



Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

Διπλωματική Εργασία

**ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ
ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΣΤΗΝ ΚΕΡΚΥΡΑ**

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ-ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΚΥΡΙΑΚΟΣ



Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των απαιτήσεων για την απόκτηση του
Διπλώματος Πολιτικού Μηχανικού

ΒΟΛΟΣ 2024



Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

© 2024 Παναγιώτης Γεώργιος Κυριάκος

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).



Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής **Δρ. Λάμπρος Κούτας**
(Επιβλέπων) **Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών,**
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής **Δρ. Χρήστος Παπακωνσταντίνου**
Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής **Δρ. Ιωάννης Καλογεράς**
Συμβασιούχος Λέκτορας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας



Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους επιβλέποντες της διπλωματικής εργασίας μου, Επίκουρο Καθηγητή κ. Λάμπρο Κούτα και τον κ. Ιωάννη Καλογερή για την ανάθεση, την επίβλεψη και την υποστήριξη της εν λόγω εργασίας με την επιστημονική τους κατάρτιση. Είμαι επίσης ευγνώμων στη υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου και τις πολύτιμες υποδείξεις τους.

Επιπροσθέτως, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κύριο Παναγιώτη Παναγιωτόπουλο και τα μέλη του γραφείου Στατικών Μελετών «Παναγιώτης Παναγιωτόπουλος και Συνεργάτες», οι οποίοι με υποστήριξαν υλικοτεχνικά και επιστημονικά στην εκπόνηση της εργασίας με την παροχή χώρου, λογισμικών και υποστήριξης.

Εν συνεχεία, ευχαριστώ και εκτιμώ όσους φίλους και συμφοιτητές στάθηκαν δίπλα μου ως συνοδοιπόροι σε αυτό το μαθησιακό ταξίδι.

Νιώθω επίσης την ανάγκη να ευχαριστήσω ολόψυχα τον εκλιπόντα καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Τζάρο του οποίου η διδασκαλία με βοήθησε να κατανοήσω τις πιο ουσιαστικές έννοιες της Δομοστατικής Επιστήμης, ενώ ο ζήλος και η ανιδιοτέλεια του θα είναι πάντα πηγή έμπνευσης.

Πάνω απ' όλα, ευχαριστώ από καρδιάς τους γονείς μου Ιωάννη Κυριάκο και Παναγιώτα Λυκογιάννη στους οποίους αφιερώνω την διπλωματική μου εργασία καθώς με υποστήριξαν σε όλη την εκπαιδευτική μου σταδιοδρομία προτάσσοντας την πρόοδο και την ευτυχία μου.

Παναγιώτης-Γεώργιος Κυριάκος



ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΣΤΗΝ ΚΕΡΚΥΡΑ

Παναγιώτης-Γεώργιος Κυριάκος
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, 2024

Επιβλέπων Καθηγητής: Λάμπρος Κούτας, Επίκουρος Καθηγητής

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται τη μελέτη της αποτίμησης και της στατικής ενίσχυσης ενός κτιρίου που αποτελεί μέρος ξενοδοχειακού συγκροτήματος στην Κέρκυρα. Το κτίσμα, όντας κατασκευασμένο το 1974 με παλαιότερους κανονισμούς δεν πληροί τις σύγχρονες απαιτήσεις ασφάλειας έναντι σεισμικών γεγονότων. Έτσι, κρίνεται σκόπιμη η μελέτη αποτίμησης του, η οποία πραγματοποιείται μέσω 3 διαφορετικών μεθόδων και με τη σειρά της καταδεικνύει μια σειρά ανεπαρειών για την οριζόμενη στάθμη επιτελεστικότητας του σεισμού σχεδιασμού. Από τα αποτελέσματα αυτά προσφεύγουμε σε 5 σχήματα ενισχύσεων, με το πρώτο να αλλάζει ιδιομορφικά την κατασκευή μέσω προσθήκης τοιχωμάτων και να της προσδίδει πλευρική δυσκαμψία. Εν συνεχεία, οι υπόλοιπες 4 ενισχύσεις αφορούν την αύξηση αντοχής έναντι καμπτικών και διατμητικών εντατικών καταστάσεων. Καταληκτικά, στον ενισχυμένο πλέον φορέα, γίνεται ένας συνδυασμένος έλεγχος σε κατακόρυφα και σεισμικά φορτία και αναδεικνύεται η επάρκεια του μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων ενισχύσεων.



Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

ASSESSMENT OF BEARING CAPACITY AND REINFORCEMENT OF A HOTEL UNIT IN CORFU

Panagiotis-Georgios Kyriakos
University of Thessaly, Department of Civil Engineering, 2024

Supervisor: Lambros Koutas, Associate Professor

Summary

This thesis deals with the study of the valuation and static strengthening of a building that is part of a hotel complex in Corfu. The building, being built in 1974 with older regulations, does not meet modern safety requirements against seismic events. Thus, its evaluation study is considered appropriate, which is carried out through 3 different methods and in turn demonstrates a series of inadequacies for the defined level of design earthquake performance. From these results we resort to 5 forms of reinforcements, with the first changing the structure by adding walls and giving it lateral stiffness. Subsequently, the remaining 4 reinforcements concern the increase of strength against bending and shear intensive situations. Finally, on the now strengthened carrier, a combined check on vertical and seismic loads is carried out and its adequacy is highlighted after the implementation of the proposed reinforcements.



Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή.....	8
Κεφάλαιο 2 – Περιγραφή του Κτιρίου	10
2.1 Αποτύπωση Γεωμετρίας.....	10
2.2 Υφιστάμενες διατομές και οπλισμικές διατάξεις.....	13
2.3 Υφιστάμενα Υλικά.....	19
2.4 Φορτία	20
2.5 Παραδοχές – Δεδομένα για την Ανάλυση	21
2.6 Βλάβες φορέα	23
Κεφάλαιο 3 – Αποτίμηση της Κατασκευής.....	24
3.1 Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων (Σ.Α.Δ.).....	24
3.2 Γεωμετρικό και Φορτιστικό Προσομοίωμα της Κατασκευής	26
3.3 Επιλογή Στάθμης Επιτελεστικότητας	28
3.4 Αποτίμηση της Κατασκευής με χρήση διαφορετικών μεθόδων.....	30
3.4.1 Μέθοδος Καθολικού Δείκτη q	30
3.4.2 Μέθοδος Τοπικών Δεικτών m	45
3.4.3 Χρήση Υπερωθητικής Ανάλυσης (Pushover)	54
3.5 Σύγκριση Μεθόδων Αποτίμησης – Επιλογή Καταλληλότερης	66
3.5.1. Ποσοστά διατομών που αστοχούν επί του συνόλου.....	66
3.5.2. Μέγιστες και Μέσες τιμές λόγων επάρκειας	67
3.5.3 Επιλογή μεθόδου Pushover έναντι των q και m	70
Κεφάλαιο 4 – Ενίσχυση της Κατασκευής	71
4.1 Ενίσχυση μέσω αύξησης Δυσκαμψίας.....	71
4.1.1 Επιρροή της Ενίσχυσης κατόπιν προσθήκης τοιχωμάτων	73
4.2 Ενισχύσεις μέσω αύξησης Αντοχής.....	80
4.3.1 Ενίσχυση Διατμητικής Αντοχής	80
4.3.2 Ενισχύσεις Καμπτικής Αντοχής.....	95
Κεφάλαιο 5 – Συμπεράσματα	109
Κεφάλαιο 6 – Βιβλιογραφία	111
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	112
Παράρτημα 1) : Υπολογισμοί Ενίσχυσης Μεταλλικού Ελάσματος στο Excel	112
Παράρτημα 2) : Ονοματολογία διατομών στο ΡΑΦ (Κατόψεις).....	115
Παράρτημα 3α) : Λόγοι Επάρκειας ΡΑΦ , Μέθοδος q , Υφιστάμενος Φορέας	117
Παράρτημα 3β) : Λόγοι Επάρκειας ΡΑΦ , Μέθοδος m , Υφιστάμενος Φορέας	128
Παράρτημα 4) : Τοπικοί Δείκτες m , Υφιστάμενου Φορέα.....	139

Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή

Στόχος της Εργασίας και Περιγραφή Αντικειμένου.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής, που πραγματοποιείται στα πλαίσια της απόκτησης διπλώματος Πολιτικού Μηχανικού από το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, είναι η αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας και η μελέτη ενίσχυσης υφιστάμενου κτιρίου, ώστε να πληροί τις σύγχρονες αντισεισμικές απαιτήσεις. Το εν λόγω κτίσμα, βρίσκεται στην περιοχή 'Άγιος Γόρδης' της Κέρκυρας και αποτελεί μέρος κτιριακού συγκροτήματος ξενοδοχειακής μονάδας. Είναι κατασκευασμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα, το 1974 και σύμφωνα με τον παλαιό Ελληνικό Κανονισμό Οπλισμένου Σκυροδέματος (1954) και τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (1959).

1) Αποτίμηση Υφιστάμενου Φορέα.

Αρχικά, έγινε εισαγωγή της γεωμετρίας και των οπλισμικών διατάξεων, με τα αντίστοιχα υλικά του κτιρίου στο Λογισμικό ΡΑΦ με χρήση γραμμικών Πεπερασμένων Στοιχείων. Οι τοιχοποιίες προσομοιώθηκαν ως γραμμικά φορτία επί των δοκών μέσω του προγράμματος και αντίστοιχα οι πλάκες ως επιφανειακές φορτίσεις, βάσει της τραπεζοειδούς κατανομής των πινάκων "Piper-Martins", με αυτόματη αναγνώριση της διαφραγματικής λειτουργίας. Κατόπιν, για την αποτίμηση του υφιστάμενου φορέα χρησιμοποιήθηκαν οι δύο Δυναμικές Ελαστικές Μέθοδοι : α) Καθολικού Συντελεστή q και β) Τοπικών Δεικτών m . Κατόπιν εκτέλεσης της Δυναμικής Φασματικής Ανάλυσης και των αντίστοιχων ελέγχων επάρκειας διαπιστώθηκε μια πληθώρα αστοχιών για τον σεισμό σχεδιασμού.

Γενικώς, οι δύο προαναφερθείσες μέθοδοι είναι αρκετά επαρκείς στο να αναδείξουν τις παθογένειες του κτιρίου. Ωστόσο, όντας ελαστικές, δεν λαμβάνουν υπόψιν την πραγματική μετελαστική συμπεριφορά και τις υπεραντοχές του φορέα, παρά μόνο την προσομοιάζουν απομειώνοντας τα ασκούμενα σεισμικά φορτία, μέσω των ανωτέρω δεικτών. Επίσης, αδυνατούν να συμπεριλάβουν την ανακατανομή των εντάσεων λόγω της σταδιακής δημιουργίας πλαστικών αρθρώσεων. Τα προαναφερθέντα έχουν σαν αποτέλεσμα να οδηγούμαστε σε μια ασφαλή μεν, συντηρητική και κοστοβόρα δε, ενίσχυση του φορέα. Γι' αυτό κρίνεται σκόπιμο να χρησιμοποιηθεί και η Ανελαστική Στατική Μέθοδος (Pushover), στο λογισμικό Seisbuild, το οποίο εξειδικεύεται στην πλήρη παραμετροποίηση και την καλή εποπτεία των αποτελεσμάτων. Από τα δύο προσομοιώματα και τις 3 Μεθόδους γίνεται μια ποιοτική και ποσοτική σύγκριση των αποτελεσμάτων, με την μέθοδο Pushover να εξάγει τα ευμενέστερα αποτελέσματα για την επιλεγείσα Στάθμη Επιτελεστικότητας: Β) Σημαντικές βλάβες.

2α) Ενίσχυση Μέσω Αύξησης Δυσκαμψίας

Δεδομένου πως το κτίριο χαρακτηρίζεται από την απουσία τοιχωμάτων στην Υ διεύθυνση, λαμβάνοντας υπόψιν τη γεωμετρία του, κρίνεται σκόπιμο να εμφανωθούν 4 τοιχώματα σε διαφορετικές θέσεις. Η προσθήκη αυτή οδηγεί σε περιορισμό των πλευρικών μετατοπίσεων, άρση της στρεπτικής ευκαμψίας και απομείωση των λόγων ανεπάρκειας για όλες τις μεθόδους. Κατόπιν, εκτελείται εκ νέου η ανάλυση με την

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

μέθοδο q, όπου αναδεικνύεται η ευμενής συνεισφορά με την προσθήκη των τοιχωμάτων, καθώς ένα μεγάλο μέρος των πλευρικών εντάσεων παραλαμβάνεται από τα νέα στοιχεία. Επίσης αίρεται η στρεπτική ευκαμψία του κτιρίου οδηγώντας σε επαύξηση του δείκτη q από 1,13 σε 1,7.

Εν συνεχεία, εκτελείται εκ νέου η ανάλυση Pushover, και εξάγονται οι καμπύλες Τέμνουσας Βάσης - Μετατόπισης ανά διεύθυνση για ομοιόμορφη και ιδιομορφική κατανομή. Από τις καμπύλες αυτές θα χρησιμοποιηθούν οι δυσμενέστερες ανά διεύθυνση, για τους ελέγχους επάρκειας.

2β) Ενίσχυση μέσω αύξησης αντοχής.

Στο τελικό στάδιο της παρούσας μελέτης, εξετάζονται διεξοδικά ποια στοιχεία, του ενισχυμένου με τοιχώματα φορέα, χρήζουν ενίσχυσης. Ο έλεγχος γίνεται μέσω της ανάλυσης Pushover για τα πλευρικά φορτία στο Seisobuild και μέσω στατικής μεθόδου για τα φορτία βαρύτητας στο ΡΑΦ. Έτσι, θα προκύψουν τα εξής 4 σχήματα ενίσχυσης :

Τα πρώτα 2 αφορούν αστοχίες διατμητικού τύπου που προκύπτουν από την ανάλυση Pushover. Για τις δοκούς των, διατεταγμένων κατά Υ, πλαισίων γίνεται ενίσχυση με ύφασμα Ινοπλισμένου Πολυμερούς, μίας στρώσης, στην κάτω και τις δύο ακριανές πλευρές της διατομής. Αντίστοιχα, οι διατμητικές αστοχίες των τοιχωμάτων, οφείλονται σε έλλειψη επαρκούς οπλισμού διάτμησης, με το υφιστάμενο πλέγμα του κορμού να είναι πολύ αραιό. Για την αποκατάσταση αυτής της έλλειψης, επιλέγεται να χρησιμοποιηθούν επικολλητά ελάσματα, σε διασταυρούμενη διάταξη και στις δύο πλευρές του τοιχώματος, λειτουργώντας ως ένα επιπρόσθετο πλέγμα το οποίο αυξάνει την διατμητική αντοχή σε ανεκτά επίπεδα.

Στη συνέχεια, οι παραμένουσες καμπτικές αστοχίες των δοκών που οφείλονται στα κατακόρυφα φορτία αντιμετωπίζονται ως εξής: Για την περίπτωση των προεξεχόντων δοκών / προβόλων προτείνεται υποστύλωση μέσω διαγώνιας μεταλλικής αντηρίδας η οποία θα εξασφαλίσει και την διατμητική τους αντοχή. Τέλος, οι καμπτικές ανεπάρκειες που αποτυπώνονται στη στήριξη των ζυγωμάτων των πλαισίων θα αντιμετωπιστούν μέσω κατάλληλα αγκυρωμένων μεταλλικών ελασμάτων, που θα επιτελέσουν τον ρόλο επιπρόσθετου (άνω) οπλισμού στήριξης.

Εν κατακλείδι, η παρούσα μελέτη επιτυγχάνει να αποτυπώσει πλήρως την υφιστάμενη κατάσταση και τις παθογένειες του εν λόγω κτιρίου, ενώ προτείνεται ένα σύνολο επεμβάσεων που θα εξασφαλίζει την ασφαλή λειτουργία με βάση τα σύγχρονα πρότυπα, με σύνεση προς την αρχιτεκτονική, το κόστος και την κατασκευασιμότητα.

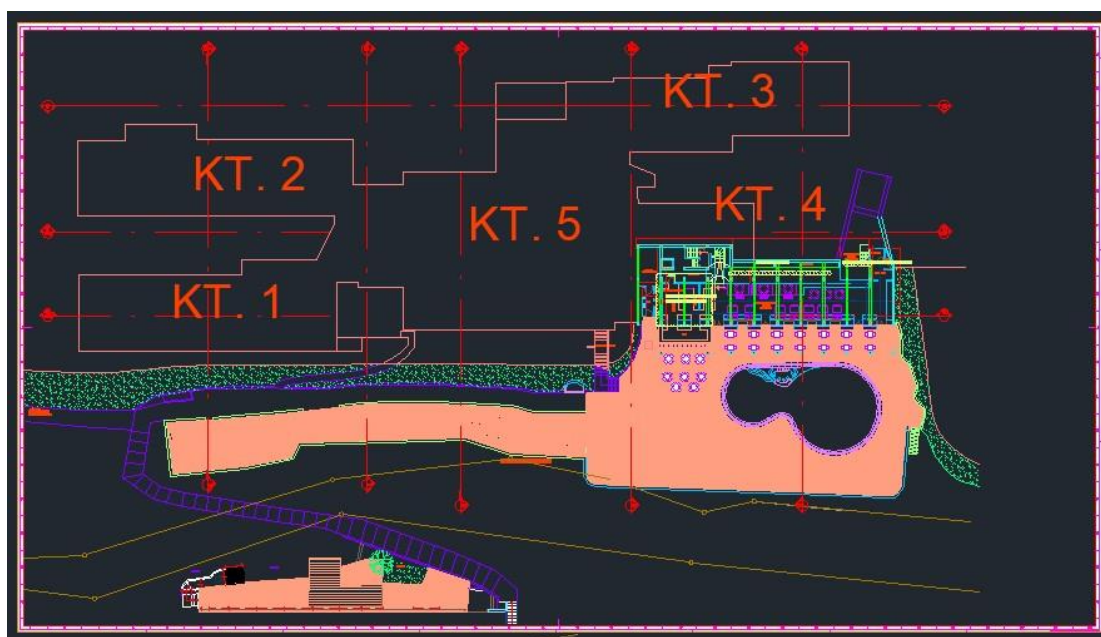
Κεφάλαιο 2 – Περιγραφή του Κτιρίου

2.1 Αποτύπωση Γεωμετρίας

Το εν λόγω κτήριο ανήκει σε ξενοδοχειακή μονάδα στον Αγ. Γόρδη της Κέρκυρας. Είναι το κτήριο 2 εκ των πέντε κτισμάτων του κτηριακού συγκροτήματος, όπως φαίνεται κάτωθι στο επίπεδο της κάτοψης του σχήματος 2.2.



Σχήμα 2.1: Φωτογραφία του ξενοδοχειακού συγκροτήματος



Σχήμα 2.2: Θέση του υπό μελέτη κτηρίου

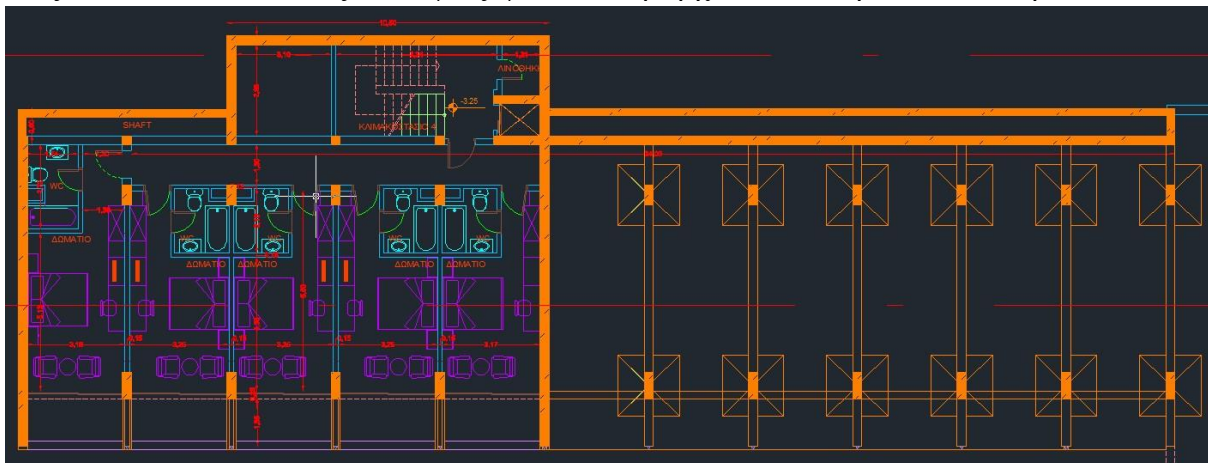
Το κτήριο αποτελείται από 5 ορόφους εμβαδού 440 τ.μ. και ύψους 2,8μ έκαστος και ένα δώμα 29 τ.μ. Η κατώτερη στάθμη είναι υπόγεια και εμπεριέχει ανισόσταθμη θεμελίωση.

Αδειοδοτήθηκε και κατασκευάστηκε το 1974, ενώ μελετήθηκε με τον κανονισμό σκυροδέματος του 1954 και τον αντισεισμικό κανονισμό : ΕΑΚ του 1959.

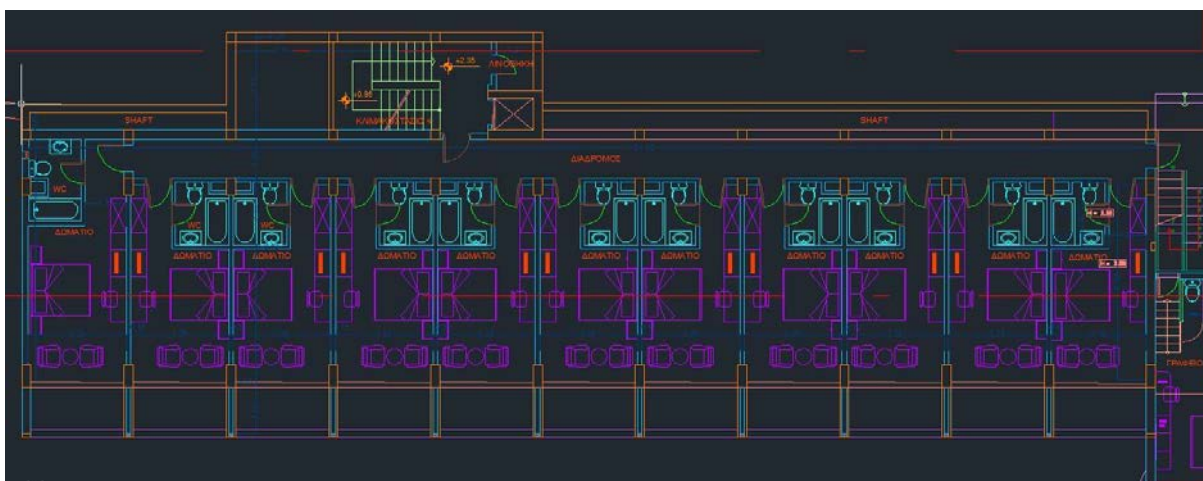


Σχήμα 2.3: Νότια Όψη

Στις κάτωθι ενδεικτικές κατόψεις φαίνεται η αρχιτεκτονική αποτύπωση.

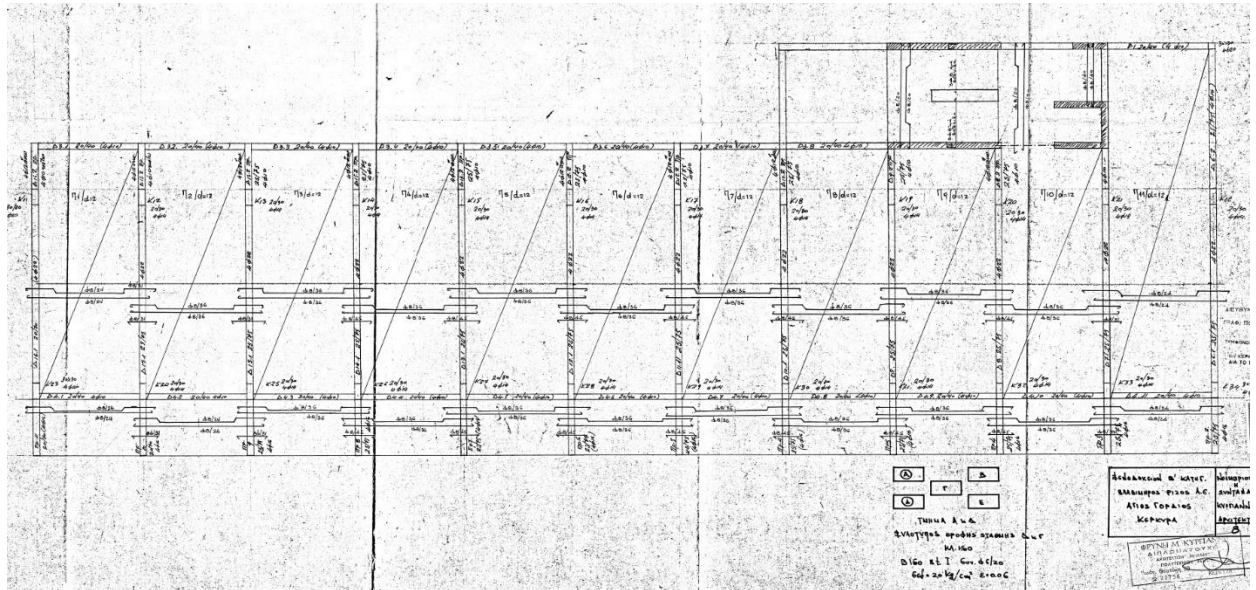


Σχήμα 2.4: Οροφή Υπογείου – Ανισόσταθμη Θεμελίωση



Σχήμα 2.5: Τυπικός Όροφος

Από το πολεοδομικό αρχείο υπάρχει μόνο ένας τυπικός ξυλότυπος, για το κτίριο 1 όπου αναφέρεται πως χρησιμοποιήθηκε και για το κτίριο 2, προφανώς προσαρμοσμένος κατάλληλα στην γεωμετρία του.



Σχήμα 2.6: Ξυλότυπος από το αρχείο της Πολεοδομίας

2.2 Υφιστάμενες διατομές και οπλισμικές διατάξεις.

Σε γενικές γραμμές, μακροσκοπικά, η γεωμετρία της υφιστάμενης κατάστασης ταυτίζεται με αυτή της αρχικής μελέτης και της αρχιτεκτονικής αποτύπωσης. Κατά την αυτοψία των μηχανικών όμως, βρέθηκαν αποκλίσεις στις διαστάσεις και των οπλισμό αρκετών δομικών στοιχείων.

Κατηγοριοποιώντας τα επιμέρους δομικά στοιχεία, έχουμε :

- Υποστυλώματα :

Όπως φαίνεται, κατά την αποτύπωση, οι 2 βασικές κολονοστοιχίες έχουν μετρηθεί με διαστάσεις 30/65 cm και 30/85 cm αντίστοιχα. Οι κοινή διατομή που εφαρμόστηκε όμως είναι η 25/60 η οποία απομειώνεται σε 25/50 στις 2 ανώτερες στάθμες .

Η απόκλιση αυτή στην αρχιτεκτονική μέτρηση οφείλεται στο ότι οι κολώνες ήταν επενδυμένες με στοιχεία ξηράς δόμησης αποκρύπτοντας την πραγματική τους διάσταση. Χρειάστηκε διάτρηση τους για να αποκαλυφθεί η θέση του σκυροδέματος , όπως φαίνεται στις εικόνες 2.1.7,8,9 .



Σχήμα 2.7: Αποκάλυψη πραγματικής διάστασης κολόνας μέσω διένεξης



Σχήμα 2.8: Μέτρηση επικάλυψης και πραγματικής διάστασης υποστυλωμάτων



Σχήμα 2.9: Μέτρηση επικάλυψης και πραγματικής διάστασης υποστυλωμάτων

- Δοκοί :

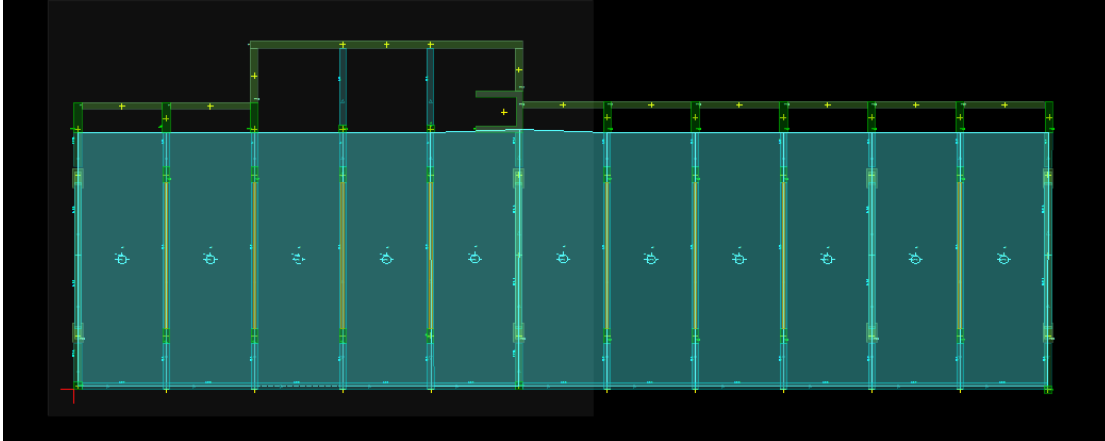
Οι αναγραφόμενες δοκοί με διάσταση 25/75 στην άδεια μελέτης προέκυψε πως στην πραγματικότητα είναι 25/60 καθώς μετρήθηκε κρέμαση 48 cm με πάχος πλάκας 12 cm.



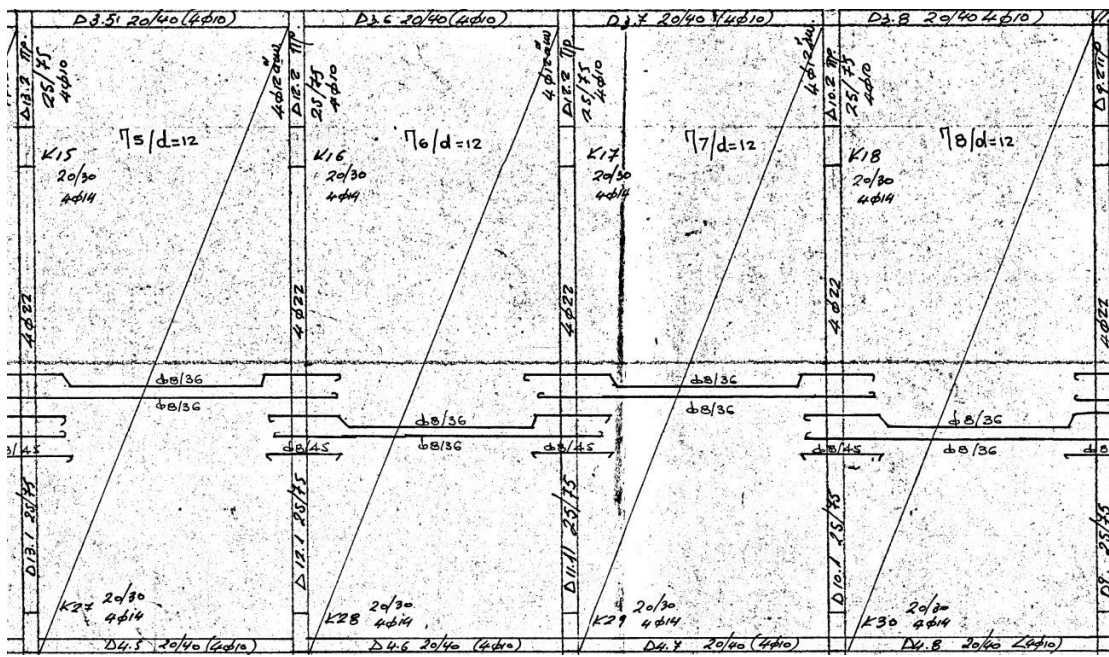
Σχήμα 2.10: Μέτρηση Κρέμασης και επικάλυψης Δοκού

• Πλάκες :

Στις πρώτες 4 στάθμες οι πλάκες έχουν θεωρούνται 3-έριστες, λόγω του κενού που προκύπτει απ' τον φωταγωγό στην άνω μεριά της κάτοψης, ενώ στην τελευταία στάθμη, 4-έριστες.



Σχήμα 2.11: Προσομοίωση 3-έριστων πλακών



Σχήμα 2.12: Οπλισμοί Πλακών από τον Ξυλότυπο της Μελέτης

Με βάση τα όσα αναγράφονται στον ξυλότυπο της μελέτης, και τις μετρήσεις, οι πλάκες αποτιμώνται με πάχος 12 εκ. Όσων αφορά τους οπλισμούς ανά διεύθυνση :

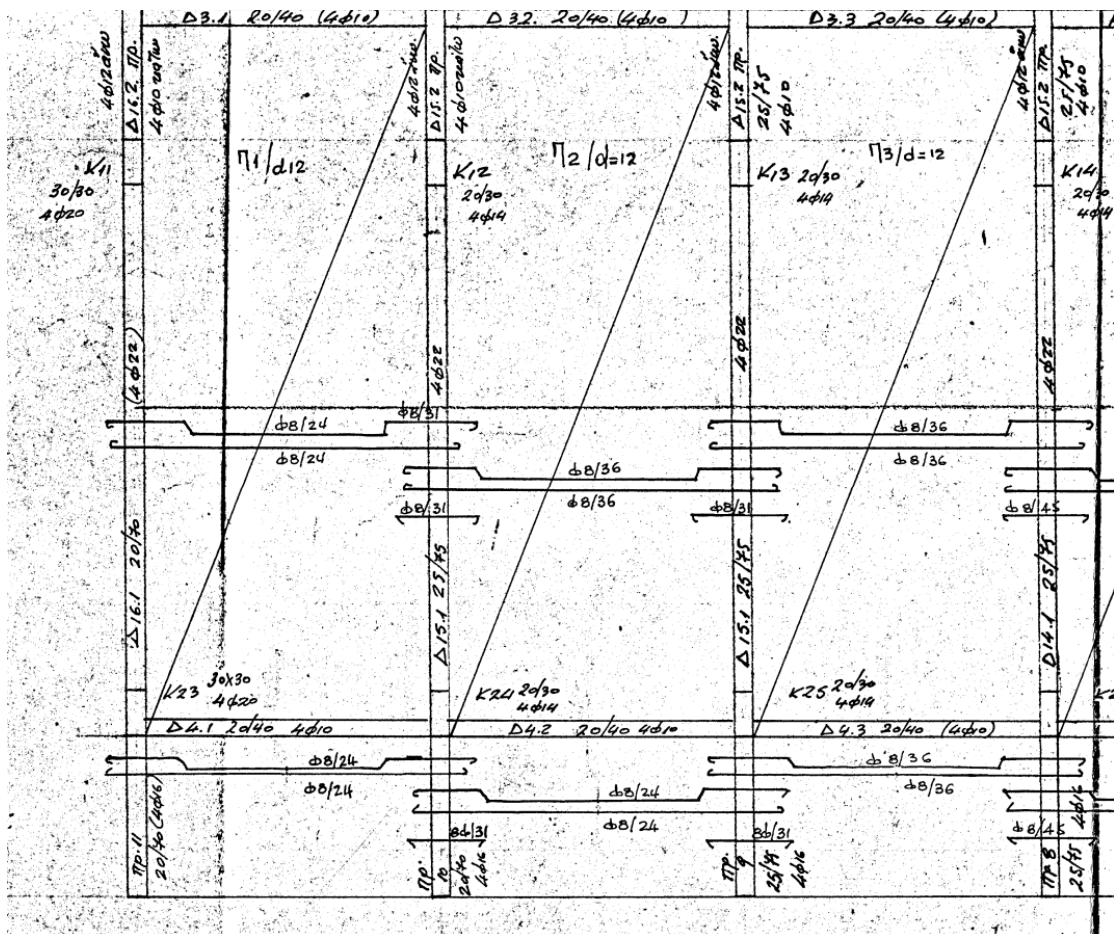
Διεύθυνση X :

Άνοιγμα : $\Phi 8/36 + \Phi 8/36$

Στήριξη : $\Phi 8/36$ («σπαστός» ανοίγματος) + $\Phi 8/45$ (πρόσθετος στήριξης)

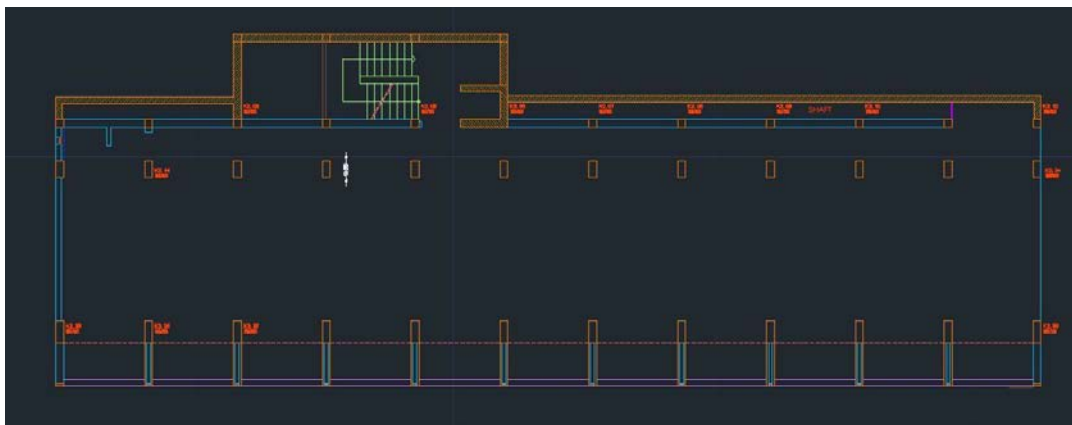
Διπλωματική Εργασία : Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

Εξαίρεση αποτελούν οι ακριανές πλάκες, οι οποίες πακτώνονται στη μία τους πλευρά και έτσι υπάρχει πύκνωση του οπλισμού ανοίγματος σε $\Phi 8/24 + \Phi 8/24$ και στη στήριξη $\Phi 8/24 + \Phi 8/31$.



Σχήμα 2.13 : Πύκνωση οπλισμού για συνθήκες στήριξης άρθρωση-πάκτωση.

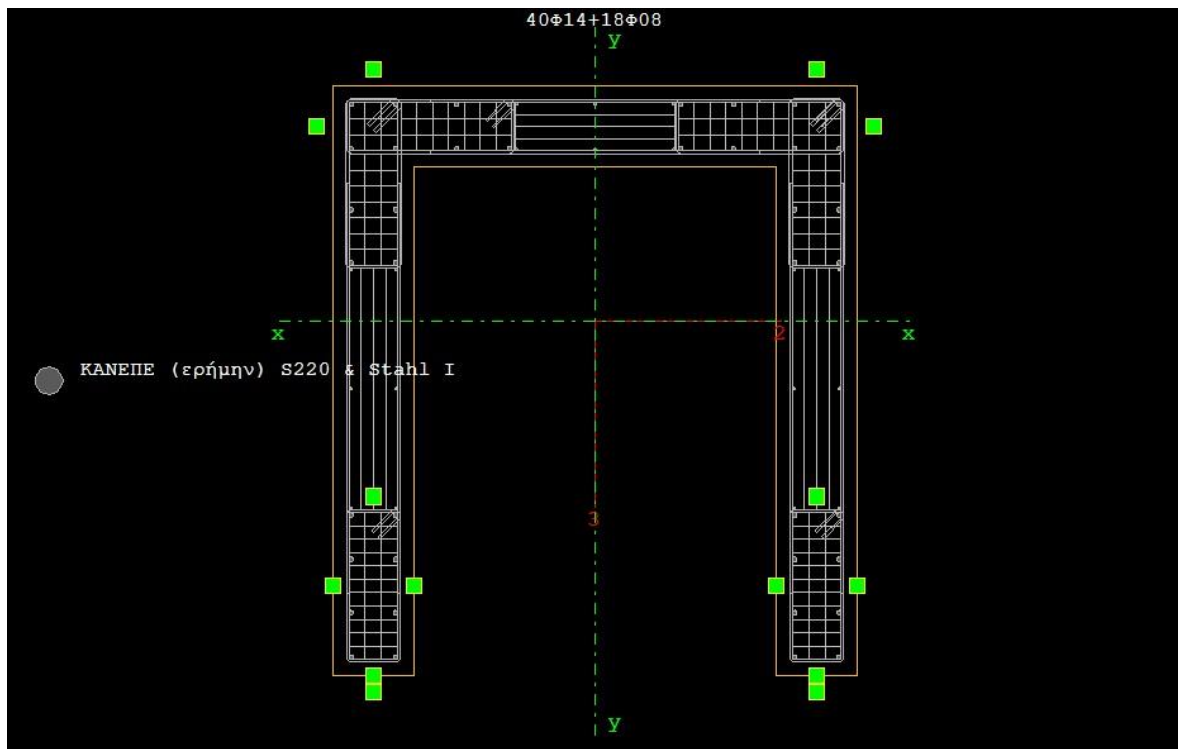
Τοιχώματα – Πυρήνες :



Σχήμα 2.14: Ενδεικτική Κάτοψη από την Αποτύπωση

Όπως φαίνεται με διαγράμμιση η πίσω όψη κυριαρχείται από τοιχώματα πάχους 25 και 30 εκ. οπλισμένο με ένα διασταυρούμενο πλέγμα $\Phi 8/40$ στις 2 παρειές του. Η αποτύπωση έγινε με ferroskan.

Αντίστοιχα, ο πυρήνας του ανελκυστήρα, πάχους 25 εκ. ελλείπει άλλων στοιχείων θεωρήθηκε πως έχει πλέγμα κορμού $\Phi 8/40$. Θεωρήθηκε επίσης διαμήκης οπλισμός των $12\Phi 14$ στις γωνίες και $8\Phi 14$ σε κάθε άκρο.



Σχήμα 2.15: Οπλισμική Διάταξη Διατομής Πυρήνα

2.3 Υφιστάμενα Υλικά

- Φέροντα στοιχεία:

Κατόπιν εργαστηριακών μετρήσεων, διαπιστώθηκε πως το υφιστάμενο σκυρόδεμα είναι το **C12/15**. Άρα η θλιπτική του αντοχή είναι **12MPa**.

Αντίστοιχα θεωρήθηκε χάλυβας οπλισμού **S220 & Stahl I** με χαρακτηριστική τάση διαρροής : **$f_{yk} = 220 \text{ Mpa}$** .

- Μη φέροντα στοιχεία:

Οι τοιχοπληρώσεις αποτελούν κυρίως μη φέροντα στοιχεία, που αποτελούνται από οπτόπλινθους (τούβλα), δρομικής τοιχοποιίας εσωτερικά και μπατικής στις 2 περιμετρικές πλευρές.

2.4 Φορτία

- Φορτία Μαζών-Βαρύτητας :

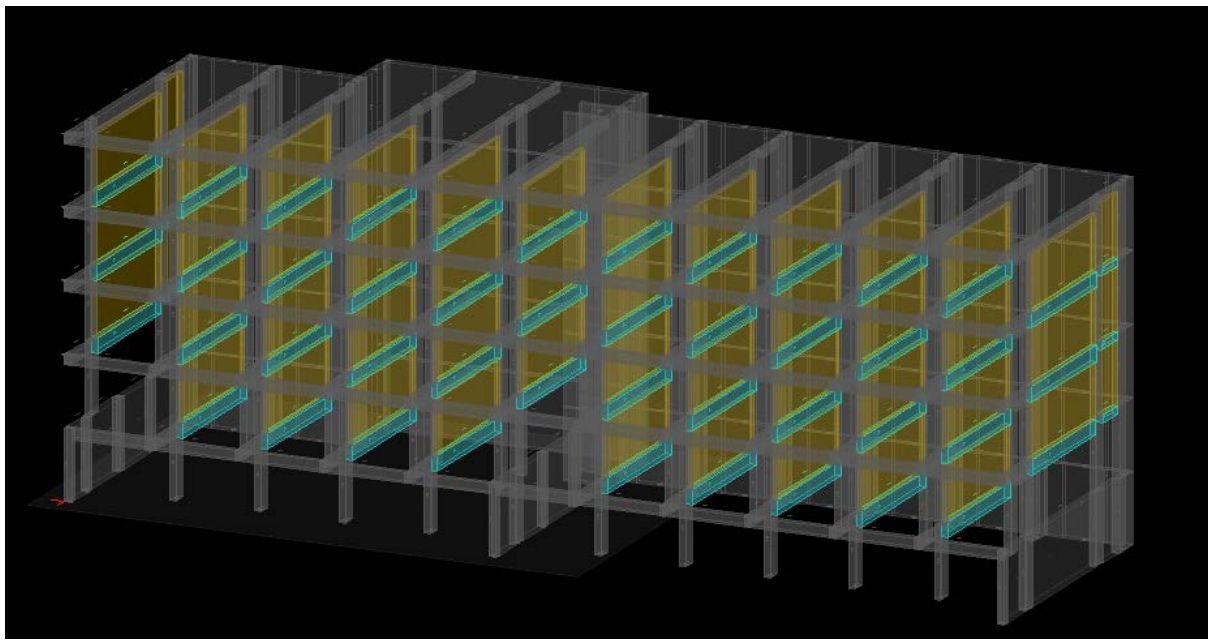
Ως επιφανειακά φορτία θεωρούνται αυτά που ορίζονται από τον Ευρωκώδικα 2 για βατές στάθμες κτιρίων σπουδαιότητας II : Μόνιμα (G): $1,5 \text{ kN/m}^2$ και Κινητά (Q): 2 kN/m^2

- Γραμμικά Φορτία:

Δρομικές Τοιχοποιίες : Αυτές εμφαννώνουν όλα τα εσωτερικά πλαίσια του κτιρίου, εκτός του υπογείου, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.15. Το πάχος τους είναι 10cm και το βάρος τους είναι $2,10 \text{ kN/m}^2$, πολλαπλασιαζόμενο επί το ύψος του ορόφου έχουμε : $G_{\Delta\rho.Τοιχ.} = 2,10 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,80\text{m} = 5.88 \text{ kN/m}$

Μπατικές Τοιχοποιίες: Βρίσκονται μόνον στα 2 περιμετρικά πλαίσια. Το πάχος τους είναι 20cm και το βάρος τους $3,60 \text{ kN/m}^2$, πολλαπλασιαζόμενο επί το ύψος του ορόφου έχουμε :

$$G_{Μπ.Τοιχ.} = 3,60 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,80\text{m} = 10.08 \text{ kN/m}$$



Σχήμα 2.16 : Τοιχοπληρώσεις Δομήματος

2.5 Παραδοχές – Δεδομένα για την Ανάλυση

Βασικές Έννοιες που αφορούν τη Σεισμική Απόκριση του Κτιρίου :

Παρ. 4.2.3.3 ΕΚ.8 :

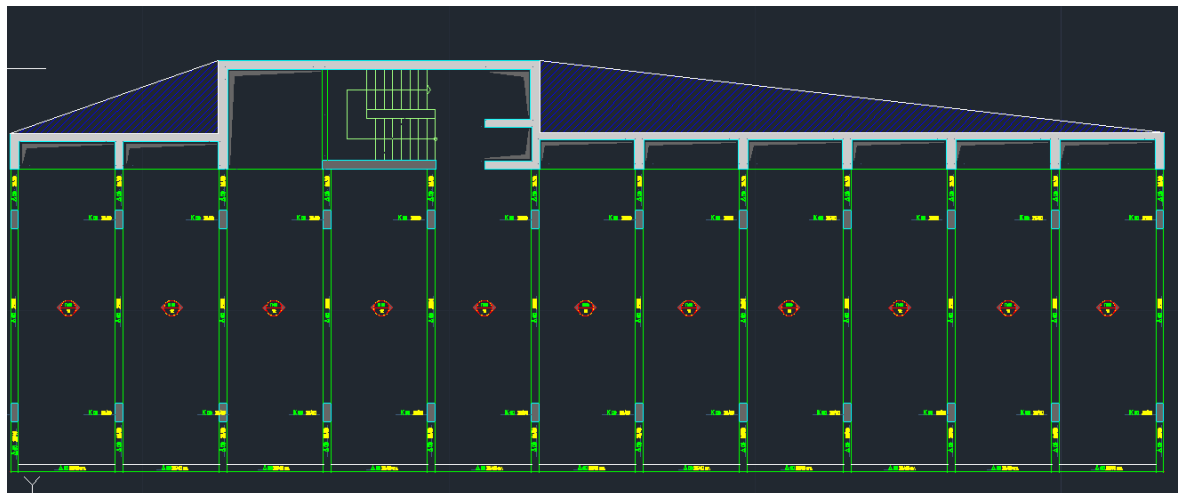
1) Κανονικότητα σε Όψη :

Σε περίπτωση που ένα κτίριο δεν είναι κανονικό καθ' ύψος επιβαρύνεται με αύξηση 20% του Σεισμικού Φορτίου (δηλ. απομείωση 20% του q). Δεδομένου ότι το κτίριο πληροί όλα τα κριτήρια που ορίζει ο Κανονισμός όπως αναγράφονται ακολούθως, χαρακτηρίζεται ως **Κανονικό Σε Όψη**.

- Όλα τα συστήματα ανάληψης πλευρικών φορτίων είναι συνεχή και αδιάκοπα από τα θεμέλια έως την ανώτερη επιφάνεια.
- Η μεταφορική δυσκαμψία και μάζα ανά στάθμη παραμένουν σταθερές, με μόνη εξαίρεση την απομείωση του πλάτους των Υ/Σ από 60 εκ. σε 50 εκ. Όμως μια τέτοια αλλαγή είναι σχεδόν αμελητέα.
- Δεν υφίσταται μαλακός όροφος στο ισόγειο λόγω pilotis.
- Δεν υπάρχουν εσοχές καθ' ύψος.

2) Κανονικότητα σε Κάτοψη :

- Το κτίριο δεν είναι συμμετρικό ως προς 2 ορθογώνιους άξονες.



Σχήμα 2.17: Διαγράμμιση Επιφανειών Εσοχής

Η διαγραμματισμένη επιφάνεια υπερβαίνει το 5% της συνολικής κάτοψης του ορόφου : $\frac{24+8}{507} = 6.3\%$

- Η πλάκα έχει αρκετή δυσκαμψία ώστε να εξασφαλίζεται η διαφραγματική λειτουργία.
- Λυγηρότητα : $\lambda = \frac{37.7}{11.1} = 3.39 < 4$

- Δεν πληρείται η ακόλουθη συνθήκη:
 Διεύθυνση ανάλυσης y: $e_{0x} \leq 0,30 \cdot r_x$ και $r_x \geq \ell_s$
 Διεύθυνση ανάλυσης x: $e_{0y} \leq 0,30 \cdot r_y$ και $r_y \geq \ell_s$,
 Όπου $r_{x,y}$: ακτίνα δυστρεψιάς και $e_{0x,y}$: στατική εκκεντρότητα

Απ' τη στιγμή που δεν ικανοποιούνται όλες οι παραπάνω συνθήκες το κτήριο χαρακτηρίζεται ως **Μη Κανονικό Σε Κάτοψη** .

Βάσει της Ιδιομορφικής Ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε στο ΡΑΦ, το κτήριο χαρακτηρίζεται ως :

1) Στρεπτικά Ευαίσθητο :

Πίνακας 2.1: Αποτελέσματα Ελέγχου Στρεπτικής Ευαισθησίας στο ΡΑΦ

Ελλείψεις Ακτίνων Δυστρεψιάς - Αξιολόγηση Στατικής Συμπεριφοράς Κτηρίου													
α/α	Στάθμη	Θ.Μ.	ω_k	r_l	r_{ll}	e_{ol}	e_{oll}	e_o	ℓ_s	$e_{ol} \leq 0,30 \cdot r_l$	$e_{oll} \leq 0,30 \cdot r_{ll}$	$\ell_s \leq r_l$	$\ell_s \leq r_{ll}$
			[°]	[m]									
0	Σ2	1	0.00	10.53	7.06	0.43	6.34	6.35	11.17	✓	⚠	⚠	⚠
1		2	0.00	10.53	7.06	3.33	6.34	7.16	11.17	⚠	⚠	⚠	⚠
2		3	0.00	10.53	7.06	1.45	5.67	5.85	11.17	✓	⚠	⚠	⚠
3		4	0.00	10.53	7.06	1.45	7.00	7.15	11.17	✓	⚠	⚠	⚠
4	Σ3	1	0.00	10.46	6.88	0.38	6.34	6.35	11.17	✓	⚠	⚠	⚠
5		2	0.00	10.46	6.88	3.38	6.34	7.19	11.17	⚠	⚠	⚠	⚠
6		3	0.00	10.46	6.88	1.50	5.68	5.87	11.17	✓	⚠	⚠	⚠
7		4	0.00	10.46	6.88	1.50	7.01	7.17	11.17	✓	⚠	⚠	⚠
8	Σ4	1	0.00	10.48	6.81	0.47	6.34	6.36	11.17	✓	⚠	⚠	⚠
9		2	0.00	10.48	6.81	3.29	6.34	7.14	11.17	⚠	⚠	⚠	⚠
10		3	0.00	10.48	6.81	1.41	5.68	5.85	11.17	✓	⚠	⚠	⚠
11		4	0.00	10.48	6.81	1.41	7.01	7.15	11.17	✓	⚠	⚠	⚠
12	Σ5	1	0.00	10.51	6.73	0.92	5.19	5.27	11.18	✓	⚠	⚠	⚠
13		2	0.00	10.51	6.73	2.84	5.19	5.92	11.18	✓	⚠	⚠	⚠
14		3	0.00	10.51	6.73	0.96	4.53	4.63	11.18	✓	⚠	⚠	⚠
15		4	0.00	10.51	6.73	0.96	5.86	5.94	11.18	✓	⚠	⚠	⚠

2) Τοιχωματικό στην Διεύθυνση X , Πλαισιακό στην Y

Πίνακας 2.2: Χαρακτηρισμός Στατικού Συστήματος ανά Διεύθυνση στο ΡΑΦ

> 1η Θέση Μάζας						
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ X						
Στάθμη	ΣVw	ΣVoλ	nVd	nV	nVu	
Σ2	3775.83	3856.39	0.65 <	0.98 <	1.00	✓ ==> Σύστημα Τοιχωμάτων
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ Y						
Στάθμη	ΣVw	ΣVoλ	nVd	nV	nVu	
Σ2	1838.36	5841.84	0.00 <	0.31 <	0.35	✗ ==> Πλαισιακό Στατικό Σύστημα
> 2η Θέση Μάζας						
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ X						
Στάθμη	ΣVw	ΣVoλ	nVd	nV	nVu	
Σ2	3675.33	3750.99	0.65 <	0.98 <	1.00	✓ ==> Σύστημα Τοιχωμάτων
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ Y						
Στάθμη	ΣVw	ΣVoλ	nVd	nV	nVu	
Σ2	1204.40	5200.91	0.00 <	0.23 <	0.35	✗ ==> Πλαισιακό Στατικό Σύστημα
> 3η Θέση Μάζας						
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ X						
Στάθμη	ΣVw	ΣVoλ	nVd	nV	nVu	
Σ2	3827.04	3905.60	0.65 <	0.98 <	1.00	✓ ==> Σύστημα Τοιχωμάτων
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ Y						
Στάθμη	ΣVw	ΣVoλ	nVd	nV	nVu	
Σ2	1501.88	5671.96	0.00 <	0.26 <	0.35	✗ ==> Πλαισιακό Στατικό Σύστημα
> 4η Θέση Μάζας						
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ X						
Στάθμη	ΣVw	ΣVoλ	nVd	nV	nVu	
Σ2	3639.64	3719.18	0.65 <	0.98 <	1.00	✓ ==> Σύστημα Τοιχωμάτων
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ Y						
Στάθμη	ΣVw	ΣVoλ	nVd	nV	nVu	
Σ2	1468.69	5600.42	0.00 <	0.26 <	0.35	✗ ==> Πλαισιακό Στατικό Σύστημα

- Το κτίριο κατατάσσεται στη Κατηγορία σπουδαιότητας II βάσει του Πίνακα 4.3 της §4.2.5 κατά EC-8.
- Λόγω των ελλειπών κατασκευαστικών πρακτικών της χρονολογίας υλοποίησης του έργου, όπως : ανεπαρκή μήκη αγκύρωσης, χρήση λείου χάλυβα που συνεπάγεται την κακή του συνάφεια με το σκυρόδεμα καθώς και μη πύκνωση των συνδετήρων σε κρίσιμες περιοχές, οδηγούμαστε στη θεώρηση της Χαμηλής Κατηγορίας Πλαστιμότητας.

