κάθε ανάλυση βρίσκεται η επάρκεια για όλους τους πιθανούς συνδυασμούς με βάση τις διαφορετικές στάθμες επιτελεστικότητας, τις στάθμες αξιοπιστίας δεδομένων (χάλυβα, σκυροδέματος, φορτίου), την πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός 50 ετών καθώς και τους συντελεστές γ_{SD} που ορίζει ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. Πιο συγκεκριμένα ελέγχονται μια μονόπακτη δοκός, μια αμφιέρειστη δοκός στις στηρίξεις, ένα εσωτερικό και ένα περιμετρικό υποστύλωμα για την πρώτη και δεύτερη στάθμη του κτιρίου. Για την εκπόνηση των αναλύσεων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα STRAD της εταιρίας 3DR.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε μια ιδιαίτερα σειсмоγενή περιοχή του κόσμου, όπως η Ελλάδα, κύριο μέλημα του μελετητή μηχανικού είναι η θωράκιση των κατασκευών έναντι οριζόντιων δράσεων. Οι σύγχρονοι αντισεισμικοί κανονισμοί έχουν φτάσει σε ένα πολύ καλό επίπεδο, με αποτέλεσμα τα νέα κτίρια, όπως έδειξαν οι πρόσφατοι σεισμοί, να έχουν ξεκάθαρα καλύτερη (και ασφαλέστερη) συμπεριφορά σε σχέση με τα παλαιότερα. Είναι αυτά όμως τα παλαιότερα κτίρια που αποτελούν την μεγάλη πλειοψηφία (της τάξης του 70%) του οικιστικού πλούτου της χώρας (στη συντριπτική τους πλειοψηφία κτίρια οπλισμένου σκυροδέματος), και κατά συνέπεια και τη μεγαλύτερη πηγή κινδύνου από το σεισμό. Ακόμα πιο επιβαρυντικά στο ότι τα κτίρια αυτά είτε δεν έχουν σχεδιαστεί να παραλαμβάνουν σεισμικές δράσεις, είτε ότι έχουν σχεδιαστεί να παραλαμβάνουν πολύ μικρότερου μεγέθους δράσεις από αυτές που θα κληθούν να αναλάβουν, δρα το γεγονός ότι πολλές φορές το δομικό τους σύστημα είναι τέτοιο που καθιστά την σεισμική συμπεριφορά τους ακόμα πιο δυσμενή. Ως «Αποτίμηση Σεισμικής Συμπεριφοράς» ορίζεται η ποσοτική εκτίμηση και ο έλεγχος της επάρκειας μιας συγκεκριμένης κατασκευής έναντι μιας συγκεκριμένης στάθμης σεισμικής δράσης.[3] Το αποτέλεσμα της αποτίμησης δεν είναι απλώς ένα ναι ή όχι για την ανάγκη ενίσχυσης. Ακόμα και όταν η κατασκευή είναι προφανώς ανεπαρκής και χρειάζεται ενίσχυση, μία λεπτομερής αποτίμηση αποτελεί απαραίτητο πρώτο στάδιο ενός καλού ανασχεδιασμού (δηλ. μιας καλής μελέτης της ενίσχυσης), γιατί μέσω αυτής εντοπίζονται τα πλέον τρωτά σημεία και τμήματα της κατασκευής και καθοδηγείται ο μελετητής στην επιλογή του είδους και της έκτασης της ενίσχυσης.[2]

1.1 ΕΛΑΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

- Ελαστική (ισοδύναμη) στατική ανάλυση με καθολικό (q) ή τοπικούς (m) δείκτες συμπεριφοράς.
- Ελαστική δυναμική ανάλυση με καθολικό (q) ή τοπικούς m δείκτες συμπεριφοράς

Η απλοποιημένη φασματική μέθοδος στηρίζεται σε προσεγγιστική θεώρηση της θεμελιώδους ιδιομορφής, ενώ η δυναμική φασματική μέθοδος απαιτεί τον υπολογισμό ικανού αριθμού ιδιομορφών του συστήματος. Η μέγιστη σεισμική απόκριση που αντιστοιχεί στη θεμελιώδη ιδιομορφή υπολογίζεται μετά τον υπολογισμό της μέγιστης σεισμικής επιτάχυνσης από το φάσμα σχεδιασμού, ενώ για τη δυναμική φασματική μέθοδο η μέγιστη συνολική απόκριση υπολογίζεται με την τετραγωνική επαλληλία των μέγιστων αποκρίσεων που αντιστοιχούν σε

όλες τις ιδιομορφές που εξετάζονται [4]. Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκαν οι 3 ελαστικές αναλύσεις βάση των προϋποθέσεων που ορίζονται από τον ΚΑΝ.ΕΠΕ για την δυνατότητα εφαρμογής της κάθε ανάλυσης.

1.2 ΣΤΑΘΜΕΣ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Κατά τον ΚΑΝ.ΕΠΕ, για το φέροντα οργανισμό οι τρεις δυνατές «στάθμες επιτελεστικότητας» είναι:

| Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών | Στάθμη επιτελεστικότητας φέροντος οργανισμού | | |
|--|--|----------------|----------------------------|
| | Άμεση χρήση μετά τον σεισμό | Προστασία ζωής | Αποφυγή οιονεί κατάρρευσης |
| 10% | A1 | B1 | Γ1 |
| 50% | A2 | B2 | Γ2 |

Σχήμα 1: Στάθμες επιτελεστικότητας

Σχεδόν πλήρης λειτουργικότητα κατά το σεισμό σημαίνει ότι καμιά βασική λειτουργία του κτιρίου δεν διακόπτεται κατά τη διάρκεια ή μετά τον αντίστοιχο σεισμό (σπάνια εξαίρεση μπορεί να αποτελούν δευτερεύουσας σημασίας λειτουργίες).

Προστασία ζωής και περιουσίας των ενοίκων είναι μια κατάσταση κατά την οποία από τον αντίστοιχο σεισμό αναμένεται να προκληθούν επισκευάσιμες βλάβες στο φέροντα οργανισμό του κτιρίου, χωρίς όμως θάνατο ή τραυματισμό ατόμων εξαιτίας των βλαβών αυτών και χωρίς ουσιώδεις φθορές σε οικοσκευές ή αποθηκευμένο στο κτίριο υλικό.

Οιονεί κατάρρευση είναι μια κατάσταση κατά την οποία από τον αντίστοιχο σεισμό αναμένεται να παρουσιασθούν εκτεταμένες και σοβαρές βλάβες (μη-επισκευάσιμες κατά πλειονότητα) στο φέροντα οργανισμό.

Αναφορικά με την πιθανότητα υπέρβασης της σεισμικής δράσης ο ΚΑΝ.ΕΠΕ ορίζει το 10% και το 50% με περίοδο επαναφοράς τα 475 και 75 χρόνια αντίστοιχα.[1]

1.3 ΣΤΑΘΜΕΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων γενικά που αφορά δράσεις ή αντιστάσεις, εκφράζει την επάρκεια των πληροφοριών περί του υφιστάμενου κτιρίου και λαμβάνεται υπόψη κατά την αποτίμηση. Στις υφιστάμενες κατασκευές, οι αριθμητικές τιμές των δεδομένων που υπεισέρχονται στην αποτίμηση ενδέχεται να υπόκεινται σε σφάλματα μεγαλύτερα σε σχέση με μια νέα κατασκευή. Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ, διακρίνει τις Σ.Α.Δ. σε στάθμες ως εξής □

- Υψηλή
- Ικανοποιητική
- Ανεκτή

Πιο αναλυτικά, ο ΚΑΝ.ΕΠΕ ορίζει Σ.Α.Δ σκυροδέματος, χάλυβα οπλισμού καθώς και φορτίου με βάση τις παραπάνω στάθμες.

Σχετικά με την Σ.Α.Δ. σκυροδέματος στόχος αποτελεί η εύρεση της θλιπτικής αντοχής σε κάθε περιοχή του φέροντος οργανισμού. Οι μέθοδοι εκτίμησης της αντοχής του σκυροδέματος γίνονται με έμμεσες μεθόδους και πυρηνοληψίας ώστε να δίνεται η δυνατότητα ελέγχου σε περισσότερες θέσεις με μεγαλύτερη αξιοπιστία. Για μεγαλύτερα των 2 ορόφων κτίρια, απαιτούνται τουλάχιστον 3 πυρήνες ανά δύο ορόφους οπωσδήποτε όμως 3 πυρήνες στον κρίσιμο όροφο. Για να μπορεί η Σ.Α.Δ να θεωρηθεί υψηλή πρέπει οι θέσεις εφαρμογής των έμμεσων μεθόδων να καλύπτουν σε κάθε όροφο το 45% των κατακόρυφων στοιχείων και το 25% των οριζόντιων στοιχείων (δοκοί η πλάκες). Η Σ.Α.Δ. για να μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητική πρέπει οι έμμεσες μέθοδοι καλύπτουν το 30% των κατακόρυφων και το 15% των οριζόντιων στοιχείων.[5]

Σχετικά με την Σ.Α.Δ χάλυβα οπλισμού, αυτή έχει ως στόχο την εύρεση της κατηγορίας του οπλισμού. Η Σ.Α.Δ. μπορεί να χαρακτηριστεί υψηλή όταν γίνεται πλήρης διερεύνηση για τον προσδιορισμό των πραγματικών χαρακτηριστικών του χάλυβα (όριο διαρροής, αντοχή, ολκιμότητα) σε 3 τουλάχιστον δείγματα περίπου ίδιας διαμέτρου από δομικά στοιχεία του κρίσιμου ορόφου αλλιώς η Σ.Α.Δ. θεωρείται ικανοποιητική.[5]

Σχετικά με την Σ.Α.Δ. φορτίου, γεωμετρικών δεδομένων ισχύουν σύμφωνα με τον πίνακα 3.2 του ΚΑΝ.ΕΠΕ[1] τα εξής :

| ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ | ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ | ΔΕΔΟΜΕΝΑ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|--|--------------------------------------|----------|----------|-------|------------------------------|----------|----------|-------|-----------------------------------|----------|----------|-------|-------------------------------|----------|----------|-------|----------|----------|----------|-------|---|
| | | ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΦΟΡΕΑ ΟΜΟΙΟΤΗΤΗΣ | | | | ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΑΝΔΑΞΙΩΣ | | | | ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΤΟΙΧΟΘΕΤΗΣΕΩΝ | | | | ΙΣΙΑ ΒΑΡΗ ΕΠΙΣΤΡΕΨΕΩΝ, Κ.Λ.Ρ. | | | | ΟΠΙΣΘΟΙ | | | | |
| | | Ακτινική | Ακτινική | Πλευρική | Υψηλή | Ακτινική | Ακτινική | Πλευρική | Υψηλή | Ακτινική | Ακτινική | Πλευρική | Υψηλή | Ακτινική | Ακτινική | Πλευρική | Υψηλή | Ακτινική | Ακτινική | Πλευρική | Υψηλή | |
| 1 | Δεδομένο που προέρχεται από σχέδιο της αρχικής μελέτης ή οποία έχει αποδοκιμασθεί εφαρμοσθεί | | | | * | | | | * | | | | * | | | | | | | | | * |
| 2 | Δεδομένο που προέρχεται από σχέδιο της αρχικής μελέτης ή οποία έχει εφαρμοσθεί με λίγες τροποποιήσεις που ενισχύθηκαν κατά τη διακρίση | | | | * | | | | * | | | | * | | | | | | | | | * |
| 3 | Δεδομένο που προέρχεται από στοιχεία, σε μορφή κειμένου παρατηρούμε, σε σχέδιο της αρχικής μελέτης. | * | | | | * | | | * | | | | * | | | | | | | | | * |
| 4 | Δεδομένο που έχει διαπιστωθεί ή/και μετρηθεί ή/και απαιτηθεί αξιόπιστα | | * | | | | * | | * | | | | * | | | | | | | | | * |
| 5 | Δεδομένο που έχει προσδιοριστεί με έμμεσον τρόπο | * | | | | * | | | * | | | | * | | | | | | | | | * |
| 6 | Δεδομένο που έχει ελεγχθεί θεωρητικά κατά κρίση | * | * | | | * | * | | * | * | | * | * | | * | * | | * | * | | * | * |
| 7 | Δεν υπάρχουν δεδομένα | * | | | | * | | | * | | | | * | | | | * | | | * | | * |

Σχήμα 2: ΣΑΔ φορτίων

1.4 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΔΡΑΣΕΙΣ γ_{sd}

Για τα υπό επανέλεγχο υφιστάμενα κτίρια, ορισμένα προσομοιώματα εμπεριέχουν αβεβαιότητες στη μαθηματική έκφραση των αντίστοιχων φυσικών φαινομένων, οι οποίες οφείλουν να αντισταθμισθούν με κατάλληλους συντελεστές ασφαλείας γ_{sd} και γ_{Rd} έναντι αβεβαιότητας προσομοιωμάτων. Ο συντελεστής ασφαλείας γ_{sd} με τον οποίο λαμβάνονται υπόψη οι αυξημένες (σε σχέση με τον σχεδιασμό νέων κτιρίων) αβεβαιότητες των προσομοιωμάτων επηρεάζει την τιμή σχεδιασμού (και επανελέγχου) των εντατικών ή παραμορφωσιακών μεγεθών που προκαλούνται από τις δράσεις μέσω της σχέσης $S_d = \gamma_{sd} \cdot S$ ($S_k \cdot \gamma_f$) [1], όπου S_d : οι τιμές σχεδιασμού των εντατικών μεγεθών λόγω των δράσεων.

Οι τιμές του συντελεστή γ_{sd} ως συνάρτηση των υαρχόντων με τις βλάβων δίνονται στον παρακάτω πίνακα.[1]

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

Σχήμα 3. Τιμές του συντελεστή γ_{sd}

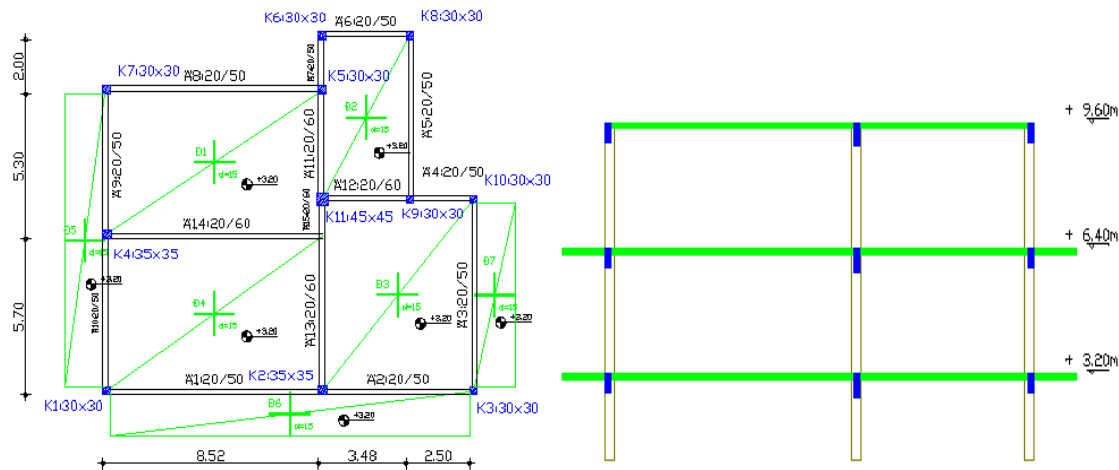
2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η συγκριτική αποτίμηση της επάρκειας ενός διώροφου κριτηρίου Ο/Σ, ώστε να καταστεί δυνατή η προσθήκη ενός επιπλέον ορόφου, με 3 διαφορετικές μεθόδους ανάλυσης όπως ορίζονται στον ΚΑΝ.ΕΠΕ. Για κάθε ανάλυση γίνονται όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί για 3 στάθμες επιτελεστικότητας (Α, Β, Γ), 2

διαφορετικών σταθμών (Υψηλή και Ικανοποιητική) για Σ.Α.Δ. σκυροδέματος, χάλυβα οπλισμού, φορτίου, 2 συντελεστών βλαβών $\gamma_{SD}=1.0$ και $\gamma_{SD}=1.1$ και για ποσοστό υπέρβασης σεισμού 10% και 50%. Από το κτίριο μελετώνται οι ανεπάρκειες, εκφρασμένες σε cm^2 , για τους παραπάνω συνδυασμούς στον οπλισμό της στήριξης μιας μονόπακτης και μιας αμφίερευστης δοκού για τον 1 και 2 όροφο. Επιπρόσθετα εξετάζονται με μια δυναμική ελαστική μέθοδο ένα εσωτερικό και ένα κεντρικό υποστύλωμα για το ισόγειο και τον πρώτο όροφο καθώς και οι ανεπάρκειες στην στήριξη μιας μονόπακτης δοκού μεγαλύτερου ανοίγματος. Ως στόχο η εργασία έχει την εύρεση την πιο συντηρητικής μεθόδου αποτίμησης αλλά και την ανάδειξη της σημασίας των σταθμών επιτελεστηκότητας, Σ.Α.Δ., συντελεστών βλαβών και ποσοστού επαναφοράς σεισμού για τις ανεπάρκειες δοκού και υποστυλώματος. Τέλος, ως συμπέρασμα της προτεινόμενης παραμετρικής ανάλυσης είναι η αποφυγή πλεονάζουσας ενίσχυσης του φορέα μέσω της σωστής επιλογής σταθμών επιτελεστηκότητας και Σ.Α.Δ από τον μελετητή μηχανικό, γεγονός που έχει οικονομικά οφέλη για τον ιδιοκτήτη.