2.6 Βλάβες φορέα

Πέραν κάποιων διατμητικών ρωγμών στις οπτοπλινθοδομές του φορέα, δεν φαίνεται να έχουν υπάρξει άλλες βλάβες.

Κεφάλαιο 3 – Αποτίμηση της Κατασκευής

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

Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. στην Παράγραφο 3.6.4 ορίζει 3 στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων, από την χαμηλότερη ως την υψηλότερη : 1) Ανεκτή, 2) Ικανοποιητική και 3) Υψηλή .

Τα κριτήρια καθορισμού της ΣΑΔ αφορούν το επίπεδο γνώσης των υλικών (ΣΑΔ_Υ) , της γεωμετρίας (ΣΑΔ_Γ) και των κατασκευαστικών λεπτομερειών (ΣΑΔ_Λ).

Το γεωμετρικό κριτήριο χωρίζεται σε 2 υποκατηγορίες : ΣΑΔ_{Γ1}, ΣΑΔ_{Γ2} εκ των οποίων η δυσμενέστερη θα το χαρακτηρίσει.

Πίνακας 3.1: σελ. 3-24 ΚΑΝ.ΕΠΕ.

ΣΧΕΔΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ		ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΟΥ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	ΔΕΔΟΜΕΝΑ					
				ΣΑΔ _Γ (= η δυσμενέστερη μεταξύ των ΣΑΔ _{Γ1} & ΣΑΔ _{Γ2})			ΣΑΔ _Λ		
				ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΦΟΡΕΑ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ή ΑΝΩΔΟΜΗΣ (ΣΑΔ _{Γ1})			ΠΑΧΗ, ΒΑΡΗ κ.λπ. ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΩΝ, ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΩΝ, ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ κ.λπ. (ΣΑΔ _{Γ2})		
				Ανεκτή	Ικανοποιητική	Υψηλή	Ανεκτή	Ικανοποιητική	Υψηλή
ΥΠΑΡΧΟΥΝ	ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΟΥΝ	1	Δεδομένο που προέρχεται από σχέδιο της αρχικής μελέτης η οποία έχει αποδεκτεί/εφαρμοστεί, χωρίς τροποποιήσεις	(1)		✓		✓	✓
✓		2	Δεδομένο που προέρχεται από σχέδιο της αρχικής μελέτης η οποία έχει εφαρμοστεί με λίγες τροποποιήσεις	(2)		✓		✓	✓
✓		3	Δεδομένο που προέρχεται από αναφορά (π.χ. υπόμνημα σε σχέδιο της αρχικής μελέτης)	(3)	✓		✓	✓	
	✓	4	Δεδομένο που έχει διαπιστωθεί ή/και μετρηθεί ή/και αποτυπωθεί αξιόπιστα	(4)		✓	✓	✓	✓
	✓	5	Δεδομένο που έχει προσδιοριστεί με έμμεσον αλλά επαρκώς αξιόπιστον τρόπο	(5)	✓	✓	✓	✓	
	✓	6	Δεδομένο που έχει ευλόγως θεωρηθεί κατά την κρίση Μηχανικού	(6)	✓	✓	✓	✓	

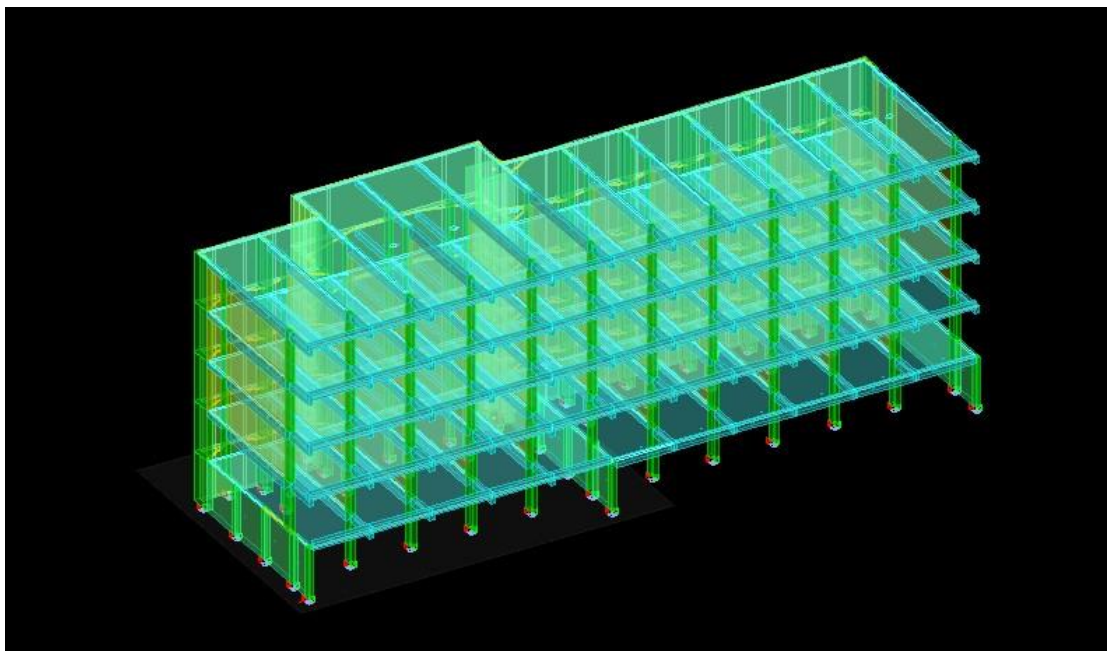
Βασιζόμενοι, στην αρχιτεκτονική αποτύπωση, τον ξυλότυπο της αρχικής μελέτης και την αυτοψία των μηχανικών προκύπτουν για κάθε ΣΑΔ τα εξής :

- **ΣΑΔ_{Γ1}** : Από την στιγμή που καταγράφηκαν αποκλίσεις στις διαστάσεις Υποστυλωμάτων και Δοκών στον ξυλότυπο και την κατασκευή, δόθηκε ιδιαίτερη σημασία και πραγματοποιήθηκε πληθώρα διενέξεων σε αυτά τα στοιχεία σε όλες τις στάθμες για να διαπιστωθεί η πραγματική τους γεωμετρία. Στη συνέχεια έγινε άμεση αποκατάστασή τους. Έτσι, η **ΣΑΔ_{Γ1}** χαρακτηρίζεται ως «**Ικανοποιητική**».
 - **ΣΑΔ_{Γ2}** : Με αυτοψία επίσης εξακριβώθηκαν τα πάχη και το υλικό των τοίχων χωρίς να υπάρχουν ιδιαίτερες αποκλίσεις από την μελέτη αποτύπωσης. Παρομοίως , έγιναν διενέξεις σε πλάκες για να διαπιστωθεί το πάχος των επιστρώσεων. Μην έχοντας όμως ξυλότυπο και αρχιτεκτονικά του συγκεκριμένου κτιρίου η **ΣΑΔ_{Γ2}** επίσης χαρακτηρίζεται απλώς «**Ικανοποιητική**».
- Εν προκειμένω οι 2 κατηγορίες ταυτίζονται, οπότε η **ΣΑΔ_Γ** είναι «**Ικανοποιητική**».
- **ΣΑΔ_Δ** : Όσων αφορά τη διάταξη και τις λεπτομέρειες όπλισης : Στον ξυλότυπο της αρχικής μελέτης αναγράφονται οπλισμοί , των οποίων η διάμετρος και η ποσότητα διαπιστώθηκαν μέσω επί τόπου διενέξεων και χρήση Ferroskan, χωρίς ωστόσο να υπάρχουν λεπτομερή κατασκευαστικά σχέδια. Έτσι η **ΣΑΔ_Δ** χαρακτηρίζεται ως «**Ικανοποιητική** ».
 - **ΣΑΔ_Υ** : Επιπρόσθετα, έγιναν πυρηνοληψίες και εργαστηριακές μετρήσεις σε 3 δοκούς και 3 υποστυλώματα σε κάθε στάθμη, καθιστώντας την **ΣΑΔ_Υ** «**Ικανοποιητική**».

3.2 Γεωμετρικό και Φορτιστικό Προσομοίωμα της Κατασκευής

Με χρήση του λογισμικού ΡΑΦ προσομοιώθηκε η γεωμετρία του φορέα, όπως είναι στην υφιστάμενή του κατάσταση με χρήση γραμμικών Πεπερασμένων Στοιχείων.

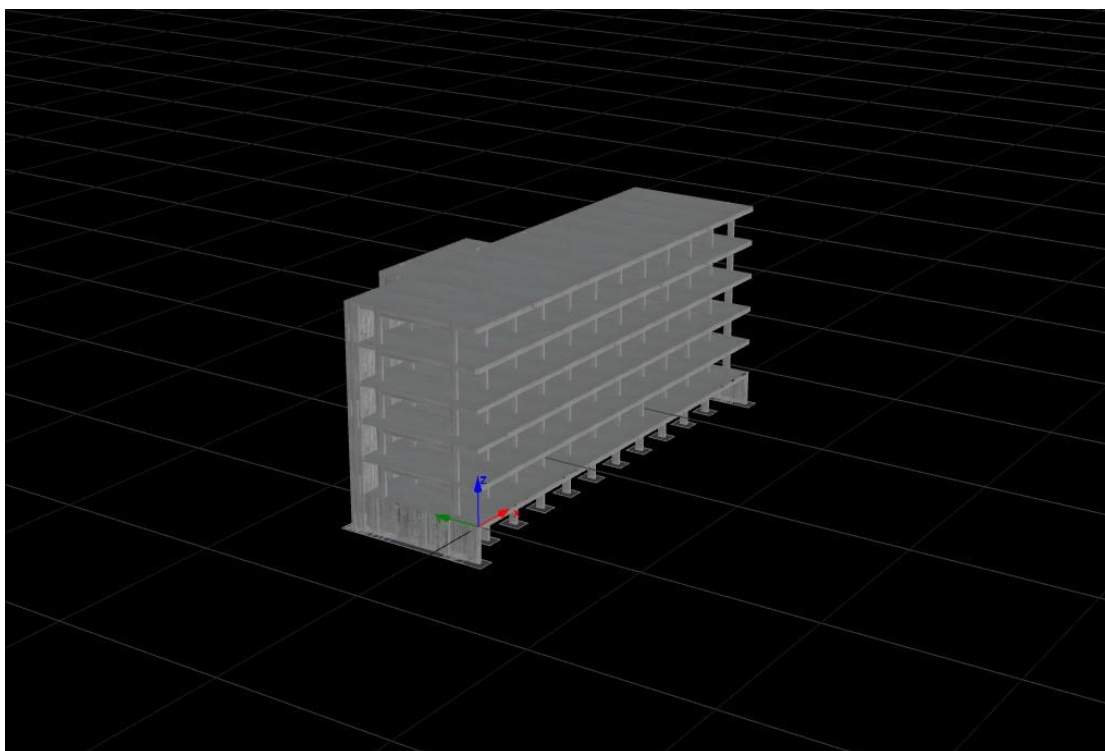
Στο ΡΑΦ δίνεται η δυνατότητα για προσομοίωση της ανισόσταθμης θεμελίωσης. Ωστόσο, μιας και σε μεταγενέστερη φάση ο φορέας θα υλοποιηθεί και στο πρόγραμμα SeisMobuild για την Pushover ανάλυση, όπου δεν δύναται να προσομοιωθεί η ανισόσταθμη θεμελίωση, χάριν ομοιογένειας αποφασίζεται να μην προσομοιωθεί ούτε στο ΡΑΦ.



Σχήμα 3.1: Τελικό Μοντέλο ΡΑΦ

Ιδιομορφική Ανάλυση Κτηρίου																		
α/α	Θέση Μάζας	Ιδιομορφ ή	Φασματικές Περίοδοι Συχνότητες				Φασματικές Επιταχύνσεις			Συντελεστές Συμμετοχής			Ποσοστό Ενεργοποιούμενης Μάζας					
			T	f	ω	ω ²	ax	ay	az	vx	vy	vz	mx	my	mz	Σmx	Σmy	Σmz
			[s]	[Hz]	[rad/s]	[(rad/s) ²]	[m/s ²]			[-]			[%]					
1	E1	No1	0.21860	4.57447	28.74226	826.11750	4.70880	4.70880		-0.37588	35.10056		0.009	78.249		0.009	78.249	
2		No2	0.18272	5.47282	34.38671	1182.44611	4.70880	4.70880		18.64971	1.45827		22.090	0.135		22.099	78.384	
3		No3	0.12103	8.26236	51.91391	2695.05395	4.16316	4.16316		-2.36631	1.49677		0.356	0.142		22.455	78.526	
4		No4	0.08647	11.56469	72.66307	5279.92128	3.51220	3.51220		31.36611	-0.68350		62.485	0.030		84.939	78.556	
5		No5	0.06502	15.37875	96.62752	9336.87792	3.10828	3.10828		-2.10845	13.01530		0.282	10.759		85.222	89.315	
6		No6	0.06262	15.96948	100.33923	10067.96011	3.06297	3.06297		6.73145	5.92516		2.878	2.230		88.099	91.545	
7		No7	0.04087	24.47052	153.75283	23639.93221	2.65323	2.65323		-2.78056	1.63917		0.491	0.171		88.590	91.715	
8		No8	0.03737	26.75713	168.11998	28264.32681	2.58745	2.58745		-0.42027	-6.17750		0.011	2.424		88.602	94.139	
9		No9	0.03252	30.75028	193.20970	37329.98910	2.49604	2.49604		1.28807	-0.71545		0.105	0.033		88.707	94.171	
10		No10	0.03002	33.31151	209.30240	43807.49529	2.44895	2.44895		-9.64584	-0.29827		5.909	0.006		94.616	94.177	

Σχήμα 3.2: Ιδιομορφικά Χαρακτηριστικά για την 1η θέση Μάζας.



Σχήμα 3.3: 3D-Προσομοίωμα στο Seismobuild

Εξαγ. Αποτέλ. No.	1,	Περίοδος: 0,22899719
Εξαγ. Αποτέλ. No.	2,	Περίοδος: 0,17303576
Εξαγ. Αποτέλ. No.	3,	Περίοδος: 0,06853405
Εξαγ. Αποτέλ. No.	4,	Περίοδος: 0,06658363
Εξαγ. Αποτέλ. No.	5,	Περίοδος: 0,05845353
Εξαγ. Αποτέλ. No.	6,	Περίοδος: 0,03746911
Εξαγ. Αποτέλ. No.	7,	Περίοδος: 0,03666465
Εξαγ. Αποτέλ. No.	8,	Περίοδος: 0,0299256
Εξαγ. Αποτέλ. No.	9,	Περίοδος: 0,0276083
Εξαγ. Αποτέλ. No.	10,	Περίοδος: 0,02333218
Εξαγ. Αποτέλ. No.	11,	Περίοδος: 0,01790163

Σχήμα 3.4: Ιδιοπερίοδοι μοντέλου Seismobuild : Ανεκτή Απόκλιση σε σχέση με του ΡΑΦ.

Η ιδιομορφική ανάλυση και στα δύο λογισμικά, γίνεται με γνώμονα να ενεργοποιείται τουλάχιστον το 90% της ταλαντούμενης μάζας στην εκάστοτε κύρια διεύθυνση. Για να επιτευχθεί αυτό, στο ΡΑΦ απαιτείται χρήση 10 ιδιομορφών ενώ αντίστοιχα στο Seismobuild 11.

Ο Ευρωκώδικας 8 ορίζει να λαμβάνονται υπόψη 4 πιθανές μετατοπίσεις του κέντρου μάζας κατά 5% της εκάστοτε κύριας διεύθυνσης. Στα σχήματα 3.2 και 3.4 αποτυπώνονται τα ιδιομορφικά χαρακτηριστικά μόνο για την 1^η εκ των τεσσάρων καθώς οι αποκλίσεις των υπολοίπων είναι αμελητέες.

Έτσι, οι ασύζευκτες ιδιοπερίοδοι του κτιρίου είναι:

$T_y=0.2186$ sec με ποσοστό συμμετοχής 78,25% και $T_x=0,08647$ sec με ποσοστό συμμετοχής 62,48%

Οι αποκλίσεις ανάμεσα στα ιδιομορφικά χαρακτηριστικά των 2 μοντέλων είναι ελάχιστες, γεγονός που αποτελεί καλή ένδειξη πως οι προσομοιώσεις είναι ισοδύναμες και δεν θα προκύψουν ζητήματα ακρίβειας.

3.3 Επιλογή Στάθμης Επιτελεστικότητας

Με την έννοια «Στάθμη Επιτελεστικότητας» ορίζεται η αναμενόμενη ή η επιθυμητή συμπεριφορά του κτιρίου, σε όρους αντοχής και μετατοπίσεων, υπό δεδομένους αντίστοιχους σεισμούς σχεδιασμού.

Ορίζονται κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. οι εξής 3 στάθμες :

- A) Περιορισμός Βλαβών (DL – Damage Limitation) : Στην εν λόγω κατάσταση ο φορέας έχει υποστεί μόνον ελαφριές βλάβες, με τα φέροντα δομικά στοιχεία να μην έχουν υποστεί διαρροή και να διατηρούν την αντοχή και την δυσκαμψία τους. Αποσκοπείται η άμεση χρήση του δομήματος μετά τον σεισμό σχεδιασμού .
- B) Σημαντικές Βλάβες (SD – Severe Damage) : Τα κύρια δομικά στοιχεία έχουν υποστεί πλαστικές παραμορφώσεις, ενώ δευτερεύοντα στοιχεία, όπως οπτοπλινθοδομές του ισογείου κλπ. , έχουν υποστεί εκτεταμένες , αλλά συνήθως επιδιορθώσιμες βλάβες. Το κτίριο φέρει τα κατακόρυφα φορτία ενώ μπορεί να αντέξει και κάποιους μετασεισμούς μέτριας έντασης. Κρίνεται ωστόσο, υποχρεωτική και σκόπιμη η άμεση αποκατάσταση των ζημιών.
- C) Οιωνεί Κατάρρευση (NC – Near Collapse) : Ο φέρων οργανισμός έχει υποστεί πλέον εκτεταμένες και σοβαρές βλάβες ενώ δύναται να φέρει τα κατακόρυφα φορτία κατά και για ένα διάστημα μετά τον σεισμό, χωρίς ωστόσο να διαθέτει άλλη αντοχή για μετασεισμούς. Δεν υπάρχει περιθώριο ασφαλείας έναντι κατάρρευσης.

Με την 3^η αναθεώρηση του ΚΑΝ.ΕΠΕ. για **9 διαφορετικές** περιόδους επαναφοράς, εισάγονται πλέον οι αντίστοιχες **Στάθμες Σεισμικές Επικινδυνότητας** .

Περίοδος Επαναφοράς (έτη)	Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών	$a_g / a_{g,ref}$
2475	2%	1.80
975	5%	1.30
475	10%	1.00
225	20%	0.75
135	30%	0.60
70	50%	0.45
40	70%	0.35
20	90%	0.25
<20	>90%	<0.25

Σε συνδυασμό με τις 3 Στάθμες Επιτελεστικότητας καταλήγουμε σε **27 Στόχους Αποτίμησης / Ανασχεδιασμού**.

Πίνακας 3.3 : Πίνακας 2.1 ΚΑΝ.ΕΠΕ. – Στόχοι Αποτίμησης ή Ανασχεδιασμού

Πίνακας 2.1. Στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού Φέροντος Οργανισμού.

$a_g / a_{g,ref}$	Στάθμη Επιτελεστικότητας Φέροντος Οργανισμού		
	A «Περιορισμένες Βλάβες»	B «Σημαντικές Βλάβες»	Γ «Οιονεί Κατάρρευση»
1.80	A0	B0	Γ0
1.30	A1⁺	B1⁺	Γ1⁺
1.00	A1	B1	Γ1
0.75	A2⁺	B2⁺	Γ2⁺
0.60	A2	B2	Γ2
0.45	A3⁺	B3⁺	Γ3⁺
0.35	A3	B3	Γ3
0.25	A4⁺	B4⁺	Γ4⁺
<0.25	A4	B4	Γ4

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

- $a_{g,ref}$: είναι η οριζόντια εδαφική επιτάχυνση αναφοράς, που ορίζεται με πιθανότητα υπέρβασης της σεισμικής δράσης 10% στα 50 χρόνια συμβατικής ζωής του έργου.
- a_g : είναι η οριζόντια εδαφική επιτάχυνση.

Ως Βασική Κλάση του Υφιστάμενου Κτιρίου ορίζεται αυτή για την οποία ο φορέας δεν εμφανίζει αστοχίες, εν προκειμένω όμως δεν βρέθηκε τέτοια, καθώς για τον σεισμό σχεδιασμού ο φορέας θα υπερβεί την «Οιονεί Κατάρρευση». Βάσει του κανονισμού ο στόχος ανασχεδιασμού πρέπει να είναι βελτιωμένος κατά τουλάχιστον 1 Σεισμική Κλάση. Στην παρούσα μελέτη, υπέρ της ασφαλείας, ο **στόχος ανασχεδιασμού θα είναι ο B1**.

3.4 Αποτίμηση της Κατασκευής με χρήση διαφορετικών μεθόδων

3.4.1 Μέθοδος Καθολικού Δείκτη q

Σε γραμμικές αναλύσεις όπως αυτή της Δυναμικής Φασματικής, η μετελαστική συμπεριφορά του κτηρίου μετά την 1^η διαρροή δεν συνυπολογίζεται. Κάτι τέτοιο θα οδηγούσε σε υπερβολικά συντηρητικό σχεδιασμό. Για τον λόγο αυτό εισάγεται ο απομειωτικός συντελεστής των σεισμικών δράσεων q , με τον οποίο διαιρείται η σεισμική φόρτιση, προσεγγίζοντας έτσι την πλαστική υπεραντοχή του φορέα.

Το εν λόγω κτίριο έχει ευμενή παρουσία τοιχοπληρώσεων, με την έννοια ότι πρωτίστως δεν δημιουργούν κοντά υποστυλώματα και κατά δεύτερον ό,τι βλάβες έχουν υποστεί ανά τα χρόνια, να έχουν αποκατασταθεί, καθιστώντας τα ικανά να παραλάβουν μέρος της σεισμικής τέμνουσας, τουλάχιστον για τις πρώτες ανακυκλήσεις του σεισμού.

Όντας κατασκευασμένο το 1976 εμπίπτει προφανώς στους κανονισμούς προ του 1985.

Έτσι, βάσει του Πίνακα 3.4 μπορεί να επιλεγεί $q' = 1.7$. Ωστόσο, ακολούθως γίνεται αναφορά πως για Στρεπτικώς Ευαίσθητα κτίρια ο εν λόγω συντελεστής πολλαπλασιάζεται επί 2/3.

Έτσι, $q' = 1.7 \cdot (2/3) \Rightarrow q' = 1.13$

Πίνακας 3.4 : Τιμές του δείκτη συμπεριφοράς q' για την στάθμη επιτελεστικότητας Β («Σημαντικές Βλάβες»), ΚΑΝ.ΕΠΕ σελ: 4-20

Εφαρμοσθέντες Κανονισμοί μελέτης (και κατασκευής)	Ευμενής παρουσία ή απουσία τοιχοπληρώσεων (1)		Δυσμενής (γενικώς) παρουσία τοιχοπληρώσεων (1)	
	Ουσιώδεις βλάβες σε πρωτεύοντα στοιχεία		Ουσιώδεις βλάβες σε πρωτεύοντα στοιχεία	
	Όχι	Ναι	Όχι	Ναι
1995 ≤ ...	3,0	2,3	2,3	1,7
1985 ≤ ... < 1995(2)	2,3	1,7	1,7	1,3
... < 1985	1,7	1,3	1,3	1,1

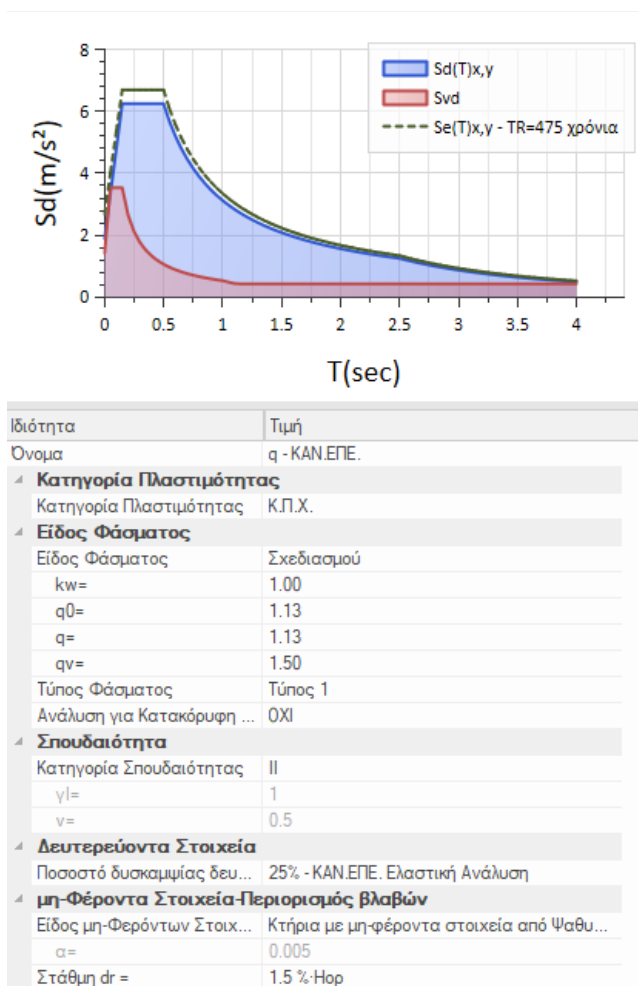
Δυναμική Φασματική Ανάλυση με Χρήση του Καθολικού Δείκτη Συμπεριφοράς q :

Ακολουθώς παρουσιάζονται οι εισαγόμενες παράμετροι της ανάλυσης στο ΡΑΦ.

Είδος Έργου - Αποτίμηση/Ενισχύσεις	
Επίλυση για Αποτίμηση/Ενισχύσεις Υφιστάμενης Κατασκευής	☒
Οπλισμένο Σκυρόδεμα	
Κανονισμός:	ΚΑΝ.ΕΠΕ.
Ελαστική Ανάλυση Χωρίς Ικανοτικό (επιβάλλει Στάθμη Επιτελεστικότητας Α):	☐
Τιμές Υλικών:	Μέσες Τιμές μείον Τυπική Απόκλιση
Κατηγορία συντελεστή γ_{Sd}	Χωρίς βλάβες και χωρίς επεμβάσεις
Ελαστική ανάλυση για αποτίμηση με επαύξηση του γ_{Sd} κατά 0.15	☐ Off
- Συντελεστής γ_{Sd}	1.00
Φέρουσα Τοιχοποιία	
Κανονισμός:	EK8-3
Επίδοση - Επιτελεστικότητα Κτηρίου	
Τιμές Συντελεστών:	Σύμφωνα με τον επιλεγμένο κανονισμό για Οπλισμένο Σκυρόδεμα
Επίπεδο Επιτελεστικότητας:	B-Σημαντικές Βλάβες
Περίοδος Επαναφοράς TR:	TR=475 χρόνια - P=10% σε 50 χρόνια
$\alpha_g/\alpha_{g,ref}$	1.00
ΣΑΔ	
ΣΑΔ(Γ) - Στάθμη αξιοπιστίας γεωμετρικών δεδομένων:	ΣΑΔ2-κανονιστική στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων
- γ_G	1.350
- γ_{Ge}	1.100
Μέθοδος Συντελεστή Συμπεριφοράς	
Μέθοδος συντελεστή συμπεριφοράς	q - καθολικός συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς
Δείκτης πλαστιμότητας γωνίας στροφής κορδής	
$\mu_{\theta,pl}$	2.50

Σχήμα 3.5: Εισαγόμενες Παράμετροι Ελαστικής Μεθόδου q κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας
Για το δεδομένο Εδαφικό Τύπο, Σεισμική Ζώνη και Στάθμη Επιτελεστικότητας, εισάγεται το αντίστοιχο φάσμα σχεδιασμού:

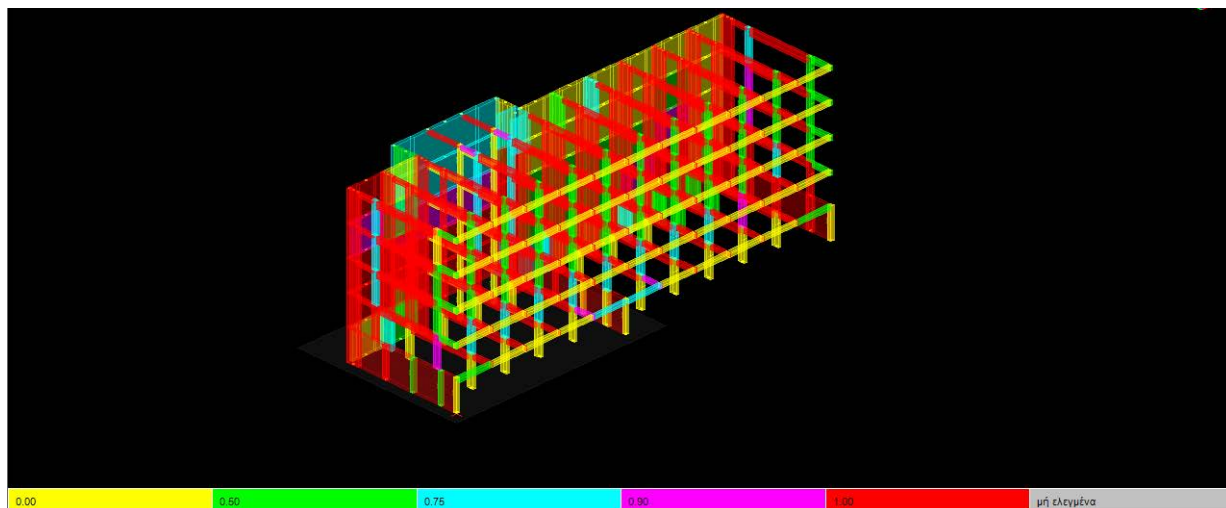


Σχήμα 3.6: Φάσμα Σχεδιασμού

Σεισμική Επιτάχυνση Εδάφους	
Σεισμική Ζώνη	Z2
$ag \cdot R/g \cdot EC8.1 =$	0.24
$ag \cdot R/g =$	0.24
$ag/ag_{ref} =$	1
$ag \cdot R/g =$	0.24
$ag =$	2.3544 m/s ²
Χαρακτηριστικές Περίοδοι	
Εδαφικός Τύπος	B
Οριζόντιες Συνιστώσες	
S=	1.2
TB=	0.15 s
TC=	0.5 s
TD=	2.5 s
Κατακόρυφη Συνιστώσα	
$avg/ag =$	0.9
TBv=	0.05 s
TCv=	0.15 s
TDv=	1 s
Συντελεστής β=	0.2

Σχήμα 3.7 : Δεδομένα Φάσματος και Εδάφους

Στο ΡΑΦ, μας δίνεται η δυνατότητα να ομαδοποιήσουμε τα στοιχεία ανά είδος και ανά διατομή. Έτσι, μπορούμε με σχετική ευκολία να αναδείξουμε τις παθογένειες του φορέα.

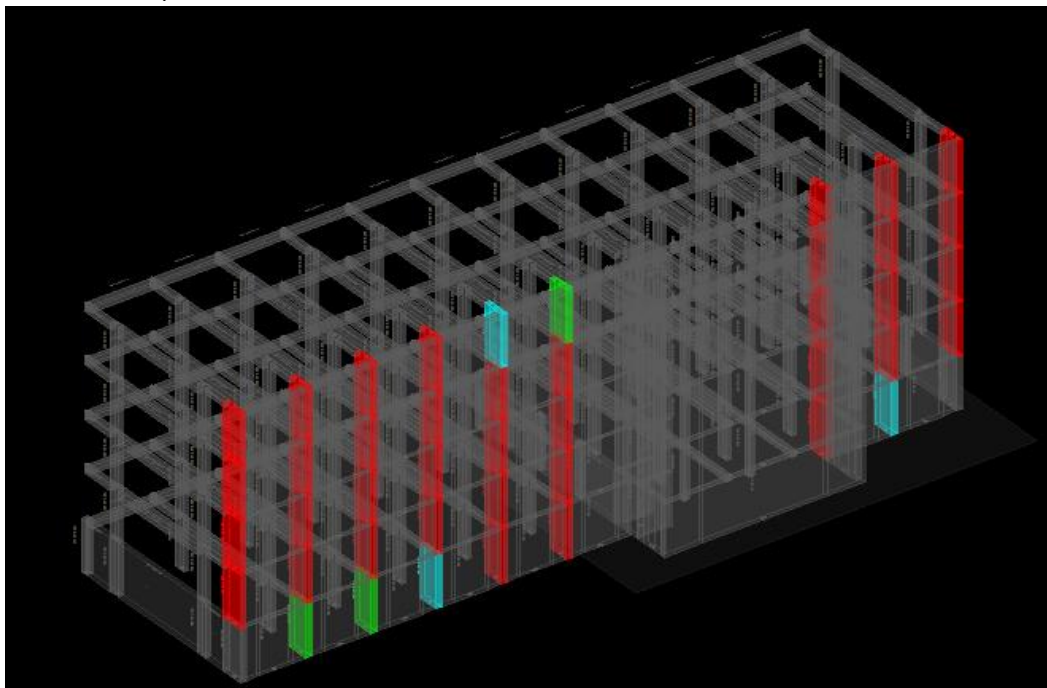


Σχήμα 3.8: Θέσεις και Πλήθος Αστοχιών

Στο σχήμα 3.8 απεικονίζονται με χρωματικές ενδείξεις, στο ΡΑΦ, το εύρος των τιμών των λόγων επάρκειας έναντι κάμψης και διάτμησης. Εν συνεχεία, θα αναφερόμαστε στους λόγους επάρκειας με τα αρχικά «Λ.Ε.» ή στα αγγλικά ως ‘C.R.’ (Capacity Ratio). Συγκεκριμένα :

- Κίτρινο : C.R. = 0.00 έως 0.49
- Πράσινο : C.R. = 0.50 έως 0.74
- Γαλάζιο : C.R. = 0.75 έως 0.89
- Μωβ : C.R. = 0.90 έως 0.99
- Κόκκινο : C.R. > 1 (μέλη που αστοχούν)

1) Υποστυλώματα 30/120



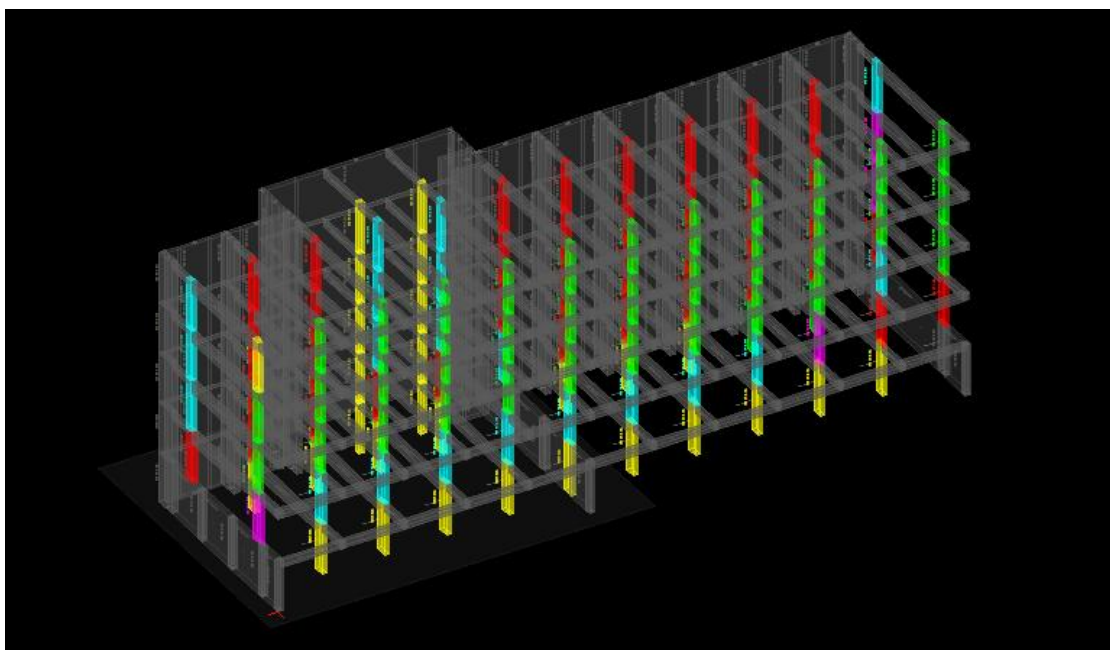
Σχήμα 3.9: Έλεγχοι επάρκειας υποστυλωμάτων 30/120

Όπως φαίνεται στο σχήμα 3.9 τα υποστυλώματα διαστάσεων 30/120 θα αστοχήσουν σε ένα μεγάλο βαθμό για τον σεισμό σχεδιασμού. Βασική εξήγηση αποτελεί πως, λόγω του μεγάλου στατικού ύψους της διατομής (1,20m) ,είναι αρκετά δύσκαμπτα και συγκεντρώνουν σημαντικό μέρος της σεισμικής καταπόνησης. Επιπλέον, ο λόγος των διαστάσεων, όντας 1/4, με τα σύγχρονα πρότυπα θα επέβαλλε την θεώρησή τους ως τοιχώματα, οπλίζοντας τα ανάλογα με κρυφοϋποστυλώματα και πλέγμα κορμού. Κάτι τέτοιο θα οδηγούσε σε σαφώς μεγαλύτερη καμπτική αντοχή , σε σχέση με την παρουσία ισοκατανεμημένου οπλισμού που είναι η υφιστάμενη κατάσταση.

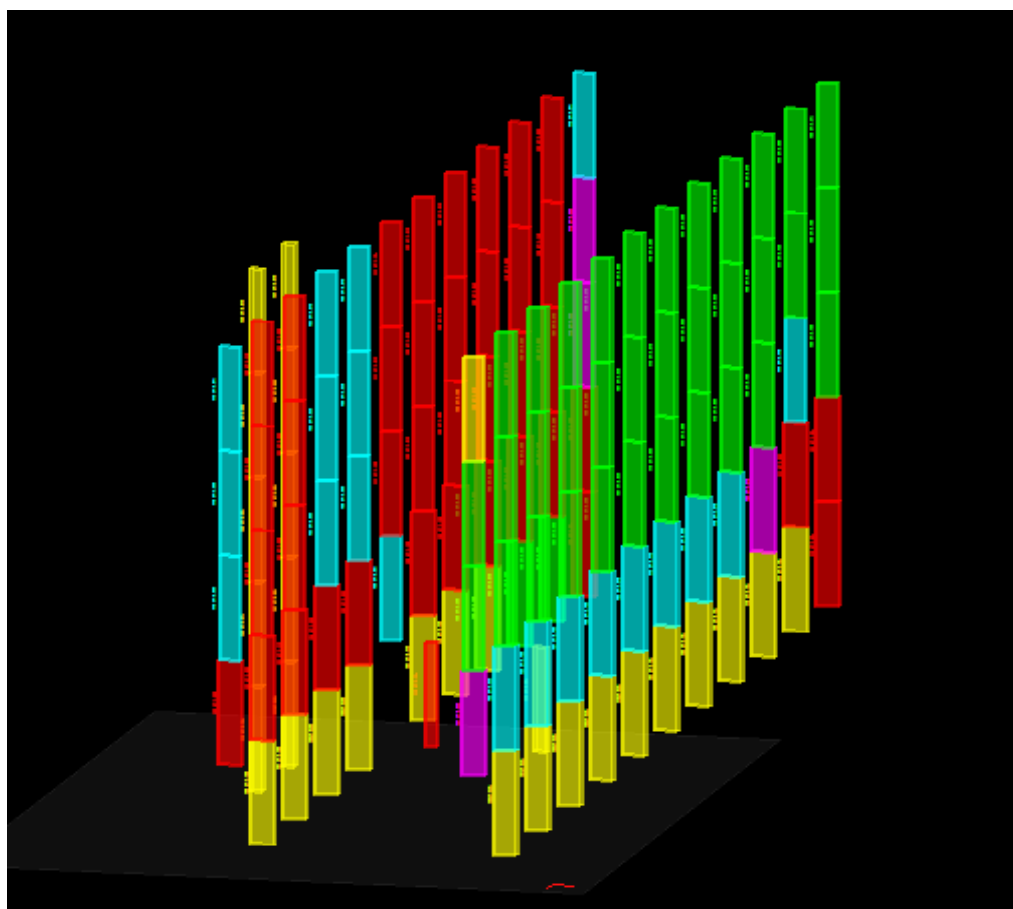
Επιπρόσθετα , παρατηρείται πως οι στάθμες του ισογείου του 1^{ου} και του 2^{ου} ορόφου εμφανίζουν ποσοστό αστοχιών που αγγίζει το 100%. Αυτό εξηγείται ως εξής: Κάνοντας μια απλοποιητική θεώρηση του στατικού συστήματος του κτιρίου, μπορούμε να το προσομοιώσουμε ως έναν κατακόρυφο πρόβολο, πακτωμένου στη θέση της θεμελίωσης. Έτσι, υπό ένα κατανεμημένο φορτίο όπως το σεισμικό, η μεγαλύτερη συγκέντρωση ροπών αναμένεται στη στήριξη και πέριξ αυτής. Σημειώνεται επίσης, πως τα υποστυλώματα του υπογείου δέχονται μικρή πλευρική καταπόνηση, έναντι σεισμού καθώς εγκιβωτίζονται εντός των τοιχωμάτων του υπογείου και των παρακείμενων γαιών, μην εκτελώντας ελεύθερα ταλάντωση όπως η υπόλοιπη ανωδομή.

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

2) Υποστυλώματα 30/30 , 30/50 , 30/60



Σχήμα 3.10: Έλεγχοι επάρκειας υποστυλωμάτων 30/30, 30/50, 30/60



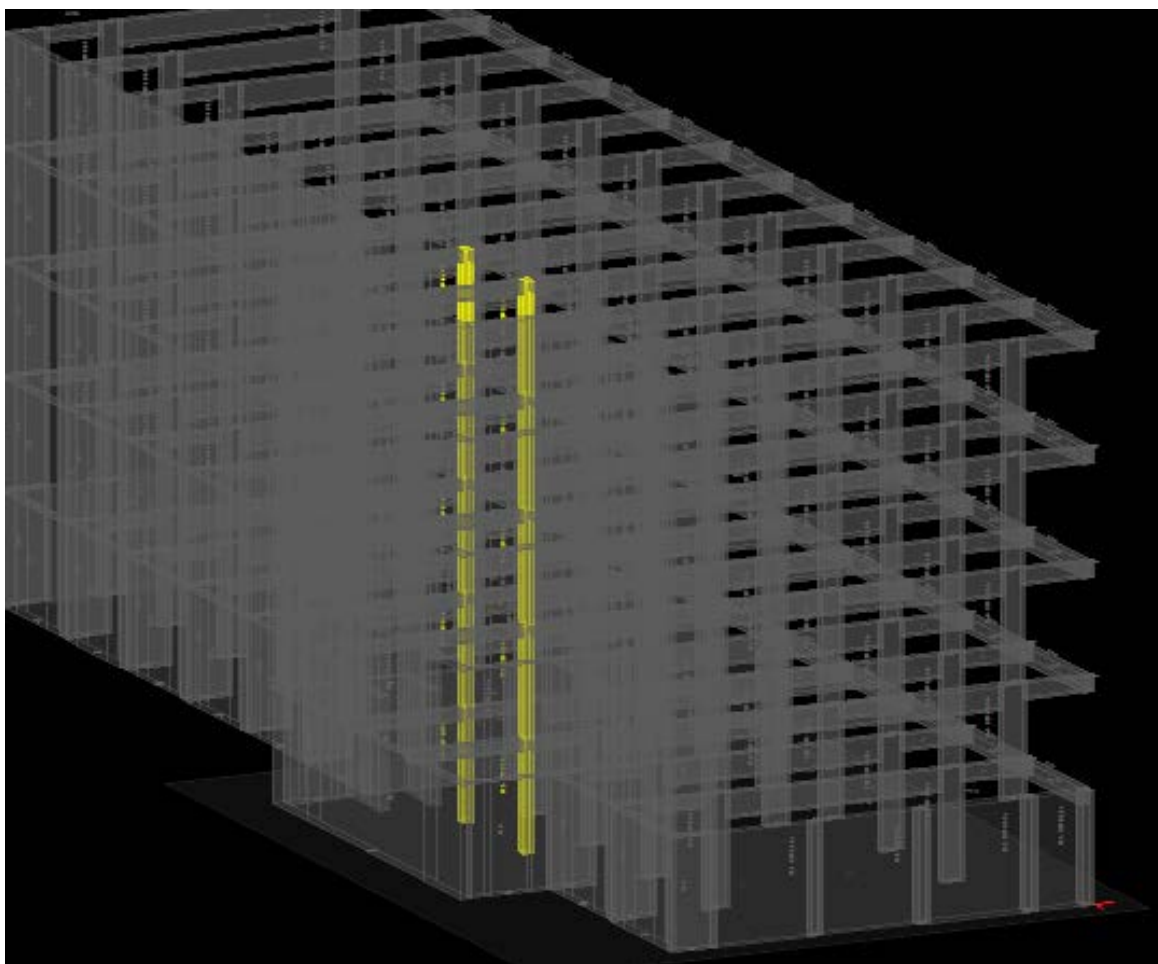
Σχήμα 3.11 : Έλεγχοι επάρκειας υποστυλωμάτων 30/30,30/50,30/60

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

Παρατηρώντας πιο διεξοδικά (Σχήμα 3.11) τις ομάδες υποστυλωμάτων 30/30,30/50,30/60 γίνεται εμφανές πως η σειρά που βρίσκεται στην πίσω όψη του κτιρίου καταπονείται πολύ περισσότερο από αυτήν της πρόσοψης. Αυτό εξηγείται ως εξής: Η απουσία πλάκας στο χώρο που βρίσκεται το κλιμακοστάσιο και ο φωταγωγός έχει δυσμενή επιρροή για αυτά τα υποστυλώματα, καθώς κάμπτονται μονομερώς. Εν αντιθέσει, στην πλευρά της πρόσοψης, η παρουσία των προβόλων δρα αντίρροπα, «εξουδετερώνοντας» ένα ποσοστό των ροπών.

Τα 2 υποστυλώματα 30/30 είναι οπλισμένα με διαμήκεις ράβδους $8\varnothing 14$ που αντιστοιχούν σε $\rho=1,4\% > 1\%$ ποσοστό οπλισμού γεγονός που ικανοποιεί ακόμα και τα σημερινά κανονιστικά πρότυπα και οδηγούμαστε στην άνετη καμπτική τους επάρκεια.

Αντίθετα, ο οπλισμός διάτμησης $\Sigma\varnothing 6/20$ είναι σχετικά αραιός. Όμως, η διατομή, όντας μικρών διαστάσεων τα καθιστά εύκαμπτα με αποτέλεσμα να μη συγκεντρώνονται πολλές διατμητικές τάσεις και να οδηγούμαστε επίσης σε επάρκεια.



Σχήμα 3.12 : Θέση και χρωματική απεικόνιση ελέγχου επάρκειας υποστυλωμάτων 30/30.

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

- Τα υποστυλώματα 30/50 και 30/60 έχουν επίσης διαμήκη οπλισμό 8Ø14 που ισοδυναμεί με ποσοστό $\rho=1\%$ και $\rho=0,8\%$, και βρίσκονται στα όρια της ανεκτής απαίτησης του 1%. Η κυρίαρχη καταπόνηση όμως είναι η διατμητική καθώς η επιλογή να τοποθετηθούν γενικευμένα συνδετήρες Ø6/20 καθίσταται ανεπαρκής. Όλα τα προαναφερθέντα αποτυπώνονται αριθμητικά και στους **πίνακες :3.1-3.3**

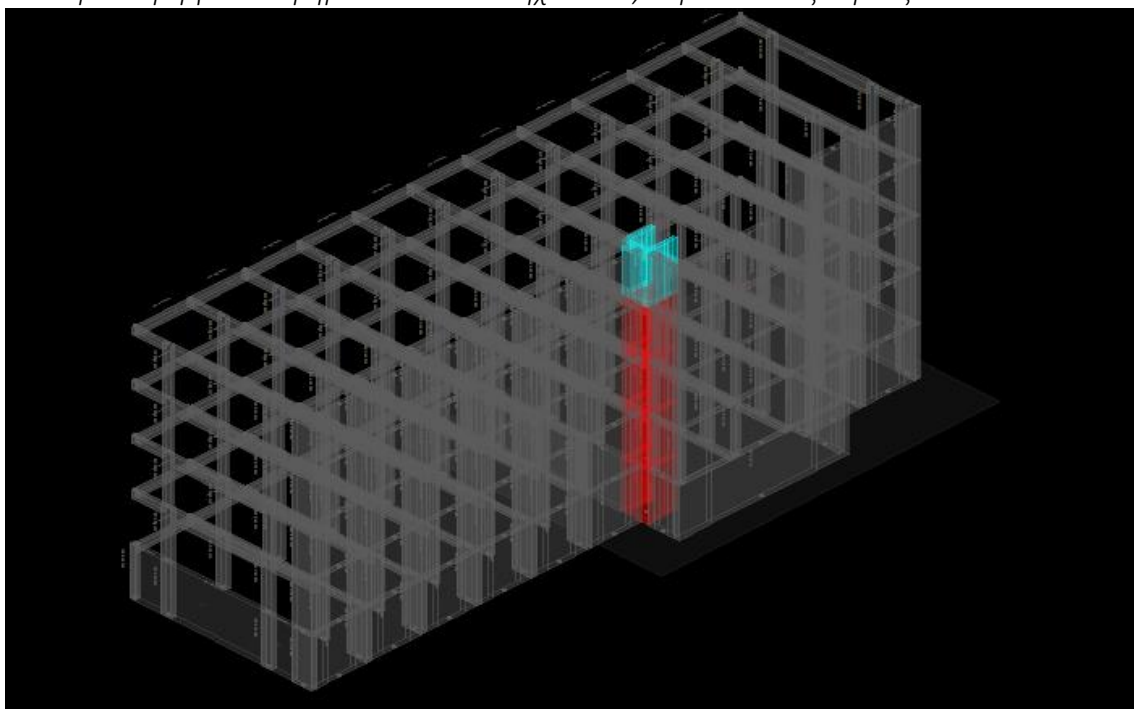
Πίνακας 3.5: Ποσοστά Ανεπαρκειών
Υποστυλωμάτων

	Ποσοστό Αστοχιών		Σύνολο
	Κάμψη	Διάτμηση	
Υ/Σ 30/120	79,1%	74,4%	43
Υ/Σ 30/30 , 30/50 , 30/60	8,1%	29,8%	124

Πίνακες 3.6,3.7 :Μέγιστες και Μέσες Τιμές Λόγων Επάρκειας Υποστυλωμάτων :

	Μέγιστες Τιμές Λ.Ε.	
	Κάμψη	Διάτμηση
Υ/Σ 30/120	4,26	7,09
Υ/Σ 30/30 , 30/50 , 30/60	1,26	1,45

	Μέσες Τιμές Λ.Ε.	
	Κάμψη	Διάτμηση
Υ/Σ 30/120	1,81	2,66
Υ/Σ 30/30 , 30/50 , 30/60	0,53	0,75

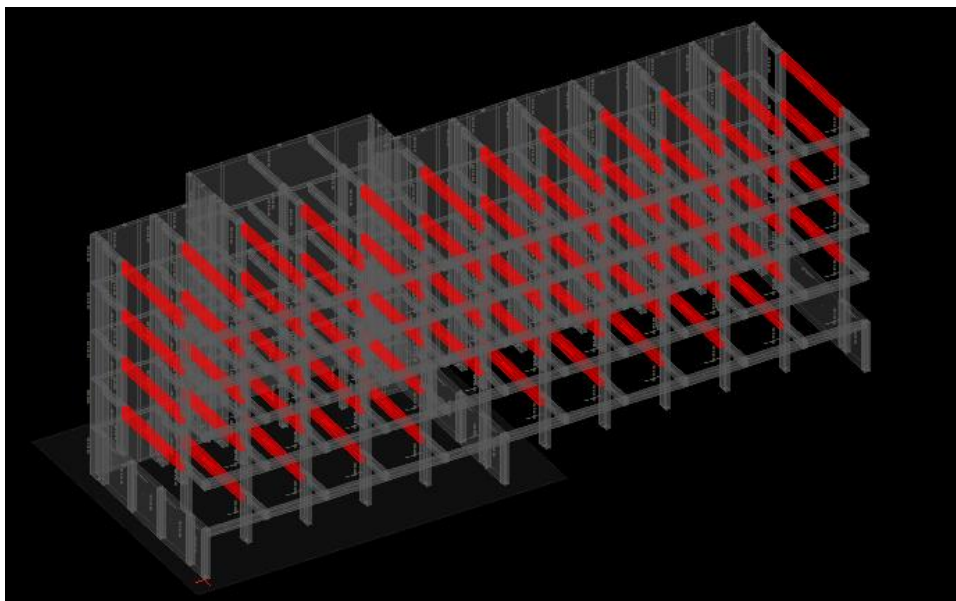


Σχήμα 3.11: Έλεγχοι επάρκειας υποστυλωμάτων Πυρήνα

Οι διατομές του πυρήνα που αντιστοιχούν στο υπόγειο, τον 2^ο και τον 3^ο όροφο αστοχούν διατμητικά. Για την στάθμη του υπογείου, εξήγηση αποτελεί η παρουσία των τοιχωμάτων υπογείου που προσδίδουν συγκεντρωμένη δυσκαμψία στο σημείο και κατά τον σεισμό μπορεί να επιδράσουν κρουστικά επί του πυρήνα. Επίσης, η ανεπαρκής διατμητική αντοχή της διατομής οφείλεται και στην παρουσία αραιού πλέγματος κορμού, της τάξεως του : $\# \phi 8/35$ (μ+ε). Όσων αφορά την 2^η και την 3^η στάθμη, κατά την ιδιομορφική ανάλυση φάνηκε πως υπάρχουν χρονικά στιγμιότυπα κατά τον σεισμό όπου τα 2 αυτά διαφράγματα κινούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις δημιουργώντας «ψαλιδισμό», δηλαδή πολύ έντονη διάτμηση στα κατακόρυφα στοιχεία που τα ενώνουν. Στην στάθμη του ισόγειου, όπου πραγματοποιείται και η μεγαλύτερη καμπτική καταπόνηση λόγω πλευρικής φόρτισης, το σκέλος του πυρήνα που είναι μεμονωμένο αστοχεί. Επισημαίνεται πως αυτό είναι λογικό, καθώς έχει τονιστεί η πλήρης απουσία τοιχωμάτων στη διεύθυνση αυτή (y).

Πίνακας 3.8: Ποσοστά Ανεπαρκειών , Μέσες και Μέγιστες Τιμές Λ.Ε. Πυρήνα

Πυρήνας (5 στ.)	Κάμψη	Διάτμηση
ποσοστό που αστοχεί	20,0%	60,0%
max	1,13	3,73
average	0,34	1,83



Σχήμα 3.12: Έλεγχοι επάρκειας δοκών 25/60

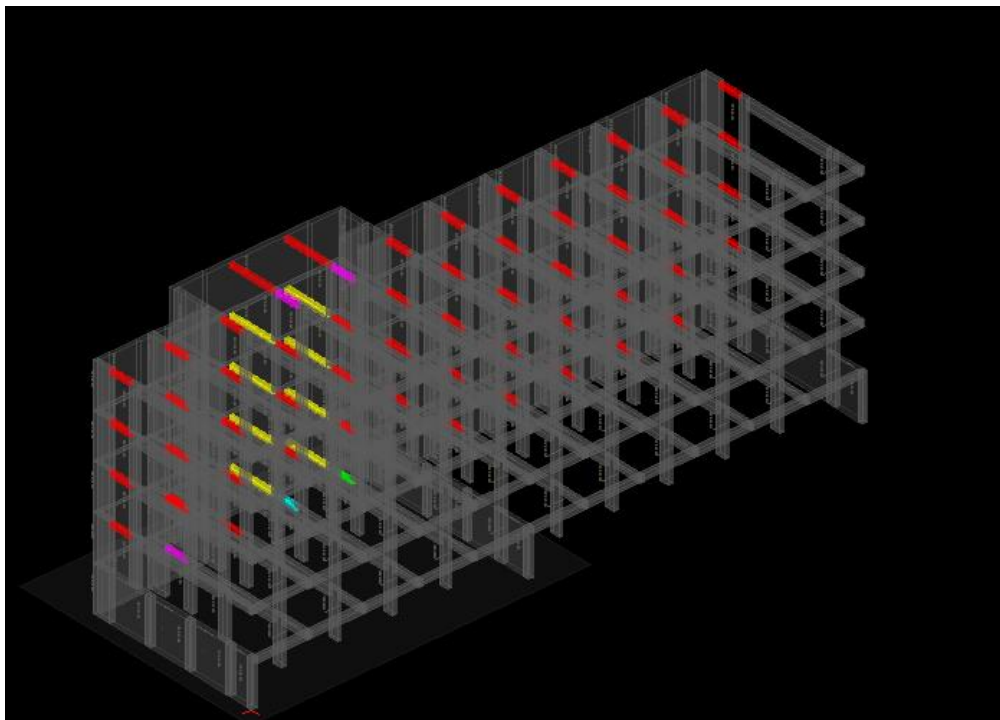
Οι δοκοί 25/60 είναι οπλισμένες ως εξής :

- Στήριξη: Διαμήκης : Άνω: 2 $\varnothing$ 16 + 2 $\varnothing$ 20, Κάτω: 2 $\varnothing$ 16
Εγκάρσιος : Σ $\varnothing$ 6/20
- Άνοιγμα: Διαμήκης : Άνω: 2 $\varnothing$ 16, Κάτω: 2 $\varnothing$ 16+ 2 $\varnothing$ 20
Εγκάρσιος : Σ $\varnothing$ 6/20

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.5 το 58% των δοκών αυτών αστοχεί καμπτικά, δεδομένου πως ο άνω οπλισμός στήριξης δεν είναι επαρκής.

Επιπρόσθετα, χαρακτηριστικό αποτελεί το γεγονός πως όλες οι δοκοί της διατομής αυτής αστοχούν έναντι διάτμησης, καθώς η γενικότερη οπλισμική διάταξη των Σ $\varnothing$ 6/20 καθίσταται πλήρως ανεπαρκής, κυρίως δε, όταν δεν υπάρχει πύκνωση του οπλισμού αυτού στις στηρίξεις, σε οριζόμενη απόσταση d από την παρειά του υποστυλώματος.

5) Δοκοί 25/30



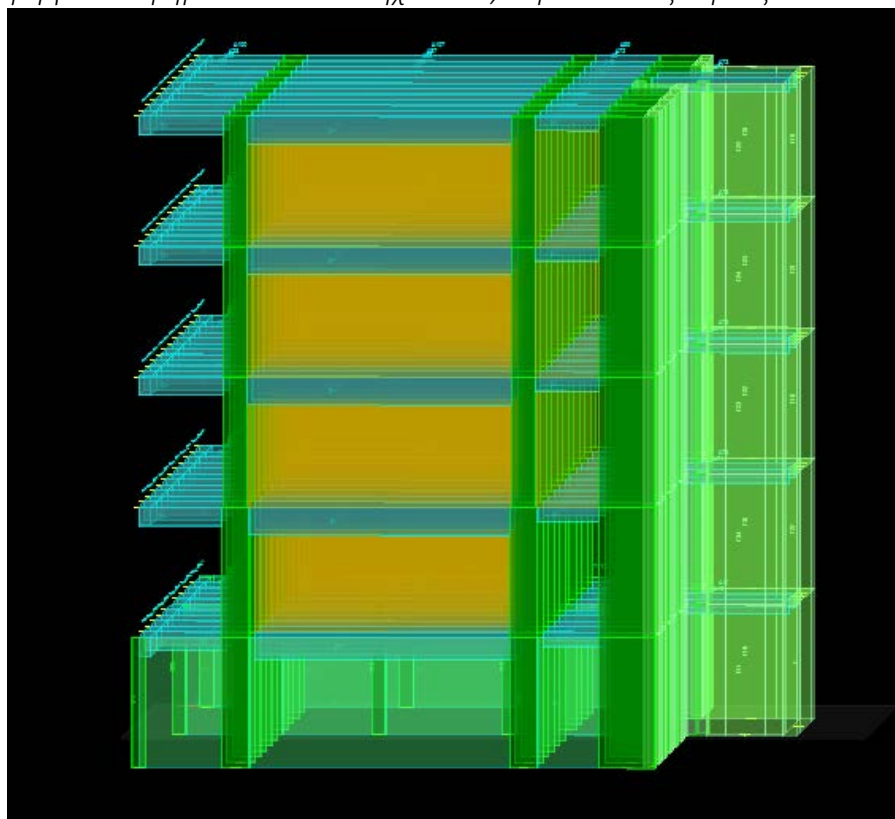
Σχήμα 3.13: Έλεγχοι επάρκειας δοκών 25/30

Οι δοκοί 25/30 είναι οπλισμένες ως εξής :

- Στήριξη: Διαμήκης : Άνω: 4 $\varnothing$ 10, Κάτω: 4 $\varnothing$ 10 ($\rho = 0,6\%$)
Εγκάρσιος : Σ $\varnothing$ 6/15
- Άνοιγμα: Διαμήκης : Άνω: 4 $\varnothing$ 10, Κάτω: 4 $\varnothing$ 10
Εγκάρσιος : Σ $\varnothing$ 6/15

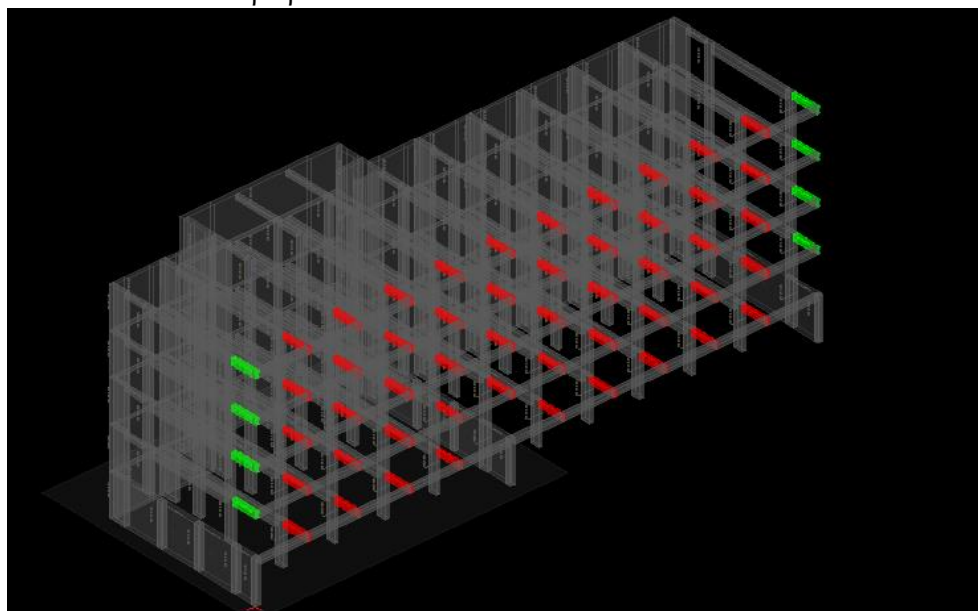
Τα ποσοστά αστοχιών για κάμψη και διάτμηση, αυτής της ομάδας δοκών είναι περί το 80% (Πίνακας 3.5). Παρόλο που ο διαμήκης οπλισμός των 4 $\varnothing$ 10 άνω και κάτω φαίνεται επαρκής και έχει εφαρμοσθεί πύκνωση των συνδετήρων, τοποθετημένων ανά 15cm έναντι των 20cm που είναι εφαρμοσμένες καθολικά, τα ποσοστά αστοχιών περί το 80% (Πιν.3.5) αποτυπώνουν ανεπαρκή σχεδιασμό των διατομών αυτών.

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.14, θέση τους είναι τέτοια που λειτουργούν ως δοκοί σύζευξης ανάμεσα σε 2 πλευρικά δύσκαμπτα συστήματα, αυτά των πλαισίων και των Υ/Σ 30/120, παραλαμβάνοντας δυσανάλογα μεγάλες εντάσεις σε ένα σεισμικό γεγονός.



Σχήμα 3.14: Πλαϊνή Όψη του Κτιρίου (προσομοίωμα ΡΑΦ)

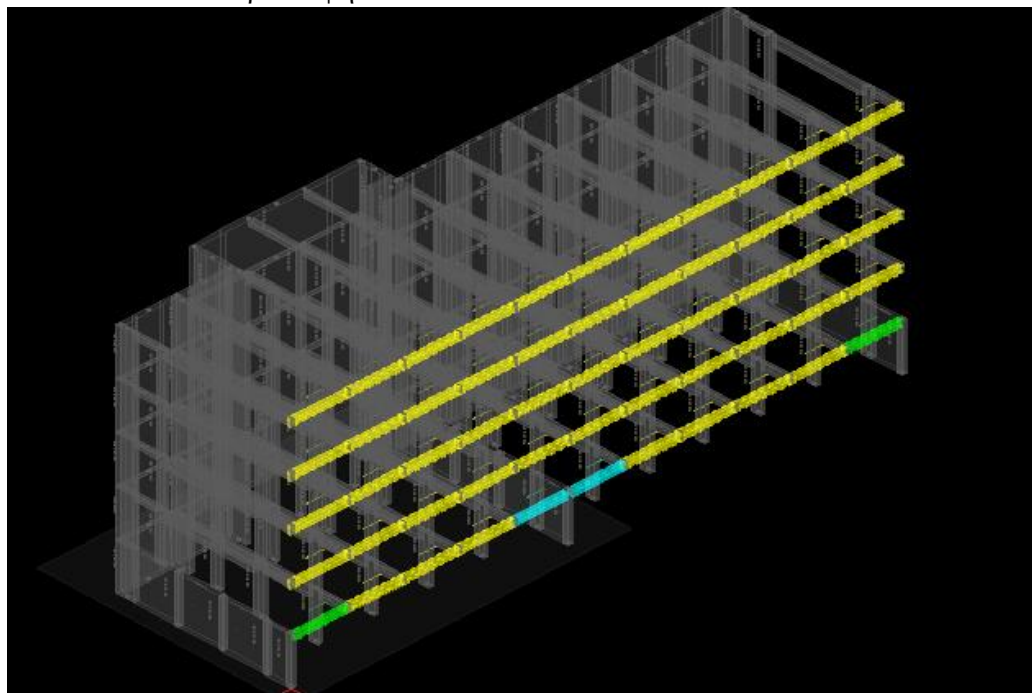
6) Δοκοί 25/40 - Πρόβολοι



Σχήμα 3.14: Έλεγχοι επάρκειας δοκών 25/40 (Πρόβολοι)

Οι πρόβολοι έχουν διαμήκη οπλισμό $4\phi 16$ στη στήριξή τους. Παρότι η πληθώρα τους αστοχεί (Πιν.3.5) οι τιμές των ανεπαρκειών είναι οριακές. Επειδή αποτελούν ισοστατικό σύστημα, πιο αντιπροσωπευτικός θα είναι ο έλεγχος αστοχίας για τα κατακόρυφα φορτία: $1,35G + 1,5Q$ που αναμένεται να εξάγει μεγαλύτερες ανεπάρκειες.

7) Δοκοί 25/40 – Πρόσοψη



Σχήμα 3.15: Έλεγχοι επάρκειας δοκών 25/40 (Πρόσοψης)

Πίνακας 3.9:

	Ποσοστό Αστοχιών		
	Κάμψη	Διάτμηση	Σύνολο
Δοκοί 25/60	57,9%	100,0%	57
Δοκοί 25/30	80,6%	82,1%	67
Δοκοί 25/40 - Πρόβολοι	75,4%	82,5%	57
Δοκοί 25/40 - Πρόσοψη	0,0%	0,0%	55

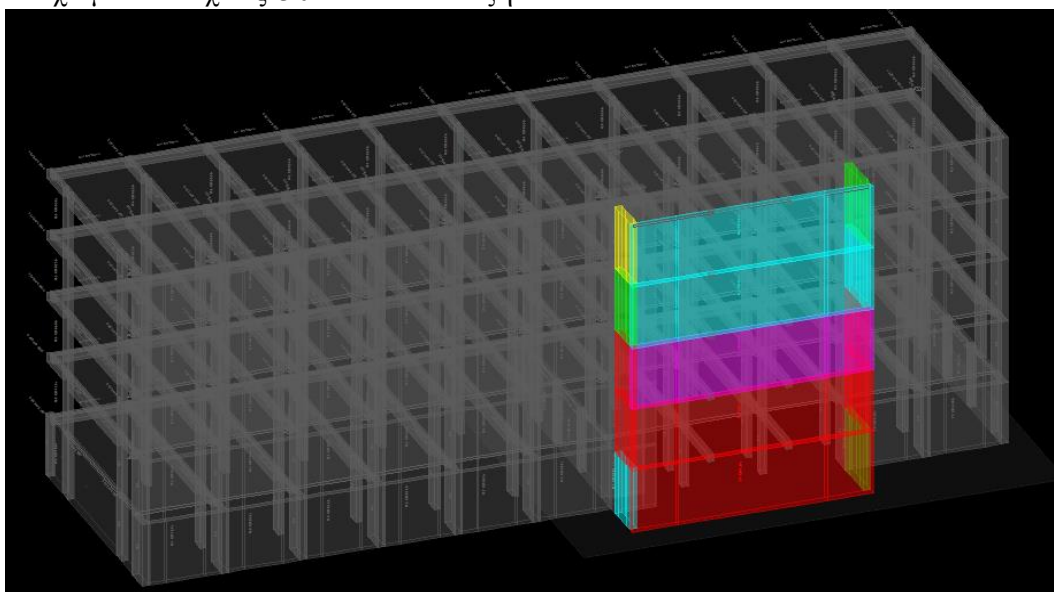
Πίνακας 3.10:

	Μέγιστες Τιμές Λ.Ε.	
	Κάμψη	Διάτμηση
Δοκοί 25/60	1,56	2,82
Δοκοί 25/30	4,14	3,09
Δοκοί 25/40 - Πρόβολοι	1,11	1,23
Δοκοί 25/40 - Πρόσοψη	0,85	0,54

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας
Πίνακας 3.11:

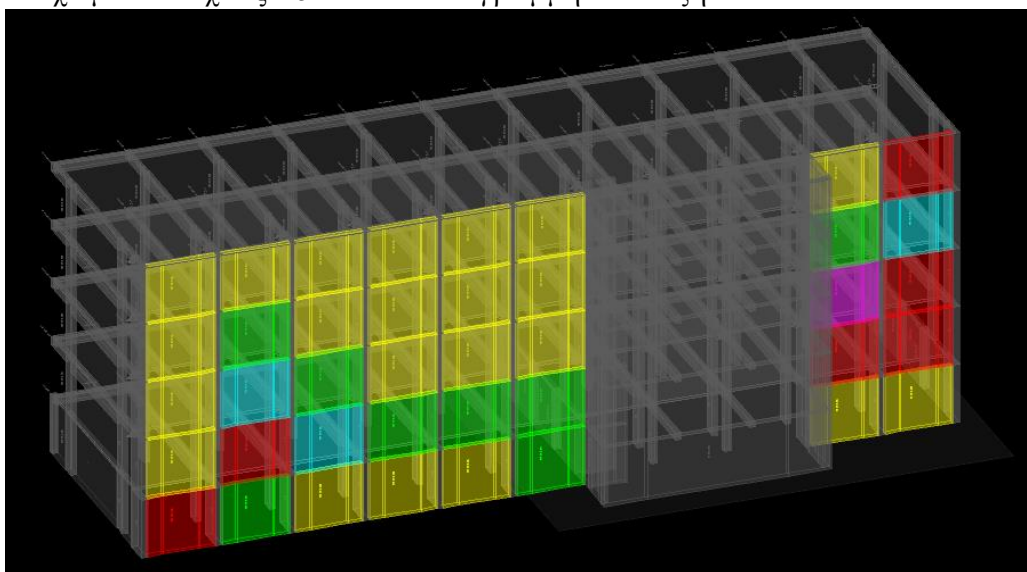
	Μέσος Όρος Τιμών Λ.Ε.	
	Κάμψη	Διάτμηση
Δοκοί 25/60	1,04	2,13
Δοκοί 25/30	2,09	1,77
Δοκοί 25/40 - Πρόβολοι	0,97	1,07
Δοκοί 25/40 - Πρόσοψη	0,36	0,36

8) Τοιχώματα πάχους 30 cm - Διάταξη «Π»



Σχήμα 3.15: Έλεγχοι επάρκειας τοιχωμάτων 30cm

9) Τοιχώματα πάχους 25 cm - Ευθύγραμμη Διάταξη



Σχήμα 3.16: Έλεγχοι επάρκειας τοιχωμάτων 25cm

Πίνακας 3.12:

	Ποσοστό Αστοχιών		Σύνολο
	Κάμψη	Διάτμηση	
Τοιχώματα b=30cm - Διάταξη Π	40,0%	20,0%	15
Τοιχώματα b=25cm - Ευθύγραμμη Διάταξη	15,0%	0,0%	40

Πίνακας 3.13:

	Μέγιστες Τιμές Λ.Ε.	
	Κάμψη	Διάτμηση
Τοιχώματα b=30cm - Διάταξη Π	1,83	1,27
Τοιχώματα b=25cm - Ευθύγραμμη Διάταξη	1,50	0,60

Πίνακας 3.14:

	Μέσος Όρος Τιμών Λ.Ε.	
	Κάμψη	Διάτμηση
Τοιχώματα b=30cm - Διάταξη Π	0,99	0,61
Τοιχώματα b=25cm - Ευθύγραμμη Διάταξη	0,52	0,33

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

3.4.2 Μέθοδος Τοπικών Δεικτών m

Σε όμοια λογική με αυτή του δείκτη q , εισάγονται κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. οι δείκτες m . Βασικότερη διαφορά των 2, είναι πως ο δείκτης q προσεγγίζει μακροσκοπικά την κατασκευή, ενώ με τους δείκτες m αποτυπώνεται η μετελαστική αντοχή κάθε μέλους ξεχωριστά.

Έτσι, ως τοπικός δείκτης m ορίζεται ο λόγος : $m = \frac{\delta_d}{\delta_y} = \frac{\theta_d}{\theta_y}$ (3.1), όπου

δ_d : η τιμή σχεδιασμού οριακής παραμόρφωσης ανάλογα με τη στάθμη επιτελεστικότητας

$\delta_d = 0,5(d_y + d_u) / \gamma_{Rd}$: για πρωτεύοντα στοιχεία

$\delta_d = d_u / \gamma_{Rd}$, για δευτερεύοντα στοιχεία και τοιχοπληρώσεις

δ_y : η παραμόρφωση που αντιστοιχεί στη διαρροή του στοιχείου

Για την δεδομένη Στάθμη Επιτελεστικότητας: B , ο φορέας έχει υποστεί σημαντικές μετελαστικές παραμορφώσεις διαθέτοντας όμως επαρκή περιθώρια έναντι αστοχίας.

Για ΣΑΔ «Ικανοποιητική» ο συντελεστής ασφαλείας ορίζεται: $\gamma_{Rd} = 1.40$, βάσει της Παρ.9.3.2 του ΚΑΝ.ΕΠΕ.

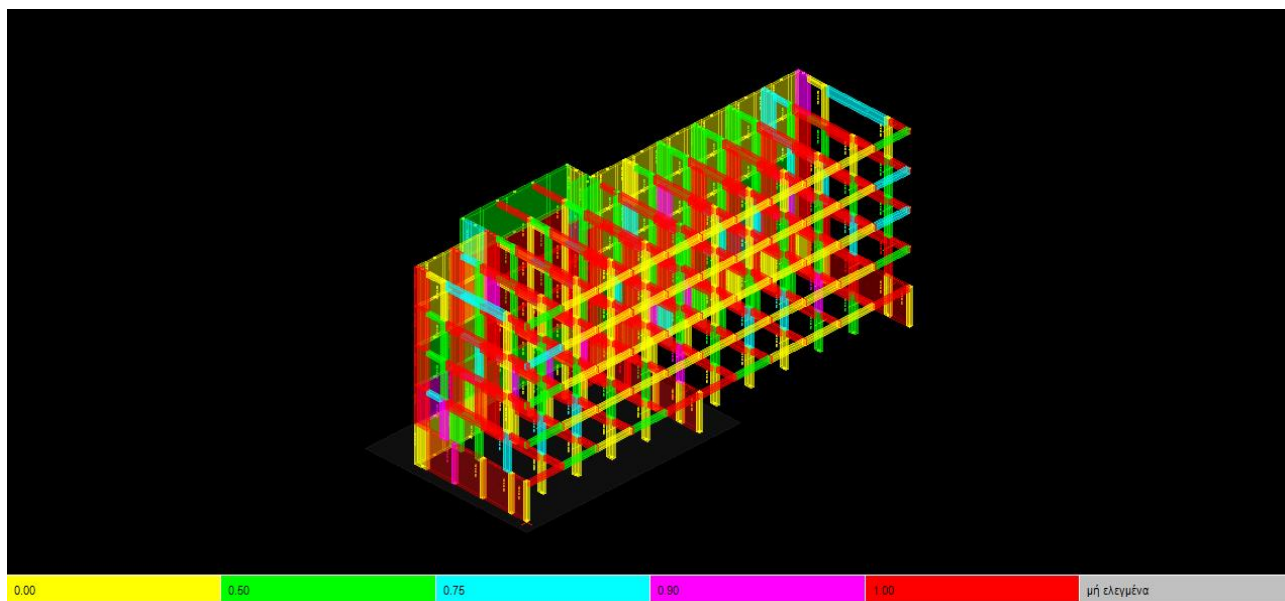
Για την εξαγωγή των λόγων επάρκειας, ελέγχεται η ανίσωση : $S_d = S_G + S_E/m < R_d$ (3.2)

S_G : εντατικό μέγεθος που προκύπτει από τις δράσεις βαρύτητας

S_E : εντατικό μέγεθος που προκύπτει από την σεισμική δράση βάσει ελαστικής ανάλυσης, R_d : η αντοχή του εξεταζόμενου στοιχείου

✚ Είδος Έργου - Αποτίμηση/Ενισχύσεις	
Επίλυση για Αποτίμηση/Ενισχύσεις Υφιστάμενης Κατασκευής	☒
✚ Οπλισμένο Σκυρόδεμα	
Κανονισμός:	ΚΑΝ.ΕΠΕ.
Ελαστική Ανάλυση Χωρίς Ικανοτικό (επιβάλλει Στάθμη Επιτελεστικότητας A):	☐
Τιμές Υλικών:	Μέσες Τιμές
Κατηγορία συντελεστή γ_{Sd}	Χωρίς βλάβες και χωρίς επεμβάσεις
Ελαστική ανάλυση για αποτίμηση με επαύξηση του γ_{Sd} κατά 0.15	☐ Off
- Συντελεστής γ_{Sd}	1.00
▷ Φέρουσα Τοιχοποιία	
✚ Επίδοση - Επιτελεστικότητα Κτηρίου	
Τιμές Συντελεστών:	Σύμφωνα με τον επιλεγμένο κανονισμό για Οπλισμένο Σκυρόδεμα
Επίπεδο Επιτελεστικότητας:	B-Σημαντικές Βλάβες
Περίοδος Επαναφοράς T_R :	$T_R=475$ χρόνια - $P=10\%$ σε 50 χρόνια
ag/ag_{ref}	1.00
✚ ΣΑΔ	
ΣΑΔ(I) - Στάθμη αξιοπιστίας γεωμετρικών δεδομένων:	ΣΑΔ2(κανοποιητική στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων)
- γ_G	1.350
- γ_{Ge}	1.100
✚ Μέθοδος Συντελεστή Συμπεριφοράς	
Μέθοδος συντελεστή συμπεριφοράς	m - τοπικοί συντελεστές σεισμικής συμπεριφοράς
Δυσκαμμία Δομικών Στοιχείων:	Ενεργός Δυσκαμμία
✚ Δείκτης πλαστιμότητας γωνίας στρόφης χορδής	
$\mu_{\theta,pl}$	2.50

Εικόνα 3.17 : Εισαγόμενες Παράμετροι Μεθόδου Τοπικών Δεικτών m



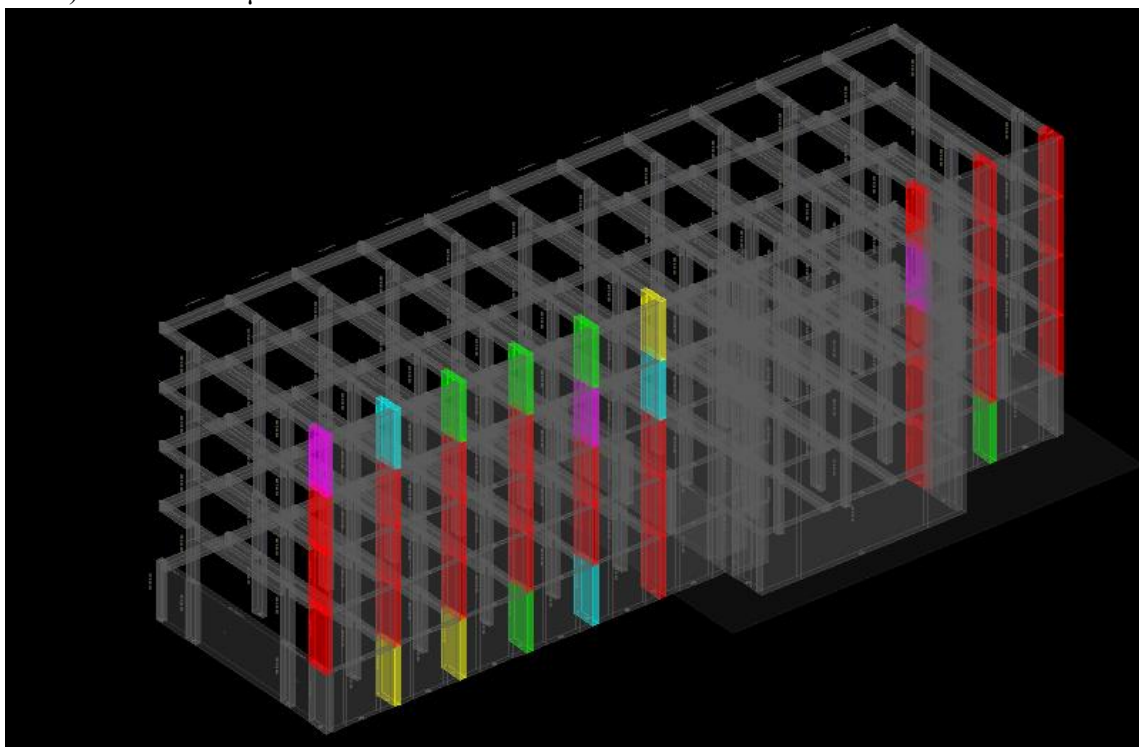
Σχήμα 3.18: Θέσεις και Πλήθος Αστοχιών

Όπως και στην μέθοδο q, οι χρωματικές ενδείξεις των λόγων επάρκειας είναι οι ακόλουθες:

- Κίτρινο : C.R. = 0.00 έως 0.49
- Πράσινο : C.R. = 0.50 έως 0.74
- Γαλάζιο : C.R. = 0.75 έως 0.89
- Μωβ : C.R. = 0.90 έως 0.99
- Κόκκινο : C.R. > 1 (μέλη που αστοχούν)

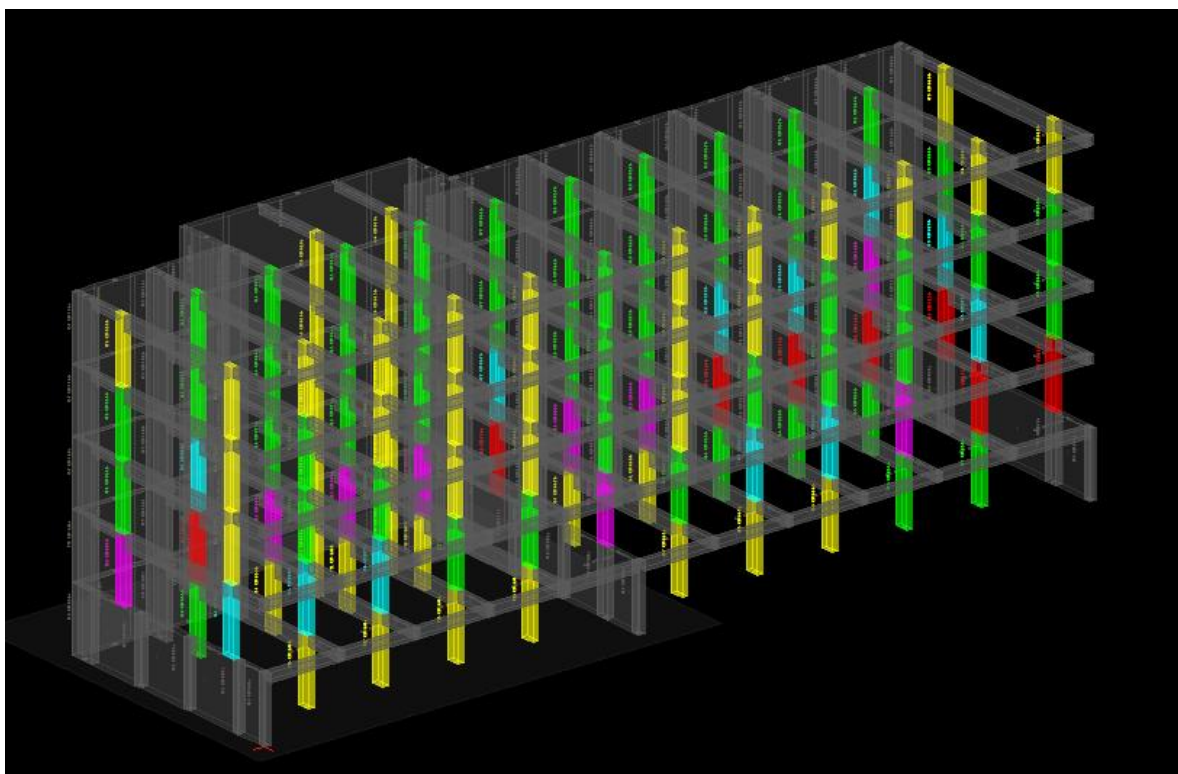
Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

1) Υποστυλώματα 30/120



Σχήμα 3.19: Έλεγχοι επάρκειας υποστυλωμάτων 30/120

2) Υποστυλώματα 30/30 , 30/50 , 30/60



Σχήμα 3.20: Έλεγχοι επάρκειας υποστυλωμάτων 30/30, 30/50, 30/60

Πίνακας 3.15:

	Ποσοστό Αστοχιών		
	Κάμψη	Διάτμηση	Σύνολο
Υ/Σ 30/120	58,1%	55,8%	43
Υ/Σ 30/30 , 30/50 , 30/60	2,4%	6,5%	124

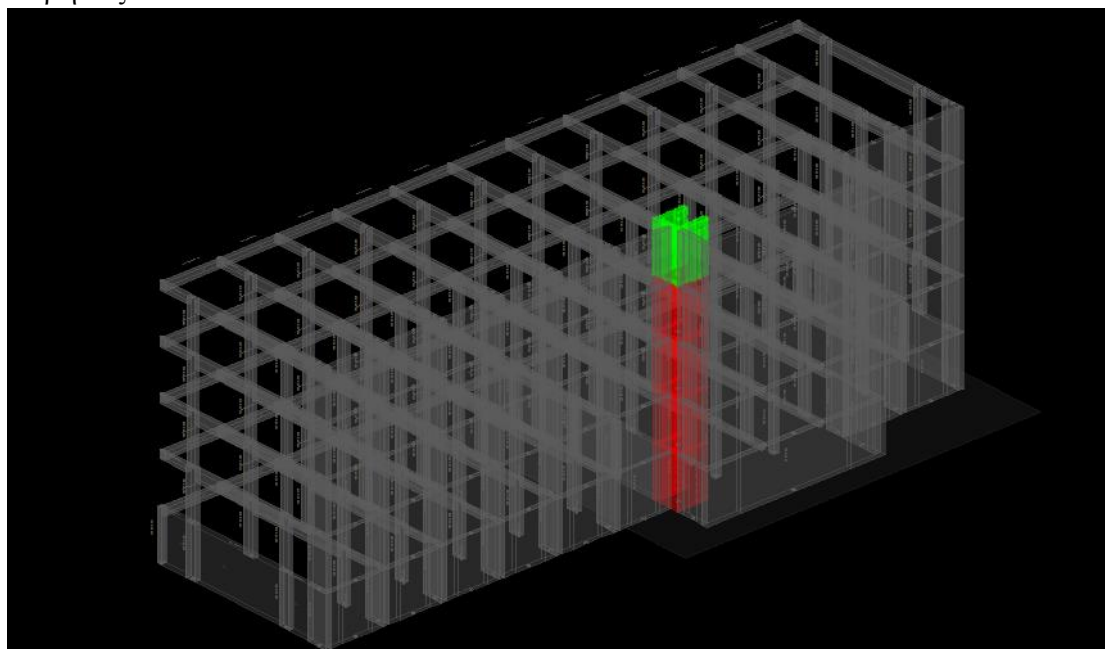
Πίνακας 3.16:

	Μέγιστες Τιμές Λ.Ε.	
	Κάμψη	Διάτμηση
Υ/Σ 30/120	3,47	2,84
Υ/Σ 30/30 , 30/50 , 30/60	1,30	1,32

Πίνακας 3.17:

	Μέσες Τιμές Λ.Ε.	
	Κάμψη	Διάτμηση
Υ/Σ 30/120	1,14	1,12
Υ/Σ 30/30 , 30/50 , 30/60	0,41	0,60

3) Πυρήνας

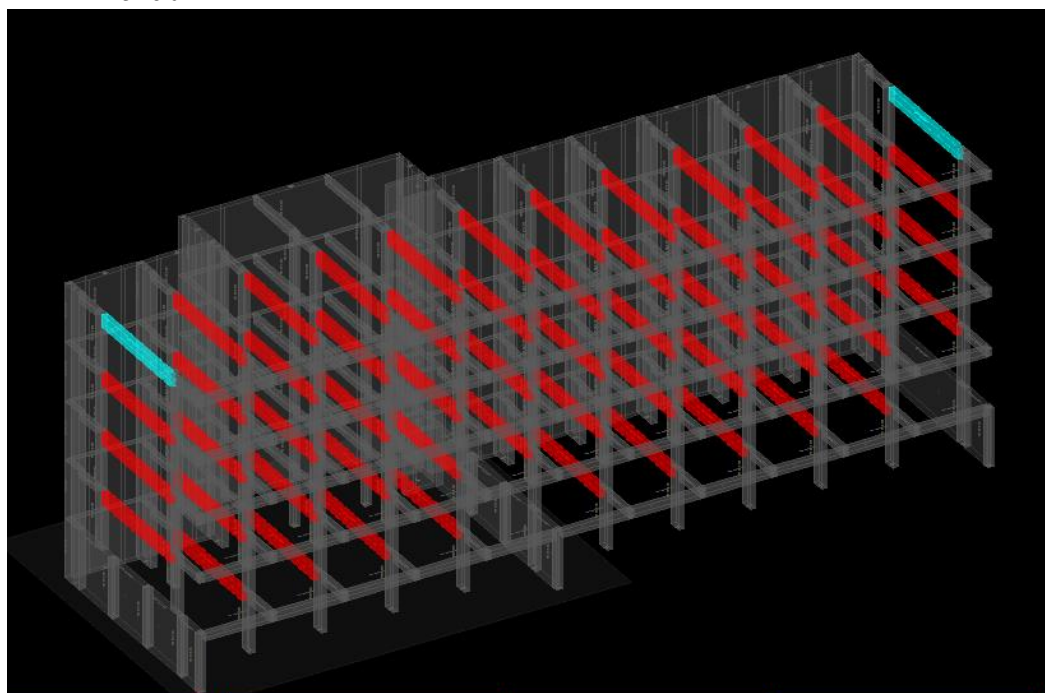


Σχήμα 3.21: Έλεγχοι επάρκειας Πυρήνα

Πίνακας 3.18:

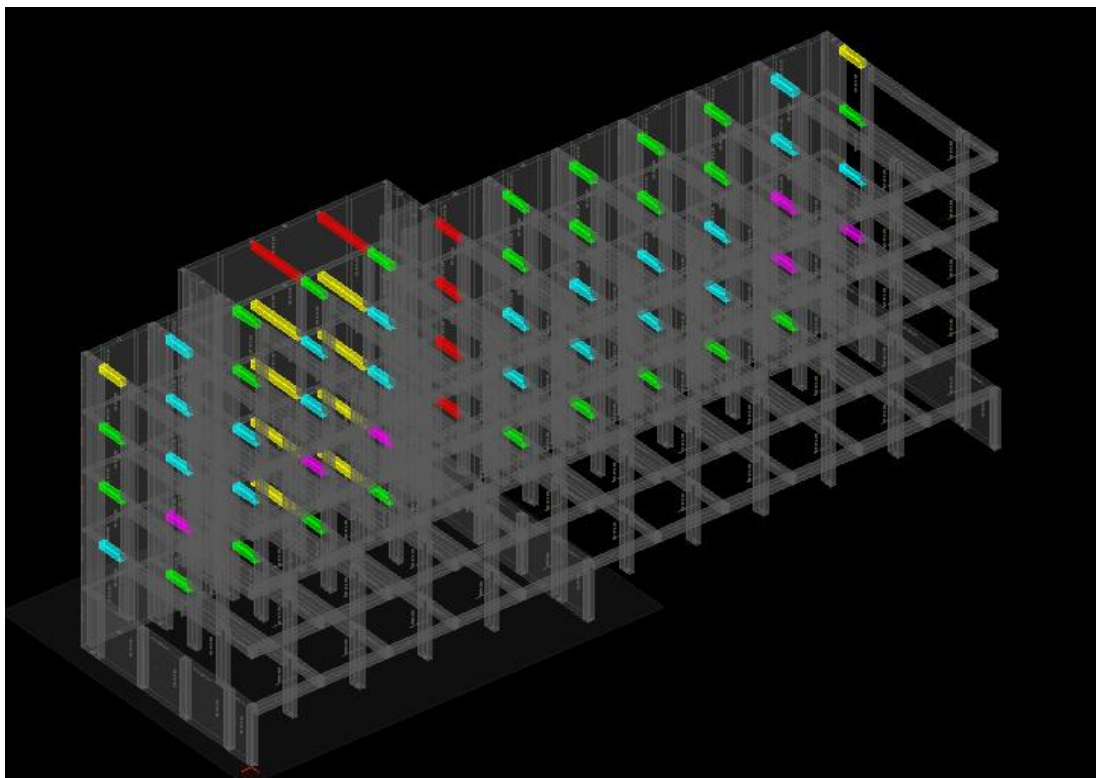
Πυρήνας (5 στ.)	Κάμψη	Διάτμηση
ποσοστό που αστοχεί	20,0%	60,0%
max	1,53	2,67
average	0,48	1,34

4) Δοκοί 25/60



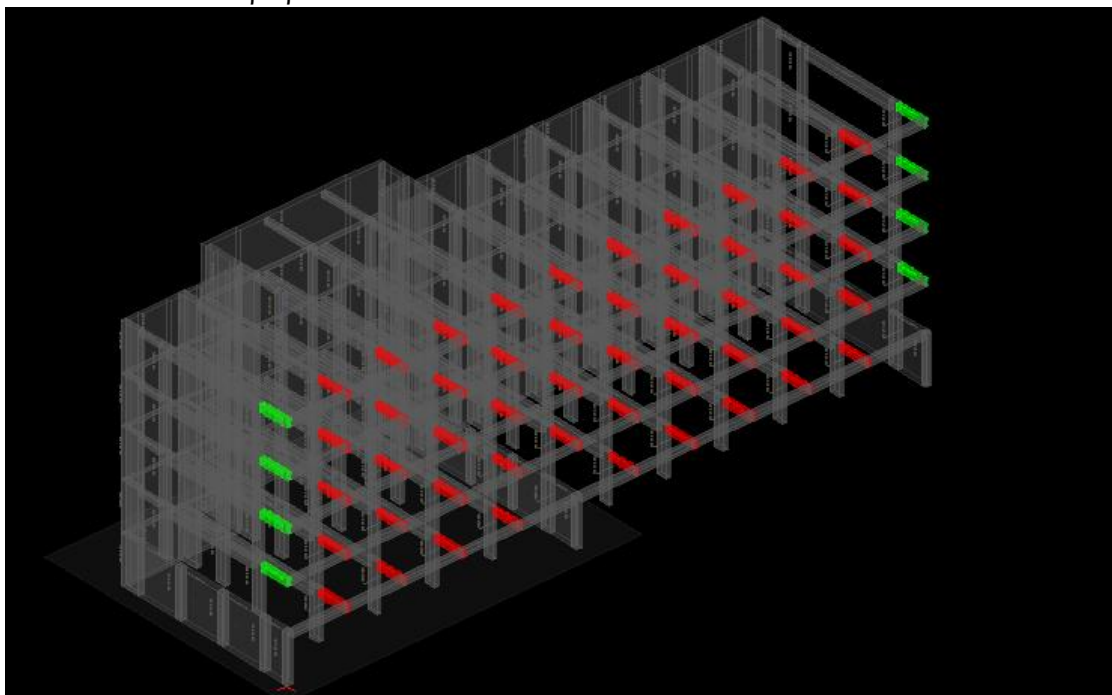
Σχήμα 3.22: Έλεγχοι επάρκειας υποστυλωμάτων δοκών 25/60

5) Δοκοί 25/30

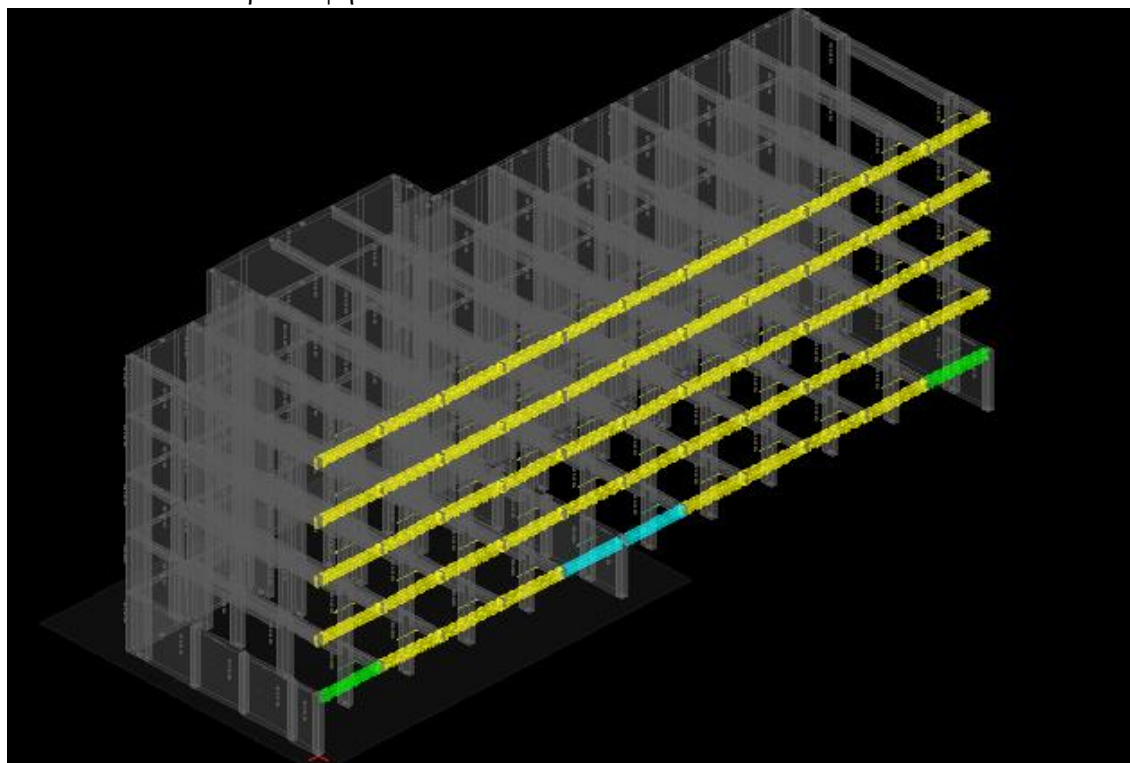


Σχήμα 3.23: Έλεγχοι επάρκειας δοκών 25/30

6) Δοκοί 25/40 - Πρόβολοι



Σχήμα 3.24: Έλεγχοι επάρκειας δοκών 25/30 (Πρόβολοι)



Σχήμα 3.25: Έλεγχοι επάρκειας δοκών 25/30 (Πρόσοψης)

Πίνακας 3.19:

	Ποσοστό Αστοχιών		
	Κάμψη	Διάτμηση	Σύνολο
Δοκοί 25/60	12,3%	96,5%	57
Δοκοί 25/30	9,0%	9,0%	67
Δοκοί 25/40 - Πρόβολοι	75,4%	82,5%	57
Δοκοί 25/40 - Πρόσοψη	0,0%	0,0%	55

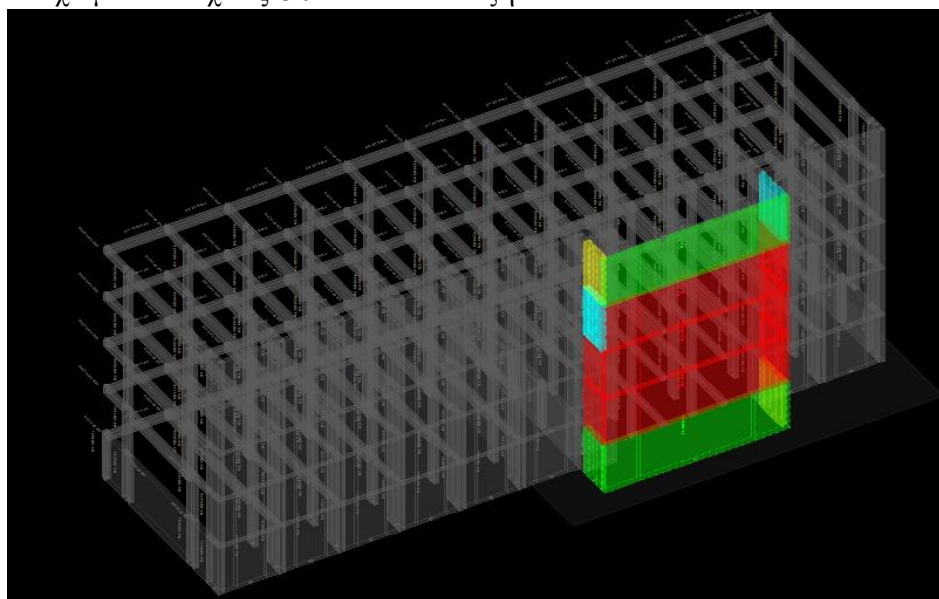
Πίνακας 3.20:

	Μέγιστες Τιμές Λ.Ε.	
	Κάμψη	Διάτμηση
Δοκοί 25/60	1,30	2,39
Δοκοί 25/30	2,67	1,99
Δοκοί 25/40 - Πρόβολοι	1,11	1,23
Δοκοί 25/40 - Πρόσοψη	0,85	0,54

Πίνακας 3.21:

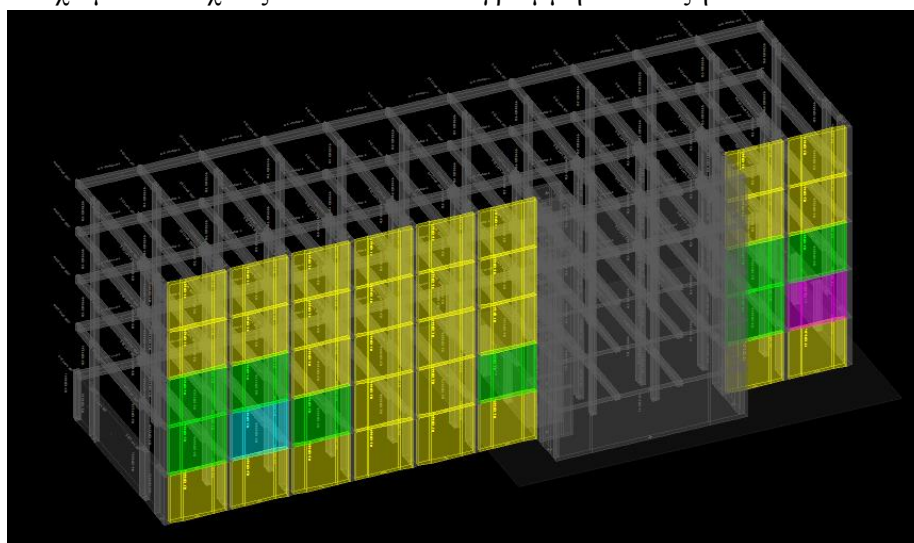
	Μέσος Όρος Τιμών Λ.Ε.	
	Κάμψη	Διάτμηση
Δοκοί 25/60	0,84	1,85
Δοκοί 25/30	0,68	0,76
Δοκοί 25/40 - Πρόβολοι	0,97	1,07
Δοκοί 25/40 - Πρόσοψη	0,36	0,36

8) Τοιχώματα πάχους 30 cm - Διάταξη «Π»



Σχήμα 3.26: Έλεγχοι επάρκειας τοιχωμάτων 30cm

9) Τοιχώματα πάχους 25 cm - Ευθύγραμμη Διάταξη



Σχήμα 3.27: Έλεγχοι επάρκειας τοιχωμάτων 25cm

Πίνακας 3.22:

	Ποσοστό Αστοχιών		
	Κάμψη	Διάτμηση	Σύνολο
Τοιχώματα b=30cm - Διάταξη Π	33,3%	46,7%	15
Τοιχώματα b=25cm - Ευθύγραμμη Διάταξη	0,0%	0,0%	40

Πίνακας 3.23:

	Μέγιστες Τιμές Λ.Ε.	
	Κάμψη	Διάτμηση
Τοιχώματα b=30cm - Διάταξη Π	1,85	1,96
Τοιχώματα b=25cm - Ευθύγραμμη Διάταξη	0,98	0,52

Πίνακας 3.24:

	Μέσος Όρος Τιμών Λ.Ε.	
	Κάμψη	Διάτμηση
Τοιχώματα b=30cm - Διάταξη Π	0,87	0,88
Τοιχώματα b=25cm - Ευθύγραμμη Διάταξη	0,32	0,26

3.4.3 Χρήση Υπερωθητικής Ανάλυσης (Pushover)

Η υπερωθητική ανάλυση, αποτελεί ένα αξιόπιστο και διαδεδομένο μελετητικό εργαλείο για την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας ενός δομήματος. Η ανάλυση βασίζεται στην εξής στρατηγική: Έχοντας ορίσει μια πλευρική μετατόπιση (μετακίνηση στόχος) που προσμένουμε να αναπτύξει ο φορέας, προκύπτει μια τέμνουσα δύναμη η οποία θα οδηγήσει σε αυτήν την μετατόπιση. Εν συνεχεία, η τέμνουσα χωρίζεται σε υποδιαστήματα και φορτίζει σταδιακά και αυξανόμενα το προσομοίωμα. Κατά τη διάρκεια της φόρτισης, αναμένεται η σταδιακή δημιουργία πλαστικών αρθρώσεων οι οποίες θα οδηγήσουν σε ανακατανομή των εντάσεων επί του φορέα και εκ νέου υπολογισμό της δυσκαμψίας του δομήματος. Η ανάλυση τερματίζεται, όταν η μετατόπιση φτάσει την μετακίνηση στόχο ή νωρίτερα, σε περίπτωση που το δόμημα οδηγηθεί πρόωρα σε ολική κατάρρευση, με αποτέλεσμα να μη μπορέσει να γίνει εκ νέου υπολογισμός της δυσκαμψίας από το λογισμικό.

Η εν λόγω μέθοδος χαρακτηρίζεται ως:

- Στατική : Με την έννοια πως η πλευρική φόρτιση, έχει την μορφή κατανεμημένου φορτίου και ασκείται σταδιακά.
- Μη γραμμική / Ανελαστική : Καθώς το εκάστοτε στοιχείο δεν θεωρείται πως αστοχεί μετά το πέρας της παραμόρφωσης διαρροής f_y , αλλά συνεκτιμάται η συνεισφορά του στην απόκριση του δομήματος για μεταγενέστερα στάδια της φόρτισης.