3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΦΟΡΕΑ

Το κτίριο που μελετήθηκε φαίνεται στα σχήματα 3 και 4 που δίνονται παρακάτω σε κάτοψη και τομή αντίστοιχα.



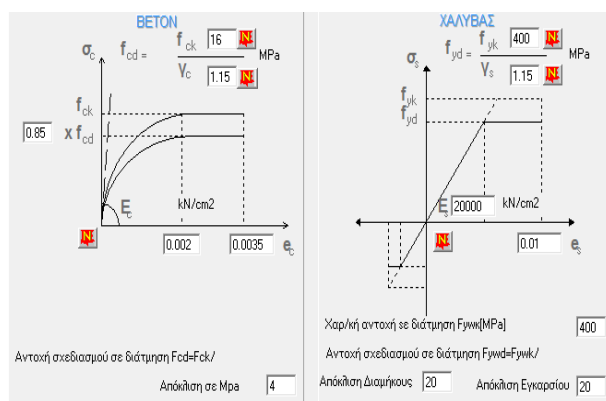
Σχήμα 4: Κάτοψη και οριζόντια τομή

Το υπάρχον κτίριο έχει ισόγειο και έναν όροφο όμως επειδή μελετάται η αποτίμηση της επάρκειας των στοιχείων για να μπορέσει να προστεθεί ένας επιπλέον όροφος, το κτήριο σχεδιάστηκε με τον επιπλέον όροφο γεγονός που φαίνεται στο σχ. 4. Η κάτοψη παραμένει η ίδια και στις 3 στάθμες του κτιρίου με μόνη εξαίρεση την απουσία προβόλων στην στάθμη 3.

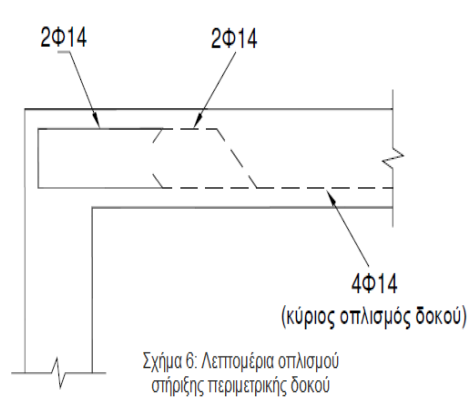
Οι διαστάσεις και οι οπλισμοί του φέροντος οργανισμού του κτιρίου είναι οι εξής [8].

- Υποστυλώματα : - Γωνιακά: 0.30x0.30(m), με διαμήκη οπλισμό 4Φ20 στις γωνίες και εγκάρσιο Φ8/200.- Περιμετρικά (που δεν είναι γωνιακά): 0.35x0.35(m), με διαμήκη οπλισμό 4Φ18 στις γωνίες και εγκάρσιο Φ8/200.- Κεντρικό: 0.45x0.45(m), με διαμήκη οπλισμό 8Φ16 ομοιόμορφα περιμετρικά και εγκάρσιο Φ8/200.
- Δοκοί -Περιμετρικές: 0.20x0.50(m) με διαμήκη οπλισμό 4Φ14 στο κάτω πέλαμα του ανοίγματος, απ' τα οποία τα μισά κάμπτονται στις στηρίξεις όπου υπάρχουν επιπλέον 2Φ14 ως πρόσθετος αντισεισμικός οπλισμός και εγκάρσιο οπλισμό Φ8/300.- Εσωτερικές: 0.20x0.60(m) με διαμήκη οπλισμό 4Φ16 στο άνοιγμα απ' τα οποία τα μισά κάμπτονται στις στηρίξεις, όπου υπάρχει πρόσθετος αντισεισμικός οπλισμός 2Φ18 και εγκάρσιο οπλισμό Φ8/300.

- Πλάκες : Οι πλάκες έχουν πάχος $h_f=0.15$ m και έχουν οπλισμό και στις δυο διευθύνσεις $\Phi 8/150$.
- Το σκυρόδεμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν κατηγορίας C16/20 με θλιπτική αντοχή $f_c=16\text{MPa}$ και ο χάλυβας κατηγορίας S400 με εφελκυστική αντοχή $f_y=400\text{MPa}$ (βλ. σχήμα 5).
- Τοιχοπληρώσεις : Περιμετρικά σε κάθε όροφο υπάρχει μπατική τοιχοποιία ενώ κάτω από κάθε εσωτερική δοκό υπάρχει δρομική τοιχοποιία. Για τις τοιχοπληρώσεις χρησιμοποιήθηκαν οπτόπλινθοι ομάδας 2^A με μέση θλιπτική αντοχή λιθοσώματος 5MPa και κονίαμα γενικής εφαρμογής με θλιπτική αντοχή 5MPa . Πρέπει να αναφερθεί ότι τοιχοποιία έχει μόνο 2 και 3 στάθμη ενώ η στάθμη 1 είναι τύπου <<pilotis>>. [5]
Τα φορτία που επιλέχθηκαν είναι τα εξής [8] :
- Κινητό φορτίο πλακών: 2 KN/m^2 και επικάλυψη πλακών: $1,5 \text{ KN/m}^2$.
- Φορτίο δρομικών τοίχων: 6.3 KN/m και φορτίο μπατικής τοιχοποιίας: 10.8 KN/m .



Σχήμα 5: Υλικά



Σχήμα 6: Λεπτομέρεια όπλισης

Το κτίριο βρίσκεται σε ζώνη σεισμικότητας II με κατηγορία εδάφους B και συνήθη σπουδαιότητα. Το φάσμα επιταχύνσεων σχεδιασμού για τις παραπάνω συνθήκες παίρνεται από τον ΕΑΚ με $T1=0.15, T2=0.5$ και $a_g=0.24g$ για ποσοστό 10% και $a_g=0.13g$ για 50%. [7]

4. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ-ΑΝΑΛΥΣΗ

Κατά την προσομοίωση και την ανάλυση του κτηρίου χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα 3DR Strad το οποίο περιέχει ενσωματωμένο υποπρόγραμμα βασισμένο στις διατάξεις του ΚΑΝ.ΕΠΕ. Πρώτο βήμα ήταν η περιγραφή του φορέα στο πρόγραμμα που περιελάμβανε τον ορισμό των διατομών των υποστυλωμάτων, των δοκών, των πλακών και των τοιχοπληρώσεων. [5] Συγκεκριμένα τοιχοπληρώσεις τοποθετήθηκαν μόνο στις στάθμες των ορόφων καθώς η στάθμη του ισογείου είναι τύπου <<pilotis>>. Στην συνέχεια ορίστηκαν οι υπάρχοντες οπλισμοί των δοκών και των υποστυλωμάτων όπως αναφέρθηκαν στο Κεφ. 3. Το τελευταίο βήμα ήταν ο ορισμός των φορτίων των πλακών καθώς και το πρόσθετο φορτίο των δοκών λόγω της ύπαρξης τοιχοπληρώσεων. Ο στόχος των αναλύσεων ήταν να προκύψουν οι ανεπάρκειες στους οπλισμούς των στηρίξεων των δοκών (βλ. Σχήμα 6) καθώς και οι ανεπάρκειες του οπλισμού των υποστυλωμάτων.

4.1 ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

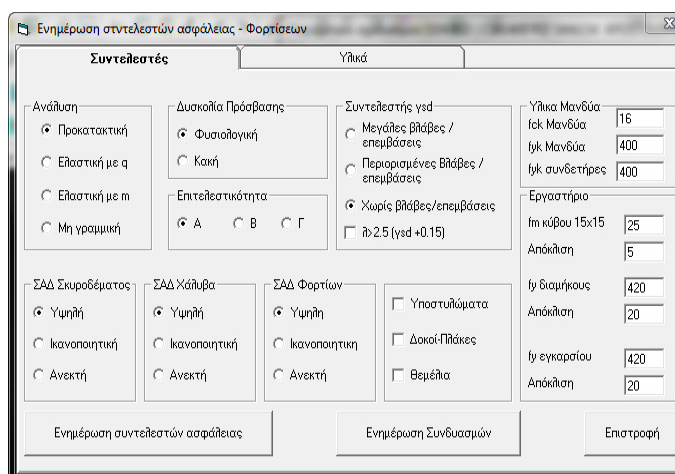
Πραγματοποιήθηκαν τρεις αναλύσεις, δύο δυναμικές ελαστικές και μια ισοδύναμη στατική. Αυτές ήταν η Ελαστική Δυναμική με καθολικό δείκτη q , η Δυναμική Ελαστική με τοπικούς δείκτες m και η Ισοδύναμη Στατική με καθολικό δείκτη q . Οι προϋποθέσεις εφαρμογής των παραπάνω μεθόδων όπως ορίζονται απ' των ΚΑΝ.ΕΠΕ είναι οι εξής: Για την ελαστική

στατική μέθοδο και συγκεκριμένα για Β και Γ επιτελεστικότητα θα πρέπει: (α) ο δείκτης λ για όλα τα κύρια στοιχεία να μην υπερβαίνει την τιμή 2.5, ή για ένα ή περισσότερα να προκύπτει $\lambda > 2.5$, με $\lambda = S_E/R_m$ όπου το λ είναι ο δείκτης ανεπάρκειας, το S_E το εντατικό μέγεθος λόγω σεισμού και R_m η διαθέσιμη αντίσταση των στοιχείων, (β) η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος του κτηρίου T_{0na} είναι μικρότερη από $4T_c$, (γ) ο λόγος της οριζόντιας διάστασης ενός ορόφου προς την αντίστοιχη διάσταση σε έναν γειτονικό όροφο να μην υπερβαίνει το 1.5, (δ) το κτήριο να μην παρουσιάζει ασυμμετρία στην κατανομή των δυσκαμψιών όπως και στην κατανομή της μάζας και (ε) το κτήριο θα πρέπει να διαθέτει σύστημα ανάληψης σεισμικών δράσεων σε δύο κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις. Για τις δυναμικές ελαστικές αναλύσεις η προϋπόθεση εφαρμογής είναι να μην υπερβαίνει το λ την τιμή 2.5 σε όλα τα κύρια στοιχεία της κατασκευής. Αξίζει να σημειωθεί όμως ότι ακόμα κι αν δεν πληρούνται οι παραπάνω προϋποθέσεις ο μελετητής μπορεί να προχωρήσει στις αναλύσεις αυξάνοντας το γ_{sd} κατά 15%. [1]

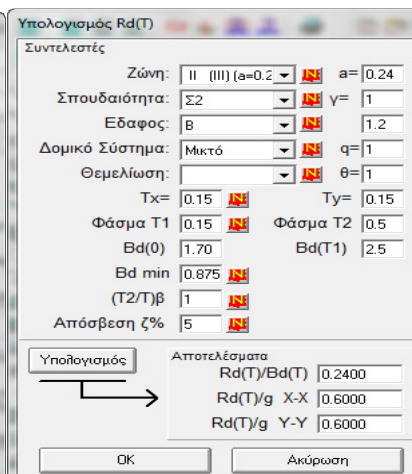
4.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ

Μετά την περιγραφή του φορέα στο πρόγραμμα σειρά είχε η ανάλυση. Πριν από κάθε ανάλυση πραγματοποιούταν προκαταρκτική ανάλυση κατά ΚΑΝΕΠΕ ώστε να πληρούνται οι προϋποθέσεις εφαρμογής των μεθόδων. [6] Κατά την επίλυση εξετάστηκαν οι μονόπακτες δοκοί Δ1, Δ2 για ανεπάρκεια στην στήριξη (πάκτωση) και η αμφιέριστη δοκός Δ6 για ανεπάρκεια στην αριστερή στήριξη, στις δυο πρώτες στάθμες. Ο λόγος που επιλέχθηκε η ανεπάρκεια στην στήριξη και όχι στο άνοιγμα της δοκού είναι η κατασκευαστική δυσκολία της ενίσχυσης στην περιοχή αυτή σε σχέση με αυτή του ανοίγματος. Επίσης εξετάστηκαν τα υποστυλώματα Κ10 και Κ11, από τα οποία το πρώτο είναι περιμετρικό και το δεύτερο είναι το κεντρικό υποστυλώμα. Ο λόγος που επιλέχθηκαν τα συγκεκριμένα υποστυλώματα είναι ότι το πρώτο επιβαρύνεται κυρίως από τις σεισμικές δράσεις ενώ το δεύτερο από τα κατακόρυφα φορτία. Η παραμετρική διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν κοινή και για τις τρεις αναλύσεις και περιελάμβανε διαδοχικές αναλύσεις για όλους τους πιθανούς συνδυασμούς επιλογής των εξής παραμέτρων: Στάθμη Επιτελεστικότητας (Α, Β, Γ), Ποσοστό επαναφοράς σεισμού (10%, 50%), ΣΑΔ Φορτίων (Υ, Ι), ΣΑΔ Βeton (Υ, Ι), ΣΑΔ Χάλυβα (Υ, Ι) καθώς και του συντελεστή γ_{sd} (1.0, 1.1). Παρακάτω παραθέτονται εικόνες που δείχνουν την διαδικασία ανάλυσης μέσω του προγράμματος.

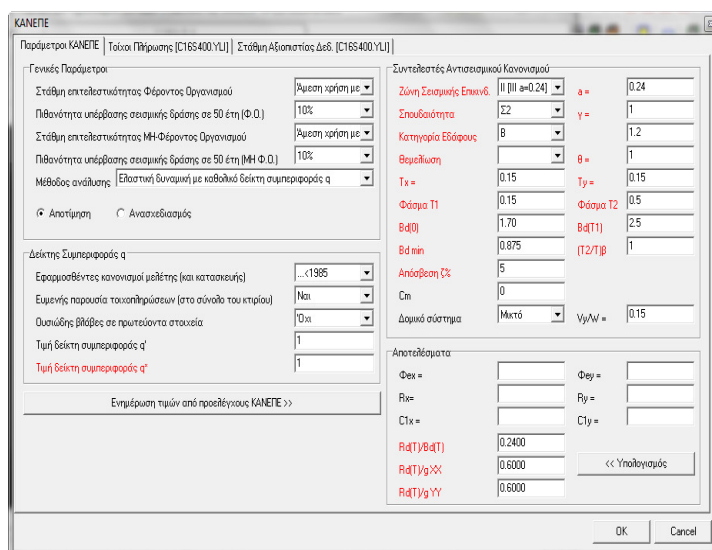
Σχήμα 7: Ορισμός υπάρχοντος οπλισμού δοκού



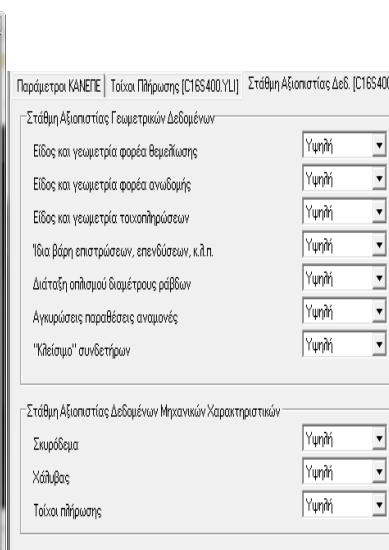
Σχήμα 8: Εισαγωγή παραμέτρων



Σχήμα 9: Ορισμός στοιχείων εδάφους



Σχήμα 10: Επιλογή μεθόδου ανάλυσης και στάθμης επιτελεστικότητας



Σχήμα 11: επιλογή ΣΑΔ

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις 3 αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν για τις δοκούς Δ2, Δ6, τα αποτελέσματα της ανάλυσης για τα υποστυλώματα Κ10, Κ11 καθώς και μια σύγκριση ανεπαρκειών στήριξης των δοκών Δ1, Δ2.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε μορφή πινάκων ενώ παρατίθενται και ένα χαρακτηριστικό διαγράμματα ροπών της συνεχής δοκού 1 που περιλαμβάνει τα Δ1, Δ2. Οι ανεπάρκειες με τιμή μεγαλύτερη του 1 cm² θεωρούνται σημαντικές και για τον λόγο αυτό παρουσιάζονται με έντονη γραμματοσειρά.