3.4.3.1 Προϋποθέσεις Εφαρμογής

Οι προϋποθέσεις εφαρμογής της μεθόδου είναι οι εξής :

- Στην Παρ. 5.7.2 του ΚΑΝ.ΕΠΕ. γίνεται σύσταση να διασφαλίζεται Ικανοποιητική ΣΑΔ Υλικών και Γεωμετρίας και Υψηλή ΣΑΔ Λεπτομερειών . Η τελευταία έχει θεωρηθεί απλώς ικανοποιητική . Δεδομένου όμως ότι η ευρύτερη προσέγγιση στο έργο που έχει γίνει είναι συντηρητική και προς τη μεριά της ασφάλειας η ανάλυση θα προχωρήσει κανονικά.
- Η ανελαστική στατική μέθοδος δύναται να εφαρμοσθεί μόνον σε κτίρια όπου η επιρροή των ανώτερων ιδιομορφών δεν είναι σημαντική. Έτσι, πρέπει να έχει προηγηθεί μια ελαστική δυναμική ανάλυση όπου θα συνεκτιμώνται ιδιομορφές τόσες ώστε να συμπεριλαμβάνεται τουλάχιστον το 90% της ταλαντούμενης μάζας. Εν προκειμένω, αυτό έχει επιτευχθεί μέσω των προηγούμενων αναλύσεων και μας οδηγεί στην επιλογή 11 ιδιομορφών, όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.28.

3.4.3.2 Οριζόμενες Παράμετροι

- Κατανομή Σεισμικών Φορτίων Καθ' Ύψος :

Βάσει της παραγράφου 5.7.3.3 του ΚΑΝ.ΕΠΕ. απαιτείται να χρησιμοποιηθούν 2 διαφορετικοί τύποι κατανομών πλευρικής φόρτισης:

- Ομοιόμορφη κατανομή : Έχει ορθογωνικό σχήμα και η τιμή της τέμνουσας βάσης είναι ανάλογη της συνολικής μάζας του προσομοιώματος.

$$\text{Εκφράζεται μέσω της σχέσης : } F_i = F_b \cdot \frac{m_i}{m_j} \quad (3.3)$$

- Ιδιομορφική κατανομή : Όπου η επιβαλλόμενη δύναμη F_i είναι ανάλογη της μετατόπισης της εκάστοτε μάζας βάσει της θεμελιώδους ιδιομορφής.

$$\text{Εκφράζεται από τη σχέση : } F_i = F_b \cdot \frac{s_i \cdot m_i}{\sum s_j \cdot m_j} \quad (3.4)$$

Όπου :

F_i : το ασκούμενο οριζόντιο φορτίο κάθε στάθμης

F_b : η σεισμική τέμνουσα βάσης

m_i, m_j : μάζες των ορόφων

s_i, s_j : μάζες των ορόφων που αντιστοιχούν στη θεμελιώδη ιδιομορφή

- Συνδυασμοί Φόρτισης:

Στη συνέχεια , προκειμένου να ληφθούν υπόψιν οι τυχηματικές εκκεντρότητες των μαζών γίνονται 4 ξεχωριστές αναλύσεις όπου το κέντρο μάζας θα λαμβάνεται μετατοπισμένο κατά $\pm 5\% \cdot L_x$ ή $\pm 5\% \cdot L_y$.

Όπου: L_x, L_y : τα μήκη των εξεταζόμενων πλευρών της κάτοψης

Εν κατακλείδι , οι συνδυασμοί φόρτισης που θα προκύψουν είναι οι εξής:

Οι γνωστοί από την βιβλιογραφία 8 σεισμικοί συνδυασμοί :

$\{\pm X \pm 0.3Y \text{ και } \pm 0.3 X \pm Y\}$ για κάθε μία εκ των 2 προαναφερθέντων κατανομών και 4 μετατοπισμένων θέσεων μάζας μας δίνουν συνολικά : $8 \cdot 4 \cdot 2 = 64$ συνδυασμούς φόρτισης.

- Μετακίνηση Στόχος:

Η στοχευόμενη μετακίνηση στην οποία έχουμε αναφερθεί στην εισαγωγή του παρόντος κεφαλαίου , βάσει της §5.7.4.1 του ΚΑΝ.ΕΠΕ. μπορεί να εκφρασθεί ως το παρακάτω γινόμενο :

$$\delta t = C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot \frac{T_e^2}{4 \cdot \pi^2} \cdot \Phi_e \quad (3.5)$$

όπου,

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

- T_e : ενεργός θεμελιώδης ιδιοπερίοδος, υπολογίζεται μέσω της σχέσης :

$$T_e = T_i \cdot \sqrt{\frac{K_i}{K_e}} \quad (3.6)$$

- C_0 : συντελεστής που συνδέει τη μετακίνηση της κορυφής Δ με την φασματική μετακίνηση S_d . Υπολογίζεται μέσω του παρακάτω πίνακα 3.21:

Πίνακας 3.25: Τιμές του συντελεστή C_0 :

Αριθμός ορόφων	Διατμητικά κτίρια		Λοιπά κτίρια
	Τριγωνική κατανομή φορτίων	Ομοιόμορφη κατανομή φορτίων	Οποιαδήποτε κατανομή φορτίων
1	1.0	1.0	1.0
2	1.2	1.15	1.2
3	1.2	1.2	1.3
5	1.3	1.2	1.4
10+	1.3	1.2	1.5

- $C_1 = \frac{\delta_{inel}}{\delta_{el}}$: συντελεστής που συνδέει τη μέγιστη ανελαστική μετακίνηση ενός κτιρίου με την αντίστοιχη ελαστική. Μπορεί να ληφθεί μέσω των σχέσεων:

$$C_1 = 1 \quad \text{για } T_e \geq T_c \quad (3.7\alpha)$$

$$C_1 = \frac{1 + (R-1) \cdot \frac{T_c}{T_e}}{R} \quad \text{για } T_e < T_c \quad (3.7\beta) ,$$

Όπου,

R : συντελεστής συμπεριφοράς διαρροής υπολογιζόμενος μέσω της σχέσης :

$$R = \frac{S_e/g}{V_y/W} \cdot C_m \quad (3.8)$$

Με τον λόγο V_y/W να υπολογίζεται με κατάλληλη διγραμμικοποίηση του επιλεχθέντος (δυσμενέστερου) διαγράμματος τέμνουσας – μετατόπισης αυτόματα από το λογισμικό.

S_e : φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού σύμφωνα με το ελαστικό φάσμα για την ενεργό θεμελιώδη ιδιοπερίοδο T_e .

C_m : συντελεστής που δηλώνει την ενεργό μάζα και υπολογίζεται βάσει του πίνακα 3.22

Πίνακας 3.26: Τιμές του συντελεστή C_m

Αριθμός ορόφων	Πλαισιακά κτίρια από Ω.Σ.	Τοιχωματικά κτίρια από Ω.Σ.	Κτίρια από Ω.Σ. τύπου ανεστρ. εκκρεμούς	Πλαίσια παραλαβής ροπών από χάλυβα	Πλαίσια από χάλυβα με συνδέσμους χωρίς εκκεντρότητα	Πλαίσια από χάλυβα με έκκεντρους συνδέσμους	Άλλος τύπος
1 - 2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3+	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0

(*) $C_m = 1.0$ για $T_e > 1.0$ sec.

- C_2 : Συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την επιρροή του βρόγχου υστέρησης στη μέγιστη μετακίνηση. Οι τιμές του λαμβάνονται από τον παρακάτω Πίνακα 3.23

Πίνακας 3.27: Τιμές του συντελεστή C_2

Στάθμη επιτελεστικότητας	$T_e \leq 0.1s$		$T_e \geq T_c$	
	φορέας τύπου 1	φορέας τύπου 2	φορέας τύπου 1	φορέας τύπου 2
«Περιορισμένες βλάβες»	1.0	1.0	1.0	1.0
«Σημαντικές βλάβες»	1.3	1.0	1.1	1.0
«Οιονεί κατάρρευση»	1.5	1.0	1.2	1.0

- C_3 : Συντελεστής που λαμβάνει υπόψη την αύξηση των μετακινήσεων λόγω φαινομένων 2^{ας} τάξης.

$$C_3 = 1 + \frac{5(\theta - 0.1)}{T_e} \quad (3.9), \text{ όπου } \theta: \text{ δείκτης σχετικής μεταθετότητας}$$

Η ανωτέρω περιγραφόμενη διαδικασία εύρεσης της στοχευόμενης μετακίνησης πραγματοποιείται για κάθε έναν από τους 64 συνδυασμούς φόρτισης αυτόματα από το λογισμικό Seismobuild.

Το εν λόγω κτίριο, όντας πολύ εύκαμπτο στην Υ διεύθυνση ,μετά από δοκιμαστικές αναλύσεις, παρατηρείται πως εισέρχεται στην περιοχή διαρροής για αρκετά μικρές τιμές πλευρικής μετατόπισης. Έτσι, επιλέγεται η ανάλυση να εκτελεσθεί για σταδιακή πλευρική μετατόπιση ίση με το $0,6\%H=8,4\text{cm}$. Όπου $H=14\text{m}$: το συνολικό ύψος του κτιρίου.

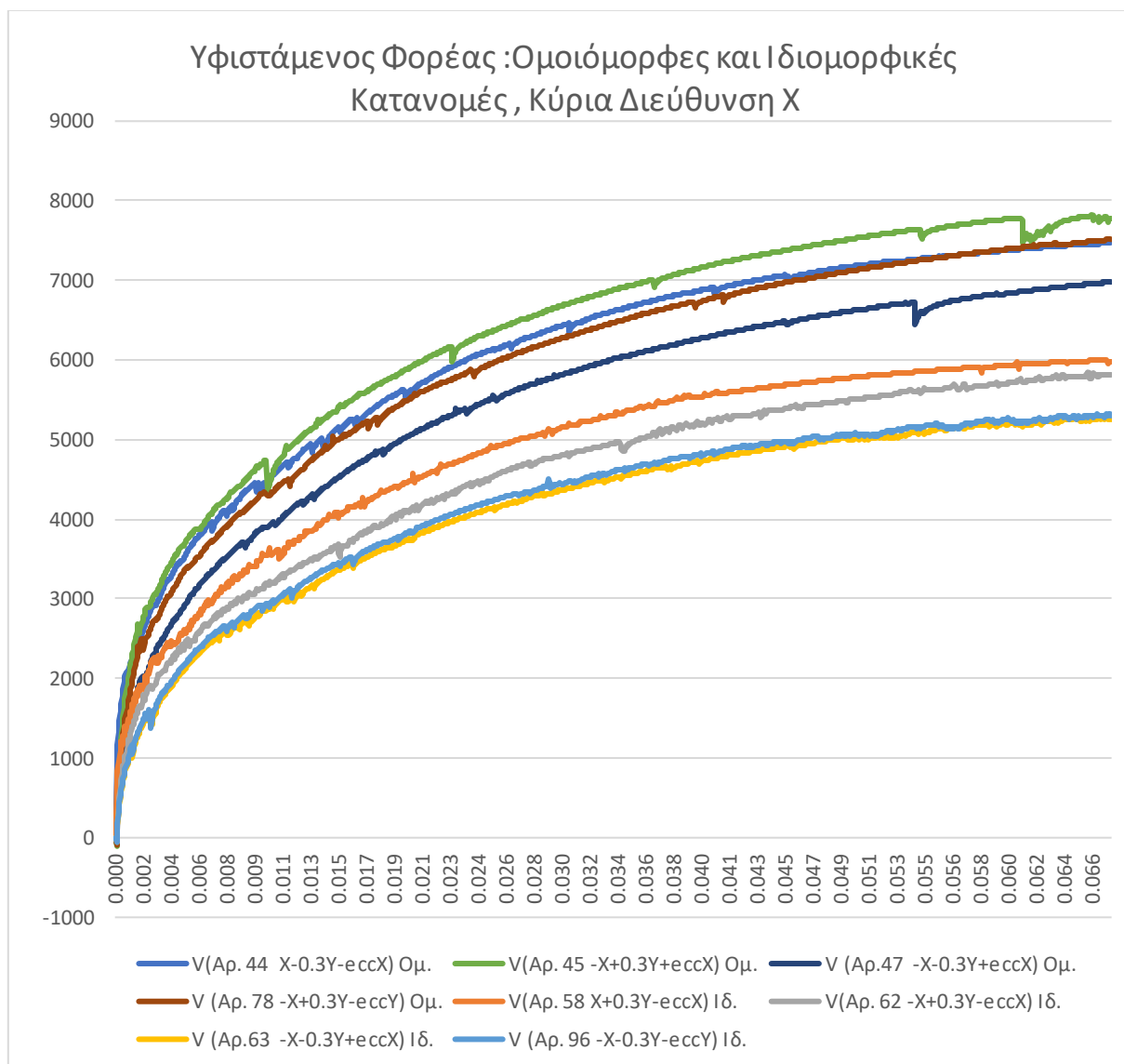
Κατηγορία Πλαισιακού Στοιχείου (υποστυλώματα-δοκοί)	FBPH
Κατηγορία Πλαισιακού Στοιχείου (τοιχία)	FB [Ορισμός_Από_Χρήστη]
Με θεώρηση Γεωμετρικών Μη Γραμμικοτήτων (Πλαισιακά Στοιχεία)	Ναι
Άκαμπτοι Σύνδεσμοι / Τύπος Διαφράγματος	Συναρτήσεις Penalty
Άκαμπτοι Σύνδεσμοι: Εκθέτης Συναρτήσεων Penalty	1e14
Άκαμπτα Διαφράγματα: Εκθέτης Συναρτήσεων Penalty	1e11 [Ορισμός_Από_Χρήστη]
Τύπος Σύγκλισης	Βάσει Μετακίνησης/Στροφής
Κριτήριο βάσει Μετακινήσεων	0,0001
Κριτήριο βάσει Στροφών	0,0001
Τιμή Αναφοράς Δύναμης	-
Τιμή Αναφοράς Ροπής	-
Μέγιστος Αριθμός Επαναλήψεων:	40
Αριθμός Επανυπολογισμών Δυσκαμψίας:	35
Επανάληψη Απόκλισης:	35
Μέγιστη Ανοχή:	1e20
Μέγιστη Απομείωση Βήματος:	0,001
Ελάχιστος Αριθμός Επαναλήψεων:	1
Αριθμός Ιδιομορφών	11 [Ορισμός_Από_Χρήστη]
Μοντέλο Υλικού Σκυροδέματος	con_ma
Μοντέλο Υλικού Χάλυβα	stl_mp
Μέγιστη συνολική μετακίνηση ορόφου (%)	0,60 [Ορισμός_Από_Χρήστη]
Βήματα Ανάλυσης Pushover	1000 [Ορισμός_Από_Χρήστη]

Ειδικές Ρυθμίσεις
Προεπιλογές Προγράμματος
Εντάξει
Ακύρωση

Σχήμα 3.28: Εισαγόμενες Παράμετροι Pushover στο Seisbuild – Μετακίνηση Στόχος – Κριτήρια Σύγκλισης

3.4.3.3 Αποτελέσματα Μεθόδου Pushover

Έχοντας λοιπόν εισάγει τις παραμέτρους της μεθόδου η ανάλυση εκτελείται και εξάγονται οι καμπύλες Τέμνουσας-Μετατόπισης για κάθε κύρια διεύθυνση, όπως φαίνεται στα σχήματα 3.29 και 3.32. Όπως αναμένεται, προκύπτουν 64 καμπύλες (32 για κάθε διεύθυνση) και από αυτές, παρουσιάζονται κατωτέρω οι 8 δυσμενέστερες κάθε διεύθυνσης. Με τον όρο δυσμενέστερες, εννοούνται αυτές που βρίσκονται χαμηλότερα, άρα έχουν και τη μικρότερη αντοχή σε τέμνουσα, με την επίσης χαμηλότερη κλίση, δηλ. τη μικρότερη ενεργό δυσκαμψία.



Σχήμα 3.29 : Καμπύλες Τέμνουσας (V) – Πλευρικής Μετατόπισης (δ)

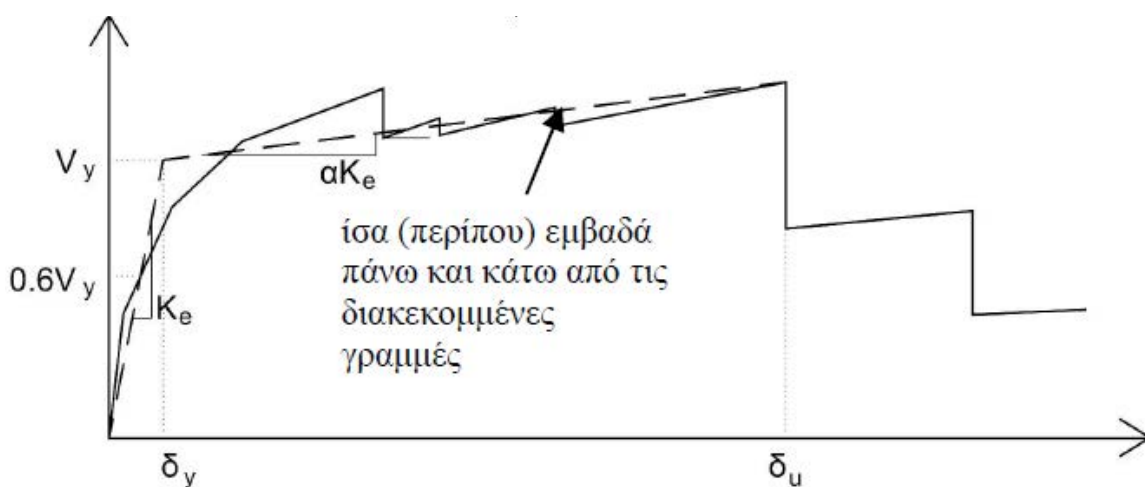
Αναφορικά με τα υπομνήματα των σχημάτων 3.29 και 3.33 :

Οι 64 συνδυασμοί έχουν την αρίθμηση 41-105 στο λογισμικό. Επομένως, αναγράφεται ποιος συνδυασμός έχει αποτυπωθεί με την αντίστοιχη κύρια διεύθυνση και εκκεντρότητα. Στο τέλος εμφανίζεται ο χαρακτηρισμός της Ομοιόμορφης (Ομ.) ή Ιδιομορφικής (Ιδ.) κατανομής.

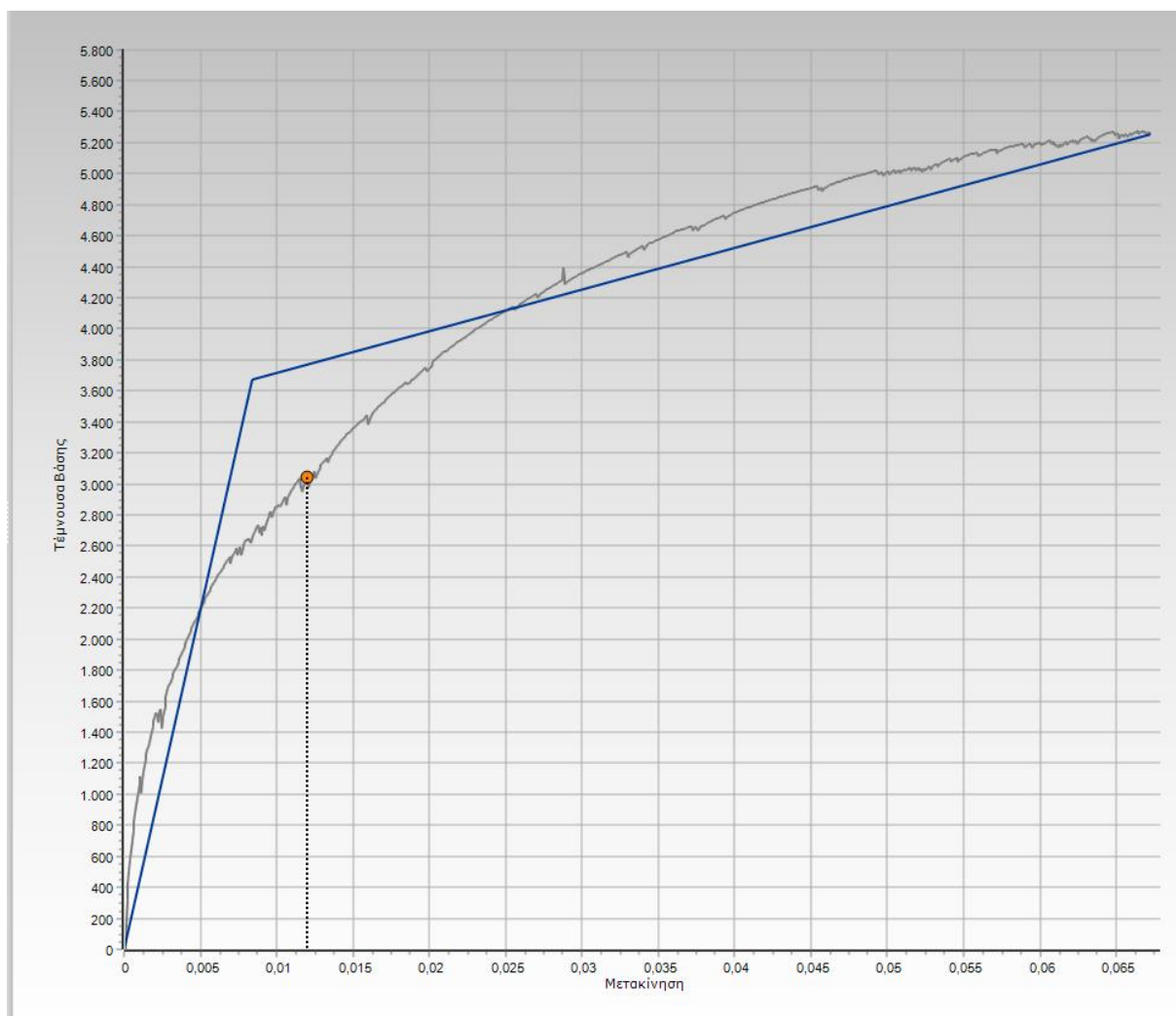
Εν συνεχεία, για κάθε μία εκ των διευθύνσεων X και Y επιλέγεται να γίνει έλεγχος επάρκειας και αποτίμηση με βάση τη δυσμενέστερη καμπύλη (Σχ. 3.30 και 3.32). Προκειμένου να υπάρχει καλή εποπτεία από τον μηχανικό, η καμπύλη V - δ αντικαθίσταται από μια εξιδανικευμένη καμπύλη αποτελούμενη από 2 διακριτούς γραμμικούς κλάδους όπου αποτυπώνεται ξεκάθαρα η ισοδύναμη πλευρική δυσκαμψία K_e και η αντίστοιχη δύναμη διαρροής V_y του κτιρίου (ΚΑΝ.ΕΠΕ. §5.7.3.4).

Έτσι λοιπόν, ο πρώτος κλάδος της διγραμμικής καμπύλης έχει κλίση ίση με K_e , που προκύπτει ως η επιβατική δυσκαμψία που αντιστοιχεί σε δύναμη ίση προς το 60% της δύναμης διαρροής V_y , η οποία ορίζεται από την τομή των ευθειών που προαναφέρθηκαν. Ο δεύτερος κλάδος έχει κλίση ίση με $\alpha \cdot K_e$ με την τιμή της παραμέτρου α να ορίζεται από μια ευθεία που διέρχεται από ένα σημείο της μη γραμμικής καμπύλης αντίστασης πέραν το οποίο αντιστοιχεί στη μετατόπισης αστοχίας, δηλαδή τέτοια που μετά το πέρας της η αντοχή του φορέα μειώνεται δραστικά.

Τέλος, οι δύο ευθείες που συνθέτουν τη διγραμμική καμπύλη μπορούν να προσεγγίζονται γραφικά, με κριτήριο την κατά προσέγγιση ισότητα των χωρίων που προκύπτουν πάνω και κάτω από τις τιμές της πραγματικής και της εξιδανικευμένης καμπύλης.



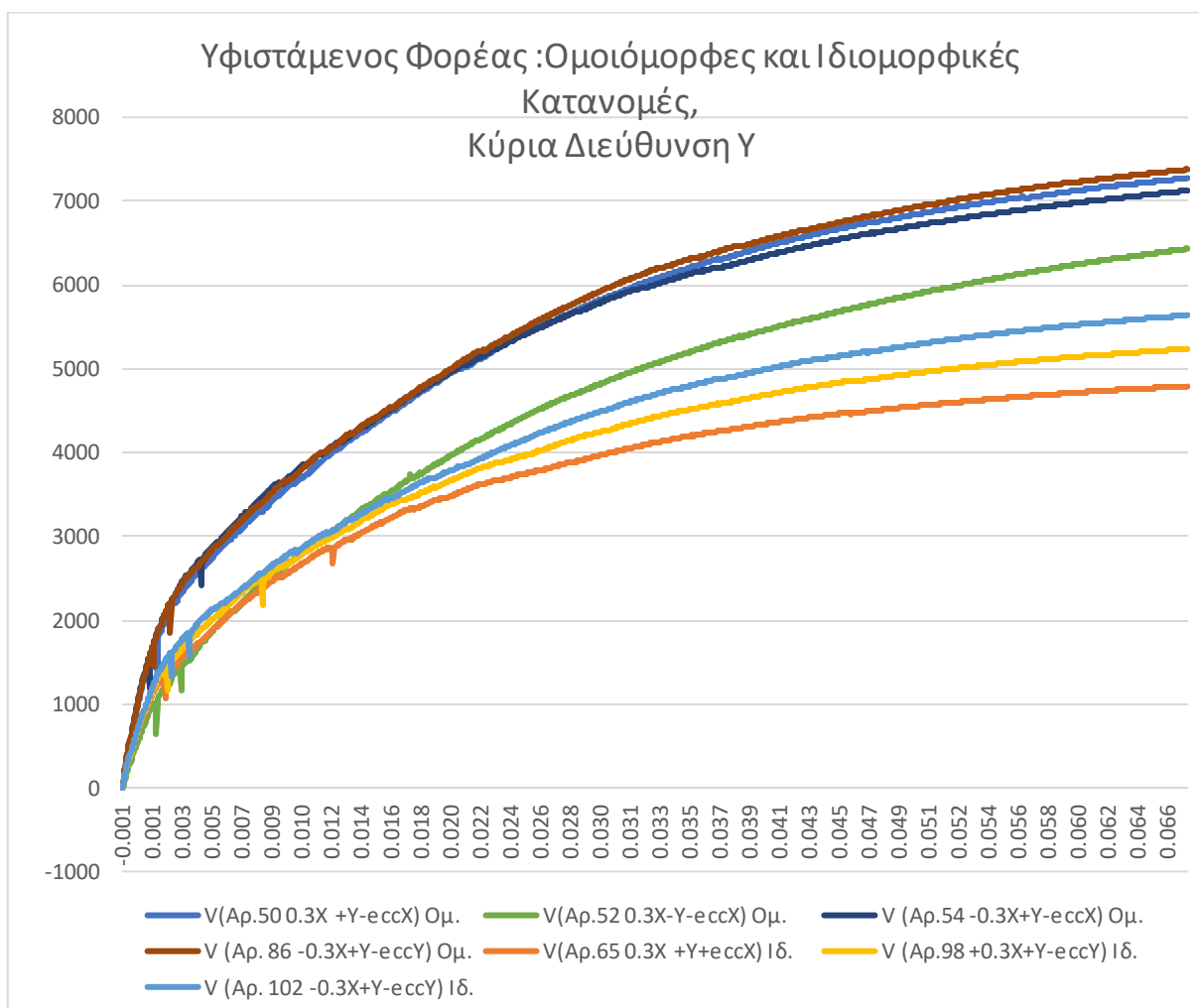
Σχήμα 3.30: Εξιδανίκευση μιας πραγματικής καμπύλης με διγραμμική καμπύλη



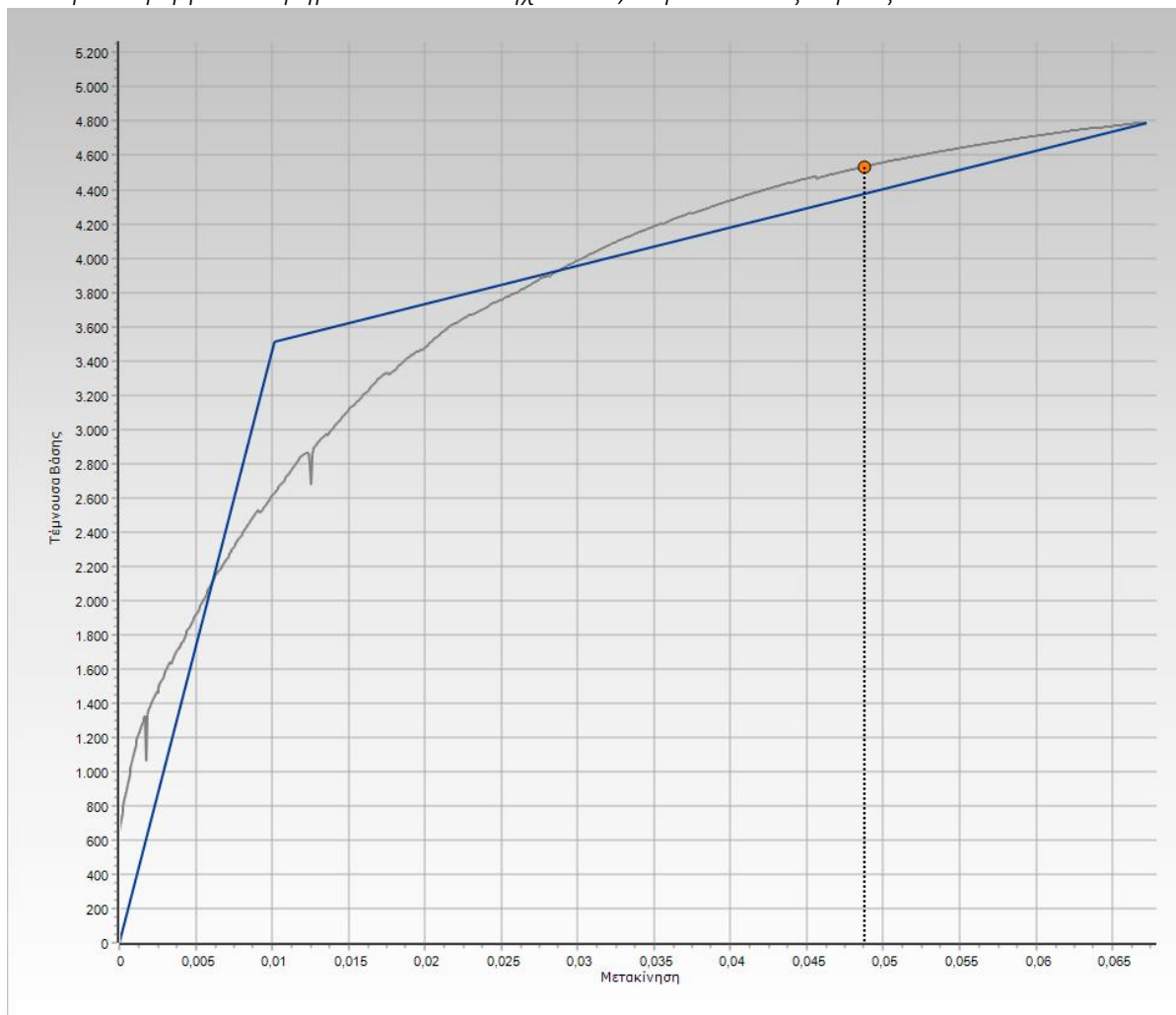
Σχήμα 3.31: Απεικόνιση Δυσμενέστερης Καμπύλης, κύριας διεύθυνσης Χ , με την αντίστοιχη διγραμμοποιημένη καμπύλη (Αρ. 63 -X -0.3Υ+eccX)

Πίνακας 3.24: Στοιχεία Διγραμμικοποιημένης Καμπύλης , κύριας διεύθυνσης Χ

Εξιδανικευμένη Καμπύλη		Παράμετροι Στοχευόμενης Μετακίνησης	
Μετακίνηση	Τέμνουσα Βάσης	Te (sec)	0,1195
0	0	Sa (g)	0,6322
0,0084	3674,04	C0	1,4
0,0672	5253,86	C1	2,96
0,0672	5253,86	C2	1,2902
		C3	1
		Στοχ. Μετακίνηση	0,01199464
Παράμετροι Γραμμικοποίησης		Στοχευόμενη Μετακίνηση	
K_elastic:	2459646,05	Σημαντικές Βλάβες (B)	0,011995
K_effective:	435811,03		
a	0,0617		
Fy:	3674,04		
dy:	0,0084		
Σφάλ. Μη-Εξισ. Επιφ.(%)	0,47		



Σχήμα 3.32 : Καμπύλες Τέμνουσας (V) – Πλευρικής Μετατόπισης (δ)



Σχήμα 3.33: Απεικόνιση Δυσμενέστερης Καμπύλης, κύριας διεύθυνσης Y, με την αντίστοιχη διγραμμοποιημένη καμπύλη (Αρ.65 Ιδιομορφική $0.3X+Y+eccX$)

Πίνακας 3.25: Στοιχεία Διγραμμοποιημένης Καμπύλης, κύριας διεύθυνσης Y

Εξιδακτευμένη Καμπύλη		Παράμετροι Στοχευόμενης Μετακίνησης	
Μετακίνηση	Τέμνουσα Βάσης	Te (sec)	0,3654
0	0	Sa (g)	0,72
0,0101	3511,14	C0	1,4
0,0672	4788,35	C1	1,2496
		C2	1,1673
		C3	1
		Στοχ. Μετακίνηση	0,04877524
Παράμετροι Γραμμοποίησης		Στοχευόμενη Μετακίνηση	
K_elastic:	1079065,61	Σημαντικές Βλάβες (B)	0,048775
K_effective:	347144,39		
a	0,0645		
Fy:	3511,14		
dy:	0,0101		
Σφάλ. Μη-Εξισ. Επιφ.(%)	0,32		

- Κατακόρυφα Στοιχεία : **Υποστυλώματα και Τοιχώματα**

Πίνακας 3.26:

	Στρ.Χορδής	Διατμ.
max	0,377	3,450
average	0,041	0,362

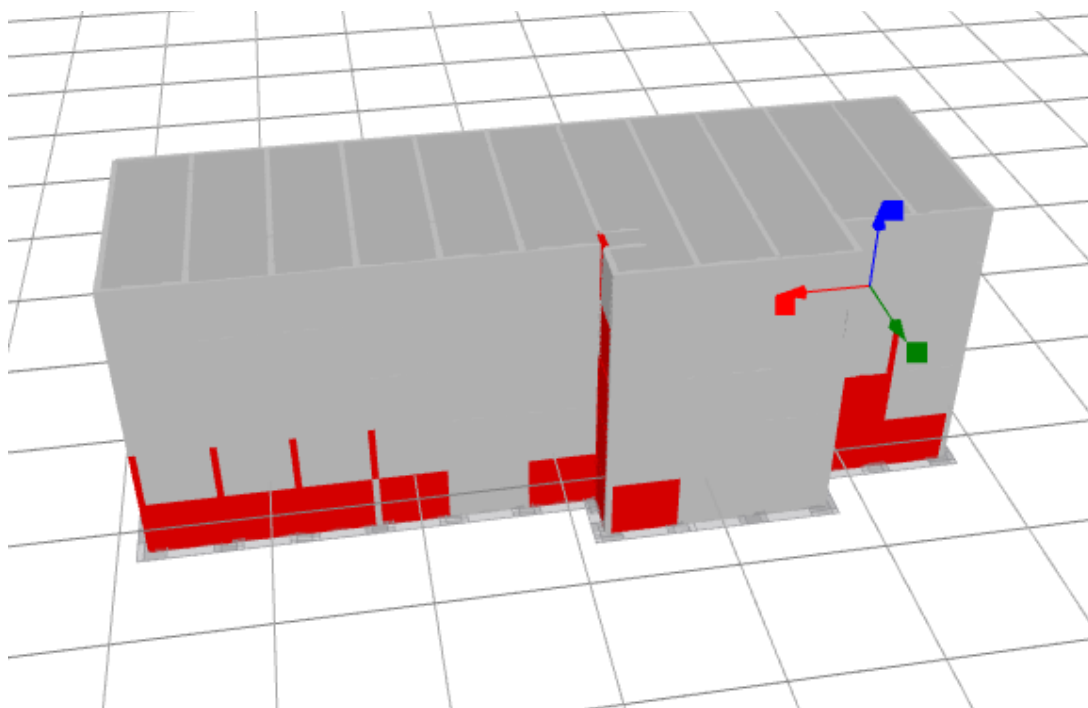
sum	0	44
ποσοστό που αστοχεί	0,0%	3,7%

- Οριζόντια Στοιχεία : **Δοκοί**

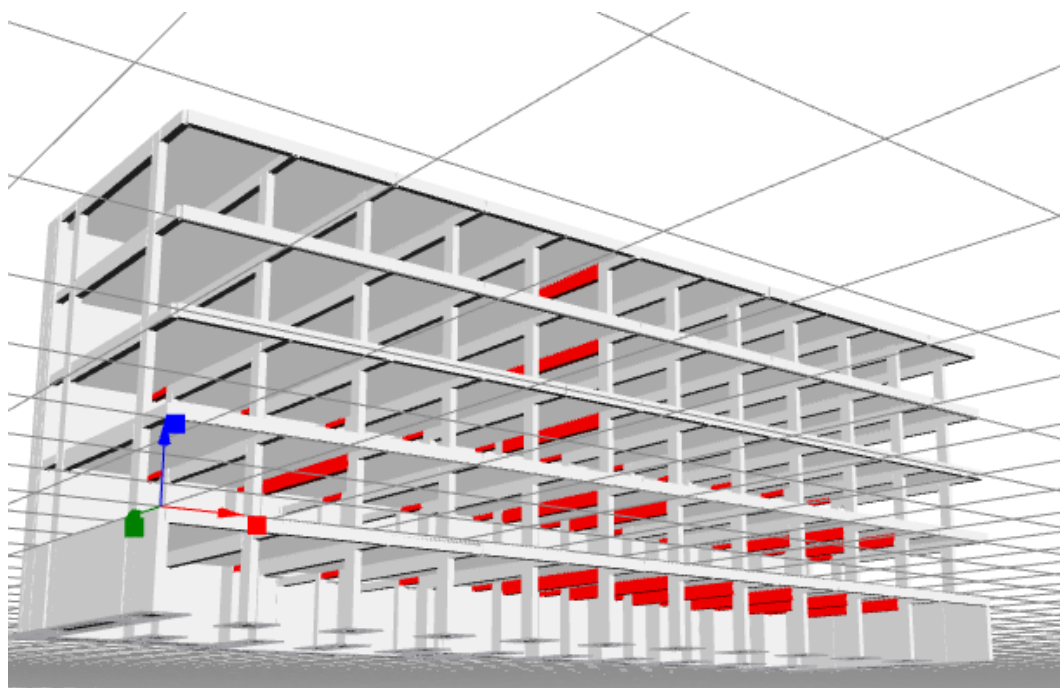
Πίνακας 3.27:

	Στρ.Χορδής	Διατμ.
max	0,421	1,960
average	0,035	0,397

sum	0	137
ποσοστό που αστοχεί	0,0%	14,3%



Σχήμα 3.34: Διατμητικές Ανεπάρκειες Κατακόρυφων Στοιχείων



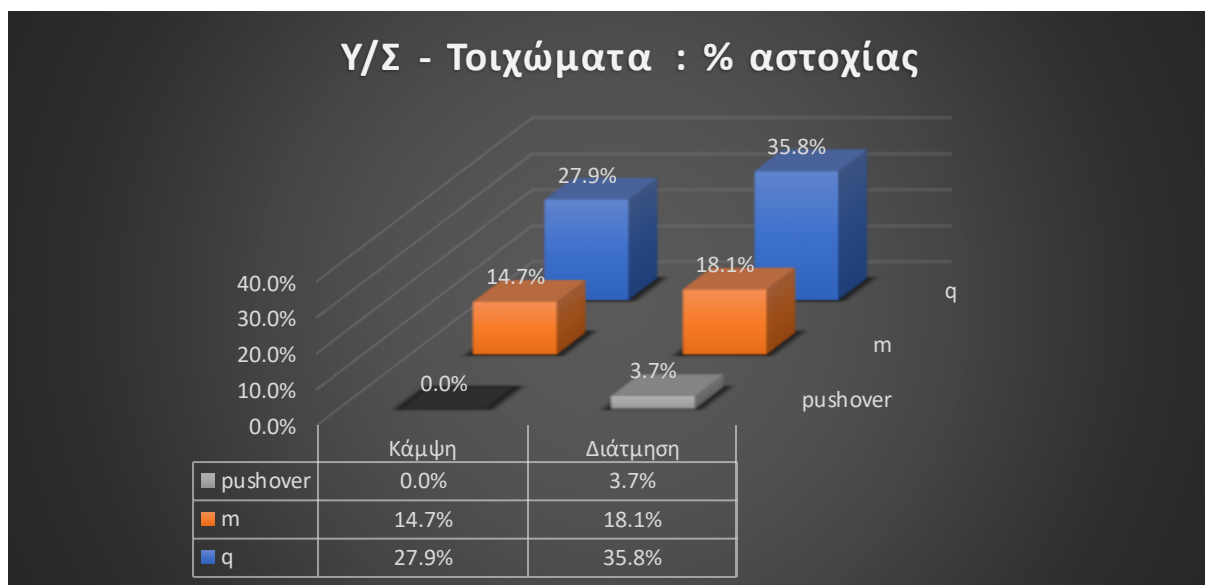
Σχήμα 3.35: Διατμητικές Ανεπάρκειες Οριζόντιων Στοιχείων

3.5 Σύγκριση Μεθόδων Αποτίμησης – Επιλογή Καταλληλότερης

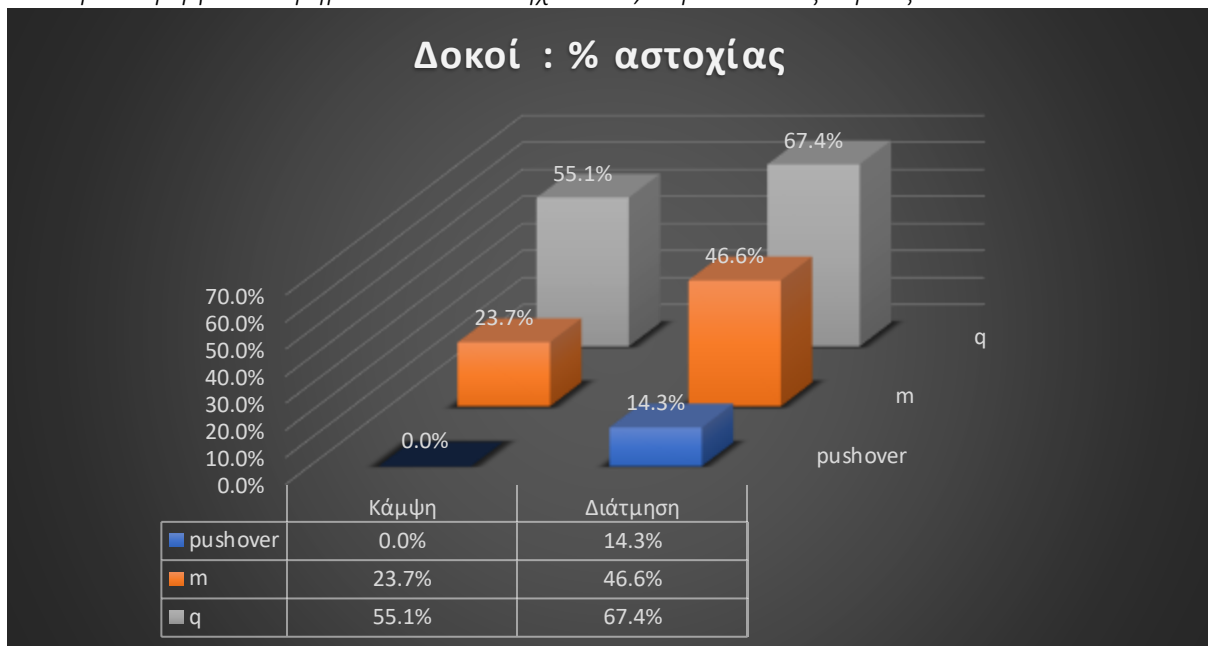
Έχοντας εκτελέσει τις 2 γραμμικές μεθόδους στο ΡΑΦ και την pushover ανάλυση στο Seisbuild μπορούμε να κάνουμε συγκρίσεις των αριθμητικών αποτελεσμάτων έχοντας κατηγοριοποιήσει τα στοιχεία σε οριζόντια και κατακόρυφα .

Πρώτο κριτήριο αναφορικά με το πόσο δυσμενής είναι η κάθε μέθοδος, αποτελεί το ποσοστό, επί του συνόλου, των στοιχείων που αστοχούν σε κάμψη και διάτμηση. Εν συνεχεία, θα αποτυπωθούν οι μέσες και οι μέγιστες τιμές των λόγων επάρκειας για κάθε μέθοδο.

3.5.1. : Ποσοστά διατομών που αστοχούν επί του συνόλου.



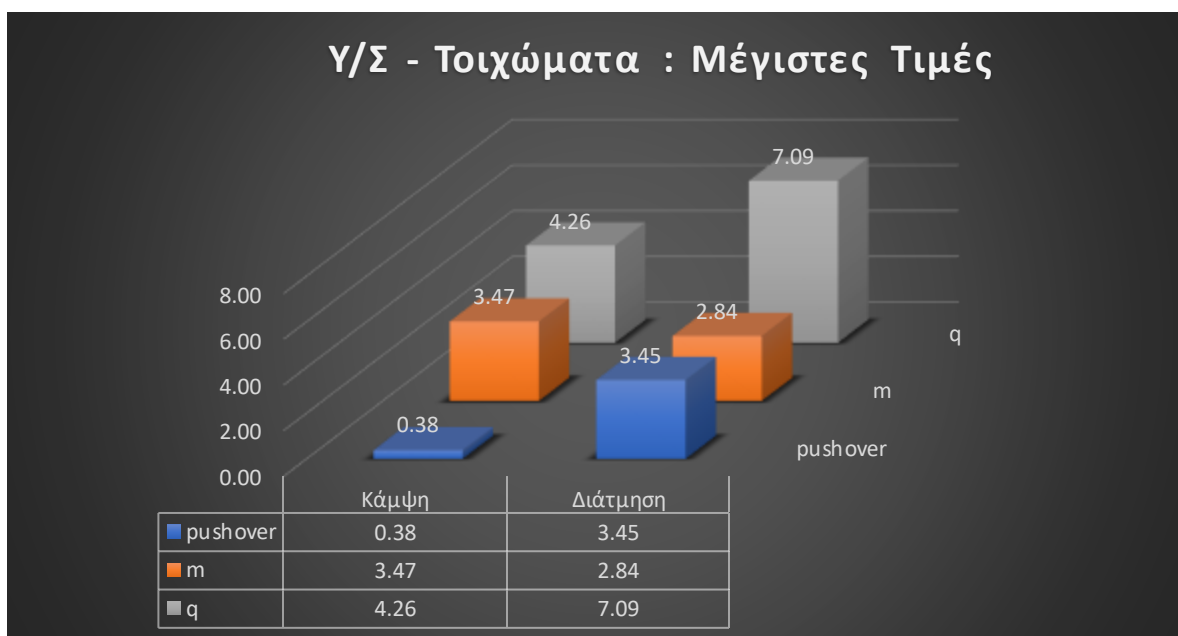
Σχήμα 3.35: Σύγκριση Ποσοστών Αστοχίας Τοιχωμάτων και Υποστυλωμάτων για τις 3 Μεθόδους στον Υφιστάμενο Φορέα



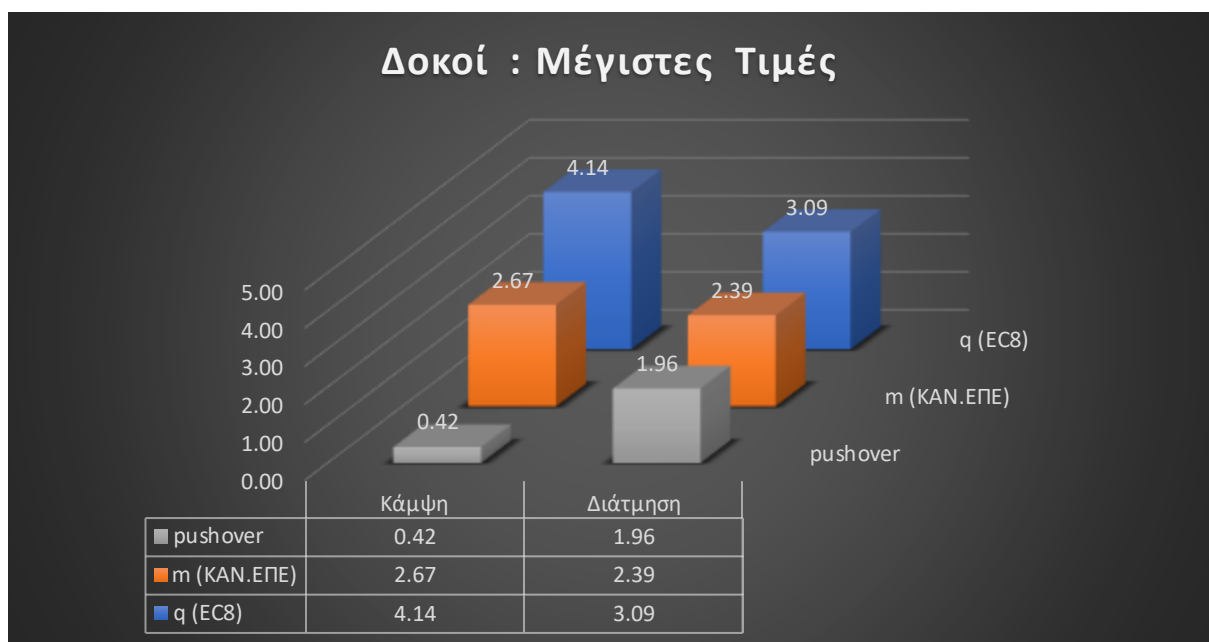
Σχήμα 3.36: Σύγκριση Ποσοστών Αστοχίας Δοκών για τις 3 Μεθόδους στον Υφιστάμενο Φορέα

3.5.2. Μέγιστες και Μέσες τιμές λόγων επάρκειας

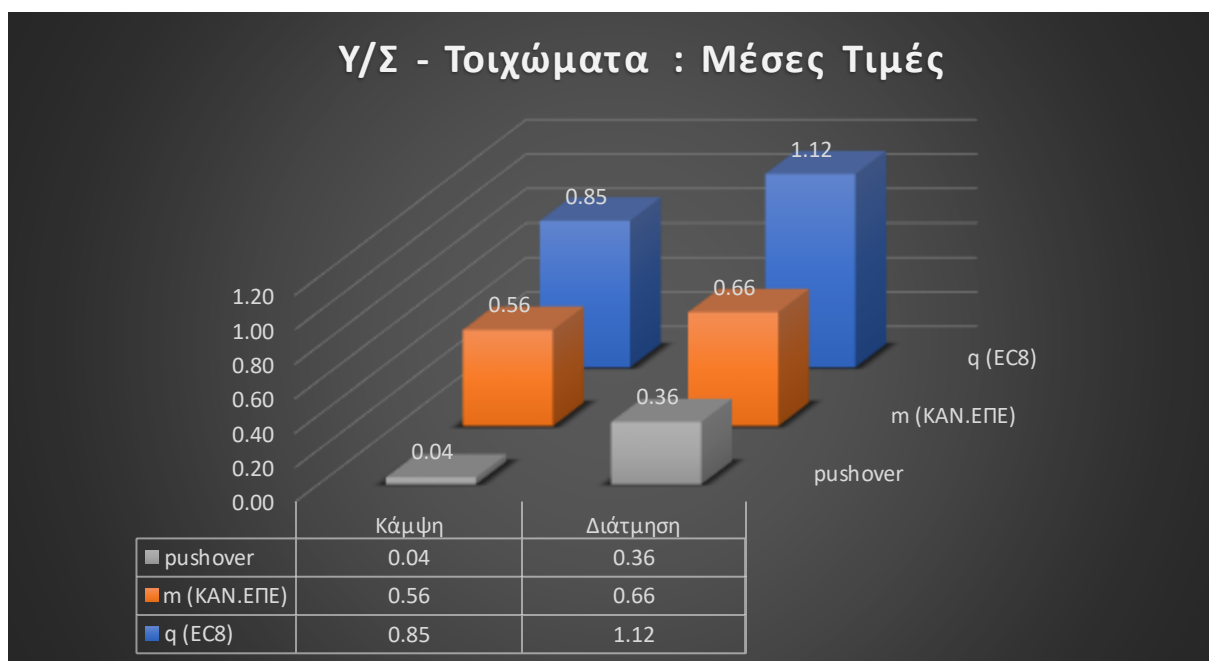
Σημειώνεται πως τα κριτήρια αυτά είναι καθαρά αριθμητικά και δεν χρησιμοποιούνται επ' ουδενί μόνον τους για την αποτίμηση ή την διαστασιολόγηση διατομών.



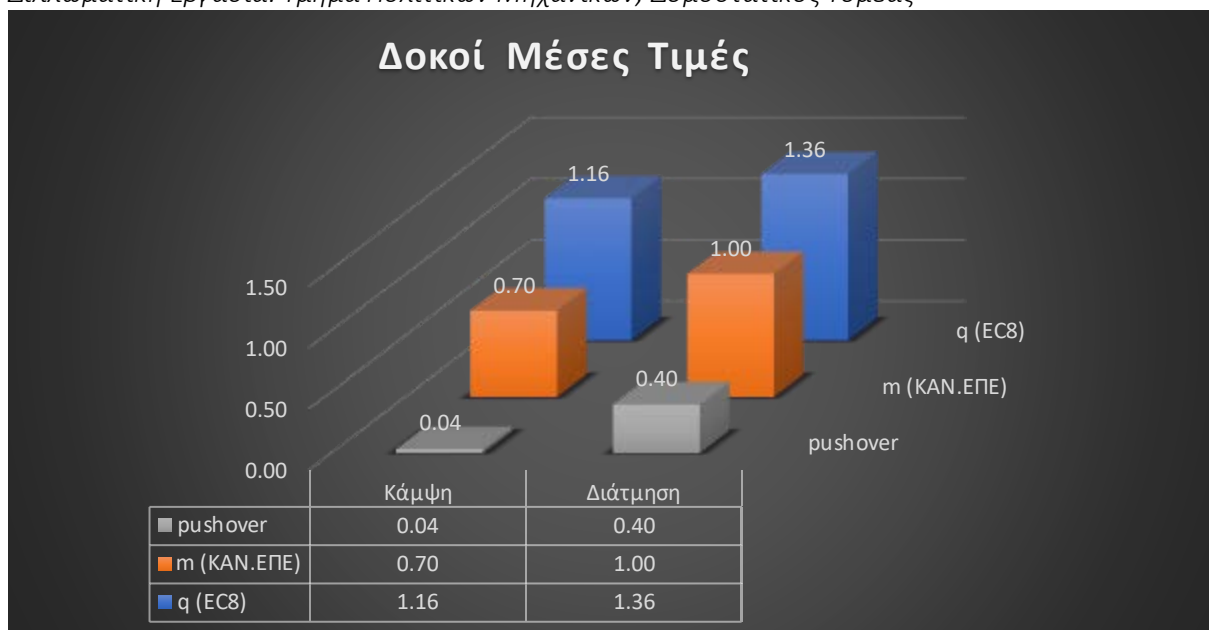
Σχήμα 3.37: Σύγκριση Μέγιστων Τιμών Λόγων Επάρκειας Τοιχωμάτων και Υποστυλωμάτων για τις 3 Μεθόδους στον Υφιστάμενο Φορέα



Σχήμα 3.38: Σύγκριση Μέγιστων Τιμών Λόγων Επάρκειας Δοκών για τις 3 Μεθόδους στον Υφιστάμενο Φορέα



Σχήμα 3.39: Σύγκριση Μέσων Τιμών Λόγων Επάρκειας Τοιχωμάτων και Υποστυλωμάτων για τις 3 Μεθόδους στον Υφιστάμενο Φορέα



Σχήμα 3.40: Σύγκριση Μέσων Τιμών Λόγων Επάρκειας Δοκών για τις 3 Μεθόδους στον Υφιστάμενο Φορέα

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

3.5.3 Επιλογή μεθόδου Pushover έναντι των q και m

Είναι γνωστό πως απ' τη στιγμή που δύναται να εφαρμοσθεί, η Υπερωθητική μέθοδος υπερτερεί έναντι των άλλων γραμμικών ως προς την ακρίβεια, την εποπτεία και την οικονομία.