5.1 ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΚΑΘΟΛΙΚΟ ΔΕΙΚΤΗ q – ΔΟΚΟΙ

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι ανεπάρκειες των δοκών Δ2, Δ6 για όλους τους πιθανούς συνδυασμούς επιλογής παραμέτρων για ποσοστό επαναφοράς σεισμού 10%. Για ποσοστό επαναφοράς σεισμού 50% οι ανεπάρκειες προέκυψαν μηδενικές.

| ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑ | | | ΣΑΔ ΦΟΡΤΙΩΝ | | ΣΑΔ ΒΕΤΟΝ | | ΣΑΔ ΧΑΛΥΒΑ | | ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΕΣ (cm ²) | | | | | | | |
|------------------|---|---|-------------|---|-----------|---|------------|---|--------------------------------|------|----------------------|----|----------------------|------|----------------------|------|
| Α | Β | Γ | Υ | Ι | Υ | Ι | Υ | Ι | γ _{sd} =1.0 | | γ _{sd} =1.0 | | γ _{sd} =1.1 | | γ _{sd} =1.1 | |
| | | | | | | | | | Στάθμη 1 | | Στάθμη 2 | | Στάθμη 1 | | Στάθμη 2 | |
| | | | | | | | | | Δ2 | Δ6 | Δ2 | Δ6 | Δ2 | Δ6 | Δ2 | Δ6 |
| X | | | X | | X | | X | | 1,92 | 2,26 | - | - | 4.44 | 3.25 | - | - |
| X | | | X | | X | | | X | 3,96 | 3,22 | - | - | 6.73 | 4.2 | - | - |
| X | | | X | | | X | X | | 2,09 | 2,35 | - | - | 4.79 | 3.26 | - | - |
| X | | | X | | | X | | X | 4,15 | 3,23 | - | - | 7.11 | 4.20 | - | 0.64 |
| X | | | | X | X | | X | | 2,48 | 2,38 | - | - | 5.14 | 3.27 | - | - |
| X | | | | X | X | | | X | 4,58 | 3,24 | - | - | 7.51 | 4.22 | - | 0.15 |
| X | | | | X | | X | X | | 2,39 | 2,36 | - | - | 5.55 | 3.27 | - | - |
| X | | | | X | | X | | X | 4,80 | 3,24 | - | - | 7.95 | 4.22 | - | 0.15 |
| | X | | X | | X | | X | | - | 0,30 | - | - | 0.42 | 0.95 | - | - |
| | X | | X | | X | | | X | - | 0,92 | - | - | 2.22 | 1.63 | - | - |
| | X | | X | | | X | X | | - | 0,30 | - | - | 0.77 | 0.96 | - | - |
| | X | | X | | | X | | X | - | 0,61 | - | - | 2.6 | 1.63 | - | - |
| | X | | | X | X | | X | | - | 0,32 | - | - | 1.27 | 0.97 | - | - |
| | X | | | X | X | | | X | 0,30 | 0,93 | - | - | 3.15 | 1.65 | - | - |
| | X | | | X | | X | X | | - | 0,31 | - | - | 1.72 | 0.97 | - | - |
| | X | | | X | | X | | X | 0,52 | 0,93 | - | - | 3.64 | 1.65 | - | - |
| | | X | X | | X | | X | | - | 0,71 | - | - | - | 1.37 | - | 1.14 |
| | | X | X | | X | | | X | - | 1,36 | - | - | 1.95 | 2.08 | - | 1.83 |
| | | X | X | | | X | X | | - | 0,71 | - | - | 0.35 | 1.37 | - | 1.14 |
| | | X | X | | | X | | X | - | 1,36 | - | - | 2.14 | 2.08 | - | 1.83 |
| | | X | | X | X | | X | | - | 0,73 | - | - | 0.8 | 1.39 | - | 1.18 |
| | | X | | X | X | | | X | - | 1,38 | - | - | 2.65 | 2.11 | - | 1.88 |
| | | X | | X | | X | X | | - | 0,73 | - | - | 1.35 | 1.39 | - | 1.18 |
| | | X | | X | | X | | X | - | 1,38 | - | - | 3.24 | 2.11 | - | 1.88 |

Πίνακας 1: Δυναμική Ελαστική Ανάλυση με καθολικό δείκτη η

Με βάση το Σχήμα 4 οι ανεπάρκειες αναφέρονται στην αριστερή στήριξη της Δ2 και Δ6.

5.2 ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΣΤΑΤΙΚΗ ΜΕ q – ΔΟΚΟΙ

Στον παρακάτω πίνακα οι τιμές που δίνονται είναι για ποσοστό επαναφοράς σεισμού 10%. Με (*) είναι οι τιμές της ανεπάρκειας με ποσοστό επαναφοράς 50% και αναφέρονται μόνο για την στάθμη του ισογείου. Οι υπόλοιπες ανεπάρκειες για ποσοστό 50% προκύπτουν μηδέν.

| ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑ | | | ΣΑΔ ΦΟΡΤΙΩΝ | | ΣΑΔ ΒΕΤΟΝ | | ΣΑΔ ΧΑΛΥΒΑ | | ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΕΣ (cm ²) | | | | | | | | | |
|------------------|---|---|-------------|---|-----------|---|------------|---|--------------------------------|------|----------------------|------|----------------------|-------|----------------------|------|----------------------|----------------------|
| Α | Β | Γ | Υ | Ι | Υ | Ι | Υ | Ι | γ _{στ} =1.0 | | γ _{στ} =1.0 | | γ _{στ} =1.1 | | γ _{στ} =1.1 | | γ _{στ} =1.0 | γ _{στ} =1.1 |
| | | | | | | | | | Στάθμη 1 | | Στάθμη 2 | | Στάθμη 1 | | Στάθμη 2 | | * | * |
| | | | | | | | | | Δ2 | Δ6 | Δ2 | Δ6 | Δ2 | Δ6 | Δ2 | Δ6 | Δ6 | Δ6 |
| X | | | X | | X | | X | | 5.63 | 8.8 | - | 1.38 | 9.19 | 10.45 | - | 2.9 | 1.5 | 2.34 |
| X | | | X | | X | | | X | 8.04 | 10.3 | - | 2.4 | 11.95 | 12.11 | - | 2.91 | 2.27 | 3.19 |
| X | | | X | | | X | X | | 7.58 | 8.81 | - | 1.39 | 9.81 | 10.46 | - | 2.09 | 1.51 | 2.34 |
| X | | | X | | | X | | X | 8.37 | 10.3 | - | 2.4 | 12.64 | 12.12 | - | 2.91 | 2.27 | 3.19 |
| X | | | | X | X | | | X | 5.85 | 8.8 | - | 1.41 | 9.95 | 10.46 | - | 2.12 | 1.51 | 2.35 |
| X | | | | X | X | | | X | 8.68 | 10.3 | - | 2.18 | 12.79 | 12.12 | - | 2.95 | 2.28 | 3.2 |
| X | | | | X | | X | X | | 6.55 | 8.8 | - | 1.41 | 10.67 | 10.47 | - | 2.12 | 1.52 | 2.35 |
| X | | | | X | | X | | X | 9.06 | 10.3 | - | 2.2 | 13.58 | 12.13 | - | 2.95 | 2.28 | 3.2 |
| | X | | X | | X | | | X | 1.6 | 5.27 | - | 1.12 | 5.19 | 6.5 | - | 1.85 | 0.19 | 0.38 |
| | X | | X | | X | | | X | 3.5 | 6.35 | - | 1.81 | 7.44 | 7.75 | - | 2.62 | 0.29 | 1 |
| | X | | X | | | X | X | | 1.97 | 5.27 | - | 1.12 | 8.44 | 6.55 | - | 1.08 | 0.19 | 0.38 |
| | X | | X | | | X | | X | 3.92 | 6.36 | - | 1.81 | 11.3 | 7.75 | - | 2.62 | 0.29 | 1 |
| | X | | | X | X | | | X | 2.32 | 5.28 | - | 1.15 | 9.26 | 6.56 | - | 1.89 | - | 0.39 |
| | X | | | X | X | | | X | 4.31 | 6.37 | - | 1.8 | 10.15 | 7.77 | - | 2.6 | 0.3 | 1.01 |
| | X | | | X | | X | X | | 2.79 | 5.28 | - | 1.18 | 8.42 | 6.56 | - | 1.89 | - | 0.39 |
| | X | | | X | | X | | X | 4.81 | 6.37 | - | 1.85 | 11.28 | 7.77 | - | 2.62 | 0.3 | 1.01 |
| | | X | X | | X | | | X | 3.23 | 5.26 | - | 4.08 | 8.03 | 6.59 | - | 5.25 | - | 0.46 |
| | | X | X | | X | | | X | 5.3 | 6.35 | - | 5.05 | 10.9 | 7.8 | - | 6.34 | 0.34 | 1.09 |
| | | X | X | | | X | X | | 6.72 | 5.27 | - | 4.08 | 6.72 | 6.59 | - | 5.26 | - | 0.46 |
| | | X | X | | | X | | X | 9.4 | 6.35 | - | 5.06 | 9.41 | 7.81 | - | 6.34 | 0.34 | 1.09 |
| | | X | | X | X | | | X | 5.7 | 5.27 | - | 4.11 | 8.02 | 6.6 | - | 5.29 | - | 0.47 |
| | | X | | X | X | | | X | 6.36 | 6.36 | - | 5.09 | 10.88 | 7.82 | - | 6.38 | 0.35 | 1.1 |
| | | X | | X | | X | X | | 6.7 | 5.28 | - | 4.11 | 6.7 | 6.61 | - | 5.29 | - | 0.47 |
| | | X | | X | | X | | X | 9.4 | 6.36 | - | 5.09 | 9.4 | 7.82 | - | 6.38 | 0.35 | 1.1 |

Πίνακας 2: Ισοδύναμη Στατική με q

5.3 ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΜΕ m – ΔΟΚΟΙ

| ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑ | | | ΣΑΔ ΦΟΡΤΙΩΝ | | ΣΑΔ ΒΕΤΟΝ | | ΣΑΔ ΧΑΛΥΒΑ | | ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΕΣ (cm ²) | | | | | | | |
|------------------|---|---|-------------|---|-----------|---|------------|---|--------------------------------|------|----------------------|----|----------------------|------|----------------------|----|
| Α | Β | Γ | Υ | Ι | Υ | Ι | Υ | Ι | γ _{sd} =1.0 | | γ _{sd} =1.0 | | γ _{sd} =1.1 | | γ _{sd} =1.1 | |
| | | | | | | | | | Στάθμη 1 | | Στάθμη 2 | | Στάθμη 1 | | Στάθμη 2 | |
| | | | | | | | | | Δ2 | Δ6 | Δ2 | Δ6 | Δ2 | Δ6 | Δ2 | Δ6 |
| X | | | X | | X | | X | | - | 2.5 | - | - | 1.25 | 3.25 | - | - |
| X | | | X | | X | | | X | 1.12 | 3.37 | - | - | 3.22 | 4.20 | - | - |
| X | | | X | | | X | X | | - | 2.5 | - | - | 1.41 | 3.26 | - | - |
| X | | | X | | | X | | X | 1.21 | 3.37 | - | - | 3.40 | 4.20 | - | - |
| X | | | | X | X | | X | | - | 2.51 | - | - | 1.83 | 3.27 | - | - |
| X | | | | X | X | | | X | 1.64 | 3.38 | - | - | 3.86 | 4.21 | - | - |
| X | | | | X | | X | X | | - | 2.51 | - | - | 2.02 | 3.27 | - | - |
| X | | | | X | | X | | X | 1.75 | 3.38 | - | - | 4.06 | 4.22 | - | - |
| | X | | X | | X | | X | | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | X | | X | | X | | | X | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | X | | X | | | X | X | | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | X | | X | | | X | | X | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | X | | | X | X | | X | | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | X | | | X | X | | | X | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | X | | | X | | X | X | | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | X | | | X | | X | | X | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | X | X | | X | | X | | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | X | X | | X | | | X | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | X | X | | | X | X | | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | X | X | | | X | | X | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | X | | X | X | | | X | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | X | | X | | X | X | | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | X | | X | | X | | X | - | - | - | - | - | - | - | - |

Πίνακας 3: Ελαστική Δυναμική με m

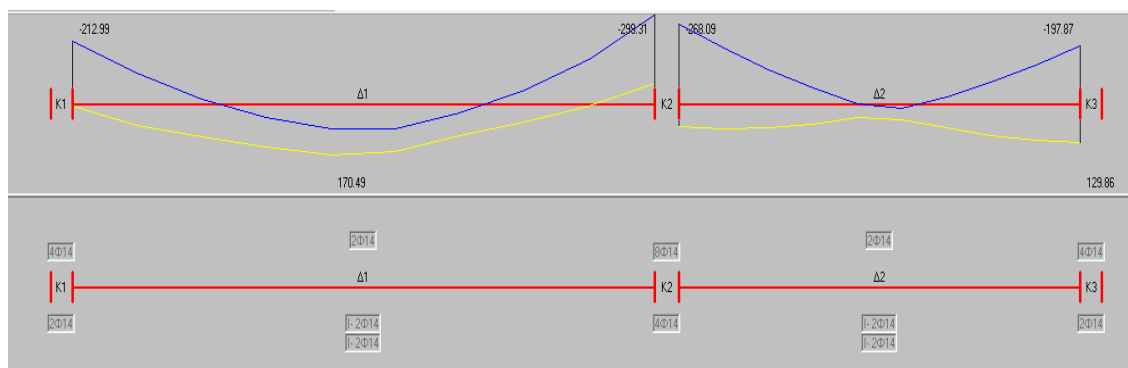
Στον παραπάνω πίνακα αναφέρονται οι ανεπάρκειες για ποσοστό επαναφοράς σεισμού 10%. Οι ανεπάρκειες για ποσοστό 50% προέκυψαν μηδέν.

5.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ 2 ΜΟΝΟΠΑΚΤΩΝ ΔΟΚΩΝ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ ΜΕ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟ m

| ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑ | | | ΣΑΔ ΦΟΡΤΙΩΝ | | ΣΑΔ ΒΕΤΟΝ | | ΣΑΔ ΧΑΛΥΒΑ | | ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΕΣ (cm ²) | | | | | | | |
|------------------|---|---|-------------|---|-----------|---|------------|---|--------------------------------|------|----------------------|------|----------------------|------|----------------------|------|
| Α | Β | Γ | Υ | Ι | Υ | Ι | Υ | Ι | γ _{sd} =1.0 | | γ _{sd} =1.0 | | γ _{sd} =1.1 | | γ _{sd} =1.1 | |
| | | | | | | | | | Στάθμη 1 | | Στάθμη 2 | | Στάθμη 1 | | Στάθμη 2 | |
| | | | | | | | | | Δ2 | Δ1 | Δ2 | Δ1 | Δ2 | Δ1 | Δ2 | Δ1 |
| X | | | X | | X | | X | | 1,92 | - | - | - | 4.44 | 1.06 | - | - |
| X | | | X | | X | | | X | 3,96 | 0.04 | - | 0.11 | 6.73 | 3.01 | - | - |
| X | | | X | | | X | X | | 2,09 | - | - | - | 4.79 | 1.47 | - | - |
| X | | | X | | | X | | X | 4,15 | 0.29 | - | 0.27 | 7.11 | 3.46 | - | 0.27 |
| X | | | | X | X | | X | | 2,48 | - | - | 0.04 | 5.14 | 2.41 | - | 0.04 |
| X | | | | X | X | | | X | 4,58 | 1.23 | - | 1.9 | 7.51 | 4.50 | - | 1.90 |
| X | | | | X | | X | X | | 2.39 | - | - | 0.26 | 5.55 | 2.95 | - | 0.26 |
| X | | | | X | | X | | X | 4,80 | 1.15 | - | 2.14 | 7.95 | 5.09 | - | 2.14 |
| | X | | X | | X | | X | | - | 0.39 | - | 2.00 | 0.42 | 0.86 | - | 2.00 |
| | X | | X | | X | | | X | - | 2.19 | - | 3.95 | 2.22 | 2.70 | - | 3.95 |
| | X | | X | | | X | X | | - | 0.91 | - | 6.02 | 0.77 | 3.61 | - | 6.02 |
| | X | | X | | | X | | X | - | 2.76 | - | 6.6 | 2.6 | 2.85 | - | 6.60 |
| | X | | | X | X | | X | | - | 2.85 | - | 7.49 | 1.27 | 2.85 | - | 7.49 |
| | X | | | X | X | | | X | 0,30 | 4.89 | - | 10.3 | 3.15 | 4.89 | - | 10.3 |
| | X | | | X | | X | X | | - | 6.07 | - | 6.17 | 1.72 | 6.09 | - | 6.17 |
| | X | | | X | | X | | X | 0,52 | 8.7 | - | 8.82 | 3.64 | 8.70 | - | 8.82 |
| | | X | X | | X | | X | | - | 0.39 | - | 2.00 | - | 0.68 | - | 2.00 |
| | | X | X | | X | | | X | - | 2.19 | - | 3.95 | 1.95 | 2.50 | - | 3.95 |
| | | X | X | | | X | X | | - | 0.91 | - | 6.02 | 0.35 | 1.24 | - | 6.02 |
| | | X | X | | | X | | X | - | 2.76 | - | 6.6 | 2.14 | 3.12 | - | 6.60 |
| | | X | | X | X | | X | | - | 2.85 | - | 7.49 | 0.8 | 2.85 | - | 7.49 |
| | | X | | X | X | | | X | - | 4.89 | - | 10.3 | 2.65 | 4.89 | - | 10.3 |
| | | X | | X | | X | X | | - | 6.07 | - | 6.17 | 1.35 | 6.07 | - | 6.17 |
| | | X | | X | | X | | X | - | 8.70 | - | 8.82 | 3.24 | 8.70 | - | 8.82 |

Πίνακας 4: Σύγκριση Μονόπακτων Δοκών

Η δοκός Δ1 με βάση την κάτοψη του Σχήματος 4 εξετάζεται για ανεπάρκεια στην δεξιά στήριξη.