- 1) Η ακρίβεια των αποτελεσμάτων και η εποπτεία της συμπεριφοράς του φορέα επιτυγχάνεται χάριν στα εξής :

Λαμβάνεται υπόψη η **Μη Γραμμική Συμπεριφορά** η οποία είναι σαφώς ακριβέστερη θεώρηση για ελαστοπλαστικά υλικά όπως το Ο/Σ, συνυπολογίζοντας τις μεταβαλλόμενες δυσκαμψίες σε επίπεδο μέλους και φορέα. Σε αντίθεση, οι γραμμικές μέθοδοι, όντας απλοποιητικές, καλούνται να είναι και αρκετά συντηρητικές δίνοντας πιο δυσμενή αποτελέσματα από αυτά που θα εμφανισθούν.

Έτσι, συνυπολογίζεται η χρονική στιγμή και η θέση που θα αναπτυχθούν οι πλαστικές αρθρώσεις άρα και η ανακατανομή των δυνάμεων και της δυσκαμψίας. Τέλος, με την εξαγωγή των καμπυλών ικανότητας, ο μηχανικός δύναται να γνωρίζει κατά πόσο η κατασκευή βρίσκεται εντός ή εκτός των ορίων επιτελεστικότητας και να δράσει ανάλογα.

- 2) Όπως έχει παρουσιασθεί νωρίτερα οι 2 γραμμικές μέθοδοι συγκλίνουν ως προς τα (αρκετά δυσμενή) αποτελέσματά τους. Χαρακτηριστικό αποτελεί πως με την υπερωθητική μέθοδο δεν εμφανίζονται καμπτικές αστοχίες ενώ οι διατμητικές είναι πολύ λιγότερες.

Η πληθώρα των ανεπαρειών όσον αφορά την μέθοδο q αιτιολογείται απ' το γεγονός ότι χρησιμοποιούνται οι χαρακτηριστικές τιμές των υλικών αντί για τις μέσες καθώς και η δυσκαμψία που αντιστοιχεί στο 50% της αρηγμάτωσης διατομής αντί της πραγματικής.

Η μέθοδος των τοπικών δεικτών m , βασίζεται σε παρόμοια λογική με αυτή της q , με τους τοπικούς συντελεστές όμως να λαμβάνουν μεγαλύτερες τιμές (Παράρτημα 4) άρα οδηγώντας σε μεγαλύτερη απομείωση των εντατικών μεγεθών. Επίσης, χρησιμοποιούνται τιμές δυσκαμψίας ακόμα μικρότερες από το 50% της αρηγμάτωσης διατομής, θεωρώντας έτσι τα μέλη πιο εύκαμπτα με αποτέλεσμα να παραλαμβάνουν λιγότερες εντάσεις.

Με βάση τα όσα έχουν προαναφερθεί, εμπιστευόμαστε τα αποτελέσματα της Pushover και αποφεύγουμε πιθανώς αχρείαστες και κοστοβόρες ενισχύσεις.

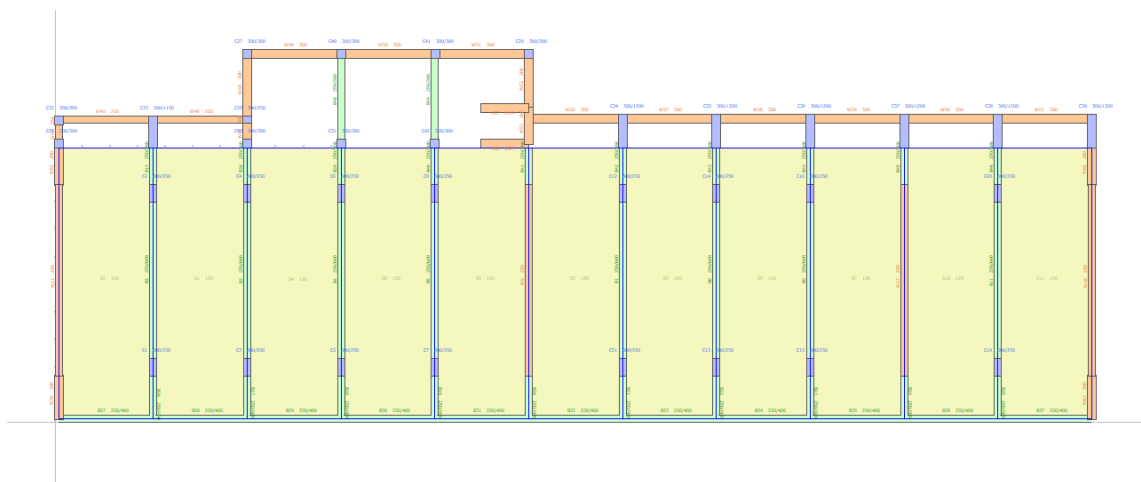
Κεφάλαιο 4 – Ενίσχυση της Κατασκευής

4.1 Ενίσχυση μέσω αύξησης Δυσκαμψίας

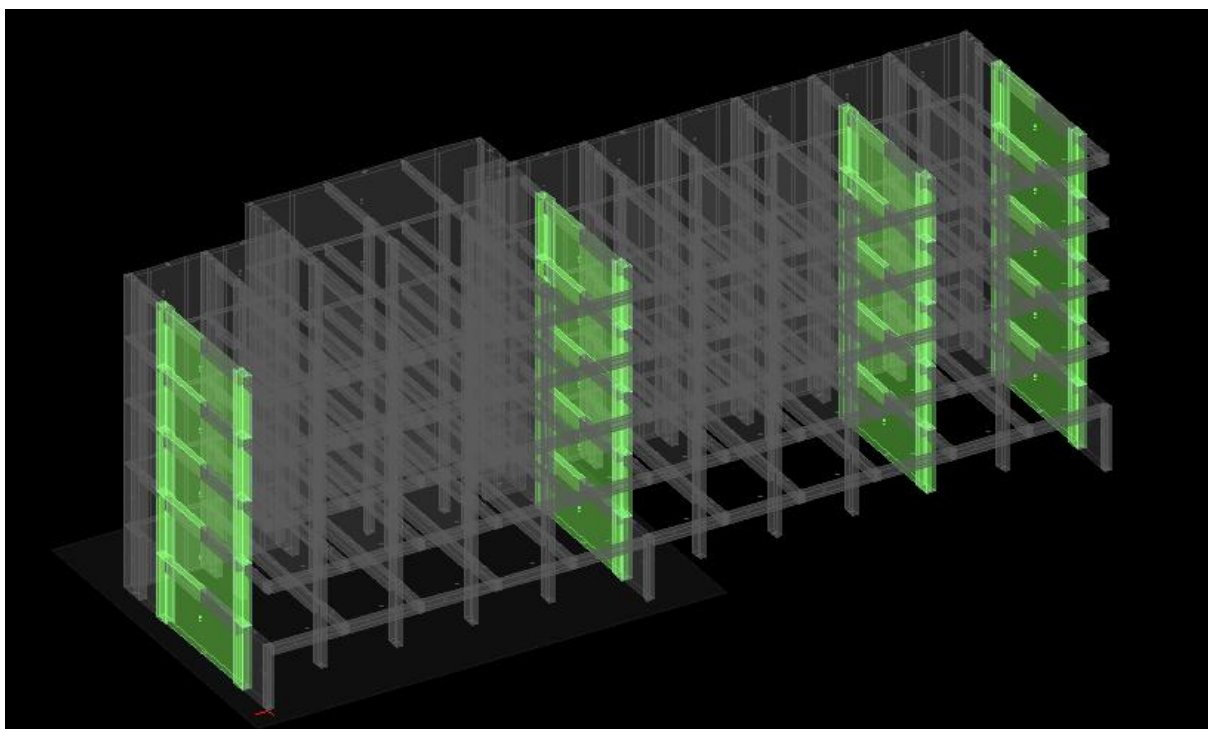
Ως βασική ενίσχυση της πλευρικής δυσκαμψίας του κτιρίου θα αποτελέσει η Εμφάνωση 4 τοιχωμάτων, πάχους 30cm από σκυρόδεμα C30/37 κατά την Υ-διεύθυνση του κτιρίου η οποία είναι και η πιο εύκαμπτη.

Στην παράγραφο 4.6.3 του ΚΑΝ.ΕΠΕ (σελ:4-22). που αφορά τον ανασχεδιασμό , περιγράφεται, πως με τη διάταξη νέων ισχυρών τοιχοπληρώσεων «με αξιόπιστα ευμενή και θετικό ρόλο» μπορεί να χρησιμοποιηθούν τιμές του q μεγαλύτερες από αυτές που χρησιμοποιήθηκαν για την αποτίμηση. Εν προκειμένω, η εμφάνιση των τοιχωμάτων αίρει την στρεπτική ευαισθησία και έτσι επαναφέρεται η τιμή $q=1.7$ που είχε ορισθεί βάσει του Πίνακα 3.4.

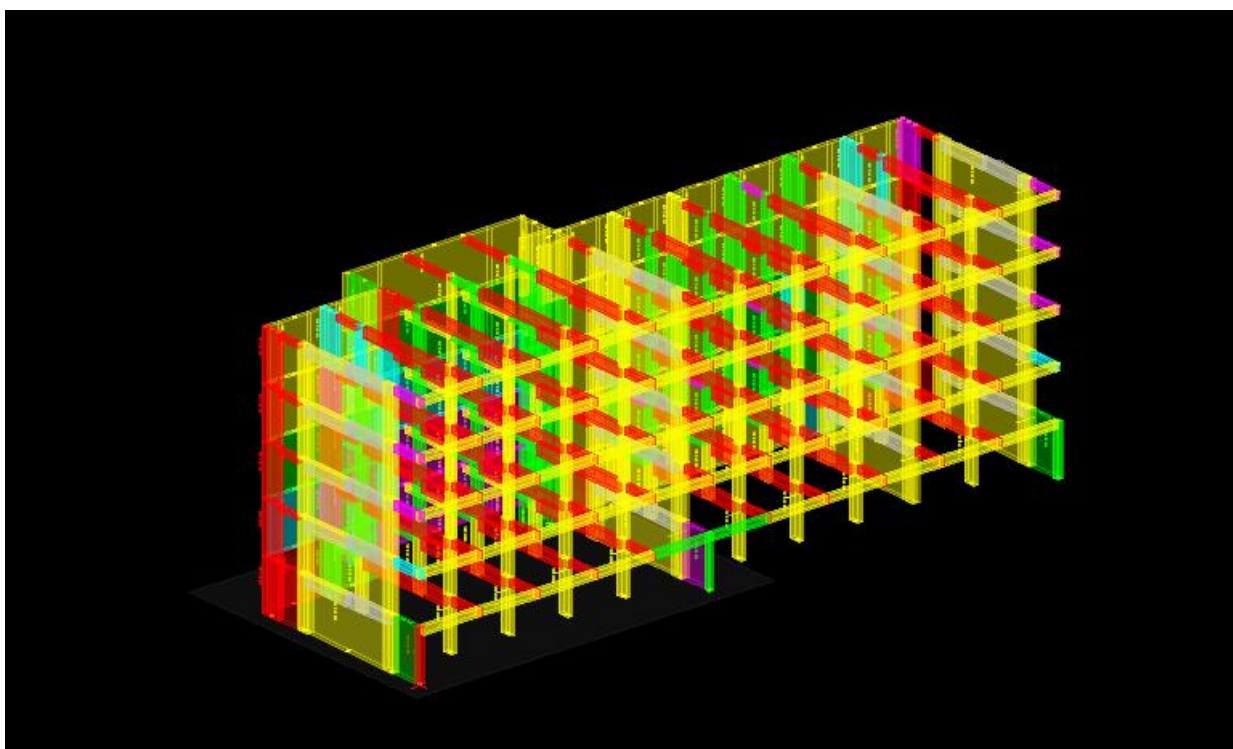
Αναμένεται να μειωθούν οι σχετικές μετακινήσεις των ορόφων (interstory drifts), η συνολική μετατόπιση του κτιρίου καθώς και να απομειωθούν περεταίρω οι λόγοι ανεπάρκειας των στοιχείων που καταπονούνται σεισμικά .



Σχήμα 4.1 : Κάτοψη Ενισχυμένου φορέα στο Seisbuild



Σχήμα 4.2: Θέσεις Προσθήκης εμφανιζόμενων τοιχωμάτων (ΡΑΦ)



Σχήμα 4.3: Μέθοδος q – Χρωματική Απεικόνιση Λόγων Επάρκειας στο ΡΑΦ

4.1.1 Επιρροή της Ενίσχυσης κατόπιν προσθήκης τοιχωμάτων

Στο παρών κεφάλαιο συνοψίζεται η αύξηση της φέρουσας ικανότητας του κτιρίου κατόπιν της προσθήκης των εμφανιζόμενων τοιχωμάτων. Η σύγκριση θα γίνει για την πιο δυσμενή μέθοδο: q και για την πιο ευμενή: pushover, αποσκοπώντας στη διασταύρωση των αποτελεσμάτων και την ανάδειξη της αποτελεσματικότητας της ενίσχυσης σε κάθε περίπτωση. Σημειώνεται πως, δεν κρίνεται σκόπιμο να ελεγχθεί εκ νέου ο ενισχυμένος φορέας με την μέθοδο των τοπικών δεικτών m , καθώς έχει ήδη γίνει η σύγκριση και επιλογή μεταξύ των 3 μεθόδων. Επίσης, η ανίσωση αστοχίας που χρησιμοποιήθηκε για την μέθοδο m (Εξ. 3.1) αφορά πλάστιμους τρόπους αστοχίας εξ' ορισμού. Με την προσθήκη των τοιχωμάτων όμως, θα συνυπάρξουν ψαθυρές αστοχίες αίροντας την αρχική παραδοχή περί καθαρά πλάστιμων αστοχιών.

Εν συνεχεία, τα δομικά στοιχεία ελέγχονται έναντι κάμψης και διάτμησης και ομαδοποιούνται σε :

- Οριζόντια: Δοκοί
- Κατακόρυφα : Υποστυλώματα και Τοιχώματα

Ακολουθώντας, στους πίνακες 4.1 και 4.2, αποτυπώνεται η επιρροή της ενίσχυσης σε όρους ποσοστών διατομών που αστοχούν για τις 2 προαναφερθείσες μεθόδους:

Πίνακας 4.1:

	Μέθοδος q	
	Υφιστάμενος φορέας	Ενισχυμένος φορέας
Υ/Σ-Τοιχ. : Κάμψη	27,9%	3,1%
Υ/Σ-Τοιχ. : Διάτμηση	35,8%	3,1%
Δοκοί : Κάμψη	55,1%	29,3%
Δοκοί: Διάτμηση	67,4%	55,8%

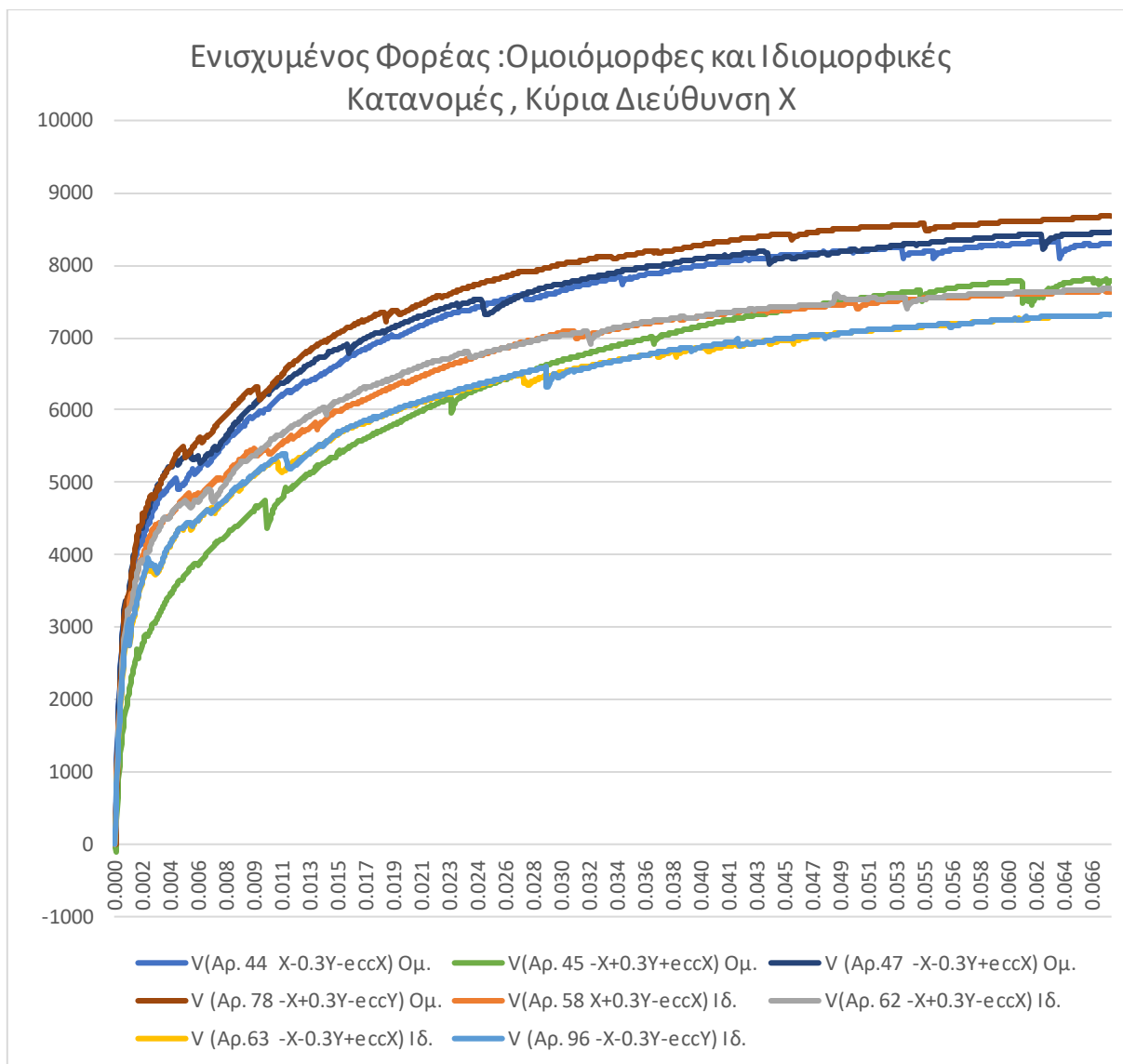
Πίνακας 4.2:

	Μέθοδος Pushover	
	Υφιστάμενος φορέας	Ενισχυμένος φορέας
Υ/Σ-Τοιχ. : Κάμψη	0,0%	0,0%
Υ/Σ-Τοιχ. : Διάτμηση	3,7%	1,1%
Δοκοί : Κάμψη	0,0%	0,0%
Δοκοί: Διάτμηση	14,3%	8,8%

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

Κατόπιν, παρουσιάζεται η αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας του φορέα, κυρίως στην Υ διεύθυνση με την προσθήκη των τοιχωμάτων.

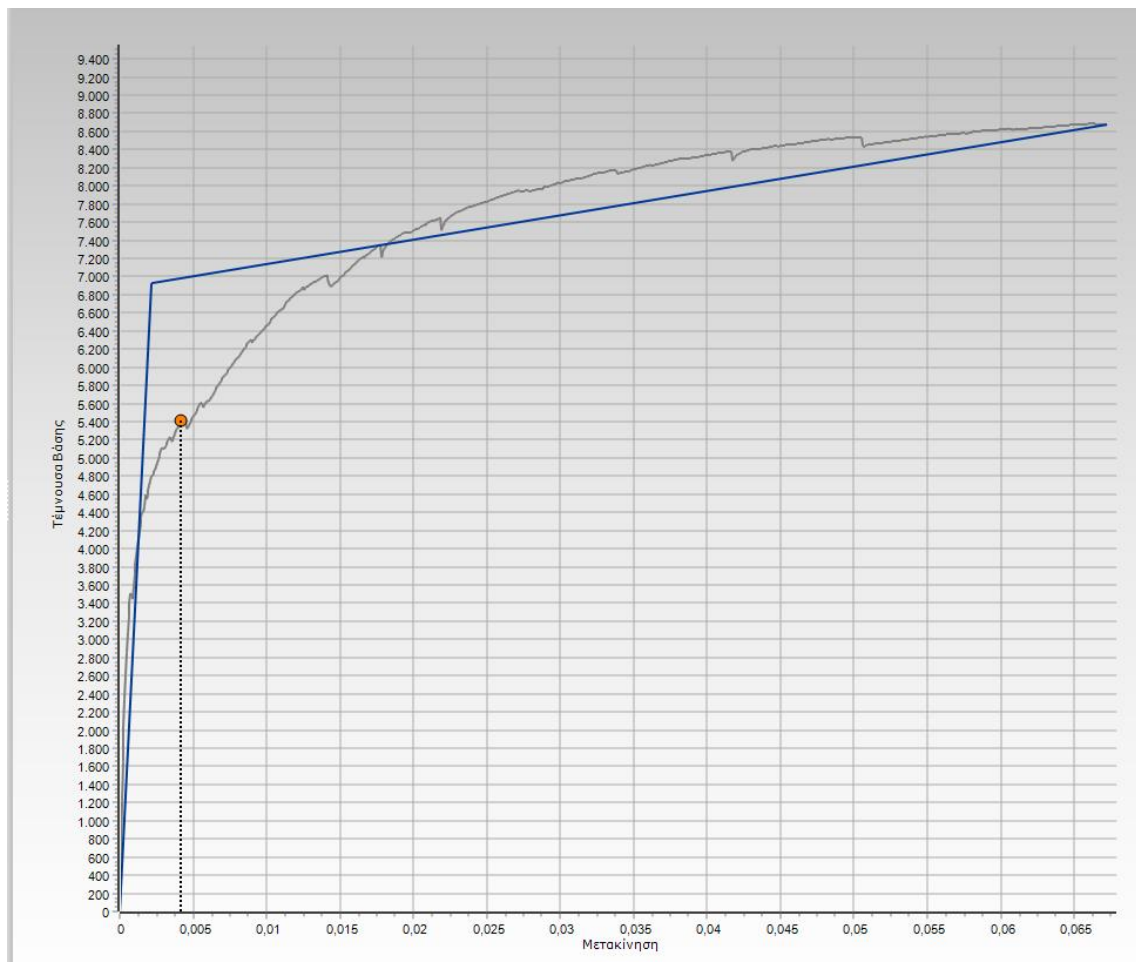
Εκτελώντας ανάλογη διαδικασία με αυτήν του κεφαλαίου 3.4.3. επιλέγονται να παρουσιασθούν 8 καμπύλες Pushover, για τους αντίστοιχους συνδυασμούς σε κάθε κύρια διεύθυνση. Από αυτές, θα επιλεγούν οι δυσμενέστερες και θα συγκριθούν με τις αντίστοιχες του υφιστάμενου φορέα.



Σχήμα 4.4: Καμπύλες Τέμνουσας (V) – Πλευρικής Μετατόπισης (δ) , διεύθυνση Χ

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

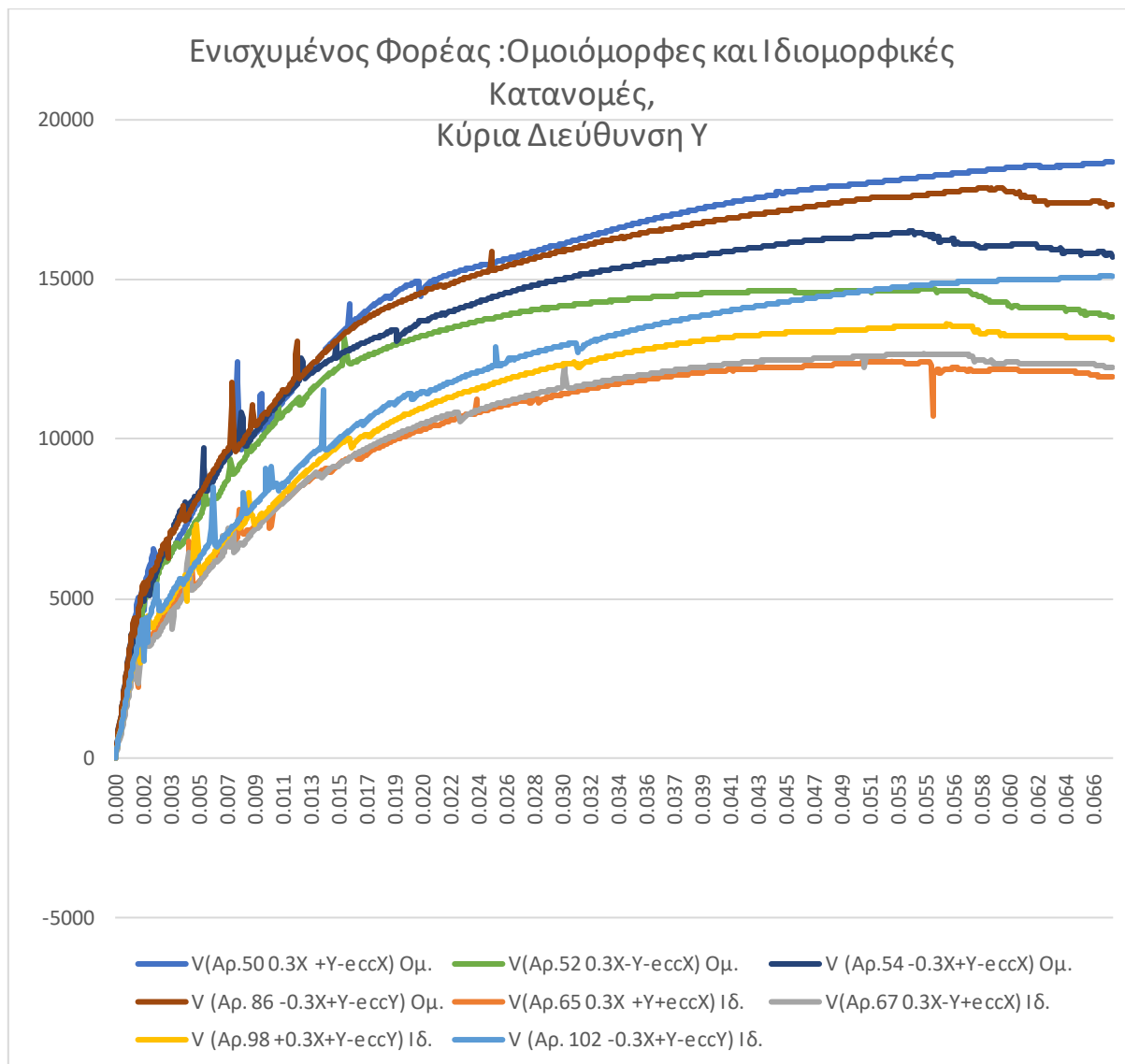
Από τις ανωτέρω καμπύλες, για την διεύθυνση X ως δυσμενέστερη επιλέγεται η υπ' αριθμόν 45: $-X+0.3Y+eccX$



Σχήμα 4.5: Απεικόνιση Δυσμενέστερης Καμπύλης, κύριας διεύθυνσης X, με την αντίστοιχη διγραμμοποιημένη καμπύλη (Αρ. 45 $-X+0.3Y+eccX$)

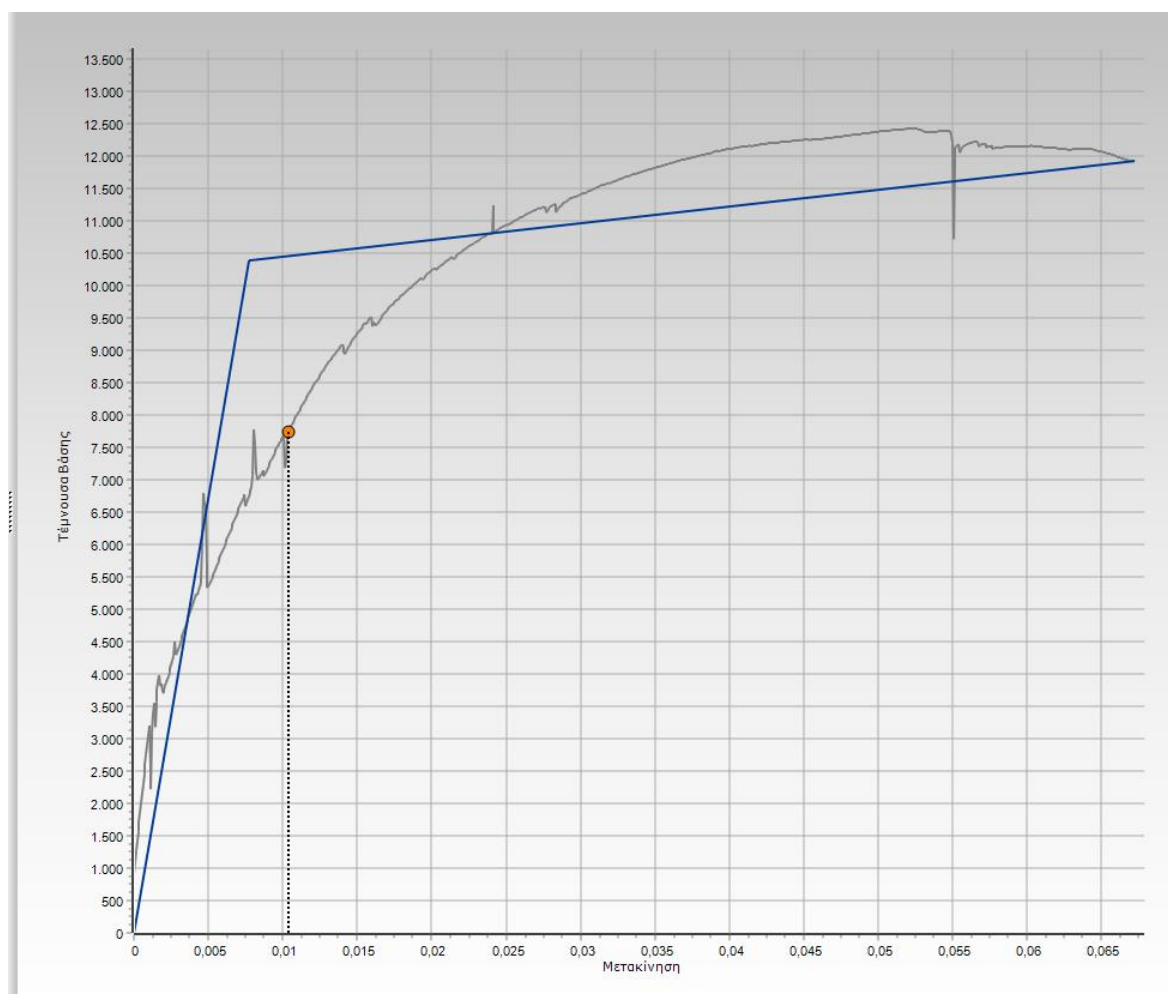
Πίνακας 4.3: Στοιχεία Διγραμμοποιημένης Καμπύλης, κύριας διεύθυνσης X

Εξιδανικευμένη Καμπύλη		Παράμετροι Στοχευόμενης Μετακίνησης	
Μετακίνηση	Τέμνουσα Βάσης	Te (sec)	0,0893
0	0	Sa (g)	0,5451
0,0022	6931,5	C0	1,4
0,0672	8681,07	C1	2,1006
0,0672	8681,07	C2	1,3
		C3	1
		Στοχ. Μετακίνηση	0,00412743
Παράμετροι Γραμμικοποίησης		Στοχευόμενη Μετακίνηση	
K_elastic:	10792950,07	Σημαντικές Βλάβες (B)	0,004127
K_effective:	3162920,66		
a	0,0085		
Fy:	6931,5		
dy:	0,0022		
Σφάλ. Μη-Εξισ. Επιφ.(%)	0,12		



Σχήμα 4.6: Καμπύλες Τέμνουσας (V) – Πλευρικής Μετατόπισης (δ)

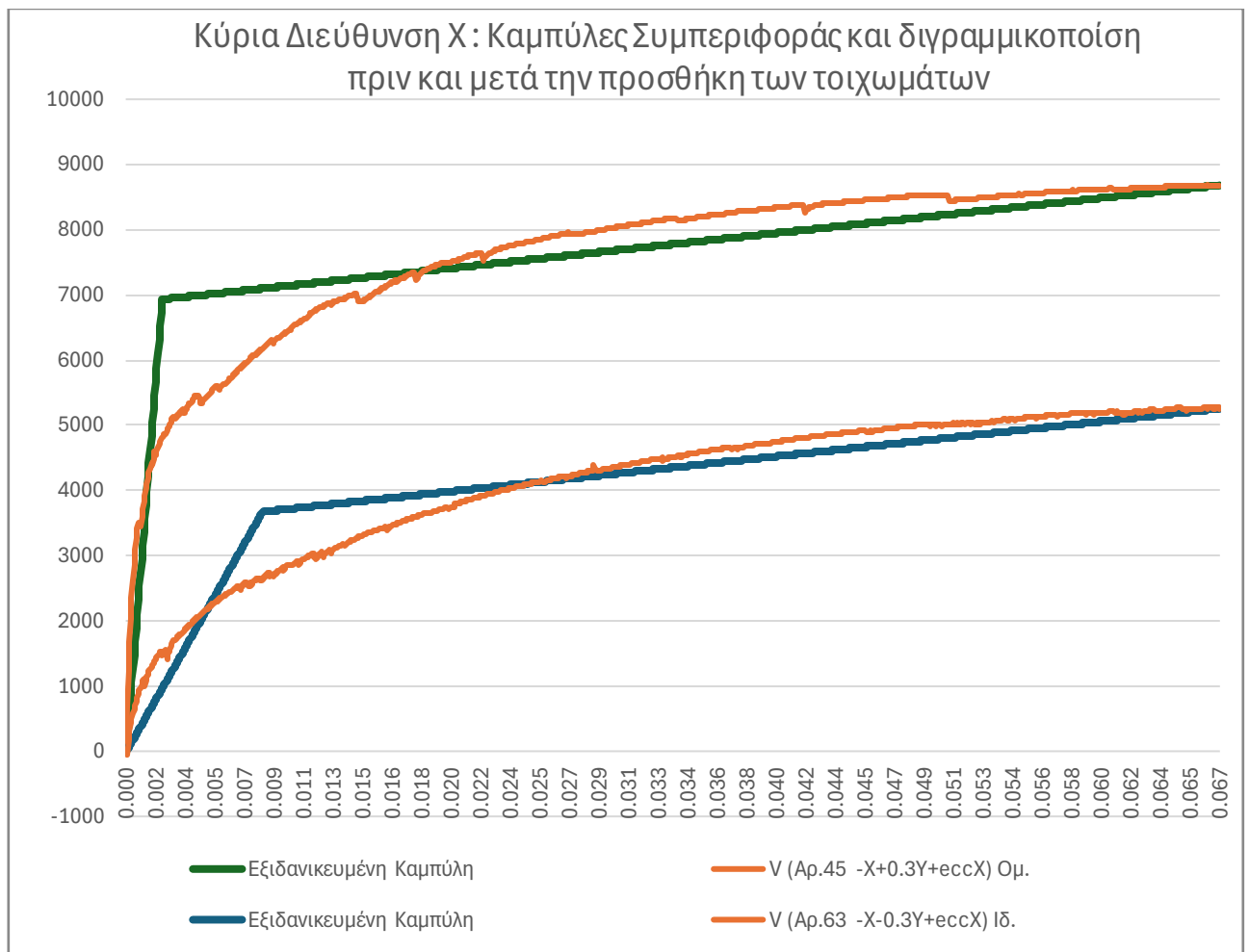
Για τη διεύθυνση Υ ως δυσμενέστερη επιλέγεται η υπ' αριθμόν 65 : $0.3X + Y + eccX$



Σχήμα 4.7: Απεικόνιση Δυσμενέστερης Καμπύλης, κύριας διεύθυνσης Y, με την αντίστοιχη διγραμμοποιημένη καμπύλη (Αρ. 65 0.3X + Y+eccX)

Πίνακας 4.4: Στοιχεία Διγραμμοποιημένης Καμπύλης, κύριας διεύθυνσης Y

Εξιδαγκευμένη Καμπύλη		Παράμετροι Στοχευόμενης Μετακίνησης	
Μετακίνηση	Τέμνουσα Βάσης	Te (sec)	0,1589
0	0	Sa (g)	0,72
0,0077	10391,97	C0	1,4
0,0672	11933,96	C1	1,2929
0,0672	11933,96	C2	1,2706
		C3	1
		Στοχ. Μετακίνηση	0,0103887
Παράμετροι Γραμμικοποίησης		Στοχευόμενη Μετακίνηση	
K_elastic:	3159118,61	Σημαντικές Βλάβες (B)	0,010389
K_effective:	1348443,19		
a	0,0192		
Fy:	10391,97		
dy:	0,0077		
Σφάλ. Μη-Εξισ. Επιφ.(%)	0		

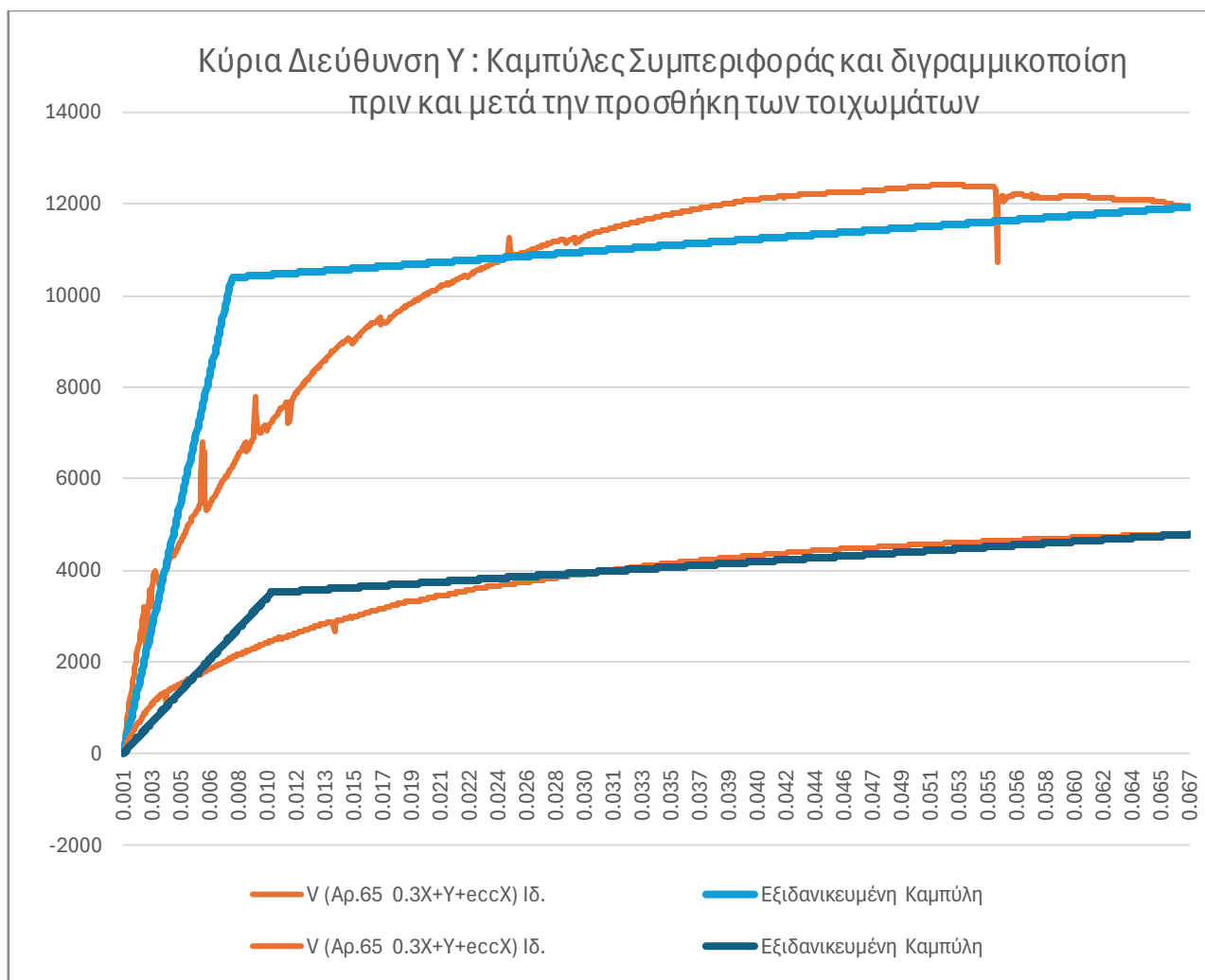


Σχήμα 4.8: Καμπύλες Pushover Υφιστάμενου και Ενισχυμένου Φορέα : Διεύθυνση Χ

Ακολουθώντας, εξάγοντας τα πορίσματα από τις **εξιδανικευμένες καμπύλες** των ανωτέρω διαγραμμάτων, απεικονίζεται η αύξηση, σε όρους Τέμνουσας Βάσης, της δύναμης που μπορεί να παραλάβει ο φορέας, καθώς και η παραμόρφωση και η δύναμη διαρροής.

Έτσι επιτυγχάνονται οι παρακάτω μεταβολές που συνεπάγονται την αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας του κτιρίου.

- Το **όριο διαρροής** από $F_y = 3674 \text{ kN}$ αυξάνει σε 6931 kN
- Το **όριο αντοχής** από $F_u = 5253 \text{ kN}$ αυξάνει σε 8681 kN
- Η **ελαστική** δυσκαμψία από $K_{el} = 2.459.646 \text{ kN/m}$ αυξάνει σε $10.792.950 \text{ kN/m}$
- Η **μετελαστική** δυσκαμψία από $K_{eff} = 435.811 \text{ kN/m}$ αυξάνει σε $3.162.920 \text{ kN/m}$



Σχήμα 4.9: Καμπύλες Pushover Υφιστάμενου και Ενισχυμένου Φορέα : Διεύθυνση Υ

Ομοίως για την διεύθυνση Υ, επί της οποίας είναι διατεταγμένα τα τοιχώματα :

- Το **όριο διαρροής** από $F_y = 3511 \text{ kN}$ αυξάνει σε 10.391 kN
- Το **όριο αντοχής** από $F_u = 4788 \text{ kN}$ αυξάνει σε 11.933 kN
- Η **ελαστική δυσκαμψία** από $K_{el} = 1.079.065 \text{ kN/m}$ αυξάνει σε $3.159.118 \text{ kN/m}$
- Η **μετελαστική δυσκαμψία** από $K_{eff} = 347.144 \text{ kN/m}$ αυξάνει σε $1.348.443 \text{ kN/m}$

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

4.2 Ενισχύσεις μέσω αύξησης Αντοχής

4.3.1 Ενίσχυση Διατμητικής Αντοχής

4.3.1.1 Ενίσχυση Δοκών Σε Διάτμηση με χρήση FRP : SIKAWRAP 300c

Σε αυτό το σημείο της εργασίας καλούμαστε να επέμβουμε τοπικά σε όσα δομικά στοιχεία, εξακολουθούν να εμφανίζουν ανεπάρκειες. Έτσι, οι επεμβάσεις αυτές θα αφορούν την αύξηση της αντοχής των μελών, χωρίς να επηρεάζεται περεταίρω η δυσκαμψία και τα ιδιομορφικά χαρακτηριστικά της κατασκευής.

Ως πλέον διαδεδομένη, σύγχρονη και αποδοτική λύση, δεσπόζει η χρήση Ινοπλισμένων Πολυμερών – Ι.Ο.Π. (Fiber Reinforced Polymers - F.R.P.), τα οποία είναι υλικά αποτελούμενα από ένα πυκνό πλέγμα ινών άνθρακα, ενσωματωμένων σε πολυμερική μήτρα (εποξική ρητίνη), αντιπροσωπεύοντας μια κατηγορία υλικών που φημίζεται για τις εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες. Αυτά τα υλικά βρίσκουν εφαρμογή όχι μόνο στις κτιριακές κατασκευές αλλά και στην αεροδιαστημική, την αυτοκινητοβιομηχανία και τη ναυτιλιακή βιομηχανία. Στο πλαίσιο των κτιριακών επισκευών και ενισχύσεων τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα είναι τα εξής:

- Τα υλικά FRP διαθέτουν εντυπωσιακά μηχανικά χαρακτηριστικά, συμπεριλαμβανομένου του μεγάλου **μέτρου ελαστικότητας** και των **ορίων διαρροής και θραύσης**, καθιστώντας τα ιδανικά για την ενίσχυση υπαρχουσών κατασκευών.
- Επιπλέον, διαθέτουν μη διαβρωτικές και μη αγωγίμες ιδιότητες, εξασφαλίζοντας **μακροχρόνια ανθεκτικότητα** και ασφάλεια σε διαφορετικά περιβάλλοντα.
- Η ικανότητά τους να διαμορφώνονται σε διάφορα σχήματα και μεγέθη διευκολύνει την απρόσκοπτη ενσωμάτωση με τις υπάρχουσες δομές, ελαχιστοποιώντας την ανάγκη για εκτεταμένες τροποποιήσεις. Αυτή η προσαρμοστικότητα εξασφαλίζει **συμβατότητα** με ποικίλα αρχιτεκτονικά σχέδια και υλικά κατασκευής.
- Η **ελαφριά** φύση τους απλοποιεί τον χειρισμό και τη μεταφορά, ενώ οι γρήγοροι χρόνοι σκλήρυνσης επιταχύνουν την ολοκλήρωση των επεμβάσεων.
- Η χρήση ανακυκλωμένων ή φιλικών προς το περιβάλλον ρητινών μειώνει τις **περιβαλλοντικές επιπτώσεις**, ενώ οι ενεργειακά αποδοτικές ιδιότητές τους συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών άνθρακα κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του κτιρίου. Αυτά τα χαρακτηριστικά βιωσιμότητας ευθυγραμμίζονται με τις πρωτοβουλίες «πράσινων» κτιρίων, προωθώντας περιβαλλοντικά υπεύθυνες πρακτικές κατασκευής.

Πίνακας 4.5: Λόγοι Επάρκειας Δοκών, έναντι διάτμησης, σε φθίνουσα σειρά

Στροφές Χορδής Μελών

Διατμητικές Δυνάμεις Μελών

Στάθ Επιτ

☐ Περιορισμένες Βλάβες (Α)

☒ Σημαντικές Βλάβες (Β)

Προβολή Κριτηρίων

Περιβάλλουσα

Κρίσιμη Ανάλυση

Όλοι οι όροφοι

Δοκοί

Αμφότεροι Τοπικοί Άξονες

Προβολή Χρώματος Λόγου Επιτελεστικότητας

☐ Προβολή Όλων των Μελών

☐ Προβολή Μελών Με Ασταχίες

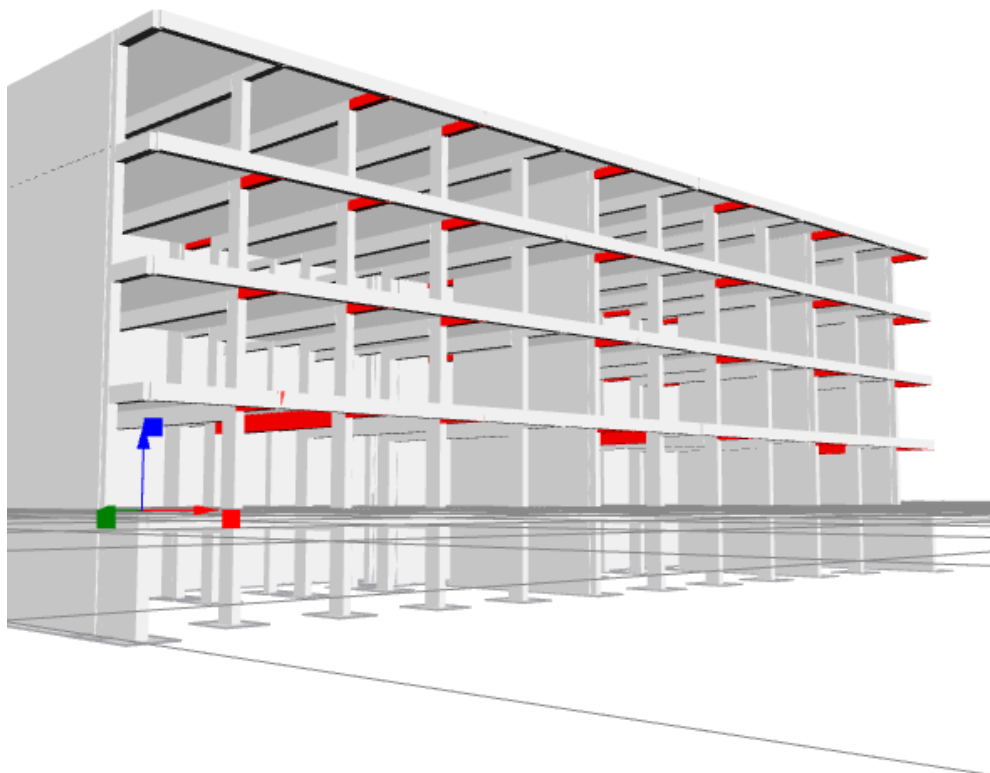
Προβολή Καμένου Λόγου Επιτελεστικότητας

☐ Προβολή Τιμών Λόγου Επιτελεστικότητας

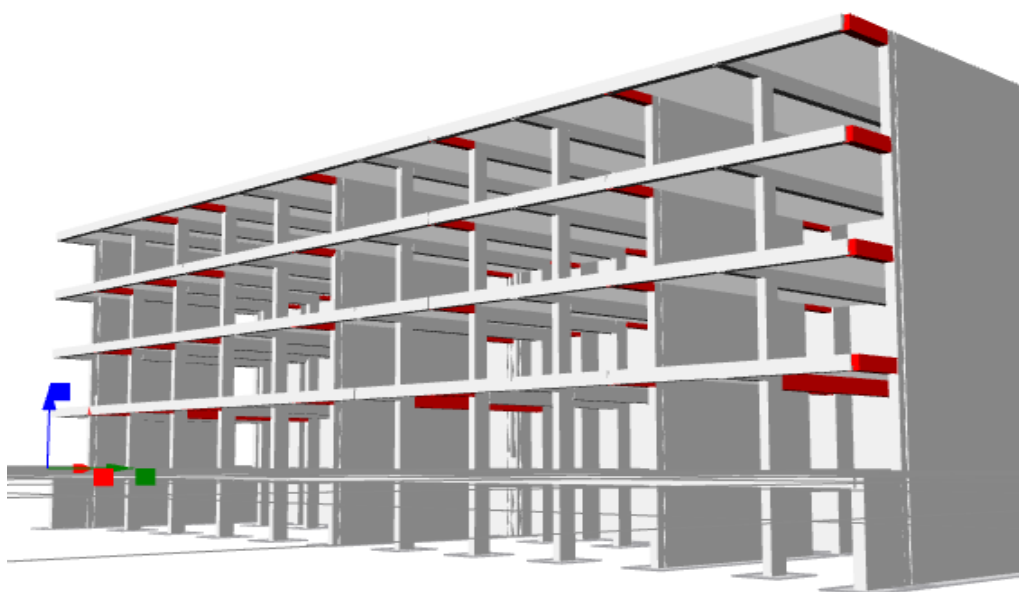
☐ Προβολή Κρίσιμων Αναλύσεων

<<

Μέλος	Όροφος	Άκρο	Τοπ. Αξ.	Απαίτηση	Ικανότητα	Λόγος	Ανάλυση
δοκός B45	1	Αρχ	(3)	106,496967	49,838479	2,136842	Ιδιομορφική
δοκός B45	3	Αρχ	(3)	99,968199	48,065684	2,079825	Ιδιομορφική
δοκός B45	2	Αρχ	(3)	99,905589	48,069706	2,078348	Ιδιομορφική
δοκός B45	4	Αρχ	(3)	100,013316	48,126184	2,078148	Ιδιομορφική
δοκός B41	4	Αρχ	(3)	94,757485	48,892186	1,938091	Ιδιομορφική
δοκός B41	1	Αρχ	(3)	94,680311	50,238350	1,884622	Ιδιομορφική
δοκός B45	-1	Αρχ	(3)	94,061951	50,262152	1,871427	Ιδιομορφική
δοκός B41	3	Αρχ	(3)	91,208571	48,774918	1,869989	Ιδιομορφική
δοκός B41	2	Αρχ	(3)	90,915805	48,774136	1,864017	Ιδιομορφική
δοκός B47	1	Αρχ	(3)	89,586678	48,380379	1,851715	Ιδιομορφική
δοκός B24	4	Αρχ	(3)	63,666155	34,951664	1,821549	Ιδιομορφική
δοκός B47	4	Αρχ	(3)	84,153670	46,958853	1,792073	Ιδιομορφική
δοκός B47	3	Αρχ	(3)	83,913072	46,859896	1,790723	Ιδιομορφική
δοκός B47	2	Αρχ	(3)	83,887960	46,866279	1,789943	Ιδιομορφική
δοκός B24	3	Αρχ	(3)	61,872838	34,917436	1,771975	Ιδιομορφική
δοκός B45	1	Τέλ	(3)	89,722181	50,766262	1,767358	Ιδιομορφική
δοκός B24	2	Αρχ	(3)	60,977523	34,857761	1,749324	Ιδιομορφική
δοκός B13	1	Αρχ	(3)	85,499116	49,428143	1,729766	Ομοιόμορφη
δοκός B24	1	Αρχ	(3)	59,631213	34,655162	1,720702	Ιδιομορφική
δοκός B44	4	Τέλ	(3)	51,283117	30,031234	1,707659	Ιδιομορφική
δοκός B47	1	Τέλ	(3)	83,584288	49,156678	1,700365	Ιδιομορφική
δοκός B41	-1	Αρχ	(3)	85,823028	50,557260	1,697541	Ιδιομορφική
δοκός B45	3	Τέλ	(3)	83,010324	49,098845	1,690678	Ιδιομορφική
δοκός B45	2	Τέλ	(3)	82,947714	49,098166	1,689426	Ιδιομορφική
δοκός B45	4	Τέλ	(3)	83,055442	49,229567	1,687105	Ιδιομορφική
δοκός B46	4	Τέλ	(3)	49,725038	29,777884	1,669865	Ιδιομορφική
δοκός B42	4	Τέλ	(3)	48,870620	29,682710	1,646434	Ιδιομορφική
δοκός B47	3	Τέλ	(3)	77,728137	47,735844	1,628297	Ιδιομορφική
δοκός B47	2	Τέλ	(3)	77,703025	47,728594	1,628018	Ιδιομορφική
δοκός B47	4	Τέλ	(3)	77,968735	47,910763	1,627374	Ιδιομορφική
δοκός B45	-1	Τέλ	(3)	81,993104	50,936196	1,609722	Ιδιομορφική
δοκός B43	4	Τέλ	(3)	47,619318	29,660094	1,605501	Ιδιομορφική
δοκός B13	2	Αρχ	(3)	75,189897	47,401830	1,586223	Ομοιόμορφη
δοκός B20	4	Αρχ	(3)	54,984019	34,665614	1,586126	Ιδιομορφική
δοκός B13	3	Αρχ	(3)	74,085924	47,402464	1,562913	Ομοιόμορφη
δοκός B20	3	Αρχ	(3)	51,093597	32,839714	1,555848	Ιδιομορφική
δοκός B38	4	Τέλ	(3)	49,931454	32,369912	1,542527	Ομοιόμορφη



Σχήμα 4.10: Απεικόνιση στο SeisMobuild θέσεων δοκών που εμφανίζουν ανεπάρκεια



Σχήμα 4.11: Απεικόνιση στο SeisMobuild θέσεων δοκών που εμφανίζουν ανεπάρκεια

Βάσει των ελέγχων επάρκειας του Seisbuild αποτυπώνονται γενικευμένες διατμητικές αστοχίες σε σχεδόν όλες τις δοκοσειρές του κτιρίου.

Όπως φαίνεται στο επίπεδο της κάτοψης του ξυλοτύπου γίνεται χρήση του FRP : SIKAWRAP 300c το οποίο αποτελεί ύφασμα Ινοπλισμένου Πολυμερούς για την παραλαβή της διάτμησης . Κατηγοριοποιώντας τις δοκούς βάσει θέσης και διαστάσεων, έχουμε :

- 1) Δοκοί 25/30 μεταξύ των αξόνων 2.2-2.3 (όπως φαίνονται **στο σχήμα 4.20** της κάτοψης). Αποτελούν τις πιο βραχείες δοκούς με μήκος $L = 1.35\text{m}$ και οι στρώσεις του ΙΟΠ τοποθετούνται σε όλο το μήκος τους.

Πίνακας 4.6: Άνω: Δυσμενέστεροι λόγοι διατμητικής επάρκειας δοκών , Κάτω: Απεικόνιση των ελέγχων της Δοκού B45

Μέλος	Όροφος	Άκρο	Τοπ. Αξ.	Απαίτηση	Ικανότητα	Λόγος	Ανάλυση
δοκός B45	1	Αρχ	(3)	106,496967	49,838479	2,136842	Ιδιομορφική -
δοκός B45	4	Αρχ	(3)	100,013316	48,126184	2,078148	Ιδιομορφική -
δοκός B45	3	Αρχ	(3)	99,968199	48,065684	2,079825	Ιδιομορφική -
δοκός B45	2	Αρχ	(3)	99,905589	48,069706	2,078348	Ιδιομορφική -

Έλεγχος για το μέλος δοκός B45 του ορόφου 1						
Στροφές Χορδής						
Διατμητική Ικανότητα						
Στάθ Επιτ						
☐ Περιορισμένες Βλάβες (Α) ☒ Σημαντικές Βλάβες (Β)						
Ανάλυση	Άκρο	Τοπ. Αξ.	Τιμή	Ικανότητα	Λόγος Επιτ.	
Περιβάλλουσα	Αρχ	(3)	106,496967	49,838479	2,136842	
Ιδιομορφική - 0.3X - Y	Αρχ	(3)	106,496967	49,838479	2,136842	
Ιδιομορφική + 0.3X -	Αρχ	(3)	105,326019	50,088446	2,102801	
Ιδιομορφική - 0.3X +	Αρχ	(3)	104,392331	50,222531	2,078596	
Ιδιομορφική - 0.3X -	Αρχ	(3)	104,095593	50,256146	2,071301	
Ιδιομορφική + 0.3X -	Αρχ	(3)	100,230653	50,513750	1,984225	
Ιδιομορφική - 0.3X - Y	Αρχ	(3)	100,229820	50,514975	1,984161	
Ιδιομορφική + 0.3X +	Αρχ	(3)	99,736328	50,515032	1,974389	
Ομοιόμορφη - 0.3X - Y	Αρχ	(3)	96,859555	50,518615	1,917304	
Ομοιόμορφη - 0.3X -	Αρχ	(3)	96,054877	50,518817	1,901368	
Ιδιομορφική + 0.3X -	Αρχ	(3)	92,152609	50,514226	1,824290	
Ομοιόμορφη - 0.3X +	Αρχ	(3)	90,307737	50,515352	1,787729	
Περιβάλλουσα	Τέλ	(3)	89,722181	50,766262	1,767358	
Ιδιομορφική - 0.3X - Y	Τέλ	(3)	89,722181	50,766262	1,767358	

Από την εν λόγω ομάδα δοκών η μεγαλύτερη απαίτηση σε διάτμηση που καλούμαστε να καλύψουμε είναι περί τα 107 kN.

Χρησιμοποιώντας το εργαλείο FRP Designer του Seismobuild :

Αρχικά Υπολογίζεται η διατμητική αντοχή των υφιστάμενων στοιχείων :

Διατομή χωρίς ΙΟΠ	
<i>Υπολογισμός V_y</i>	
$h = 300,00 \text{ mm}$	
$b = 250,00 \text{ mm}$	
$d = 264,00 \text{ mm}$	
Συνολικός Εγκάρσιος Οπλισμός: $A_{sw} = 56,55 \text{ mm}^2$	
Απόσταση Συνδετήρων $s = 150,00 \text{ mm}$	
$A_{sw}/s = 0,38 \text{ mm}$	
$f_{sw} = 191,30 \text{ MPa}$	
$f_c = 8,00 \text{ MPa}$	
$\gamma_{el} = 1,15$	[EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]
Περιλαμβάνεται η Συνεισφορά της Αξονικής Δύναμης και του Σκυροδέματος: Ναι	
$h = 300,00 \text{ mm}$	[EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]
$x = 37,50 \text{ mm}$	[EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]
$L_v = 900,00 \text{ mm}$	[EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]
Αξονικό Φορτίο: $N = 200,00 \text{ kN}$	[EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]
$A_c = 66000,00 \text{ mm}^2$	[EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]
$\mu \Delta_{pl} = 0,00$	[EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]
$\rho_{tot} = 0,628\%$	[EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]
$f_c = 8,00 \text{ MPa}$	[EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]
$V_w = 16,44 \text{ kN}$	[EN 1998-3, εξίσωση (A.13)]
Διατμητική Αντοχή Διατομής:: $V_{u,y} = 48,15 \text{ kN}$	

Σχήμα 4.12: Υπολογισμός Διατμητικής Αντοχής Δοκού 25/30

Κατόπιν Δοκιμών καταλήγουμε στην χρήση του SIKAWRAP 300 C , σε τρίπλευρη εφαρμογή (διάταξης U), μίας στρώσης σε όλο το μήκος $L=1.35\text{m}$ των δοκών 25/30. Η ενίσχυση αυτή καλύπτει επαρκώς την δυσμενέστερη απαίτηση των 107 kN και θα χρησιμοποιηθεί γενικευμένα.



Σχήμα 4.13: Εφαρμογή του ΙΟΠ σε όλο το μήκος

☒ Εφαρμογή Υφασμάτων ΙΟΠ

SikaWrapB®-300 C τρίπλευρος, Περιτύλιξη-Υ

☒ Συνεχής

Απόσταση Sf mm

Πλάτος wf mm

Αριθμός Στρώσεων Ακτίνα Καμπυλότητας Γωνιών R mm

☒ Χρήση Μηχανικών Αγκυρώσεων σε Ανοικτά Άκρα

Σχήμα 4.14: Παράμετροι Λογισμικού

Διατμητική Αντοχή Διατομής:: $V_{u,y} = 48,15 \text{ kN}$

Διατομή με ΙΟΠ

Υπολογισμός V_y

$h = 300,00 \text{ mm}$

$B = 250,00 \text{ mm}$

$d = 264,00 \text{ mm}$

Συνολικός Εγκάρσιος Οπλισμός: $A_{sw} = 56,55 \text{ mm}^2$

Απόσταση Συνδετήρων $s = 150,00 \text{ mm}$

$A_{sw}/s = 0,38 \text{ mm}$

$f_{sw} = 191,30 \text{ MPa}$

$f_c = 8,00 \text{ MPa}$

$\gamma_{el} = 1,15$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]

Περιλαμβάνεται η Συνεισφορά της Αξονικής Δύναμης και του Σκυροδέματος: Ναι

$h = 300,00 \text{ mm}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]

$x = 37,50 \text{ mm}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]

$L_v = 900,00 \text{ mm}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]

Αξονικό Φορτίο: $N = 200,00 \text{ kN}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]

$A_c = 66000,00 \text{ mm}^2$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]

$A_{sl,tot} = 471,24 \text{ mm}^2$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]

$\mu_{\Delta,pl} = 0,00$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]

$\rho_{tot} = 0,628\%$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]

$f_c = 8,00 \text{ MPa}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]

$V_w = 16,44 \text{ kN}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.13)]

$V_w = 16,44 \text{ kN}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.13)]

Υφασμα ΙΟΠ: SikaWrapB®-300 C

Πλάτος: $w = 237,60 \text{ mm}$

Πάχος: $w = 0,17 \text{ mm}$

Επιφάνεια: $w = 39,68 \text{ mm}^2$

Απόσταση: $sf = 237,60 \text{ mm}$

Αρ. Στρώσεων: 1

Γωνιακή Ακτίνα: $R = 40,00 \text{ mm}$

Μέτρο ελαστικότητας: $E_f = 230000,00 \text{ MPa}$

Τελική Παραμόρφωση Θραύσης: $\epsilon_{fu}^* = 4000,0000$

Συντελεστής Περιβάλλοντος: $CE = 1,00$

$f_{fu} = 4000,00 \text{ MPa}$

$V_{Rd,f} = 69,18 \text{ kN}$ [fib 90, εξίσωση 6.65]

$f_{dd,eU} = 871,74 \text{ MPa}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.29)]

$z = 237,60 \text{ mm}$ [fib 90, εξίσωση (A.29)]

$f_{dd} = 625,85 \text{ MPa}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.25)]

$f_{ctm} = 1,60 \text{ MPa}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.25)]

$\gamma_{fd} = 1,50$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.25)]

$k = 0,36$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.25)]

$k_b = 0,67$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.25)]

$f_{fuwR} = 1824,00 \text{ MPa}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.26)]

$L_e = 117,73 \text{ mm}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.28)]

$\tau_{max} = 1,92 \text{ MPa}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.28)]

Διατμητική Αντοχή Διατομής:: $V_{u,y} = 108,30 \text{ kN}$

Σχήμα 4.15: Υπολογισμός νέας διατμητικής αντοχής μετά την εφαρμογή του ΙΟΠ

2) Δοκοί 25/60 μεταξύ των αξόνων 2.3-2.4 : Έχουν μήκος 5.8m και το ΙΟΠ τοποθετείται σε ένα κρίσιμο μήκος $L=1.20m$ από την παρειά του κόμβου.

Στο προσομοίωμα οι δοκοί στις οποίες αναφερόμαστε έχουν την εξής ονοματολογία : B2,3,4,5,7,8,9,11. Από αυτές βλέπουμε ότι ο μεγαλύτερος λόγος ανεπάρκειας και η μεγαλύτερη απαίτηση υφίσταται για την B11 του πρώτου ορόφου.

Πίνακας 4.7: Δοκοί 25/60, , 5η στήλη απαίτηση , 6η διατμητική ικανότητα , 7η Λόγος Ανεπάρκειας

δοκός B11	1	Αρχ	(3)	81,562141	65,031979	1,254185	Ιδιομορφική -
δοκός B7	1	Τέλ	(3)	77,945620	62,313229	1,250868	Ιδιομορφική -
δοκός B21	1	Αρχ	(3)	42,194999	33,838787	1,246942	Ιδιομορφική -
δοκός B23	3	Αρχ	(3)	43,349804	34,781742	1,246338	Ιδιομορφική -
δοκός B3	1	Τέλ	(3)	77,776793	62,422449	1,245975	Ομοιόμορφη -
δοκός B38	-1	Τέλ	(3)	52,366480	42,081842	1,244396	Ομοιόμορφη -
δοκός B19	1	Αρχ	(3)	41,078897	33,032110	1,243605	Ιδιομορφική -

Ενεργώντας κατ' αντιστοιχία με την προηγούμενη περίπτωση υπολογίζουμε μια τυπική διατμητική αντοχή των δοκών 25/60 .

Διατομή χωρίς ΙΟΠ

Υπολογισμός V_y

$h = 600,00 \text{ mm}$

$b = 250,00 \text{ mm}$

$d = 560,00 \text{ mm}$

Συνολικός Εγκάρσιος Οπλισμός: $A_{sw} = 56,55 \text{ mm}^2$

Απόσταση Συνδετήρων $s = 200,00 \text{ mm}$

$A_{sw}/s = 0,28 \text{ mm}$

$f_{sw} = 191,30 \text{ MPa}$

$f_c = 8,00 \text{ MPa}$

$\gamma_{el} = 1,15$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]

Περιλαμβάνεται η Συνεισφορά της Αξονικής Δύναμης και του Σκυροδέματος: Ναι

$h = 600,00 \text{ mm}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]

$x = 37,50 \text{ mm}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]

$L_v = 1500,00 \text{ mm}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]

Αξονικό Φορτίο: $N = 50,00 \text{ kN}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]

$A_c = 140000,00 \text{ mm}^2$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]

$\mu_{\Delta,pl} = 0,00$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]

$\rho_{tot} = 1,018\%$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]

$f_c = 8,00 \text{ MPa}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]

$V_w = 28,13 \text{ kN}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.13)]

Διατμητική Αντοχή Διατομής:: $V_{u,y} = 66,26 \text{ kN}$

Σχήμα 4.16: Υπολογισμός διατμητικής αντοχής τυπικής δοκού 25/60

Κάνοντας χρήση του ΙΟΠ SIKAWRAP 300 C μίας στρώσης, σε τρίπλευρη διάταξη για μήκος $L = 1.20\text{m}$ από την παρειά κάθε δοκού επιτυγχάνεται διατμητική αντοχή περί τα 104 kN η οποία ξεπερνά άνετα την απαίτηση των 82 kN .

Διατομή με ΙΟΠ

Υπολογισμός V_y

$h = 600,00\text{ mm}$

$B = 250,00\text{ mm}$

$d = 560,00\text{ mm}$

Συνολικός Εγκάρσιος Όπλισμός: $A_{sw} = 56,55\text{ mm}^2$

Απόσταση Συνδετήρων $= 200,00\text{ mm}$

$A_{sw}/s = 0,28\text{ mm}$

$f_{sw} = 191,30\text{ MPa}$

$f_c = 8,00\text{ MPa}$

$\gamma_{el} = 1,15$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]

Περιλαμβάνεται η Συνεισφορά της Αξονικής Δύναμης και του Σκυροδέματος: **Ναι**

$h = 600,00\text{ mm}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]

$x = 37,50\text{ mm}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]

$L_v = 1500,00\text{ mm}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]

Αξονικό Φορτίο: $N = 50,00\text{ kN}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]

$A_c = 140000,00\text{ mm}^2$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]

$A_{sl,tot} = 1526,81\text{ mm}^2$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]

$\mu\Delta_{pl} = 0,00$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]

$\rho_{tot} = 1,018\%$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]

$f_c = 8,00\text{ MPa}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.12)]

$V_w = 28,13\text{ kN}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.13)]

$V_w = 28,13\text{ kN}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.13)]

Υφασμα ΙΟΠ: *SikaWrapB®-300 C*

Πλάτος: $w = 1200,00\text{ mm}$

Πάχος: $w = 0,17\text{ mm}$

Επιφάνεια: $w = 200,40\text{ mm}^2$

Απόσταση: $sf = 4500,00\text{ mm}$

Αρ. Στρώσεων: 1

Γωνιακή Ακτίνα: $R = 40,00\text{ mm}$

Μέτρο ελαστικότητας: $E_f = 230000,00\text{ MPa}$

Τελική Παραμόρφωση Θραύσης: $\epsilon_{fu}^* = 4000,0000$

Συντελεστής Περιβάλλοντος: $CE = 1,00$

$f_{fu} = 4000,00\text{ MPa}$

$VRd,f = 43,77\text{ kN}$ [fib 90, εξίσωση 6.65]

$ff_{dd,eU} = 975,04\text{ MPa}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.29)]

$z = 504,00\text{ mm}$ [fib 90, εξίσωση (A.29)]

$ff_{dd} = 512,63\text{ MPa}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.25)]

$f_{ctm} = 1,60\text{ MPa}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.25)]

$\gamma_{fd} = 1,50$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.25)]

$k = 0,36$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.25)]

$k_b = 0,45$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.25)]

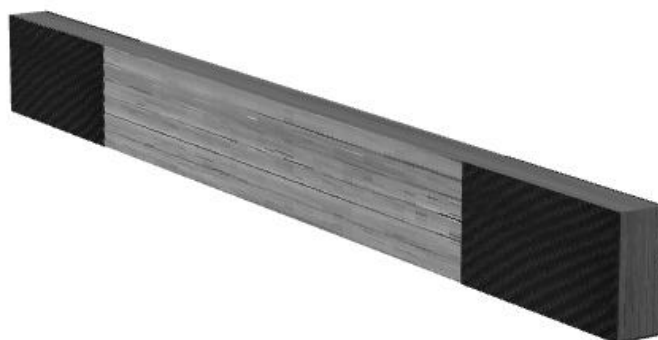
$ff_{uwR} = 1824,00\text{ MPa}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.26)]

$Le = 130,09\text{ mm}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.28)]

$\tau_{max} = 1,29\text{ MPa}$ [EN 1998-3, εξίσωση (A.28)]

Διατμητική Αντοχή Διατομής:: $V_{u,y} = 104,32\text{ kN}$

Σχήμα 4.17: Υπολογισμός διατμητικής αντοχής τυπικής δοκού 25/60 κατόπιν ενίσχυσης με ΙΟΠ.



Σχήμα 4.18: Εφαρμογή του ΙΟΠ σε 1,20m από την παρειά

☒ Εφαρμογή Υφασμάτων ΙΟΠ

SikaWrapB® -300 C

τρίπλευρος, Περιτύλιξη-Υ

☐ Συνεχής

Απόσταση Sf 4800,0 mm

Πλάτος wf 1200,0 mm

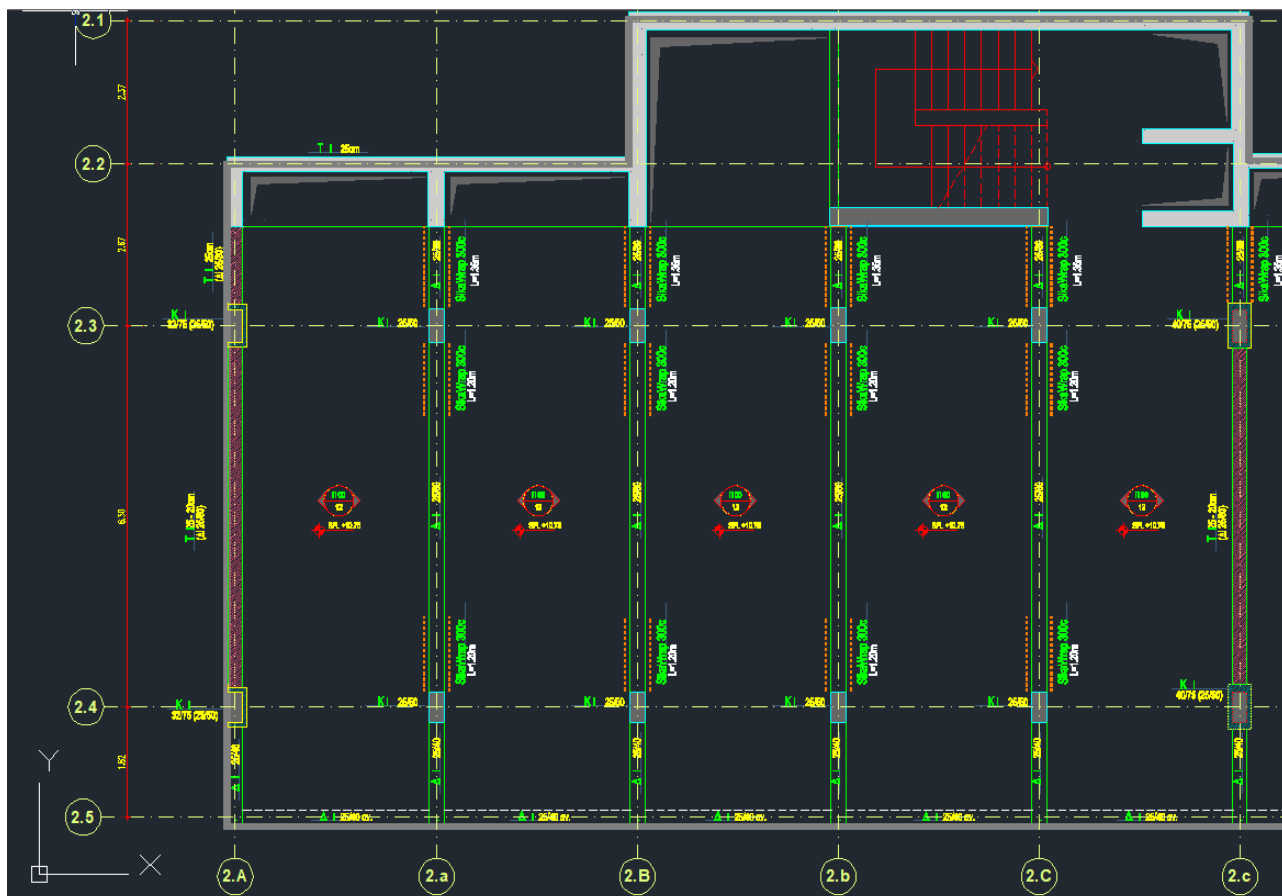
Αριθμός Στρώσεων 1

Ακτίνα Καμπυλότητας Γωνιών R 40,0 mm

☒ Χρήση Μηχανικών Αγκυρώσεων σε Ανοικτά Άκρα

Σχήμα 4.19: Παράμετροι του ΙΟΠ στο λογισμικό Seisrobuid

- 3) Δοκοί 25/40 μεταξύ των αξόνων 2.4-2.5 : Αποτελούν στατικό σύστημα προβόλου και σε μεταγενέστερη φάση το ελεύθερο άκρο τους θα υποστυλωθεί για την παραλαβή των κατακόρυφων φορτίων. Επομένως δεν ενισχύονται διατμητικά πάρα μόνο σε περίπτωση ανεπάρκειας που προκύψει κατά τον τελικό έλεγχο.



Σχήμα 4.20: Αποτύπωση των ενισχύσεων σε κάτοψη

4.3.1.2 Ενίσχυση τοιχωμάτων με χρήση FRP τύπου Carbodur S512.

Πίνακας 4.8: Λόγοι επάρκειας τοιχωμάτων, έναντι διατμητικής καταπόνησης σε φθίνουσα διάταξη

Στροφές Χορδής Μελών

Διατμητικές Δυνάμεις Μελών

Στάθ Επιτ

☐ Περιορισμένες Βλάβες (Α)

☒ Σημαντικές Βλάβες (Β)

Προβολή Κριτηρίων

Περιβάλλουσα

Κρίσιμη Ανάλυση

Όλοι οι όροφοι

Υποστυλώματα & Τοιχία

Μέλος	Όροφος	Άκρο	Τοπ. Άξ.	Απαίτηση	Ικανότητα	Λόγος
τοιχίο W53	2	Αρχ	(3)	150,872259	88,874844	1,697581
τοιχίο W48	1	Τέλ	(3)	109,193651	66,972030	1,630437
τοιχίο W52	-1	Αρχ	(3)	427,297672	280,192243	1,525016
τοιχίο W52	1	Αρχ	(3)	480,646169	334,264640	1,437921
τοιχίο W56	-1	Αρχ	(3)	1079,948083	803,344588	1,344315
τοιχίο W45	-1	Αρχ	(3)	849,246139	633,774631	1,339981
τοιχίο W52	1	Τέλ	(3)	480,646169	359,072971	1,338575
τοιχίο W46	-1	Αρχ	(3)	889,050495	670,031366	1,326879
τοιχίο W56	-1	Τέλ	(3)	1079,948083	827,720522	1,304726
τοιχίο W46	-1	Τέλ	(3)	897,338120	707,959049	1,267500

Στον Πίνακα 4.8 φαίνεται στιγμιότυπο όπου έχουν διαταχθεί οι μεγαλύτερες ανεπάρκειες των τοιχωμάτων σε φθίνουσα σειρά. Από την εν λόγω λίστα η μεγαλύτερη καταπόνηση προκύπτει για $V_{Ed}=1079,94 \text{ kN} \approx 1100 \text{ kN}$. Η διατμητική ικανότητα που αντιστοιχεί είναι η $V_{rd}=827,72 \text{ kN}$.

Ωστόσο, προκύπτει η εξής διαπίστωση:

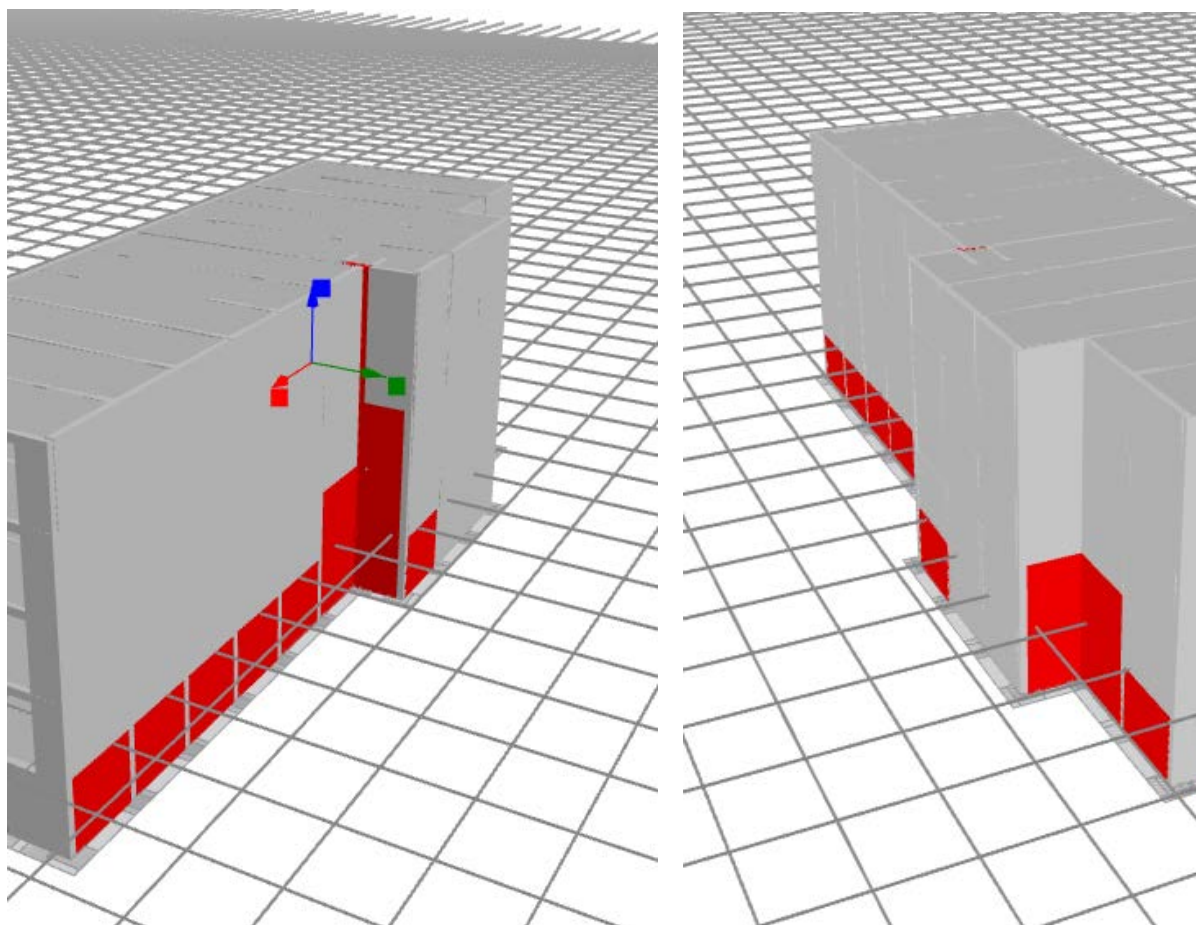
Κάνοντας χρήση της εξίσωσης : $V_{rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot Z \cdot f_{yw} \cdot \cot \theta + \frac{Z}{l_{cl}} \cdot N_d$ (4.1) η οποία αφορά

την διατμητική αντοχή του τοιχώματος υπό τον εγκάρσιο οπλισμό με :

$21.8^\circ \leq \theta \leq 45^\circ \rightarrow 2.5 \geq \cot \theta \geq 1$, l_{cl} : καθαρό ύψος τοιχώματος, N_d : αξονική δύναμη (θετική για θλίψη) και οπλισμό διάτμησης #8/35

- Για την δυσμενέστερη γωνία $\theta=45^\circ$ προκύπτει : $V_{rd,s} = 153,86$ που είναι και ο πρώτος όρος της εξίσωσης (4.1)

Επομένως, οι μεγαλύτερες τιμές ικανότητας που προκύπτουν οφείλονται σε συνυπολογισμό της ευνοϊκής παρουσίας θλιπτικής αξονικής δύναμης. Αυτές οι τιμές δεν θα αξιολογηθούν μιας και η συνεχής μεταβολή των δυνάμεων, ιδιαίτερα σε μη γραμμική ανάλυση είναι μια δύσκολα προσδιορίσιμη διαδικασία. Έτσι, η διαστασιολόγηση, θα πραγματοποιηθεί, υπέρ της ασφάλειας, με τη δυσμενέστερη αντοχή των 153,86kN.



Σχήματα 4.21-22: Θέσεις εμφάνισης διατμητικών αστοχιών

Είναι εμφανές πως όλες οι διατομές των τοιχωμάτων είναι υπό-οπλισμένες σε σχέση με τα τωρινά κατασκευαστικά πρότυπα. Έτσι, όπως αναμένεται, οι λόγοι ανεπάρκειας οφείλονται σε έλλειψη συνδετήρων (V_{rds}) και όχι σε ανεπάρκεια των διατομών (V_{rdmax}).

Επέμβαση με στόχο την αύξηση της φέρουσας ικανότητας έναντι τέμνουσας λόγω ανεπάρκειας του οπλισμού διάτμησης.

Θα γίνει με εφαρμογή, μέσα και έξω, ελασμάτων από ινοπλισμένα πολυμερή τα οποία θα επικολληθούν επί του τοιχίου αναλαμβάνοντας ρόλο οπλισμού διάτμησης, ανάλογου με αυτόν του συμβατικού οπλισμού. Επιλέγεται το **Carbodur S512** της εταιρείας SIKA με τα εξής χαρακτηριστικά:

Πρόκειται για ελάσματα ινών άνθρακα σε εποξική μήτρα πλάτους: $b_j = 50\text{mm}$, πάχους: $t_j = 1,2\text{mm}$, μέτρου ελαστικότητας $E_{j0.05} = 165.000\text{ N/mm}^2$ και επιμήκυνση θραύσης φύλλων $\varepsilon_{ju} = 1,80\%$.

Πριν κάνουμε τους απαραίτητους υπολογισμούς απαιτείται να υπολογίσουμε την τιμή σχεδιασμού της ενεργού τάσης σ_{jd} του σύνθετου υλικού. Η τάση αυτή έναντι αστοχίας δίνεται από την σχέση: $\sigma_{jd} = \frac{f_{jk}}{\gamma_m}$ όπου $\gamma_m = 1,20$ (4.2)

f_{jk} : η χαρακτηριστική τάση αντοχής που δίνεται από την σχέση :

$$f_{jk} = E_j \cdot \varepsilon_{j,crit} \quad (4.3) ,$$

- Το μέτρο ελαστικότητας του υλικού ενίσχυσης είναι :

$$E_j = E_{j0.05} = 165.000\text{ N/mm}^2 = 16.500\text{ kN/cm}^2$$

- Η παραμόρφωση του υλικού ενίσχυσης $\varepsilon_{j,crit}$ είναι κατά πολύ μικρότερη της συμβατικής παραμόρφωσης αστοχίας ε_{ju} και δίνεται από την σχέση :

$$\varepsilon_{j,crit} = K_v \cdot \varepsilon_{j,max} , \text{ με } K_v = 0,50 \quad (4.4)$$

και

$$\varepsilon_{j,max} = \varepsilon_{ju} \cdot \psi \leq 1,5\% \quad (4.5) ,$$

με ψ : μειωτικός συντελεστής για πολλές στρώσεις

Στην δεδομένη περίπτωση, για μία στρώση $\rightarrow \psi = 1 \rightarrow \varepsilon_{j,max} = \varepsilon_{j,u} = 1,80\%$

Άρα $\varepsilon_{j,max} = 1,5\% \rightarrow \varepsilon_{j,crit} = 0,50 \cdot 1,5\% = 0,75\%$

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

$$\text{Τελικά : } f_{jk} = E_j \cdot \epsilon_{j, \text{crit}} = 16.500 \cdot 0,75\% = 123,75 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{jd} = \frac{123,75}{1,20} \Rightarrow \sigma_{jd} = 103,125 \text{ kN/cm}^2$$

Η τέμνουσα που αναλαμβάνει ο νέος οπλισμός διάτμησης V_{jd} δίνεται από την σχέση:

$$V_{jd} = \sigma_{jd} \cdot \rho_j \cdot b_w \cdot h_{j, \text{eff}} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin^2 \alpha \quad (4.6)$$

$$\rho_j = \frac{2 A_{\gamma}}{s_j \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \frac{2 \cdot t_j \cdot w_j}{s_j \cdot b_w \cdot \sin \alpha} \quad (4.7)$$

$$\rightarrow V_{jd} = \sigma_{jd} \cdot \frac{2 \cdot t_j \cdot w_j}{s_j \cdot b_w \cdot \sin \alpha} \cdot b_w \cdot h_{j, \text{eff}} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin^2 \alpha \rightarrow$$

$$\rightarrow V_{jd} = \sigma_{jd} \cdot \frac{2 \cdot t_j \cdot w_j}{s_j \cdot \sin \alpha} \cdot h_{j, \text{eff}} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin^2 \alpha \quad (4.8)$$

Θεωρώντας $\theta=45^\circ$: γωνία μεταξύ ρωγμής και άξονα στοιχείου

και $\alpha=90^\circ$: γωνία του κατακόρυφου οπλισμού διάτμησης ως προς τον διαμήκη άξονα του στοιχείου ,

$$\text{η σχέση (4.8) γίνεται : } V_{jd} = \sigma_{jd} \cdot \frac{2 \cdot t_j \cdot w_j}{s_j} \cdot h_{j, \text{eff}} \quad (4.9)$$

- Υπολογισμός απόστασης μεταξύ των οριζόντιων λωρίδων s_j :

$$\text{Πρέπει } V_{Ed} \leq V_{rd, s} + V_{jd} \quad (4.10) , \text{όπου}$$

V_{Ed} : διατμητική δύναμη σχεδιασμού

$V_{rd, s}$: διατμητική δύναμη που παραλαμβάνεται από τους υπάρχοντες συνδετήρες

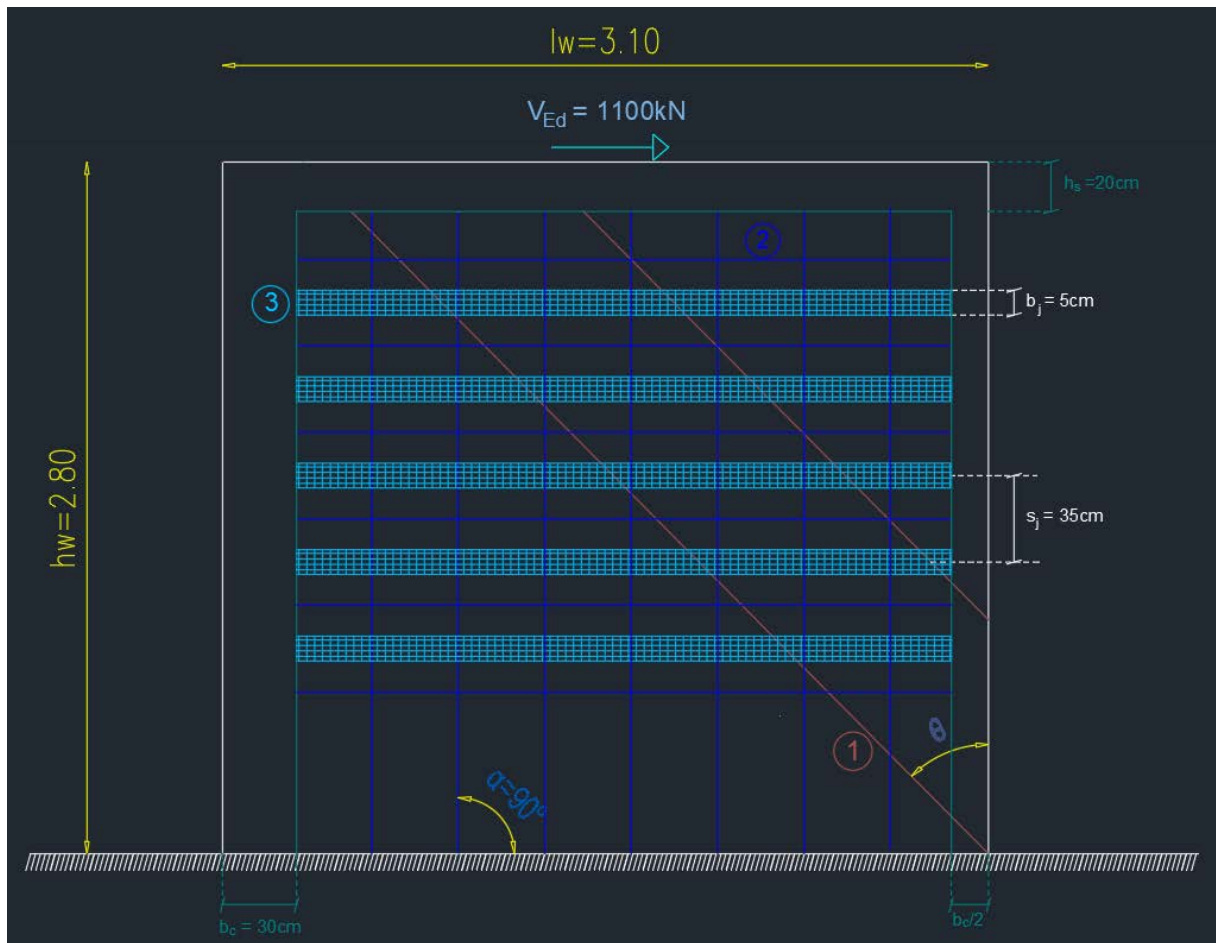
V_{jd} : Υπολειπόμενη δύναμη που θα αναληφθεί από τα ελάσματα ΙΟΠ

$$\text{Και η σχέση (4.10): } 1100 \leq \frac{A_{sh} \cdot h_w}{s_w} \cdot f_{yh} + \sigma_{jd} \cdot \frac{2 \cdot t_j \cdot w_j}{s_j} \cdot h_{j, \text{eff}} \Rightarrow$$

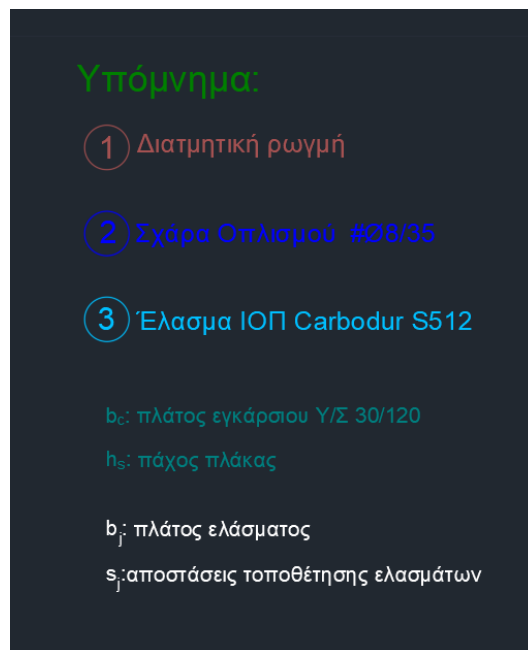
$$\Rightarrow 1100 \leq \frac{2 \cdot \pi \cdot \frac{0,8^2}{4} \cdot 280}{35} \cdot \frac{220}{1,15} \cdot 10^{-1} + 103,125 \cdot \frac{2 \cdot 0,12 \cdot 5}{s_j} \cdot 280 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1100 \leq 153,86 + \frac{34650}{s_j} \Rightarrow s_j \leq 36,62 \text{ cm} \rightarrow \text{επομένως εφαρμόζονται λωρίδες}$$

πλάτους $b_j=5\text{cm}$ και πάχους $t_j=1,2\text{mm}$ ανά $s_j=35\text{cm}$ στην οριζόντια διεύθυνση.



Σχήμα 4.23: Σχεδιασμός Ενίσχυσης ακριανής Διατομής Τοιχώματος, εσωτερικά



Σχήμα 4.24: Υπόμνημα Σχεδίου

4.3.2 Ενισχύσεις Καμπτικής Αντοχής

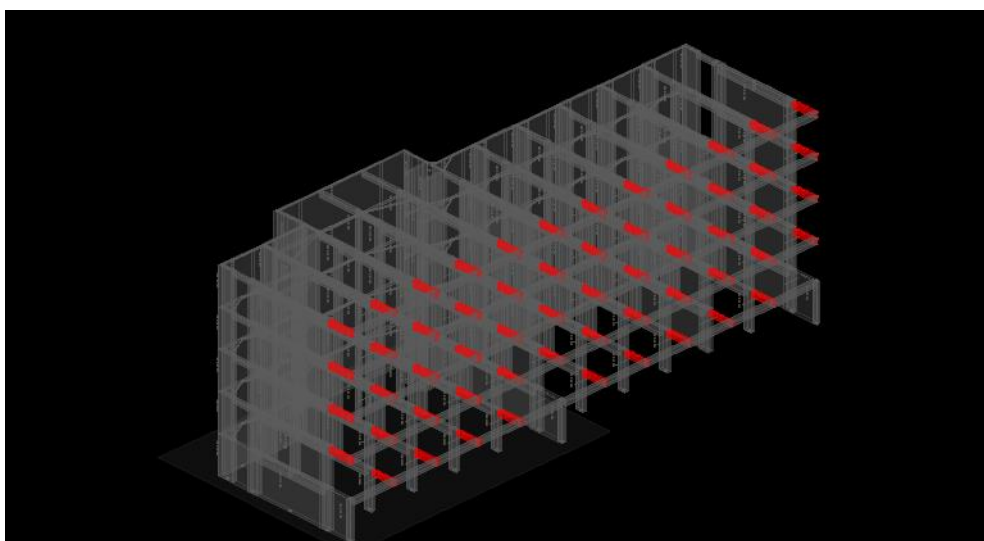
4.3.2.1 Ενίσχυση Δοκών-Προβόλων 25/40

Όπως έχει παρουσιασθεί, δεν έχουν προκύψει καμπτικές αστοχίες από την pushover ανάλυση. Ωστόσο κάνοντας για τον ισοδύναμο φορέα μια ανάλυση για **κατακόρυφα Στατικά Φορτία** στο λογισμικό ΡΑΦ προκύπτει μια πληθώρα καμπτικών αστοχιών.

Τα φορτία που έχουν ασκηθεί είναι :

- Επιφανειακά στις πλάκες $G = 1.5 \text{ kN/m}^2$, $Q = 2 \text{ kN/m}^2$
- Γραμμικά στις δοκούς λόγω δρομικής τοιχοποιίας : $g=5,88 \text{ kN/m}$
Οι μπατικές τοιχοποιίες έχουν αντικατασταθεί από τα περιμετρικά εμφανιζόμενα τοιχώματα.

Τονίζεται πως η διαφορά της ανάλυσης μόνο για κατακόρυφα φορτία γίνεται για τον συνδυασμό αστοχίας : **1,35G + 1,5Q** σε αντίθεση με τον συνδυασμό που έχει χρησιμοποιηθεί για τις προγενέστερες αναλύσεις, που εμπεριέχει τις τυχηματικές δράσεις (σεισμικές): $G + \psi_1 \cdot Q \pm \psi_2 \cdot E_{x,y}$



Σχήμα 4.25 : Καμπτικές Αστοχίες Δοκών 25/40

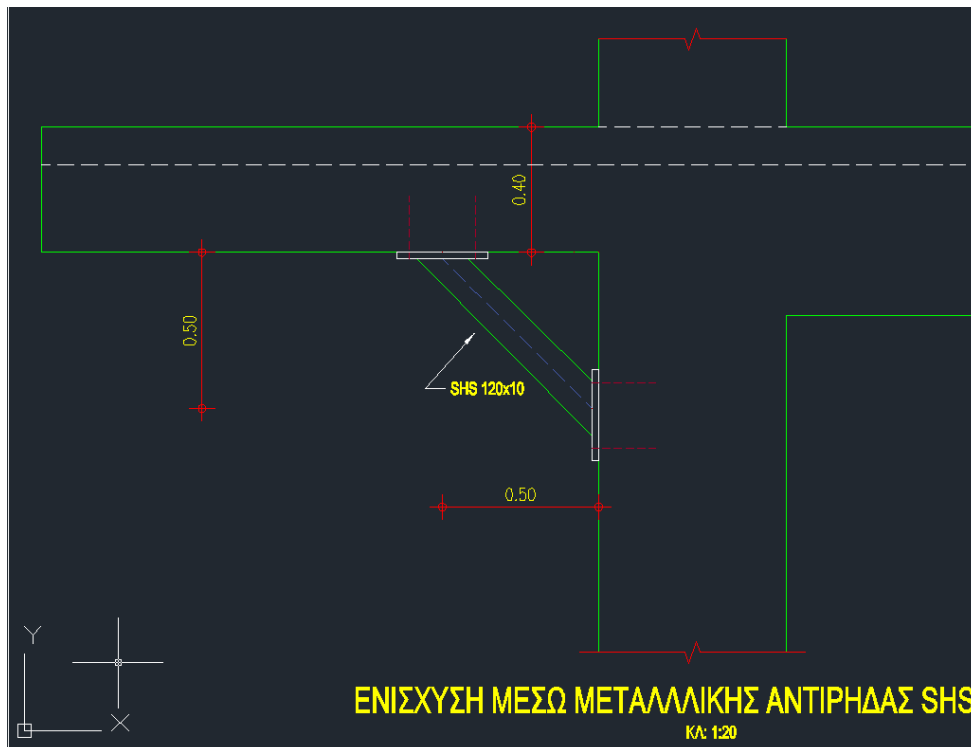
Πιν 4.9 : Ποσοστά αστοχιών και λόγοι ανεπάρκειας Δοκών 25/40

Δοκοί 25/40 - Πρόβολοι	Κάμψη	Διάτμηση
ποσοστό που αστοχεί	100,0%	86,0%
max	2,45	1,54
average	2,11	1,33

Βλέποντας λοιπόν πως όλες αυτές οι δοκοί αστοχούν καμπτικά, ενώ η πλειοψηφία τους αστοχεί και διατμητικά (όπως αναφέρθηκε και στην Pushover) επιλέγεται η υποστήλωση μέσω διαγώνιας μεταλλικής αντηρίδας.

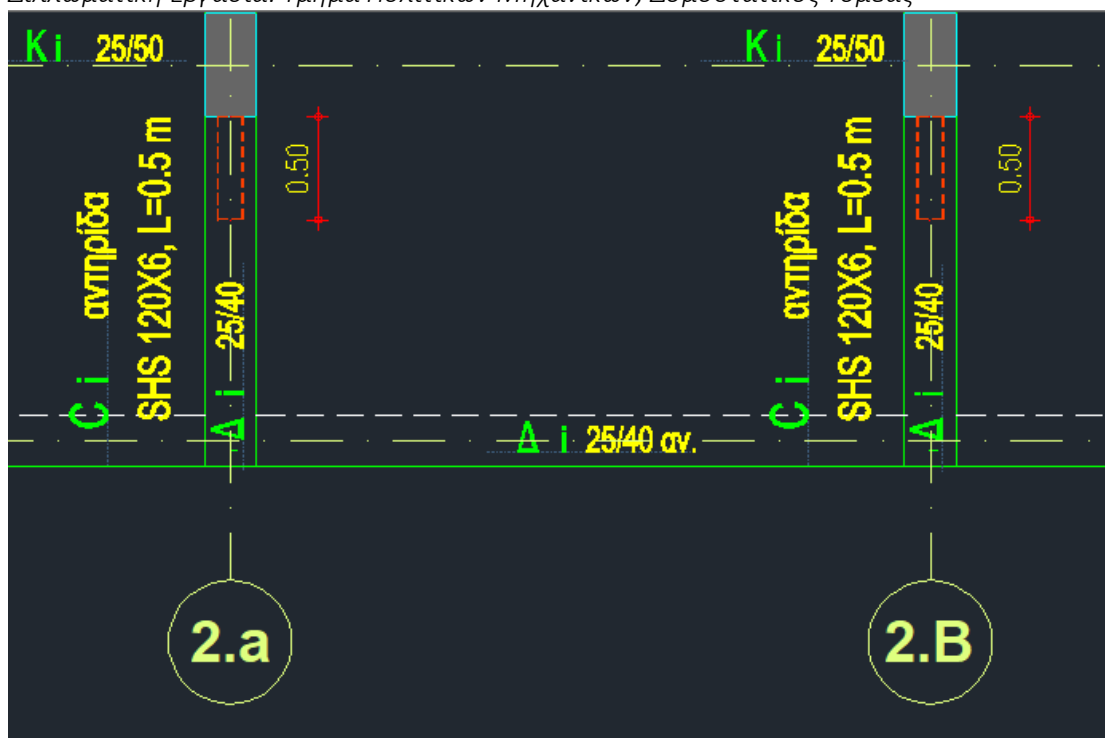
Από δομοστατικής και κατασκευαστικής άποψης είναι η πλέον βέλτιστη λύση καθώς το στατικό σύστημα αλλάζει αποκτώντας βαθμό υπερστατικότητας, κάνοντας μια σύνδεση της μεταλλικής διατομής σε 2 σημεία, μέσω ελασμάτων, κοχλιούμενων στις 4 γωνίες.

Από αρχιτεκτονικής σκοπιάς είναι επίσης αποδεκτό, μιας και τα μπαλκόνια έχουν χωρίσματα από γυψοσανίδα που θα καλύπτουν την παρουσία της αντηρίδας.



Σχήμα 4.26: Τομή ενίσχυσης με αντηρίδα σε Κλίμακα 1:20

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

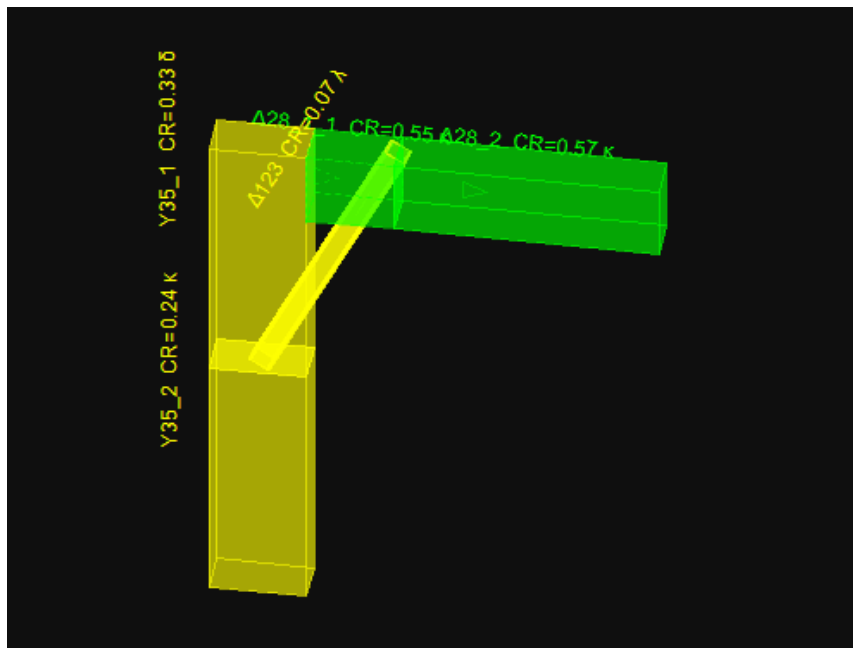


Σχήμα 4.27: Κάτοψη της ενίσχυσης



Σχήμα 4.28: Φωτογραφία των χωρισμάτων

Εξετάζοντας ενδεικτικά στο ΡΑΦ για μια εκ των δυσμενέστερων διατομών, με λόγο ανεπάρκειας :2.40 πριν την ενίσχυση, βλέπουμε την ανακουφιστική επιρροή που είχε η εν λόγω παρέμβαση. Η θέση τοποθέτησης είναι στο 1/4 από την στήριξη, όπου συγκεντρώνονται και οι αρνητικές ροπές.