Σχήμα 12: Διαγράμματα ροπών των δοκών Δ1, Δ2

5.5 ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΜΕ ΤΟΠΙΚΟΥΣ ΔΕΙΚΤΕΣ m – ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ-ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΕΙΣΜΟΥ 10%

| ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑ | | | ΣΑΔ ΦΟΡΤΙΩΝ | | ΣΑΔ ΒΕΤΟΝ | | ΣΑΔ ΧΑΛΥΒΑ | | ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΕΣ (cm ²) | | | | | | | |
|------------------|---|---|-------------|---|-----------|---|------------|---|--------------------------------|-----|----------------------|-----|----------------------|-----|----------------------|-----|
| Α | Β | Γ | Υ | Ι | Υ | Ι | Υ | Ι | γ _{sd} =1.0 | | γ _{sd} =1.0 | | γ _{sd} =1.1 | | γ _{sd} =1.1 | |
| | | | | | | | | | Στάθμη 1 | | Στάθμη 2 | | Στάθμη 1 | | Στάθμη 2 | |
| | | | | | | | | | K10 | K11 | K10 | K11 | K10 | K11 | K10 | K11 |
| X | | | X | | X | | X | | K | K/Δ | K | - | K | - | K | K |
| X | | | X | | X | | | X | K/Δ | K/Δ | K | - | K/Δ | - | K/Δ | K |
| X | | | X | | | X | X | | K | K/Δ | K | - | K | - | K | K |
| X | | | X | | | X | | X | K/Δ | K/Δ | K | - | K/Δ | K | K/Δ | K |
| X | | | | X | X | | X | | K | K/Δ | K | - | K | - | K | K |
| X | | | | X | X | | | X | K/Δ | K/Δ | K/Δ | - | K/Δ | - | K/Δ | K/Δ |
| X | | | | X | | X | X | | K | K/Δ | K | - | K | - | K | K |
| X | | | | X | | X | | X | K/Δ | K/Δ | K/Δ | - | K/Δ | K | K/Δ | K/Δ |
| | X | | X | | X | | X | | K/Δ | - | - | K | - | K | - | - |
| | X | | X | | X | | | X | K/Δ | - | - | K | - | K | - | - |
| | X | | X | | | X | X | | K/Δ | - | - | K | - | K | - | - |
| | X | | X | | | X | | X | K/Δ | - | - | K | - | K | - | - |
| | X | | | X | X | | X | | Δ | - | - | K | - | K | - | - |
| | X | | | X | X | | | X | Δ | Δ | - | K/Δ | - | K/Δ | Δ | Δ |
| | X | | | X | | X | X | | Δ | - | - | K | - | K | - | - |
| | X | | | X | | X | | X | Δ | Δ | - | K/Δ | - | K/Δ | Δ | Δ |
| | | X | X | | X | | X | | Δ | - | Δ | - | Δ | - | - | - |
| | | X | X | | X | | | X | Δ | - | Δ | - | Δ | - | - | - |
| | | X | X | | | X | X | | Δ | - | Δ | - | Δ | - | - | - |
| | | X | | X | X | | X | | Δ | - | Δ | - | Δ | - | - | - |
| | | X | | X | X | | | X | Δ | Δ | Δ | - | Δ | - | Δ | Δ |
| | | X | | X | | X | X | | Δ | - | Δ | - | Δ | - | - | - |
| | | X | | X | | X | | X | Δ | Δ | Δ | - | Δ | - | Δ | Δ |

Πίνακας 5: Ανεπάρκειες υποστυλωμάτων – 10%

Οι ανεπάρκειες των υποστυλωμάτων λόγω πολυπλοκότητας (διαξονική κάμψη) δεν μπορούν να εκφραστούν σε cm². Τα σύμβολα K και Δ υποδηλώνουν ότι για τον συγκεκριμένο συνδυασμό το υποστυλώμα δεν αντέχει σε κάμψη και διάτμηση αντίστοιχα.

5.6 ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΜΕ ΤΟΠΙΚΟΥΣ ΔΕΙΚΤΕΣ m – ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ-ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΕΙΣΜΟΥ 50%

| ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑ | | | ΣΑΔ ΦΟΡΤΙΩΝ | | ΣΑΔ ΒΕΤΟΝ | | ΣΑΔ ΧΑΛΥΒΑ | | ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΕΣ (cm ²) | | | | | | | |
|------------------|---|---|-------------|---|-----------|---|------------|---|--------------------------------|-----|----------------------|-----|----------------------|-----|----------------------|-----|
| Α | Β | Γ | Υ | Ι | Υ | Ι | Υ | Ι | γ _{sd} =1.0 | | γ _{sd} =1.0 | | γ _{sd} =1.1 | | γ _{sd} =1.1 | |
| | | | | | | | | | Στάθμη 1 | | Στάθμη 2 | | Στάθμη 1 | | Στάθμη 2 | |
| | | | | | | | | | K10 | K11 | K10 | K11 | K10 | K11 | K10 | K11 |
| X | | | X | | X | | X | | K | K/Δ | K | - | K | - | K | K |
| X | | | X | | X | | | X | K/Δ | K/Δ | K | - | K/Δ | - | K/Δ | K |
| X | | | X | | | X | X | | K | K/Δ | K | - | K | - | K | K |
| X | | | X | | | X | | X | K/Δ | K/Δ | K | - | K/Δ | K | K/Δ | K |
| X | | | | X | X | | X | | K | K/Δ | K | - | K | - | K | K |
| X | | | | X | X | | | X | K/Δ | K/Δ | K/Δ | - | K/Δ | - | K/Δ | K/Δ |
| X | | | | X | | X | X | | K | K/Δ | K | - | K | - | K | K |
| X | | | | X | | X | | X | K/Δ | K/Δ | K/Δ | - | K/Δ | K | K/Δ | K/Δ |
| | X | | X | | X | | X | | | K/Δ | - | - | K | - | K | - |
| | X | | X | | X | | | X | | K/Δ | - | - | K | - | K | - |
| | X | | X | | | X | X | | | K/Δ | - | - | K | - | K | - |
| | X | | X | | | X | | X | | K/Δ | - | - | K | - | K | - |
| | X | | | X | X | | X | | | Δ | - | - | K | - | K | - |
| | X | | | X | X | | | X | | Δ | Δ | - | K/Δ | - | K/Δ | Δ |
| | X | | | X | | X | X | | | Δ | - | - | K | - | K | - |
| | X | | | X | | X | | X | | Δ | Δ | - | K/Δ | - | K/Δ | Δ |
| | | X | X | | X | | X | | | Δ | - | Δ | - | Δ | - | - |
| | | X | X | | X | | | X | | Δ | - | Δ | - | Δ | - | - |
| | | X | X | | | X | X | | | Δ | - | Δ | - | Δ | - | - |
| | | X | | X | X | | X | | | Δ | - | Δ | - | Δ | - | - |
| | | X | | X | X | | | X | | Δ | Δ | Δ | - | Δ | - | Δ |
| | | X | | X | | X | X | | | Δ | - | Δ | - | Δ | - | - |
| | | X | | X | | X | | X | | Δ | Δ | Δ | - | Δ | - | Δ |

Πίνακας 6: Ανεπάρκειες υποστυλωμάτων – 50%

6. ΣΧΟΛΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στο παρών κεφάλαιο σχολιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης για τις δοκούς Δ1,Δ2,Δ6 και για τα υποστυλωμάτων K10,K11 στις στάθμες 1 και 2.