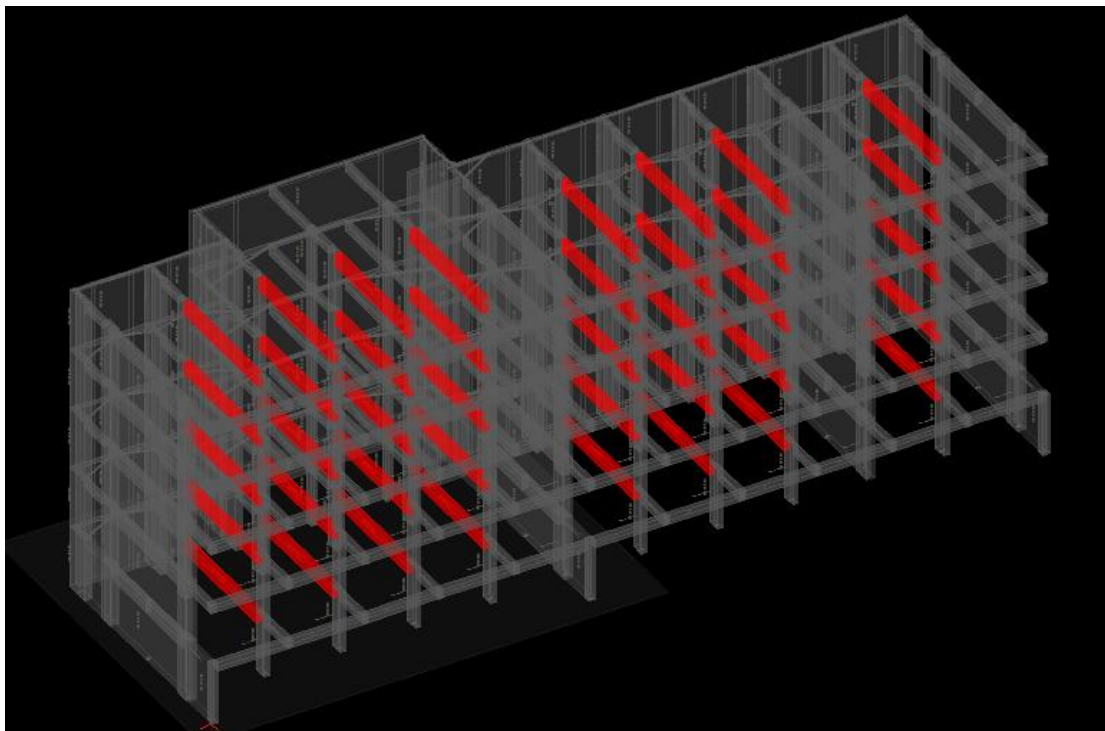
Σχήμα 4.29: Μοντελοποίηση στο ΡΑΦ

Αποτελέσματα Ελέγχου Επάρκειας Αντοχής Δοκών						
α/α	Όνομα	Κάμψη	Διάτμηση	Στρέψη		
1	Δ28_1_1-Σ4	✓ 0.55	✓ 0.27	✓ 0.00		
2	Δ28_2-Σ4	✓ 0.57	✓ 0.35	✓ 0.00		

Σχήμα 4.30: Λόγοι επάρκειας κατόπιν ενίσχυσης

4.3.2.2 Ενίσχυση δοκών 25/60 σε κάμψη

Εξετάζοντας τις υφιστάμενες δοκούς 25/60 βλέπουμε ότι και σε κατακόρυφα φορτία αστοχούν διατμητικά καθώς και η πλειοψηφία τους καμπτικά.



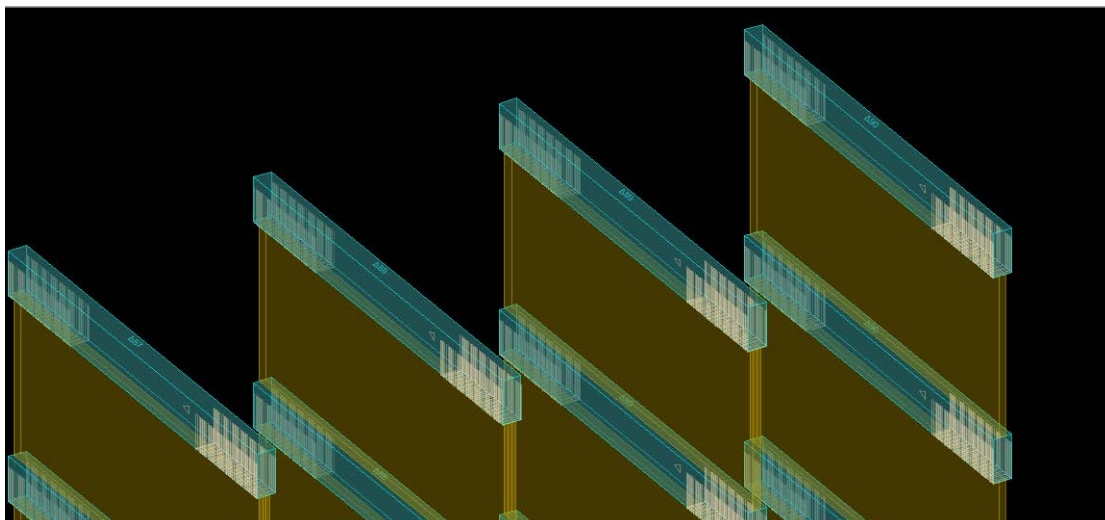
Σχήμα 4.31: Λόγοι επάρκειας δοκών 25/60 υπό κατακόρυφα φορτία

Πίνακας 4.10 : Ποσοστά αστοχιών και λόγοι ανεπάρκειας Δοκών 25/60

Δοκοί 25/60	Κάμψη	Διάτμηση
ποσοστό που αστοχεί	67,5%	100,0%
max	1,13	1,86
average	1,00	1,66

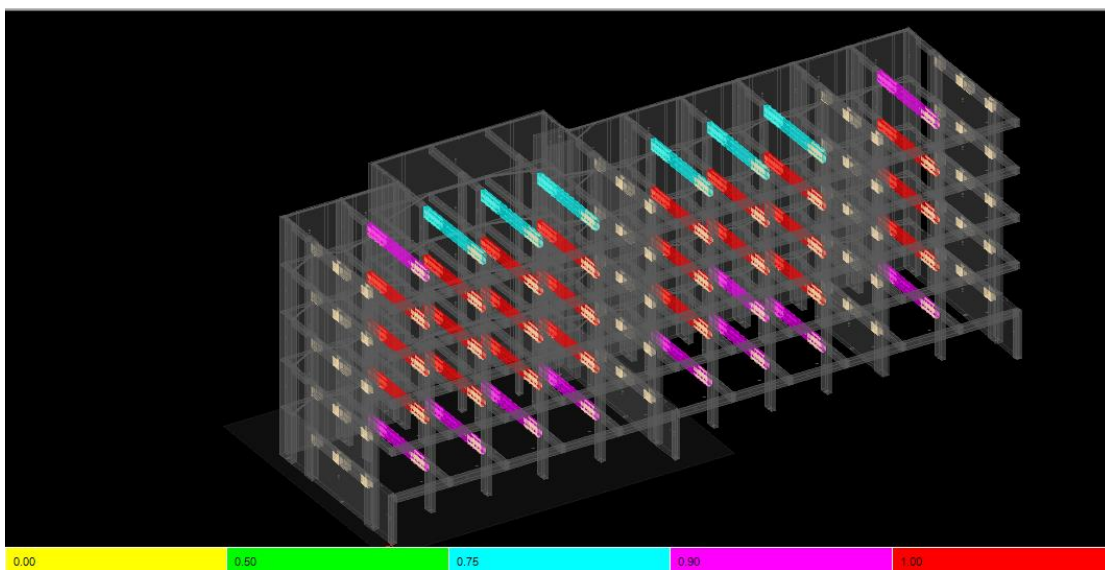
Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

Εν συνεχεία, έχοντας την πρόταση ενίσχυσης από την Pushover θα εξετάσουμε εάν αυτή επαρκεί και για τα στατικά φορτία.



Σχήμα 4.32: Δοκοί 25/60 κατόπιν ενίσχυσης με ΙΟΠ

Εφαρμόζοντας το SIKAWRAP 300C στην αρχή και το τέλος των ζυγωμάτων βλέπουμε πως όλες πλέον επαρκούν σε διάτμηση.



Σχήμα 4.33: Χρωματική Απεικόνιση Λόγων Επάρκειας δοκών 25/60 κατόπιν ενίσχυσης με ΙΟΠ

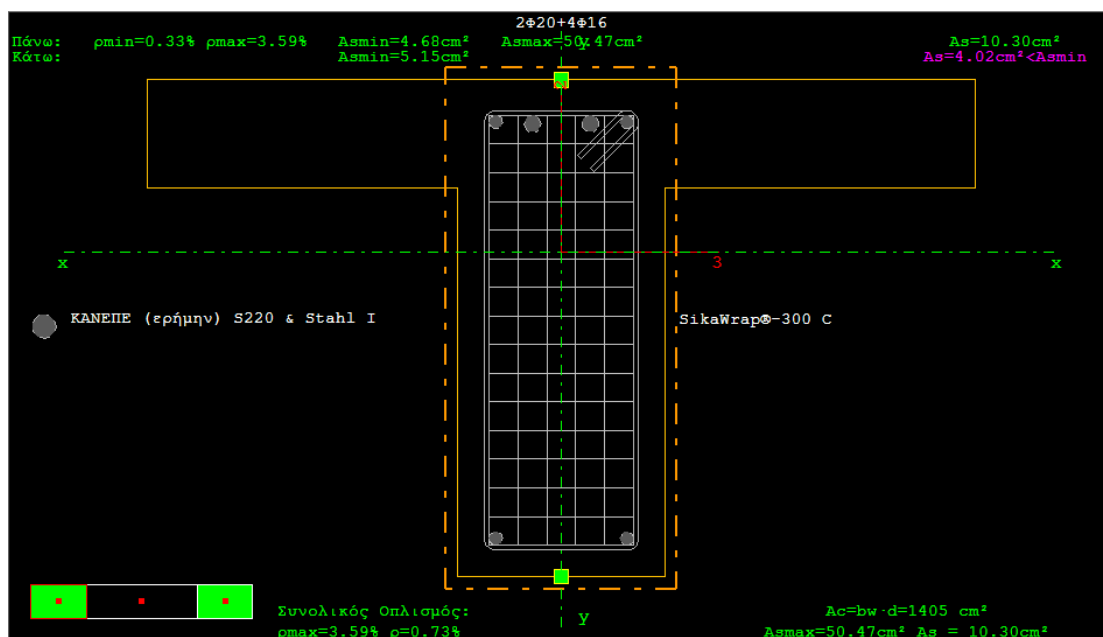
Πίνακας 4.11: Λόγοι Επάρκειας κατόπιν ενίσχυσης με ΙΟΠ

Δοκοί 25/60	Κάμψη	Διάτμηση
ποσοστό που αστοχεί	67,5%	0,0%
max	1,13	0,51
average	1,00	0,45

Όλες οι παραμένουσες ανεπάρκειες είναι λόγω κάμψης, τις οποίες θα κληθούμε να αντιμετωπίσουμε σε αυτό το σημείο.

Οι μεγαλύτερες -κατ' απόλυτο- ροπές εμφανίζονται στις στηρίξεις, ενώ όλα τα ανοίγματα φαίνεται πως επαρκούν. Επιπλέον, όλες οι ανεπάρκειες εμφανίζονται προς την πλευρά της πρόσοψης, άρα η ενίσχυση θα γίνει μονομερώς.

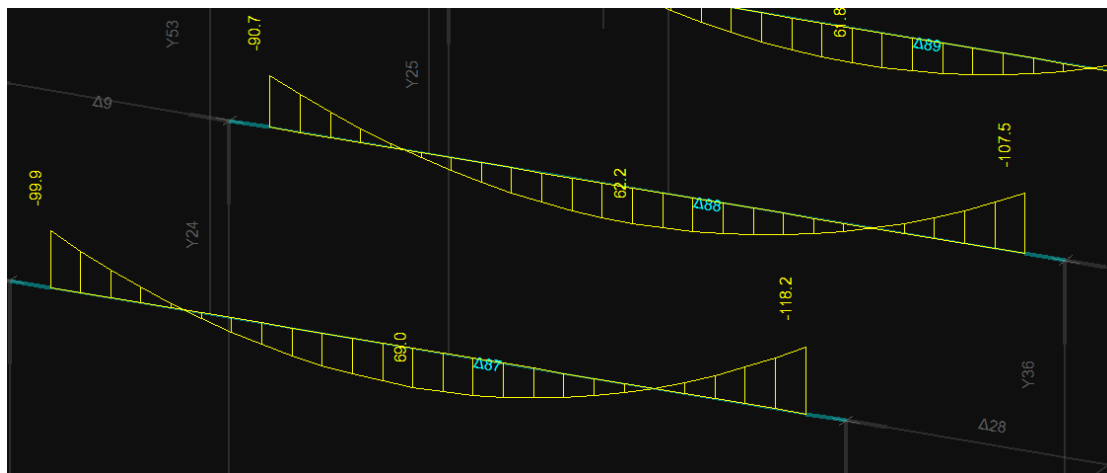
Λόγω ευμενέστερης κατανομής ροπών (4-έρειστες πλάκες αντί για 3-έρειστες) οι δοκοί της ανώτερης στάθμης δε χρήζουν ενίσχυσης.



Σχήμα 4.34: Νέα διατομή 25/60 στο ΡΑΦ με το ΙΟΠ Sikawrap 300c

ΚΑΜΨΗ		ΡΟΠΗ ΑΡΝΗΤΙΚΗ				ΡΟΠΗ ΘΕΤΙΚΗ		
x	M.P.	MEd	MEd	MRd	CR	MEd	MRd	CR
0.00	1	0.0	-118.0	-107.2	1.10	0.0	48.6	0.00
2.80	1	0.0	0.0	-43.2	0.00	68.8	113.4	0.61
5.60	1	0.0	-99.6	-107.2	0.93	0.0	48.6	0.00

Σχήμα 4.35: Έλεγχος επάρκειας έναντι κάμψης των δοκών 25/60



Σχήμα 4.36: Διαγράμματα Ροπών Ζυγωμάτων Στάθμης 2 για Συνδυασμό Φόρτισης : 1,35G + 1,5Q

Βήμα 1^ο :

Υποθέτω ότι όλοι οι οπλισμοί (εφελκόμενος και θλιβόμενος διαμήκης), καθώς και ο οπλισμός ενίσχυσης του ελάσματος, έχουν διαρρεύσει. Τότε οι αναλαμβανόμενες δυνάμεις τους θα είναι :

$$F_{s1d} = f_{yd} \cdot A_{s1} = \frac{220}{1,15} \cdot 10^3 \text{ (kN/m}^2\text{)} \cdot 10,304 \cdot 10^{-4} \text{ (m}^2\text{)} = \frac{220}{1,15} \cdot 10^{-1} \cdot 10,304 \Rightarrow F_{s1d} = 197,12 \text{ kN}$$

$$F_{s2d} = \frac{220}{1,15} \cdot 10^{-1} \cdot 4,021 \Rightarrow F_{s2d} = 76,923 \text{ kN}$$

$$F_{fd} = \frac{235}{1,20} \cdot 10^{-1} \cdot 4 \Rightarrow F_{s2d} = 78,333 \text{ kN}$$

Βήμα 2^ο :

Από την εξίσωση ισορροπίας κατά τον οριζόντιο άξονα βρίσκω το ύψος της θλιβόμενης ζώνης:

$$78,333 + 197,12 - 76,923 - F_{cd} = 0 \Rightarrow F_{cd} = 198,53 \text{ kN} \quad (4.11)$$

$$\text{Όμως, } F_{cd} = 0,8095 \cdot b_w \cdot x \cdot f_{cd} = 0,8095 \cdot 0,25 \cdot x \cdot \frac{12}{1,5} \cdot 10^3 \Rightarrow F_{cd} = 1376,15 \cdot x \quad (4.12)$$

Από τις σχέσεις (4.11) και (4.12) : $1376,15 \cdot x = 198,53 \Rightarrow$

$$\underline{x = 0,14426 \text{ m} :}$$

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας
Απόσταση Ουδέτερου Άξονα απ' το κάτω άκρο της διατομής.

Βήμα 3^ο :

Από όμοια τρίγωνα βρίσκω τις παραμορφώσεις των υλικών :

$$\bullet \quad \frac{x}{d-x} = \frac{3,5\text{‰}}{\varepsilon_{s1}} \Rightarrow \varepsilon_{s1} = \frac{3,5\text{‰} \cdot (d-x)}{x} = \frac{3,5\text{‰} (0,55-0,14426)}{0,14426} \Rightarrow$$

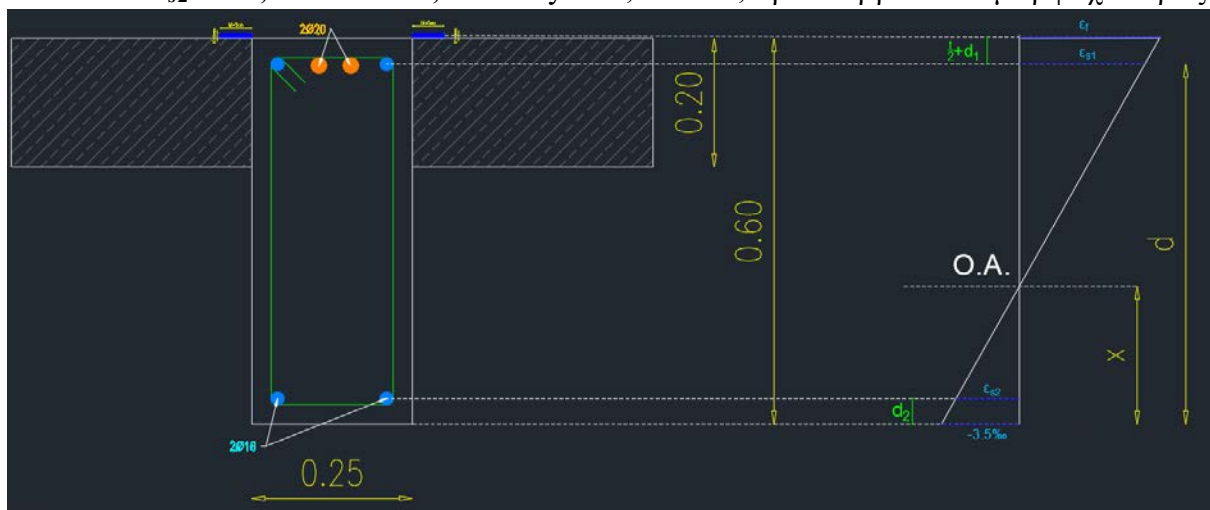
$\Rightarrow \varepsilon_{s1} = 9,844 \text{ ‰} = 0,00984 > \varepsilon_{yd} = 0,0009565$, άρα διέρρευσε ο εφελκυσμένος χάλυβας.

$$\bullet \quad \frac{x}{x-d_2} = \frac{3,5\text{‰}}{\varepsilon_{s2}} \Rightarrow \varepsilon_{s2} = \frac{3,5\text{‰} \cdot (x-d_2)}{x} = \frac{3,5\text{‰} (0,14426-0,05)}{0,14426} \Rightarrow$$

$\Rightarrow \varepsilon_{s2} = 2,287 \text{ ‰} = 0,00287 > \varepsilon_{yd} = 0,0009565$, άρα διέρρευσε ο θλιβόμενος χάλυβας.

$$\bullet \quad \frac{x}{d-x+\frac{t}{2}+d_1} = \frac{3,5\text{‰}}{\varepsilon_f} \Rightarrow \varepsilon_f = \frac{3,5\text{‰} \cdot (d-x+\frac{t}{2}+d_1)}{x} = \frac{3,5\text{‰} (0,55-0,14426+\frac{0,004}{2}+0,05)}{0,14426} \Rightarrow$$

$\Rightarrow \varepsilon_{s2} = 11,1055 \text{ ‰} = 0,0111 > \varepsilon_{yd} = 0,000973$, άρα διέρρευσε ο μορφοχάλυβας.



Σχήμα 4.36: Παραμορφώσεις διατομής 25/60 υπό τη Ροπή Σχεδιασμού

Βήμα 4^ο :

Υπολογισμός Ροπής Αντοχής της διατομής:

Υπολογίζω πρώτα την αναλαμβανόμενη δύναμη του σκυροδέματος καθώς και το σημείο εφαρμογής της και στη συνέχεια από την εξίσωση ισορροπίας των ροπών βρίσκω την (νέα) ροπή αντοχής.

$$F_{cd} = 1376,15 \cdot x = 1376,15 \cdot 0,14426 = 198,523 \text{ kN}$$

$$\text{Μοχλοβραχίονας : } D = K_a \cdot x = 0,416 \cdot 0,14426 = 0,06 \text{ m}$$

$$\Sigma M_{αντιδρ.} = \Sigma M_{εξωτ.δράσεων} \Rightarrow F_{fd} \cdot (\frac{t}{2} + d_1) + F_{s2} d (d - d_2) + F_{cd} (d - D) = M_{Rd} - N_{ED} \cdot (y_o - d_1) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 78,333 \left(\frac{0,004}{2} + 0,05 \right) + 76,923 (0,55 - 0,05) + 198,523 (0,55 - 0,06) = M_{Rd} \Rightarrow$$

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

$$\Rightarrow M_{Rd} = 4,0733 + 38,462 + 97,276 \Rightarrow M_{Rd} = 139,811 \text{ kN}\cdot\text{m} > M_{ed} = 118,20 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Λόγος ανεπάρκειας : $c_R = \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{118,20}{139,811} \Rightarrow c_R = 0,845 < 1$, άρα η νέα διατομή επαρκεί έναντι κάμψης και τελικά εκλέγονται δύο ελάσματα διατομής 50x4 mm.

Βήμα 5^ο:

Υπολογισμός αντοχής βλήτρων:

Η διατμητική αντοχή μεμονωμένου βλήτρου υπολογίζεται από την σχέση 6.8 του ΚΑΝ.ΕΠΕ. ως εξής :

$$F_{ud} = \frac{1,30 \cdot d_b^2}{\gamma_{Rd}} \cdot \sqrt{R_{cd} \cdot F_{yd}} \leq \frac{A_s \cdot f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad (4.13)$$

Επιλέγοντας διάμετρο βλήτρων $\varnothing 10$ έχουμε:

$$F_{ud} = \frac{1,30 \cdot 1,0^2}{1,30} \cdot \sqrt{\frac{(12 \cdot 10^{-1}) \cdot (500 \cdot 10^{-1})}{1,5 \cdot 1,15}} = 5,877 \text{ kN}$$

$$\text{Επίσης : } \frac{A_s \cdot f_{yd}}{\sqrt{3}} = \frac{\pi \cdot \frac{1,0^2}{4} \cdot \frac{500}{1,15} \cdot 10^{-1}}{\sqrt{3}} = 19,715 \text{ kN}$$

Τελικά, η αντοχή ενός βλήτρου $\varnothing 10$ προκύπτει : $F_{ud} = \min\{5,897, 19,715\} \Rightarrow F_{ud} = 5,897 \text{ kN}$

Βήμα 6^ο :

Υπολογισμός σχεδιασμού της ενεργού τάσεως $\sigma_{jd} (= f_{bd})$ των ελασμάτων ενίσχυσης :

1. Τάση αστοχίας του υλικού ενίσχυσης (μορφοχάλυβας) :

$$\sigma_{jd} = \frac{1}{\gamma_m} \cdot f_{jk}, \text{ όπου } f_{jk} : \text{ η χαρακτηριστική τιμή αντοχής του υλικού ενίσχυσης}$$

$$\gamma_m = 1,20$$

$$\text{άρα, } \sigma_{jd} = \frac{235}{1,20} \Rightarrow \sigma_{jd} = 195,833 \text{ MPa}$$

2. Τάση αστοχίας πρόωρης αποκόλλησης του υλικού ενίσχυσης λόγω ανεπάρκειας σύνδεσης ή αγκύρωσης στο προς ενίσχυση δομικό στοιχείο:

$$\sigma_{jd} = \frac{\sigma_{j,crit}}{\gamma_{Rd}}, \text{ όπου } \gamma_{Rd} = 1,20$$

$$\text{όπου } \sigma_{j,crit} = \beta \cdot \frac{\tau_b^{αποκ.}}{t_j} \cdot L_e, \text{ στην σχέση αυτή θα έχουμε:}$$

$$\bullet \quad \tau_b^{αποκ.} = f_{ctm} \Rightarrow \tau_b^{αποκ.} = 1,6 \text{ MPa}$$

$$\bullet \quad L_e = \sqrt{\frac{E_j \cdot t_j}{2 \cdot f_{ctm}}} = \sqrt{\frac{210000 \cdot 4}{2 \cdot 1,6}} \Rightarrow L_e = 512,34 \text{ mm}$$

$$\bullet \quad \beta = \beta_w \cdot \beta_L$$

$$\beta_w = \sqrt{\frac{2 - \frac{b_j}{b_w}}{1 + \frac{b_j}{b_w}}},$$

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

$$b_w = (0,25 + 2 \cdot 0,15) = 0,55 \text{ m: πλάτος εφελκυόμενου πέλματος}$$

$$b_j = 2 \cdot 0,05 = 0,10 \text{ m: πλάτος ελάσματος}$$

$$\text{άρα, } \beta_w = \sqrt{\frac{2 \cdot \frac{0,10}{0,55}}{1 + \frac{0,10}{0,55}}} \Rightarrow \beta_w = 1,2403$$

$$- \beta_L = \lambda(2-\lambda) \text{ όπου } \lambda = \frac{L_{av}}{L_e} < 1$$

Αν $\lambda \geq 1$ τότε $\beta_L = 1$ με L_{av} . το διατιθέμενο μήκος αγκύρωσης του οπλισμού ενίσχυσης.

Δεδομένου ότι λόγω της παρουσίας του προβόλου έχουμε ελεύθερο μήκος αγκύρωσης θεωρούμε ότι $L_{av} = L_e$ με $\beta_L = 1$.

Με βάση όλα τα παραπάνω θα έχουμε:

$$\sigma_{j,crit} = (1,2403 \cdot 1) \cdot \frac{1,6}{4} \cdot 518,34 \Rightarrow \sigma_{j,crit} = 254,18 \text{ MPa}$$

Τελικά η ενεργός τάση σχεδιασμού των ελασμάτων ενίσχυσης θα είναι :

$$f_{fd} = \min\{195,833, 211,818\} \Rightarrow f_{fd} = 195,833 \text{ MPa}$$

Βήμα 7^ο:

Για να βρούμε τον αριθμό των βλήτρων που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει πρώτα να προσδιορισθεί η διατμητική δύναμη που ενεργεί στην διεπιφάνεια μεταξύ πλάκας και ελασμάτων ενίσχυσης για τα εντατικά μεγέθη καταπόνησης M_{ed} , N_{ed} που ενεργούν στην στήριξη που θα ενισχυθεί. Η διατμητική δύναμη που ενεργεί στη διατομή, είναι αυτή που δέχονται τα ελάσματα κατά τον διαμήκη τους άξονα και αντίστοιχα τα βλήτρα κατά τον εγκάρσιο. Για την ροπή αντοχής : $M_{Rd} = 118,29 \text{ kN}\cdot\text{m}$ έχει υπολογισθεί η τέμνουσα δύναμη $F_{Rd} = 78,333 \text{ kN}$.

Στο σημείο αυτό καλούμαστε να βρούμε τα ζεύγος των παραμορφώσεων που αντιστοιχεί στο εντατικό μέγεθος $M_{ed} = 118,20 \text{ kN}\cdot\text{m}$ και στη συνέχεια την αναλαμβανόμενη δύναμη των ελασμάτων ενίσχυσης μέσω της παραμόρφωσης ϵ_f .

Για την δεδομένη ροπή μπορούμε από την εξίσωση ισορροπίας των ροπών να υπολογίσουμε το ύψος της θλιβόμενης ζώνης του σκυροδέματος. Δηλ.:

$$F_{Rd} \cdot \left(\frac{t}{2} + d_1\right) + F_{s2} \cdot (d - d_2) + F_{cd} \cdot (d - D) = M_{ed} - N_{Ed} \cdot (y_o - y_1) \quad (4.14)$$

Και υποθέτοντας πως όλοι οι οπλισμοί έχουν διαρρεύσει :

$$78,333 \cdot \left(\frac{0,004}{2} + 0,05\right) + 76,923 \cdot (0,55 - 0,05) + F_{cd} \cdot (0,55 - 0,416x) = 118,20 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4,0733 + 38,462 + 0,8095 \cdot 0,25 \cdot x \cdot 0,185 \cdot \frac{12}{1,5} \cdot 10^{-3} (0,55 - 0,416 \cdot x) = 118,20 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1376,15 \cdot x \cdot (0,55 - 0,416 \cdot x) = 75,6647 \Rightarrow x \cdot 0,55 - 0,416 \cdot x^2 - 0,05498 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -0,416x^2 + 0,55 \cdot x - 0,05498 = 0 \Rightarrow x_1 = 1,213 \text{ m} > 0,60 \text{ απορρίπτεται}$$

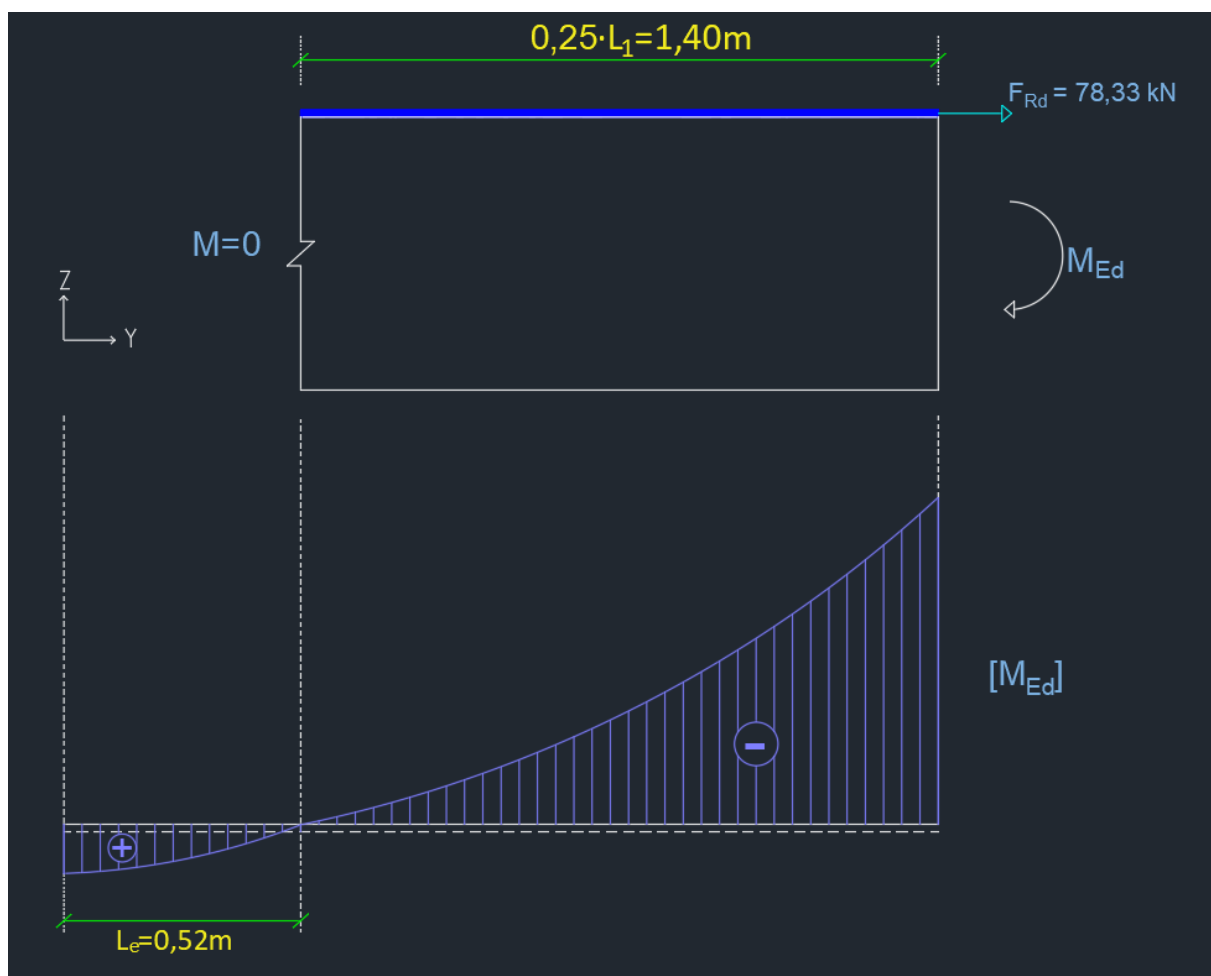
Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

$$x_2 = 0,1089 \text{ m δεκτή}$$

Άρα το ύψος της θλιβόμενης ζώνης μειώνεται σε σχέση με αυτό που αντιστοιχεί στην ροπή αντοχής. Επομένως η παραμόρφωση του εφελκόμενου χάλυβα και του μορφοχάλυβα της ενίσχυσης θα αυξηθεί, με αποτέλεσμα να βρίσκονται εντός της διαρροής. Μένει να ελεγχθεί το αν διαρρέει και ο θλιβόμενος χάλυβας.

$$\frac{x}{x-d_2} = \frac{3,5\text{‰}}{\varepsilon_{s2}} \Rightarrow \varepsilon_{s2} = \frac{3,5\text{‰}(0,0189-0,05)}{0,1084} \Rightarrow x=0,00819 > \varepsilon_{yd}=0,0009565 : \text{ο θλιβόμενος χάλυβας διαρρέει}$$

Τελικά, τα βλήτρα θα διαστασιολογηθούν για διατμητική δύναμη $F_{Rd} = 78,33 \text{ kN}$



Σχήμα 4.37: Μήκος Αγκύρωσης για τα δεδομένα εντατικά μεγέθη

$n = \frac{78,33}{5,897} = 13,28 \rightarrow 14$ τεμάχια πρέπει να έχουν και οι 2 λωρίδες, άρα σε κάθε λωρίδα αντιστοιχούν 7 τεμάχια.

Επειδή όμως, τα ελάσματα θα επεκταθούν και προς τη μεριά των προβόλων χρειαζόμαστε άλλα 7 τεμάχια για κάθε μία.

Επομένως τοποθετούνται 14 βλήτρα των $\varnothing 10$ σε κάθε λωρίδα.

Βήμα 8^ο:

Ελάχιστος Οπλισμός Βλήτρων:

$$\text{KAN.ΕΠΕ. σε λ.: } 8-20 \rho_{\min}^{\delta} = \frac{0,20 f_{ctm}}{f_{yk}} \geq 1,2\text{‰} \Rightarrow \rho_{\min}^{\delta} = \frac{0,20 \cdot 1,6}{500} = 0,64\text{‰} \rightarrow \rho_{\min}^{\delta} = 1,2\text{‰}$$

$$\text{Και ο οπλισμός που έχουμε τοποθετήσει : } \rho_{\delta} = \frac{A_s^{\delta}}{A_{\epsilon\delta}} = \frac{3,84 \cdot 100 \cdot (5+5)}{14 \cdot 2\Phi 10} = \frac{22}{3840} = 5,73\text{‰} > 1,2\text{‰} ,$$

Άρα τηρείται η απαίτηση περί ελαχίστων.

Το πρώτο βλήτρο τοποθετείται σε απόσταση $e_1 \geq 1,2d = 1,2 \cdot 10\text{mm} = 12\text{mm} \rightarrow 2\text{cm}$ από κάθε ελεύθερη παρειά των ελασμάτων. Επομένως, πρέπει να καλυφθεί απόσταση 3,80m με 14 βλήτρα και 13 κενά. Τελικά : $\frac{3,80\text{m}}{13 \text{ κενά}} = 0,293\text{m} = 29,3\text{cm}$

Οπότε τοποθετούνται: ø10/29.

Βήμα 9^ο:

Με βάση τα όσα αναφέρονται στις σελίδες 8-15 και 8-16 του ΚΑΝ.ΕΠΕ. , απαιτείται υπολογισμός για την περίπτωση της πρόωρης διατμητικής αστοχίας της διατομής του σκυροδέματος στην περιοχή απόληξης (αγκύρωσης) του ελάσματος.

$$\text{Θα πρέπει: } V_{sd}^{\text{απολ.}} \leq V_{rd,c}^{\text{απολ.}} \quad \text{και} \quad M_{sd}^{\text{απολ.}} \leq \frac{2}{3} M_{Rd}^{\text{απολ.}}$$

Επειδή η αγκύρωση γίνεται σε περιοχή όπου μηδενίζονται οι ροπές, θεωρούμε πως η συνθήκη των ροπών ικανοποιείται. Απομένει λοιπόν ο έλεγχος των τεμνουσών.

Η διατμητική αντοχή του σκυροδέματος κατά Ε.Κ.2 είναι :

$$V_{rd,c}^{\text{απολ.}} = \max \{ 0,12 \cdot \kappa \cdot (100 \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + \kappa_l \cdot \sigma_{cp} \} , (0,0035 \cdot \kappa^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} + \kappa_l \cdot \sigma_{cp}) \} \cdot b_w \cdot d$$

$$\kappa = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \Rightarrow \kappa = 1 + \sqrt{\frac{200}{550}} = 1,603 \leq 2 \rightarrow \kappa = 1,603$$

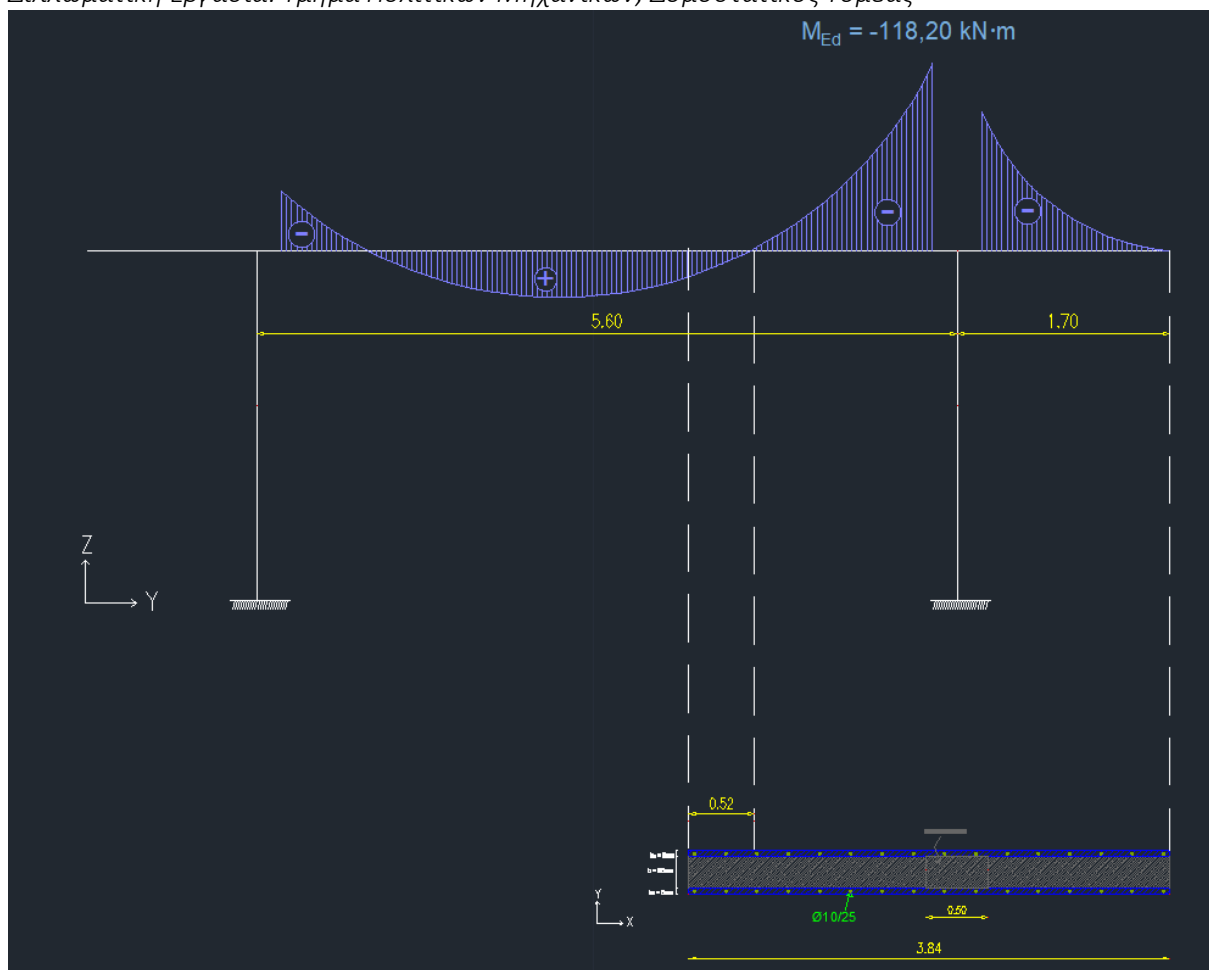
$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{10,304}{55 \cdot 25} = 0,0075 < 0,02$$

$$f_{ck} = 12\text{MPa}$$

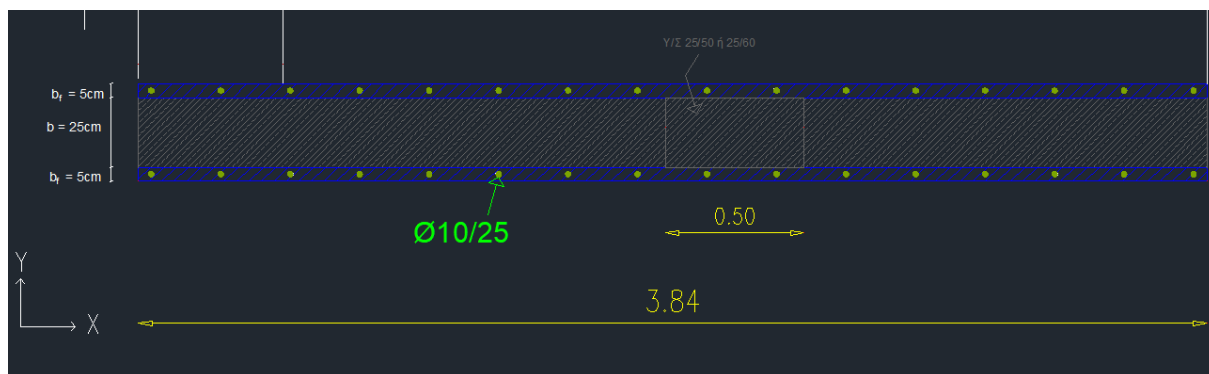
$$\text{Οπότε , } V_{rd,c}^{\text{απολ.}} = \max \{ (0,12 \cdot 1,603 \cdot (100 \cdot 0,0075 \cdot 12)^{1/3}) , (0,0035 \cdot 1,603^{3/2} \cdot 12^{1/2}) \} \cdot 250 \cdot 550 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{rd,c}^{\text{απολ.}} = \max \{ 0,40 , 0,0246 \} \cdot 250 \cdot 550 = 55017 \text{ N} = 55,017 \text{ kN} \rightarrow \underline{V_{rd,c}^{\text{απολ.}} = 55,017 \text{ kN}}$$

Στο Παράρτημα 1 παρατίθενται οι παραπάνω υπολογισμοί σε αρχείο Excel.



Σχήμα 4.38: Θέση ενίσχυσης μέσω χαλύβδινων ελασμάτων



Σχήμα 4.39: Μεγέθυνση της ενίσχυσης σε Κάτοψη

Κεφάλαιο 5 – Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε την αποτίμηση και τις προτάσεις ενίσχυσης υφιστάμενου 5-όροφου ξενοδοχείου, κατασκευασμένου το 1974. Το εν λόγω κτίσμα έχει την βασική ιδιαιτερότητα της παρουσίας αμιγώς τοιχωματικών στοιχείων στη μία του διεύθυνση και αμιγώς πλαισιακών στην άλλη. Όπως γίνεται αντιληπτό, μια τέτοια ανομοιογενής διάταξη της πλευρικής δυσκαμψίας μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα σε ένα έντονο σεισμικό γεγονός.

Επιπρόσθετα, η χαμηλή αντοχή του υφιστάμενου σκυροδέματος, η αραιή παρουσία οπλισμών και οι ανεπαρκείς διαστάσεις ορισμένων διατομών καθιστούν αναγκαία την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας του, ακολουθούμενης από μια σειρά επεμβάσεων που θα εξασφαλίσουν την ασφαλή περαιτέρω λειτουργία του.

Έτσι, στα πλαίσια μιας ακριβούς αποτίμησης αλλά και της ακαδημαϊκής διερεύνησης, επελέγησαν 3 διαδεδομένες μέθοδοι που επέφεραν τα εξής αποτελέσματα:

1. **Καθολικός δείκτης q** : Αποτέλεσε την μέθοδο με τα δυσμενέστερα αποτελέσματα, καθώς δεν συνεκτιμά τις μετελαστικές αντοχές των στοιχείων. Λειτουργήσε ωστόσο ως καλός γνώμονας για την εύρεση των σημαντικότερων ανεπαρειών της κατασκευής και τα αποτελέσματα της συνεκτιμήθηκαν για τις επικείμενες ενισχύσεις.
2. **Τοπικοί συντελεστές m** : Υπήρξε η μέθοδος με τα ενδιάμεσα αποτελέσματα σε σχέση με τις άλλες 2 ως προς τον αριθμό των ανεπαρειών και το μέγεθος αυτών. Η χρήση απομειωμένης δυσκαμψίας, οδηγεί σε παραλαβή μικρότερων εντάσεων σε σχέση με τη μέθοδο q και επομένως σε ευμενέστερα αποτελέσματα. Ωστόσο είναι σίγουρα αρκετά αξιόπιστη και όντας γραμμική πλεονεκτεί ως προς το μικρό υπολογιστικό της κόστος και τις μη αυστηρές προϋποθέσεις εφαρμογής σε σχέση με την υπερωθητική μέθοδο.
3. **Υπερωθητική Μέθοδος – Pushover** : Η εν λόγω ανάλυση, όπως έχει περιγραφεί, είναι μη γραμμική, λαμβάνοντας υπόψη τις διαθέσιμες υπεραντοχές των μελών και μετά τη διαρροή των διατομών. Αποτέλεσε την επιλεγείσα μέθοδο, της οποίας τα αποτελέσματα αξιοποιήθηκαν για τις επικείμενες ενισχύσεις της κατασκευής, καθώς εξήγαγε τα πιο ευμενή και συνάμα τα πιο ακριβή και τεκμηριωμένα αποτελέσματα.

Στη συνέχεια, κρίθηκε σκόπιμο, ως πρώτο σχήμα ενισχύσεων, να γίνει η προσθήκη 4 τοιχωμάτων πάχους 30cm, εμφανιζόμενων σε πλαίσια της διεύθυνσης Y , όπου απουσίαζαν πλήρως. Η επιλογή αυτή κρίνεται απαραίτητη και πλήρως επιτυχημένη, καθώς πλέον αναλαμβάνουν μεγάλο μέρος της σεισμικής τέμνουσας, «ανακουφίζοντας» μια πληθώρα δομικών στοιχείων από έντονα εντατικά μεγέθη. Επιπρόσθετα, επιτυγχάνεται τριπλασιασμός της πλευρικής δυσκαμψίας του κτιρίου, για την εν λόγω διεύθυνση, ενώ η διάταξή τους είναι τέτοια που οδηγούμαστε σε άρση της (επικίνδυνης) στρεπτικής ευαισθησίας που είχε αποτιμηθεί.

Κατόπιν, εκτελέσθηκε εκ νέου η ανάλυση Pushover, όπου αποτιμήθηκαν παραμένουσες διατμητικές αστοχίες στα υφιστάμενα τοιχώματα (της διεύθυνσης X), γεγονός που οδήγησε στην ενίσχυση τους έναντι τέμνουσας, στις πρώτες δύο στάθμες. Αντίστοιχα, διατμητικές αστοχίες υπήρξαν στα ζυγώματα 25/60 των πλαισίων της διεύθυνσης Y και τις δοκούς 25/30, στις περιοχές στήριξης, όπου σχεδιάστηκε ανάλογη αντιμετώπιση. Έτσι, ως υλικά ενίσχυσης επιλέγονται τα ανρθακοϋφάσματα και ανθρακοελάσματα Ινοπλισμένου Πολυμερούς, καθώς πλεονεκτούν ως προς τα μηχανικά τους χαρακτηριστικά, την ευκολία εγκατάστασης και την περιβαλλοντική τους βιωσιμότητα.

- Στην περίπτωση των τοιχωμάτων, προτείνεται η τοποθέτηση επικολλητών ελασμάτων ΙΟΠ σε οριζόντια διάταξη, όπου κατόπιν αναλυτικών υπολογισμών η ενίσχυση κρίθηκε επαρκής.
- Όσον αφορά τις προαναφερθείσες δοκούς 25/30 και 25/60, έγινε πρόταση ενίσχυσης μέσω επικολλητών υφασμάτων ΙΟΠ, τοποθετημένων τρίπλευρα, και οι νέες, υπολογιζόμενες από το λογισμικό, ενισχυμένες διατομές μπορούν να φέρουν με ασφάλεια τις δυνάμεις.

Εν κατακλείδι, η κατασκευή ελέγχθηκε για τελευταία φορά, έναντι του συνδυασμού αστοχίας: 1,35G + 1,5Q, δηλαδή υπό τη δράση μόνο κατακόρυφων φορτίων. Ο έλεγχος αυτός φανέρωσε καμπτικές ανεπάρκειες στη στήριξη των ζυγωμάτων 25/60 και στη στήριξη των δοκών προβόλων 25/40. Για την αντιμετώπιση των ανεπαρειών αυτών επιλέχθηκαν οι 2 εξής ενέργειες ενίσχυσης:

- Στη στήριξη των ζυγωμάτων, πραγματοποιήθηκε υπολογισμός μέσω αναλυτικών εξισώσεων του ΚΑΝ.ΕΠΕ., για την προσθήκη 2 χαλύβδινων ελασμάτων, κατά μήκος της άνω παρειάς της δοκού, τα όποια επιδρούν ως πρόσθετος (άνω) οπλισμός στήριξης. Υπολογίσθηκε επίσης, το κατάλληλο μήκος αγκύρωσης και η εξασφάλιση της συνάφειας ανάμεσα στη δοκό σκυροδέματος και τα χαλύβδινα ελάσματα ενίσχυσης, μέσω της έμπηξης εγκάρσια τοποθετούμενων βλήτρων.
- Τέλος, για την αντιμετώπιση της καμπτικής και διατμητικής ανεπάρκειας στη στήριξη των προβόλων επιλέχθηκε η υποσύτλωσή τους μέσω διαγώνιας μεταλλικής αντηρίδας SHS, η οποία τους εξασφαλίζει έναντι των αντίστοιχων εντατικών μεγεθών.

Συμπερασματικά, μετά τον αναλυτικό έλεγχο αποτίμησης και την εφαρμογή των προτεινόμενων ενισχύσεων, η κατασκευή μπορεί να φέρει με ασφάλεια τα σεισμικά φορτία σχεδιασμού για την επιλεγείσα στάθμη επιτελεστικότητας, καθώς και τα προβλεπόμενα κατακόρυφα.