6.1 ΣΧΟΛΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ-ΔΟΚΩΝ

- Από τα αποτελέσματα των αναλύσεων προκύπτει ότι από πλευράς ανεπάρκειας η Ισοδύναμη Στατική με δείκτη q είναι η πιο συντηρητική μέθοδος ανάλυσης αφού δίνει τις μεγαλύτερες ανεπάρκειες. Στην συνέχεια είναι η Δυναμική Ελαστική με δείκτη q και τέλος η Δυναμική Ελαστική με δείκτη m, η οποία δίνει τις μικρότερες. Αυτό το αποτέλεσμα ήταν αναμενόμενο διότι κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ αναφέρεται ότι η μέθοδος q συγκριτικά με τη μέθοδο m χρησιμοποιεί διαφορετικές τιμές της διαθέσιμης αντίστασης R_d. [1]
- Για 50% πιθανότητα επαναφοράς σεισμού μόνο με την Ισοδύναμη Στατική με δείκτη q προκύπτουν ανεπάρκειες ενώ με τις άλλες 2 μεθόδους ανάλυσης προκύπτουν μηδενικές.

- Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ αναφέρει ότι για επιτελεστικότητα A δεν επιτρέπεται η διάκριση των στοιχείων σε κύρια και δευτερεύοντα κάτι που συμβαίνει στις επιτελεστικότες B και Γ. Αυτός είναι ο λόγος που μπορούν να παρατηρηθούν μικρότερες ανεπάρκειες στην επιτελεστικότητα A από τις αντίστοιχες για B ή Γ επιτελεστικότητα. (βλ. Πίνακα 1, Δ6 Στάθμη 2)
- Με βάση τις στάθμες επιτελεστικότητας, η στάθμη A συνήθως δίνει τις μεγαλύτερες ανεπάρκειες όμως για ορισμένους συνδυασμούς Σ.Α.Δ σκυροδέματος, χάλυβα, φορτίου η στάθμη B και Γ μπορούν να δώσουν μεγαλύτερες ανεπάρκειες. (βλ. Πίνακα 2, Δ2 Στάθμη 1)
- Με βάση της στάθμες αξιοπιστίας δεδομένων, ανεξαρτήτως μεθόδου ανάλυσης και στάθμης επιτελεστικότητας, για Σ.Α.Δ σκυροδέματος, χάλυβα και φορτίου Ικανοποιητική προκύπτει σχεδόν ίδια ανεπάρκεια όπως για την περίπτωση με Σ.Α.Δ. σκυροδέματος, φορτίου Υψηλή και Σ.Α.Δ χάλυβα Ικανοποιητική, γεγονός που δείχνει ότι η Σ.Α.Δ. χάλυβα αποτελεί τον πιο καθοριστικό παράγοντα από τους 3.
- Για στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων σκυροδέματος χάλυβα Ικανοποιητική προκύπτει μια αυξημένη ανεπάρκεια σε ποσοστό 50%-100% σε σχέση με την αντίστοιχη ανεπάρκεια για Σ.Α.Δ. χάλυβα Υψηλή, για την εκάστοτε στάθμη επιτελεστικότητας.
- Από τα αποτελέσματα των αναλύσεων προκύπτει ότι για την στάθμη 2 οι ανεπάρκειες των δοκών (μονόπακτη και αμφιέρεστη) είναι ελάχιστες ή μηδενικές και για τις 3 μεθόδους ανάλυσης.
- Για την στάθμη επιτελεστικότητας A από $\gamma_{sd}=1.00$ σε $\gamma_{sd}=1.10$ οι ανεπάρκειες για την μονόπακτη δοκό Δ2 αυξάνονται κατά 50%-100% ενώ για την αμφιέρεστη δοκό Δ6 αυξάνονται κατά 20%-40%. Για τις στάθμες επιτελεστικότητας B και Γ από $\gamma_{sd}=1.00$ σε $\gamma_{sd}=1.10$ οι ανεπάρκειες αυξάνονται αλλά δεν μπορεί να προκύψει συγκεκριμένο ποσοστό.
- Συγκρίνοντας την μονόπακτη Δ1 με την μονόπακτη Δ2(Δ1 μεγαλύτερου ανοίγματος από την Δ2) στην κοινή τους στήριξη με την δυναμική ελαστική με δείκτες m μέθοδο στις στάθμες 1 και 2 προκύπτει ότι για στάθμη επιτελεστικότητας A η Δ2 έχει μεγαλύτερες ανεπάρκειες από την Δ1. Το γεγονός αυτό προκύπτει από την δυσμένεια των φορτίσεων και την απουσία τοιχοπληρώσεων. Για τις στάθμες B και Γ, η Δ2 έχει μικρότερες ανεπάρκειες από την Δ1 όπως αναμενόταν λόγω του μεγαλύτερου ανοίγματος.

6.2 ΣΧΟΛΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ-ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ

- Από τα αποτελέσματα συμπεραίνουμε ότι οι ανεπάρκειες του υποστυλώματος K11 δεν επηρεάζονται σε γενικές γραμμές όταν αλλάζει γ_{sd} . Αυτό είναι κάτι αναμενόμενο αφού το K11 καταπονείται περισσότερο λόγω κατακόρυφων φορτίων. Επηρεάζεται μόνο στην στάθμη 2 και για ποσοστό 10% λόγω των μικρότερων κατάκορφων φορτίων στη συγκεκριμένη στάθμη.
- Αντίθετα οι ανεπάρκειες του K10 επηρεάζονται από την αύξηση του γ_{sd} κυρίως στην στάθμη 2 και στην στάθμη 1 για επιτελεστικότητα B.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Ένα βασικό συμπέρασμα που προκύπτει είναι ο σημαντικός ρόλος της στάθμης αξιοπιστίας δεδομένων και ειδικότερα του χάλυβα οπλισμού στον προσδιορισμό της ανεπάρκειας. Αυτό συμβαίνει διότι έχοντας Υψηλή αξιοπιστία δεδομένων από το εργαστήριο μπορούν να αποφευχθούν τυχόν υπερδιαστασιολογήσεις των ενισχύσεων και να επιτευχθεί η οικονομικότερη λύση.
- Ακόμα παρατηρούμε ότι σε αρκετές περιπτώσεις είναι δυνατόν να επιλεχθεί μια χαμηλή επιτελεστικότητα αλλά με υψηλή αξιοπιστία δεδομένων με την οποία να προκύπτουν μικρότερες ή και καθόλου ανεπάρκειες απ' ότι μια μέση επιτελεστικότητα με χαμηλή αξιοπιστία δεδομένων. Έτσι μπορεί να επιλεχθεί η οικονομικότερη ενίσχυση.

- Ένα ακόμη γενικό συμπέρασμα είναι ότι αυξάνοντας το γ_{sd} αυξάνονται οι ανεπάρκειες ανεξαρτήτως της στάθμης επιτελεστικότητας και στάθμης αξιοπιστίας δεδομένων.
- Τέλος όσον αφορά τα υποστυλώματα παρατηρείται ότι τα κεντρικά υποστυλώματα δεν επηρεάζονται από τον συνδυασμό των σταθμών επιτελεστικότητας και των Σ.Α.Δ. αλλά από τα επιπλέον κατακόρυφα φορτία λόγω της προσθήκης ορόφου, γεγονός που υποδηλώνει ότι το μέγεθος της ενίσχυσής τους είναι ανεξάρτητο των παραπάνω συνδυασμών των παραμέτρων. Αντίθετα τα περιμετρικά υποστυλώματα επηρεάζονται από τις αλλαγές των παραμέτρων κάτι που σημαίνει ότι το μέγεθος της ενίσχυσής τους μπορεί να βελτιστοποιηθεί.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] “ΚΑΝ.ΕΠΕ”, 2012
- [2] Δρίτσος Σ., “Επισκευές και Ενισχύσεις Κατασκευών Οπλισμένου Σκυροδέματος”, Πάτρα 2011
- [3] Κοσμόπουλος Α., “Αποτίμηση Σεισμικής Συμπεριφοράς και Ενίσχυση μη Κανονικών Σε Κάτοψη Κατασκευών Ο/Σ”, Διδακτορική Διατριβή, Πάτρα 2005
- [4] Παπαδρακάκης Μ., “Μαθήματα Στατικής V”, Ε.Μ.Π., Αθήνα 2003
- [5] Παπαρηστίδης Α., Βαδαλούκας Γ., “Έλεγχος υφιστάμενων κατασκευών σύμφωνα με τον Κανονισμό Επεμβάσεων (ΚΑΝΕ.ΠΕ)”, Σεμινάριο ΚΑΝΕ.ΠΕ, Χαλκίδα 2009
- [6] 3DR STRAD ΚΑΝΕΠΕ MANUAL
- [7] “Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός”, 2003
- [8] <https://eclass.upatras.gr/courses/ARCH149/index.php>