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

Κεφάλαιο 6 – Βιβλιογραφία

- [1] Κανονισμός Επεμβάσεων ΚΑΝ.ΕΠΕ. (2013). Αθήνα: Ο.Α.Σ.Π.
- [2] Eurocode 2 – Σχεδιασμός Φορέων από Σκυρόδεμα. (2005). Αθήνα: Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης (ΕΛΟΤ)
- [3] Eurocode 8 – Αντισεισμικός Κανονισμός, Μέρος 2 - Αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας κτιρίων και επεμβάσεις. (2005). Αθήνα: Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης (ΕΛΟΤ)
- [4] Κούτας Λ. (2023). Σχεδιασμός Γραμμικών Στοιχείων Οπλισμένου Σκυροδέματος Ανακτήθηκε από: <https://repository.kallipos.gr/handle/11419/10304>
- [5] Δρίτσος, Σ. Η. (2005). Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα. Πάτρα: Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών
- [6] Δρίτσος, Σ. Η. (2003). Στρατηγικές και σχεδιασμός αντισεισμικής ενίσχυσης Κτιρίων.
- [7] SeisMobuild 2003-Εγχειρίδιο Χρήσης. Ανακτήθηκε από: <https://seismosoft.com/>
- [8] Γιάννης Ν. Ψυχάρης (2015), Σημειώσεις αντισεισμικής τεχνολογίας τεύχη 1 και 2.
- [9] ΡΑΦ - Υπομονάδα : Ενισχύσεις , ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΚΤΗΡΙΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΥΣ ΕΚ 8.3 ΚΑΙ ΚΑΝ.ΕΠΕ. Ανακτήθηκε από: <https://www.tol.gr/>
- [10] ΡΑΦ - ΥΠΕΡΩΘΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΣΤΑΤΙΚΗ ΥΠΕΡΩΘΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΥΣ ΕΚ8.1, ΕΚ8.3 & ΚΑΝ.ΕΠΕ. Ανακτήθηκε από: <https://www.tol.gr/>
- [11] T.Paulay , M.J.N, Priestley. Αντισεισμικός Σχεδιασμός Κατασκευών από Οπλισμένο Σκυρόδεμα και Τοιχοποιία.
- [12] Σπυράκος Κ (2004). Ενίσχυση Κατασκευών για Σεισμικά Φορτία
- [13] Φύλλο Ιδιοτήτων Προϊόντος : SIKAWRAP 300c Ανακτήθηκε από : <https://grc.sika.com/el/construction/domitikh-enisxysh/domhtikh-enisxysh-skyrodematos/yfasmata/sikawrap-300-c.html>
- [14] Φύλλο Ιδιοτήτων Προϊόντος : SIKA CARBODUR S Ανακτήθηκε από: <https://grc.sika.com/el/construction/domitikh-enisxysh/domhtikh-enisxysh-skyrodematos/elasmata/sika-carbodur-s.html>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

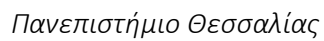
Παράρτημα 1) : Υπολογισμοί Ενίσχυσης Μεταλλικού Ελάσματος στο Excel

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΡΟΠΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ			
	Κελιά εισαγωγής δεδομένων		
	Κελιά εξαγωγής αποτελεσμάτων		
ΔΕΔΟΜΕΝΑ			
διαμετρος εφελκυσμενου χαλυβα 1	$\Phi_{L1,1}$	16	mm
διαμετρος εφελκυσμενου χαλυβα 2	$\Phi_{L1,2}$	20	mm
διαμετρος θλιβομενου χαλυβα 1	$\Phi_{L2,1}$	16	mm
διαμετρος θλιβομενου χαλυβα 2	$\Phi_{L2,2}$	0	mm
τεμαχια εφελκυσμενου χαλυβα 1	$n_{1,1}$	2	-
τεμαχια εφελκυσμενου χαλυβα 2	$n_{1,2}$	2	-
τεμαχια θλιβόμενου χαλυβα 1	$n_{2,1}$	2	-
τεμαχια θλιβόμενου χαλυβα 2	$n_{2,2}$	0	-
παχος λεπιδας ενίσχυσης	t_f	4	mm
πλάτος λεπίδας ενίσχυσης	b_f	50	mm
τεμαχια λεπίδων ενισχυσης κατα πλάτος	n_f	2	-
Κατηγορια σκυροδέματος	C	12	Mpa
Κατηγορια νευροχάλυβα	S	220	Mpa
Συντελεστης σκυροδέματος	α_{cc}	0,85	-
Κατηγορία μορφοχάλυβα λεπίδας	S	235	Mpa
Μερικός συντελεστης ασφαλείας σκυρ/τος	γ_c	1,5	-
Μερικός συντελεστης ασφαλείας νευρ/βα	γ_y	1,15	-
Μερικός συντελεστης ασφαλείας μορφο/βα	γ	1,2	-
Ροπή σχεδιασμού της διατομής	M_{ED}	118,2	kNm
Αξονικη δυναμη σχεδιασμού της διατομης	N_{ED}	0	kN
Απόσταση απο το Κ.Β του A_{s1} εως το σκυρ/μα	d_1	0,05	m
Απόσταση απο το Κ.Β του A_{s2} εως το σκυρ/μα	d_2	0,05	m
Πλατος διατομής σκυροδέματος	b_w	0,25	m
Υψος διατομής σκυροδέματος	h	0,6	m
διάμετρος βλήτρων	Φ_w	10	mm
Ποιοτητα χάλυβα βλήτρων	B	500	Mpa

Εμβαδον εφελκυομένου οπλισμού	A_{s1}	10.3044	cm^2
Εμβαδον θλιβόμενου οπλισμού	A_{s2}	4.02124	cm^3
Εμβαδον λεπίδων ενίσχυσης	A_f	4	cm^4
Παραμόρφωση διαρροής νευροχάλυβα	ϵ_{yd}	0.00096	-
Παραμόρφωση διαρροής μορφοχάλυβα	ϵ_{fd}	0.00093	-
Τάση διαρροής νευροχάλυβα	f_{yd}	19.1304	kN/cm^2
Τάση διαρροής μορφοχάλυβα	f_{fd}	19.5833	kN/cm^2
Τάση σχεδιασμού σκυροδέματος	f_{cd}	0.68	kN/cm^2
Τάση σχεδιασμού βλήτρων	f_{ywd}	43.4783	kN/cm^2
Εμβαδόν διατομής βλήτρου	A_w	0.7854	cm^2
Τάση σχεδιασμού σκυροδέματος βλήτρου	f_{cd}	0.8	kN/cm^2
ΒΗΜΑ 1 Υποθέτω ότι ο εφελκυσμένος, ο θλιβόμενος και ο οπλισμός ενίσχυσης βρίσκονται υπο πλήρη τάση.(δηλ έχουν διαρρεύσει).Τότε οι αναλαμβανόμενες δυνάμεις των παραπάνω υλικών θα είναι:			
Δρώσα Δύναμη εφελκυσμένου οπλισμού	F_{s1}	197.128	kN
Δρώσα Δύναμη θλιβόμενου οπλισμού	F_{s2}	76.928	kN
Δρώσα εφελκυστική δύναμη λεπίδων	F_{fd}	78.3333	kN

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

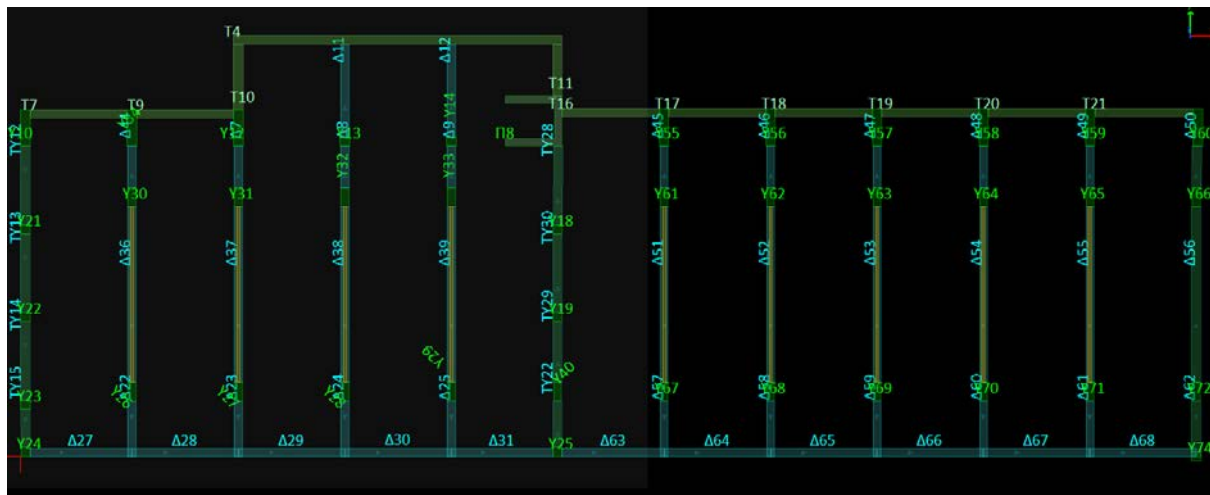
ΒΗΜΑ 2	Απο την εξίσωση ισοδυναμίας μεταξύ των δυνάμεων των υλικών και την εξωτερικών δράσεων βρίσκω το υψος της θλιβόμενης ζώνης του σκυροδέματος			
Πρέπει:	$F_{fd} + F_{s1} - F_{cd} - F_{s2} = N_{ed}$	x=	14.42672	cm
ΒΗΜΑ 3	Βρίσκω τις παραμορφώσεις για τους οπλισμούς και την ενίσχυση και ελέγγω ξεχωριστά για το κάθε υλικό αν διέρρευσε όπως αρχικώς υπέθεσα.			
παραμόρφωση εφελκόμενου χάλυβα	ϵ_{s1}	0.009843	ΤΟ ΥΛΙΚΟ ΔΙΕΡΡΕΥΣΕ	
παραμόρφωση θλιβόμενου χάλυβα	ϵ_{s2}	0.002287	ΤΟ ΥΛΙΚΟ ΔΙΕΡΡΕΥΣΕ	
παραμόρφωση εφελκόμενων λεπίδων	ϵ_p	0.011105	ΤΟ ΥΛΙΚΟ ΔΙΕΡΡΕΥΣΕ	
ΒΗΜΑ 4	Αν όλα τα υλικά έχουν διαρεύσει μπορώ να προχωρήσω και να βρώ την ροπή αντοχής της διατομής καθώς και την αναλαμβανόμενη δύναμη απο το σκυρόδεμα.			
Δρώσα δύναμη σκυροδέματος	F_{cd}	198.5333	kN	
Σημείο εφαρμογής της δυναμής του σκυρ/τος	a	6.001515	cm	
Ροπή αντοχής της διατομής	M_{RD}	139.8156	kN/m	
Συντελεστής ασφάλειας της διατομής	C_R	1.182873	-	
ΒΗΜΑ 5	Εαν ο συντελεστής ασφάλειας της διατομής είναι μεγαλύτερος της μονάδας σημαίνει ότι η ενίσχυση μου επαρκεί.			
ΒΗΜΑ 6	Υπολογισμός αντοχής βλήτρου			
	F_{ud}	5.897678	kN	



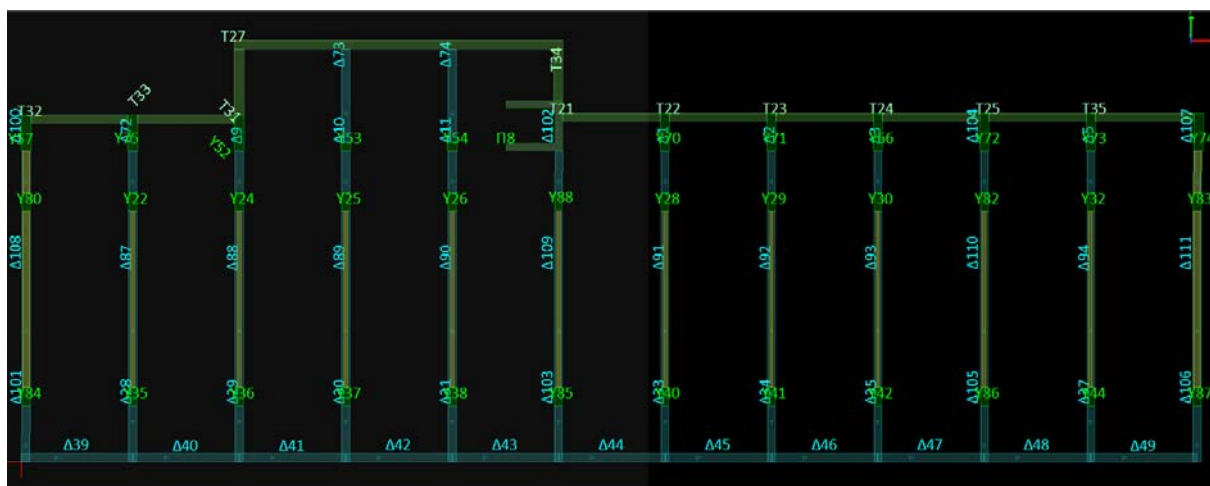
Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

Παράρτημα 2) : Ονοματολογία διατομών στο ΡΑΦ (Κατόψεις)

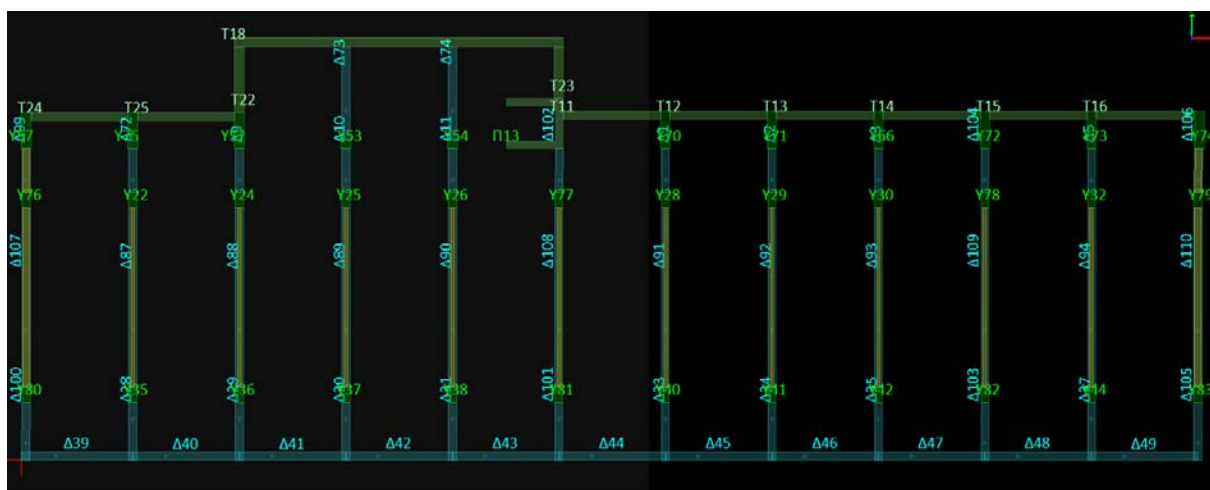
Στάθμη Υπογείου: (Σ1)



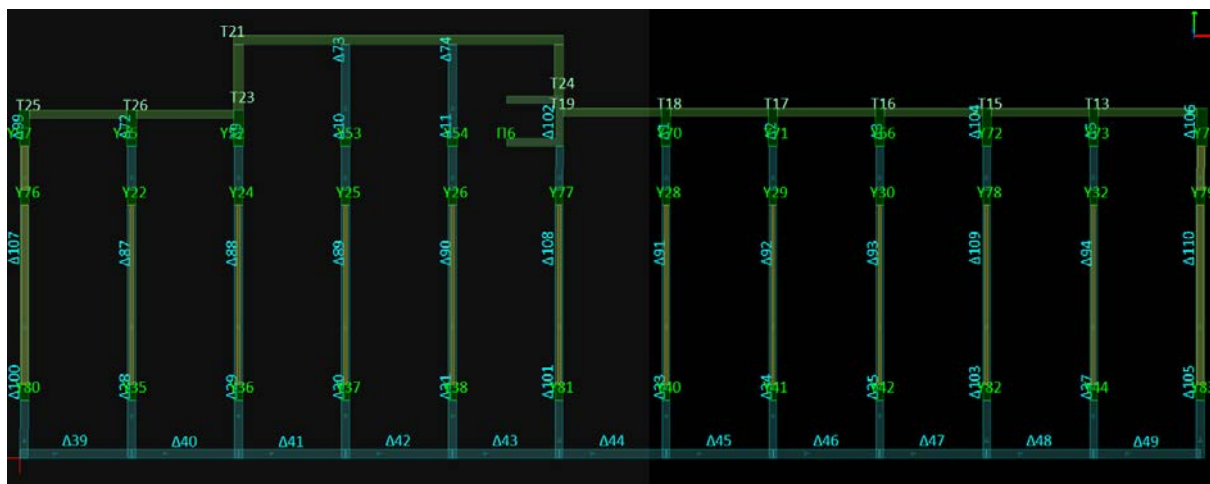
Στάθμη Ισογείου: (Σ2)



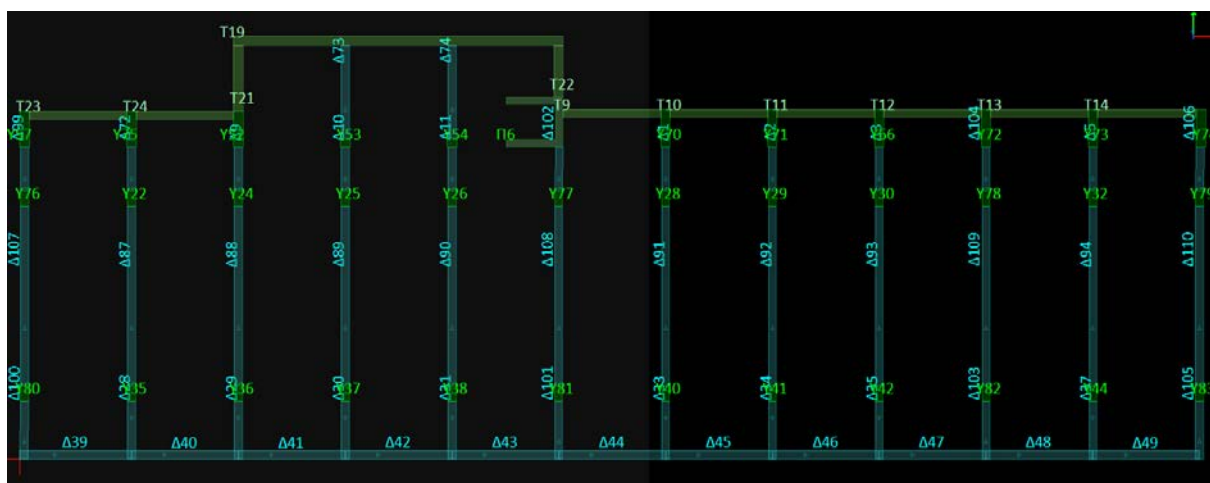
Στάθμη 1^{ου} Ορόφου: (Σ3)



Στάθμη 2^{ου} Ορόφου: (Σ4)



Στάθμη 3^{ου} Ορόφου: (Σ5)





Παράρτημα 3α) : Λόγοι Επάρκειας ΡΑΦ , Μέθοδος q , Υφιστάμενος Φορέας

Μέθοδος q		
Υ/Σ-Τοιχ.	Λ.Ε. Κάμψης	Λ.Ε. Διάτμησης
Υ79-Σ4	0,78	0,96
Υ22-Σ3	0,57	1,06
Υ85-Σ2	0,46	0,84
Υ73-Σ4	1,8	3,38
Υ86-Σ2	0,55	0,94
Υ83-Σ5	0,51	0,5
Υ80-Σ2	0,63	1,03
Υ60-Σ1	2,62	0,04
Υ53-Σ2	0,34	0,31
Υ54-Σ4	0,28	0,28
Υ80-Σ3	0,36	0,58
Υ81-Σ3	0,37	0,65
Υ42-Σ4	0,36	0,65
Υ72-Σ2	2,72	5,07
Υ37-Σ3	0,32	0,6
Υ56-Σ1	1,09	0,5
Υ28-Σ2	0,56	1,12
Υ82-Σ4	0,38	0,68
Υ82-Σ3	0,37	0,7
Υ25-Σ3	0,48	0,86
Υ26-Σ1	0,46	0,38
Υ40-Σ2	0,43	0,77
Υ28-Σ5	1	1,04
Υ25-Σ2	0,55	1,03
Υ54-Σ2	0,32	0,3
Υ32-Σ5	1,07	1,08
Υ27-Σ1	0,42	0,35
Υ28-Σ1	0,42	0,34
Υ37-Σ2	0,42	0,76
Υ72-Σ5	0,76	1,2
Υ32-Σ2	0,84	1,45
Υ10-Σ1	2,68	0,03
Υ57-Σ5	1,97	1,07
Υ42-Σ3	0,35	0,66
Υ26-Σ2	0,54	1
Υ32-Σ1	0,37	0,46
Υ70-Σ1	0,43	0,4
Υ38-Σ2	0,42	0,76
Υ78-Σ4	0,76	1,08

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

Y81-Σ4	0,34	0,65
Y70-Σ4	1,04	1,5
Y24-Σ4	0,64	1,02
Y87-Σ2	1,26	1,19
Y54-Σ5	0,22	0,24
Y37-Σ5	0,45	0,57
Y55-Σ1	1,32	0,5
Y14-Σ1	0,15	0,06
Y13-Σ1	0,15	0,06
Y62-Σ1	0,36	0,45
Y78-Σ3	0,67	1,11
Y25-Σ4	0,57	0,85
Y22-Σ4	0,67	1,06
Y65-Σ1	0,38	0,53
Y75-Σ5	1,23	0,97
Y35-Σ4	0,33	0,65
Y71-Σ3	1,92	2,89
Y59-Σ1	0,43	0,51
Y29-Σ2	0,61	1,18
Y40-Σ4	0,32	0,61
Y66-Σ4	1,34	2,03
Y12-Σ1	2,13	0,44
Y37-Σ4	0,31	0,59
Y80-Σ5	0,47	0,49
Y57-Σ1	0,86	0,51
Y57-Σ4	1,58	2,11
Y41-Σ4	0,33	0,62
Y83-Σ4	0,61	0,72
Y66-Σ2	2,58	4,18
Y80-Σ4	0,46	0,62
Y32-Σ4	0,82	1,15
Y79-Σ3	0,68	0,99
Y77-Σ3	0,69	1,13
Y76-Σ3	0,49	0,83
Y72-Σ4	1,5	2,62
Y36-Σ2	0,43	0,78
Y42-Σ5	0,45	0,57
Y29-Σ1	0,43	0,36
Y76-Σ5	0,81	0,8
Y41-Σ5	0,44	0,56
Y81-Σ5	0,5	0,63
Y77-Σ5	1,1	1,08
Y26-Σ5	0,83	0,84
Y22-Σ2	0,61	1,22
Y33-Σ1	0,37	0,46

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

Y75-Σ4	1,4	1,84
Y41-Σ2	0,45	0,8
Y35-Σ5	0,47	0,61
Y69-Σ1	0,43	0,37
Y71-Σ4	1,19	1,74
Y73-Σ3	2,44	5,43
Y70-Σ5	0,48	0,73
Y82-Σ5	0,46	0,57
Y40-Σ3	0,33	0,6
Y52-Σ2	4,26	5,18
Y79-Σ5	0,81	0,76
Y35-Σ2	0,47	0,85
Y67-Σ1	0,43	0,36
Y24-Σ2	0,59	1,17
Y30-Σ3	0,61	1,07
Y82-Σ2	0,77	1,34
Y24-Σ5	1,04	1,09
Y53-Σ5	0,22	0,24
Y29-Σ3	0,56	1,03
Y74-Σ3	2,77	6,53
Y44-Σ2	0,63	1,06
Y76-Σ4	0,59	0,83
Y25-Σ5	0,83	0,84
Y29-Σ5	1	1,04
Y73-Σ5	0,91	1,39
Y57-Σ2	3,86	6,15
Y54-Σ3	0,32	0,31
Y71-Σ5	0,57	0,86
Y38-Σ5	0,46	0,57
Y30-Σ5	1	1,03
Y42-Σ2	0,5	0,87
Y72-Σ3	2,21	4,49
Y84-Σ2	0,76	0,9
Y36-Σ5	0,42	0,55
Y35-Σ3	0,36	0,64
Y31-Σ1	0,36	0,46
Y83-Σ2	1,13	1,42
Y32-Σ3	0,72	1,2
Y83-Σ3	0,52	0,7
Y30-Σ2	0,68	1,26
Y40-Σ5	0,44	0,56
Y41-Σ3	0,33	0,62
Y52-Σ3	2,38	3,17
Y28-Σ3	0,54	1,01
Y22-Σ5	1,08	1,14

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

Y38-Σ4	0,3	0,6
Y30-Σ1	0,38	0,48
Y75-Σ3	2,09	3,3
Y66-Σ5	0,66	1,02
Y52-Σ5	2,45	0,87
Y77-Σ4	0,72	1,01
Y57-Σ3	2,59	4,31
Y44-Σ5	0,52	0,63
Y66-Σ3	2,04	3,64
Y58-Σ1	0,64	0,51
Y24-Σ3	0,55	1,03
Y44-Σ3	0,41	0,77
Y64-Σ1	0,36	0,5
Y74-Σ5	1,07	1,6
Y52-Σ4	1,05	1,69
Y71-Σ1	0,46	0,43
Y26-Σ3	0,48	0,86
Y70-Σ3	1,87	2,25
Y29-Σ4	0,67	1,03
Y68-Σ1	0,42	0,35
Y63-Σ1	0,36	0,48
Y78-Σ5	1,01	1,02
Y61-Σ1	0,35	0,44
Y38-Σ3	0,33	0,59
Y53-Σ4	0,29	0,29
Y88-Σ2	0,89	0,83
Y71-Σ2	2,5	3,39
Y26-Σ4	0,57	0,85
Y70-Σ2	2,6	2,77
Y53-Σ3	0,32	0,32
Y36-Σ3	0,33	0,6
Y36-Σ4	0,31	0,6
Y74-Σ2	3,12	7,09
Y28-Σ4	0,65	1,01
Y54-Σ1	0,89	0,43
Y74-Σ4	2,1	4,21
Y44-Σ4	0,43	0,75
Y30-Σ4	0,72	1,05
Y73-Σ2	2,9	6,02
Y75-Σ2	2,7	4,1
T21-Σ1	0,81	0,13
T9-Σ5	1,78	0,19
T13-Σ5	0,87	0,19
T14-Σ5	0,82	0,06
T10-Σ5	1,3	0,2

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

T11-Σ5	0,81	0,19
T18-Σ4	1,78	0,37
T16-Σ4	0,87	0,37
T19-Σ4	0,82	0,37
T15-Σ4	1,3	0,36
T11-Σ3	0,34	0,5
T17-Σ4	1,34	0,37
T15-Σ3	0,84	0,5
T12-Σ5	0,74	0,19
T25-Σ2	1,95	0,58
T16-Σ3	0,83	0,17
T13-Σ4	0,62	0,12
T23-Σ2	1,77	0,58
T12-Σ3	1,32	0,51
T17-Σ1	0,66	0,12
T35-Σ2	0,09	0,19
T18-Σ1	0,34	0,12
T16-Σ1	0,2	0,12
T20-Σ1	0,45	0,12
T19-Σ1	1,13	0,12
T13-Σ3	0,12	0,51
T22-Σ2	0,2	0,58
T24-Σ2	0,05	0,58
T21-Σ2	0,2	0,58
T14-Σ3	0,22	0,51
Π6-Σ5	0,05	0,78
Π6-Σ4	0,12	1,58
Π8-Σ1	1,13	0,15
Π13-Σ3	0,2	2,91
Π8-Σ2	0,2	3,73
T26-Σ4	0,66	0,43
T31-Σ2	1,77	1,44
T22-Σ3	1,32	1,26
T21-Σ5	0,62	0,25
T32-Σ2	1,27	0,62
T23-Σ4	0,83	0,79
T23-Σ5	1,69	0,27
T24-Σ3	1,2	0,57
T10-Σ1	0,66	0,15
T24-Σ5	0,38	0,02
T23-Σ3	1,34	0,78
T11-Σ1	0,84	0,13
T22-Σ5	0,34	0,16
T25-Σ3	1,07	0,56
T24-Σ4	0,74	0,41

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

T33-Σ2	1,21	0,61
T34-Σ2	1,95	0,93
T25-Σ4	0,95	0,43
T7-Σ1	0,06	0,1
T27-Σ2	1,3	1,06
T18-Σ3	0,82	0,95
T19-Σ5	0,81	0,37
T9-Σ1	0,54	0,1
T4-Σ1	1,78	0,33
T21-Σ4	0,87	0,68
TY30-Σ1	0,22	2,09
TY28-Σ1	0,22	4,02
TY29-Σ1	0,22	2,16
Δ62-Σ1	0,22	2,63
Δ56-Σ1	0,76	1,17
Δ50-Σ1	0,22	3,34
TY15-Σ1	0,21	1,99
TY14-Σ1	0,21	1,13
TY12-Σ1	0,21	3,94
TY13-Σ1	0,73	5
TY22-Σ1	0,21	2,68

Μέθοδος q		
Δοκοί	Λ.Ε. Κάμψης	Λ.Ε. Διάτμησης
Δ101-Σ2	0,53	0,54
Δ72-Σ2	3,19	2,52
Δ28-Σ2	1,06	1,2
Δ37-Σ5	1,11	1,23
Δ94-Σ5	0,88	2
Δ110-Σ5	0,6	1,06
Δ105-Σ5	0,55	0,55
Δ106-Σ5	1,73	1,31
Δ49-Σ5	0,41	0,38
Δ5-Σ5	2,11	1,95
Δ73-Σ5	1,35	1,32
Δ74-Σ5	1,35	1,32
Δ48-Σ5	0,31	0,35
Δ104-Σ5	2,11	1,93
Δ105-Σ4	0,56	0,55
Δ37-Σ4	1,09	1,22
Δ104-Σ4	2,85	2,35
Δ103-Σ4	1,09	1,18
Δ5-Σ4	2,88	2,41
Δ3-Σ4	2,94	2,4

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

Δ33-Σ4	1,03	1,14
Δ101-Σ4	1,11	1,19
Δ31-Σ4	1,03	1,14
Δ30-Σ4	1,07	1,16
Δ9-Σ4	3,2	2,55
Δ10-Σ4	1,17	1,25
Δ35-Σ4	1,06	1,16
Δ1-Σ4	3,12	2,52
Δ102-Σ4	4	3,04
Δ2-Σ4	3,03	2,46
Δ34-Σ4	1,06	1,16
Δ11-Σ4	1,17	1,24
Δ42-Σ4	0,3	0,33
Δ72-Σ4	3,17	2,61
Δ40-Σ4	0,32	0,36
Δ100-Σ4	0,57	0,56
Δ39-Σ4	0,42	0,39
Δ41-Σ4	0,32	0,33
Δ43-Σ4	0,37	0,35
Δ28-Σ4	1,09	1,22
Δ29-Σ4	1,1	1,18
Δ47-Σ4	0,31	0,33
Δ48-Σ4	0,31	0,36
Δ46-Σ4	0,3	0,33
Δ45-Σ4	0,29	0,33
Δ49-Σ4	0,42	0,38
Δ44-Σ4	0,37	0,35
Δ39-Σ2	0,4	0,41
Δ40-Σ2	0,32	0,35
Δ29-Σ2	1,04	1,15
Δ9-Σ2	3,36	2,57
Δ41-Σ2	0,32	0,33
Δ30-Σ2	1,02	1,14
Δ10-Σ2	1,59	1,55
Δ102-Σ2	3,42	2,73
Δ43-Σ2	0,41	0,36
Δ33-Σ2	0,97	1,1
Δ44-Σ2	0,41	0,36
Δ103-Σ2	1,08	1,18
Δ2-Σ2	3,21	2,49
Δ45-Σ2	0,29	0,34
Δ34-Σ2	1,02	1,14
Δ11-Σ2	1,52	1,52
Δ42-Σ2	0,3	0,34
Δ1-Σ2	3,21	2,49

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

Δ31-Σ2	0,97	1,1
Δ47-Σ2	0,31	0,33
Δ49-Σ2	0,4	0,4
Δ106-Σ2	0,53	0,54
Δ104-Σ2	3,47	2,58
Δ35-Σ2	1,01	1,13
Δ105-Σ2	1,04	1,15
Δ37-Σ2	1,06	1,2
Δ46-Σ2	0,3	0,33
Δ5-Σ2	3,61	2,71
Δ48-Σ2	0,31	0,35
Δ3-Σ2	3,33	2,52
Δ99-Σ5	2,43	1,59
Δ100-Σ5	0,56	0,56
Δ72-Σ5	2,68	2,43
Δ39-Σ5	0,41	0,4
Δ87-Σ5	0,85	1,95
Δ107-Σ5	0,59	1,04
Δ28-Σ5	1,11	1,23
Δ29-Σ5	1,09	1,18
Δ40-Σ5	0,31	0,35
Δ88-Σ5	0,8	1,78
Δ9-Σ5	2,67	2,38
Δ43-Σ5	0,38	0,35
Δ42-Σ5	0,3	0,33
Δ108-Σ5	0,88	1,88
Δ30-Σ5	1,07	1,16
Δ10-Σ5	0,83	0,91
Δ31-Σ5	1,03	1,14
Δ102-Σ5	3,19	2,68
Δ89-Σ5	0,81	1,81
Δ101-Σ5	1,11	1,19
Δ44-Σ5	0,38	0,35
Δ41-Σ5	0,31	0,33
Δ11-Σ5	0,83	0,91
Δ90-Σ5	0,8	1,81
Δ2-Σ5	2,3	2,09
Δ45-Σ5	0,29	0,33
Δ91-Σ5	0,79	1,77
Δ46-Σ5	0,3	0,33
Δ47-Σ5	0,31	0,32
Δ109-Σ5	0,82	1,82
Δ1-Σ5	2,4	2,17
Δ34-Σ5	1,06	1,16
Δ93-Σ5	0,81	1,8

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

Δ33-Σ5	1,03	1,14
Δ35-Σ5	1,06	1,16
Δ103-Σ5	1,09	1,18
Δ3-Σ5	2,2	2
Δ92-Σ5	0,8	1,79
Δ74-Σ2	0,33	0,27
Δ74-Σ4	0,37	0,28
Δ31-Σ1	0,85	0,54
Δ74-Σ3	0,39	0,3
Δ11-Σ1	0,19	0,2
Δ73-Σ3	0,4	0,31
Δ73-Σ4	0,37	0,28
Δ12-Σ1	0,19	0,19
Δ73-Σ2	0,33	0,27
Δ46-Σ1	1,04	1,15
Δ49-Σ1	1,04	1,16
Δ45-Σ1	1,04	1,14
Δ48-Σ1	1,06	1,15
Δ47-Σ1	1,05	1,15
Δ57-Σ1	0,77	0,96
Δ64-Σ1	0,29	0,38
Δ66-Σ1	0,32	0,33
Δ54-Σ1	0,8	1,96
Δ53-Σ1	0,79	1,92
Δ55-Σ1	0,81	1,98
Δ67-Σ1	0,28	0,39
Δ51-Σ1	0,74	1,81
Δ52-Σ1	0,79	1,9
Δ63-Σ1	0,85	0,54
Δ65-Σ1	0,32	0,34
Δ58-Σ1	1,04	1,15
Δ61-Σ1	0,86	1,03
Δ59-Σ1	1,03	1,14
Δ60-Σ1	1,05	1,16
Δ68-Σ1	0,55	0,47
Δ28-Σ1	0,29	0,38
Δ7-Σ1	1,03	1,14
Δ22-Σ1	0,84	1,02
Δ27-Σ1	0,53	0,45
Δ23-Σ1	1,06	1,17
Δ44-Σ1	0,93	1,04
Δ8-Σ1	0,73	0,87
Δ25-Σ1	0,77	0,96
Δ24-Σ1	1,05	1,16
Δ29-Σ1	0,29	0,33

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

Δ30-Σ1	0,29	0,38
Δ9-Σ1	0,7	0,82
Δ102-Σ3	4,14	3,09
Δ2-Σ3	3	2,44
Δ1-Σ3	3,06	2,48
Δ101-Σ3	1,11	1,19
Δ33-Σ3	1,04	1,14
Δ31-Σ3	1,03	1,14
Δ46-Σ3	0,3	0,33
Δ34-Σ3	1,06	1,16
Δ11-Σ3	1,36	1,39
Δ29-Σ3	1,09	1,18
Δ30-Σ3	1,07	1,16
Δ40-Σ3	0,31	0,35
Δ10-Σ3	1,37	1,4
Δ39-Σ3	0,41	0,4
Δ9-Σ3	3,19	2,54
Δ41-Σ3	0,31	0,33
Δ28-Σ3	1,1	1,23
Δ72-Σ3	3,03	2,52
Δ100-Σ3	0,56	0,56
Δ43-Σ3	0,37	0,35
Δ104-Σ3	3,01	2,39
Δ45-Σ3	0,29	0,33
Δ3-Σ3	2,97	2,4
Δ47-Σ3	0,31	0,33
Δ44-Σ3	0,37	0,35
Δ103-Σ3	1,09	1,18
Δ42-Σ3	0,3	0,33
Δ35-Σ3	1,06	1,16
Δ49-Σ3	0,41	0,39
Δ48-Σ3	0,31	0,35
Δ37-Σ3	1,1	1,22
Δ105-Σ3	0,55	0,55
Δ5-Σ3	3,07	2,49
Δ109-Σ2	1,34	2,52
Δ94-Σ3	1,36	2,69
Δ108-Σ3	1,21	2,42
Δ92-Σ3	1,15	2,36
Δ90-Σ2	1,2	2,35
Δ92-Σ4	1,09	2,3
Δ37-Σ1	0,79	1,89
Δ107-Σ3	0,97	1,82
Δ36-Σ1	0,77	1,89
Δ87-Σ2	1,32	2,58

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

Δ110-Σ2	1,42	2,57
Δ89-Σ4	1,07	2,28
Δ89-Σ2	1,21	2,37
Δ111-Σ2	1,45	2,2
Δ93-Σ2	1,34	2,49
Δ94-Σ4	1,24	2,56
Δ89-Σ3	1,12	2,34
Δ92-Σ2	1,26	2,41
Δ110-Σ3	1,12	1,97
Δ110-Σ4	0,99	1,86
Δ91-Σ4	1,07	2,28
Δ108-Σ4	1,17	2,39
Δ39-Σ1	0,74	1,81
Δ38-Σ1	0,79	1,88
Δ99-Σ3	2,16	1,82
Δ93-Σ3	1,2	2,41
Δ88-Σ3	1,14	2,34
Δ91-Σ2	1,21	2,35
Δ109-Σ4	1,15	2,36
Δ109-Σ3	1,26	2,47
Δ93-Σ4	1,12	2,33
Δ106-Σ3	2,68	2,11
Δ107-Σ4	0,91	1,77
Δ88-Σ4	1,09	2,29
Δ88-Σ2	1,24	2,39
Δ90-Σ4	1,06	2,27
Δ90-Σ3	1,11	2,33
Δ94-Σ2	1,56	2,82
Δ87-Σ3	1,2	2,52
Δ107-Σ2	3,44	2,57
Δ108-Σ2	1,13	1,95
Δ99-Σ4	2,14	1,8
Δ87-Σ4	1,14	2,46
Δ106-Σ4	2,27	1,87
Δ100-Σ2	2,15	1,92
Δ91-Σ3	1,12	2,32

Παράρτημα 3β) : Λόγοι Επάρκειας ΡΑΦ , Μέθοδος m , Υφιστάμενος Φορέας

Μέθοδος m		
Υ/Σ-Τοιχ.	Λ.Ε. Κάμψης	Λ.Ε. Διάτμησης
Υ80-Σ2	0,67	0,93
Υ85-Σ2	0,48	0,92
Υ53-Σ2	0,22	0,26
Υ86-Σ2	0,6	0,97
Υ81-Σ3	0,43	0,62
Υ28-Σ2	0,47	0,9
Υ42-Σ3	0,34	0,59
Υ32-Σ1	0,38	0,49
Υ32-Σ2	0,85	1,32
Υ80-Σ3	0,29	0,5
Υ40-Σ2	0,41	0,73
Υ32-Σ5	0,54	0,64
Υ54-Σ2	0,2	0,24
Υ27-Σ1	0,43	0,42
Υ82-Σ4	0,31	0,55
Υ26-Σ1	0,47	0,48
Υ79-Σ4	0,56	0,68
Υ37-Σ5	0,2	0,33
Υ87-Σ2	1,26	1,22
Υ81-Σ4	0,31	0,56
Υ13-Σ1	0,14	0,09
Υ10-Σ1	0,5	0,01
Υ14-Σ1	0,13	0,08
Υ38-Σ2	0,41	0,72
Υ42-Σ4	0,28	0,5
Υ22-Σ4	0,41	0,71
Υ54-Σ4	0,12	0,15
Υ83-Σ5	0,24	0,29
Υ78-Σ3	0,51	0,86
Υ78-Σ4	0,47	0,72
Υ79-Σ3	0,58	0,79
Υ41-Σ4	0,25	0,46
Υ80-Σ4	0,31	0,47
Υ83-Σ4	0,46	0,59
Υ82-Σ3	0,37	0,65
Υ37-Σ2	0,42	0,74
Υ32-Σ4	0,54	0,82
Υ29-Σ1	0,43	0,41
Υ80-Σ5	0,18	0,25

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

Υ77-Σ3	0,69	0,87
Υ77-Σ5	0,57	0,62
Υ36-Σ2	0,45	0,79
Υ72-Σ4	0,8	1,27
Υ41-Σ2	0,44	0,76
Υ82-Σ5	0,23	0,35
Υ12-Σ1	1,91	0,04
Υ76-Σ3	0,39	0,62
Υ81-Σ5	0,34	0,6
Υ54-Σ3	0,12	0,17
Υ22-Σ3	0,45	0,82
Υ41-Σ5	0,19	0,31
Υ35-Σ5	0,24	0,38
Υ22-Σ2	0,59	1,08
Υ26-Σ5	0,45	0,59
Υ29-Σ2	0,51	0,94
Υ24-Σ1	0,06	0,03
Υ28-Σ1	0,42	0,4
Υ52-Σ2	3,47	2,23
Υ75-Σ4	0,87	1,02
Υ33-Σ1	0,38	0,47
Υ79-Σ5	0,4	0,4
Υ76-Σ5	0,36	0,38
Υ71-Σ4	0,67	0,92
Υ24-Σ2	0,53	0,98
Υ35-Σ2	0,51	0,89
Υ75-Σ5	1,13	0,65
Υ73-Σ3	1,27	2
Υ54-Σ5	0,19	0,18
Υ24-Σ5	0,46	0,57
Υ70-Σ5	0,36	0,45
Υ36-Σ5	0,2	0,33
Υ44-Σ2	0,73	1,13
Υ31-Σ1	0,38	0,5
Υ72-Σ3	1,16	1,74
Υ25-Σ5	0,46	0,59
Υ30-Σ5	0,45	0,57
Υ57-Σ5	1,46	0,59
Υ29-Σ5	0,43	0,57
Υ73-Σ5	0,51	0,82
Υ83-Σ2	1,11	1,25
Υ53-Σ5	0,2	0,19
Υ30-Σ1	0,4	0,53
Υ40-Σ5	0,19	0,32
Υ38-Σ4	0,24	0,43

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

Y82-Σ2	0,72	1,15
Y22-Σ5	0,51	0,65
Y42-Σ2	0,51	0,86
Y57-Σ2	3,06	2,84
Y38-Σ5	0,19	0,32
Y74-Σ3	1,42	2,47
Y29-Σ3	0,39	0,73
Y35-Σ3	0,37	0,58
Y30-Σ3	0,44	0,79
Y84-Σ2	0,72	0,89
Y78-Σ5	0,48	0,57
Y30-Σ2	0,61	1,04
Y28-Σ3	0,37	0,7
Y32-Σ3	0,61	1
Y52-Σ3	1,78	1,33
Y77-Σ4	0,42	0,55
Y66-Σ5	0,4	0,61
Y44-Σ5	0,29	0,41
Y72-Σ5	0,45	0,71
Y70-Σ3	1,19	1,13
Y28-Σ5	0,43	0,57
Y52-Σ5	1,88	0,47
Y74-Σ5	0,59	0,93
Y37-Σ3	0,33	0,49
Y41-Σ3	0,33	0,53
Y75-Σ3	1,35	1,4
Y83-Σ3	0,47	0,66
Y66-Σ3	1,08	1,49
Y57-Σ3	1,89	1,69
Y58-Σ1	0,34	0,06
Y76-Σ4	0,41	0,56
Y68-Σ1	0,43	0,41
Y60-Σ1	0,12	0,01
Y62-Σ1	0,38	0,49
Y35-Σ4	0,28	0,52
Y26-Σ3	0,37	0,7
Y52-Σ4	0,55	0,93
Y40-Σ4	0,24	0,44
Y69-Σ1	0,43	0,46
Y29-Σ4	0,37	0,63
Y55-Σ1	1	0,05
Y57-Σ4	1,03	1,18
Y65-Σ1	0,41	0,63
Y64-Σ1	0,38	0,58
Y56-Σ1	0,76	0,05

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

Υ24-Σ3	0,39	0,73
Υ63-Σ1	0,38	0,53
Υ71-Σ1	0,46	0,59
Υ61-Σ1	0,38	0,47
Υ38-Σ3	0,33	0,48
Υ67-Σ1	0,43	0,41
Υ25-Σ2	0,51	0,95
Υ59-Σ1	0,15	0,06
Υ44-Σ3	0,43	0,75
Υ70-Σ1	0,43	0,51
Υ66-Σ2	1,31	1,54
Υ37-Σ4	0,24	0,44
Υ72-Σ2	1,31	1,79
Υ66-Σ4	0,72	1,09
Υ70-Σ4	0,65	0,81
Υ57-Σ1	0,54	0,05
Υ28-Σ4	0,35	0,62
Υ30-Σ4	0,42	0,68
Υ24-Σ4	0,37	0,64
Υ25-Σ4	0,36	0,62
Υ36-Σ4	0,25	0,46
Υ44-Σ4	0,37	0,64
Υ71-Σ3	1,11	1,27
Υ42-Σ5	0,21	0,33
Υ75-Σ2	1,8	1,53
Υ70-Σ2	1,74	1,2
Υ73-Σ2	1,37	2,1
Υ25-Σ3	0,38	0,71
Υ53-Σ3	0,13	0,17
Υ53-Σ4	0,13	0,16
Υ71-Σ2	1,48	1,31
Υ40-Σ3	0,33	0,5
Υ74-Σ4	1,06	1,66
Υ26-Σ2	0,48	0,92
Υ25-Σ1	0,06	0,01
Υ26-Σ4	0,35	0,61
Υ36-Σ3	0,33	0,52
Υ54-Σ1	0,57	0,04
Υ74-Σ2	1,46	2,73
Υ88-Σ2	1,3	0,97
Υ73-Σ4	0,91	1,46
Υ71-Σ5	0,36	0,51
Υ74-Σ1	0,41	0,04
Π8-Σ1	1,53	0,03
Π6-Σ4	0,13	1,28

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

Π8-Σ2	0,44	2,67
Π13-Σ3	0,22	2,01
Π6-Σ5	0,06	0,73
T19-Σ5	0,21	0,57
T4-Σ1	0,55	0,18
T21-Σ4	0,4	1,08
T23-Σ4	1,07	1,18
T21-Σ5	0,8	0,41
T31-Σ2	1,85	1,96
T22-Σ3	1,55	1,76
T10-Σ1	0,37	0,03
T23-Σ3	1,35	0,94
T22-Σ5	0,46	0,21
T11-Σ1	0,53	0,03
T24-Σ4	0,86	0,56
T34-Σ2	1,74	1,07
T18-Σ3	0,63	1,45
T27-Σ2	0,75	1,81
T13-Σ5	0,18	0,12
T11-Σ5	0,15	0,12
T10-Σ5	0,14	0,12
T16-Σ4	0,31	0,25
T15-Σ4	0,35	0,25
T19-Σ4	0,17	0,27
T15-Σ3	0,59	0,38
T9-Σ5	0,1	0,13
T25-Σ2	0,76	0,45
T9-Σ1	0,33	0,03
T11-Σ3	0,25	0,42
T12-Σ5	0,16	0,12
T17-Σ4	0,24	0,26
T18-Σ4	0,19	0,27
T13-Σ4	0,37	0,25
T12-Σ3	0,29	0,41
T26-Σ4	0,36	0,27
T16-Σ3	0,56	0,34
T14-Σ5	0,21	0,13
T32-Σ2	0,98	0,49
T24-Σ3	0,65	0,42
T23-Σ5	0,19	0,16
T33-Σ2	0,64	0,52
T24-Σ5	0,03	0,02
T25-Σ3	0,56	0,42
T23-Σ2	0,48	0,47
T35-Σ2	0,66	0,38

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

T25-Σ4	0,34	0,28
T7-Σ1	0,04	0,03
T22-Σ2	0,36	0,49
T13-Σ3	0,39	0,4
T16-Σ1	0,05	0,03
T18-Σ1	0,04	0,03
T20-Σ1	0,03	0,03
T24-Σ2	0,6	0,46
T17-Σ1	0,04	0,03
T21-Σ2	0,26	0,51
T19-Σ1	0,03	0,03
T21-Σ1	0,03	0,03
T14-Σ3	0,49	0,38

Μέθοδος m		
Δοκοί	Λ.Ε. Κάμψης	Λ.Ε. Διάτμησης
Δ101-Σ2	0,57	0,55
Δ72-Σ2	0,75	0,9
Δ28-Σ2	1,04	1,21
Δ37-Σ5	1,11	1,25
Δ94-Σ5	0,8	1,76
Δ110-Σ5	0,39	0,85
Δ105-Σ5	0,57	0,55
Δ106-Σ5	0,33	0,37
Δ49-Σ5	0,31	0,39
Δ5-Σ5	0,64	0,76
Δ73-Σ5	1,23	1,22
Δ74-Σ5	1,24	1,22
Δ48-Σ5	0,3	0,33
Δ104-Σ5	0,57	0,7
Δ105-Σ4	0,59	0,56
Δ37-Σ4	1,09	1,23
Δ104-Σ4	0,59	0,74
Δ103-Σ4	1,06	1,16
Δ5-Σ4	0,64	0,81
Δ3-Σ4	0,57	0,73
Δ33-Σ4	1,05	1,15
Δ101-Σ4	1,09	1,18
Δ31-Σ4	1,05	1,15
Δ30-Σ4	1,06	1,16
Δ9-Σ4	0,58	0,74
Δ10-Σ4	0,6	0,8
Δ35-Σ4	1,06	1,16
Δ1-Σ4	0,57	0,73

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

Δ102-Σ4	2,45	1,87
Δ2-Σ4	0,57	0,73
Δ34-Σ4	1,06	1,16
Δ11-Σ4	0,59	0,79
Δ42-Σ4	0,3	0,34
Δ72-Σ4	0,61	0,8
Δ40-Σ4	0,3	0,34
Δ100-Σ4	0,6	0,56
Δ39-Σ4	0,3	0,41
Δ41-Σ4	0,3	0,33
Δ43-Σ4	0,33	0,35
Δ28-Σ4	1,09	1,24
Δ29-Σ4	1,07	1,16
Δ47-Σ4	0,3	0,33
Δ48-Σ4	0,3	0,34
Δ46-Σ4	0,3	0,33
Δ45-Σ4	0,29	0,34
Δ49-Σ4	0,31	0,39
Δ44-Σ4	0,33	0,34
Δ39-Σ2	0,3	0,42
Δ40-Σ2	0,3	0,35
Δ29-Σ2	1,01	1,13
Δ9-Σ2	0,7	0,83
Δ41-Σ2	0,3	0,35
Δ30-Σ2	1,01	1,13
Δ10-Σ2	0,74	0,92
Δ102-Σ2	1,97	1,74
Δ43-Σ2	0,35	0,37
Δ33-Σ2	0,99	1,11
Δ44-Σ2	0,36	0,36
Δ103-Σ2	1,06	1,16
Δ2-Σ2	0,68	0,81
Δ45-Σ2	0,3	0,35
Δ34-Σ2	1,01	1,13
Δ11-Σ2	0,72	0,9
Δ42-Σ2	0,3	0,35
Δ1-Σ2	0,67	0,81
Δ31-Σ2	0,99	1,11
Δ47-Σ2	0,3	0,35
Δ49-Σ2	0,3	0,4
Δ106-Σ2	0,56	0,54
Δ104-Σ2	0,78	0,88
Δ35-Σ2	1,01	1,13
Δ105-Σ2	1,01	1,13
Δ37-Σ2	1,04	1,2

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

Δ46-Σ2	0,3	0,35
Δ5-Σ2	0,88	0,99
Δ48-Σ2	0,3	0,35
Δ3-Σ2	0,72	0,84
Δ99-Σ5	0,34	0,39
Δ100-Σ5	0,58	0,55
Δ72-Σ5	0,64	0,8
Δ39-Σ5	0,3	0,4
Δ87-Σ5	0,8	1,73
Δ107-Σ5	0,36	0,83
Δ28-Σ5	1,11	1,25
Δ29-Σ5	1,06	1,16
Δ40-Σ5	0,3	0,33
Δ88-Σ5	0,72	1,56
Δ9-Σ5	0,57	0,74
Δ43-Σ5	0,35	0,35
Δ42-Σ5	0,3	0,33
Δ108-Σ5	1	1,74
Δ30-Σ5	1,06	1,16
Δ10-Σ5	0,43	0,55
Δ31-Σ5	1,04	1,14
Δ102-Σ5	2,26	1,77
Δ89-Σ5	0,73	1,56
Δ101-Σ5	1,1	1,18
Δ44-Σ5	0,35	0,34
Δ41-Σ5	0,3	0,33
Δ11-Σ5	0,44	0,55
Δ90-Σ5	0,72	1,56
Δ2-Σ5	0,57	0,71
Δ45-Σ5	0,29	0,33
Δ91-Σ5	0,72	1,54
Δ46-Σ5	0,3	0,33
Δ47-Σ5	0,3	0,33
Δ109-Σ5	0,73	1,58
Δ1-Σ5	0,57	0,71
Δ34-Σ5	1,06	1,16
Δ93-Σ5	0,73	1,56
Δ33-Σ5	1,04	1,14
Δ35-Σ5	1,06	1,16
Δ103-Σ5	1,06	1,16
Δ3-Σ5	0,57	0,7
Δ92-Σ5	0,73	1,55
Δ74-Σ2	0,25	0,21
Δ74-Σ4	0,21	0,2
Δ31-Σ1	0,65	0,46

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

Δ74-Σ3	0,22	0,2
Δ11-Σ1	0,15	0,16
Δ73-Σ3	0,22	0,2
Δ73-Σ4	0,22	0,2
Δ12-Σ1	0,14	0,16
Δ73-Σ2	0,25	0,21
Δ46-Σ1	0,44	0,61
Δ49-Σ1	0,45	0,63
Δ45-Σ1	0,42	0,58
Δ48-Σ1	0,44	0,63
Δ47-Σ1	0,44	0,62
Δ57-Σ1	0,81	1,01
Δ64-Σ1	0,28	0,36
Δ66-Σ1	0,3	0,33
Δ54-Σ1	0,81	1,8
Δ53-Σ1	0,8	1,78
Δ55-Σ1	0,79	1,81
Δ67-Σ1	0,29	0,36
Δ51-Σ1	0,77	1,71
Δ52-Σ1	0,8	1,77
Δ63-Σ1	0,65	0,46
Δ65-Σ1	0,3	0,33
Δ58-Σ1	1,01	1,15
Δ61-Σ1	0,85	1,05
Δ59-Σ1	1,01	1,13
Δ60-Σ1	1,01	1,15
Δ68-Σ1	0,57	0,44
Δ28-Σ1	0,28	0,36
Δ7-Σ1	0,44	0,62
Δ22-Σ1	0,83	1,03
Δ27-Σ1	0,56	0,43
Δ23-Σ1	1,01	1,15
Δ44-Σ1	0,43	0,61
Δ8-Σ1	0,46	0,65
Δ25-Σ1	0,81	1,01
Δ24-Σ1	1,01	1,15
Δ29-Σ1	0,29	0,33
Δ30-Σ1	0,28	0,36
Δ9-Σ1	0,43	0,61
Δ102-Σ3	2,67	1,99
Δ2-Σ3	0,64	0,78
Δ1-Σ3	0,63	0,78
Δ101-Σ3	1,08	1,17
Δ33-Σ3	1,05	1,15
Δ31-Σ3	1,05	1,15

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

Δ46-Σ3	0,3	0,34
Δ34-Σ3	1,06	1,16
Δ11-Σ3	0,66	0,83
Δ29-Σ3	1,06	1,16
Δ30-Σ3	1,06	1,16
Δ40-Σ3	0,3	0,34
Δ10-Σ3	0,67	0,84
Δ39-Σ3	0,3	0,41
Δ9-Σ3	0,65	0,79
Δ41-Σ3	0,3	0,34
Δ28-Σ3	1,1	1,24
Δ72-Σ3	0,68	0,85
Δ100-Σ3	0,59	0,56
Δ43-Σ3	0,32	0,35
Δ104-Σ3	0,7	0,82
Δ45-Σ3	0,29	0,34
Δ3-Σ3	0,66	0,79
Δ47-Σ3	0,3	0,34
Δ44-Σ3	0,32	0,35
Δ103-Σ3	1,06	1,16
Δ42-Σ3	0,3	0,34
Δ35-Σ3	1,06	1,16
Δ49-Σ3	0,31	0,39
Δ48-Σ3	0,3	0,34
Δ37-Σ3	1,09	1,24
Δ105-Σ3	0,59	0,55
Δ5-Σ3	0,77	0,9
Δ109-Σ2	1,3	2,38
Δ94-Σ3	1	2,31
Δ108-Σ3	1,16	2,17
Δ92-Σ3	0,85	2,01
Δ90-Σ2	0,85	1,99
Δ92-Σ4	0,84	1,94
Δ37-Σ1	0,8	1,77
Δ107-Σ3	0,67	1,53
Δ36-Σ1	0,79	1,77
Δ87-Σ2	0,98	2,23
Δ110-Σ2	1,01	2,16
Δ89-Σ4	0,84	1,93
Δ89-Σ2	0,87	2,01
Δ111-Σ2	0,99	1,82
Δ93-Σ2	0,95	2,09
Δ94-Σ4	0,93	2,19
Δ89-Σ3	0,84	1,99
Δ92-Σ2	0,88	2,03

Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

Δ110-Σ3	0,8	1,66
Δ110-Σ4	0,68	1,54
Δ91-Σ4	0,84	1,92
Δ108-Σ4	1,17	2,14
Δ39-Σ1	0,76	1,71
Δ38-Σ1	0,8	1,76
Δ99-Σ3	0,59	0,72
Δ93-Σ3	0,85	2,05
Δ88-Σ3	0,84	2
Δ91-Σ2	0,86	2
Δ109-Σ4	0,85	2
Δ109-Σ3	0,9	2,1
Δ93-Σ4	0,85	1,97
Δ106-Σ3	0,73	0,81
Δ107-Σ4	0,59	1,46
Δ88-Σ4	0,84	1,94
Δ88-Σ2	0,89	2,04
Δ90-Σ4	0,84	1,92
Δ90-Σ3	0,84	1,98
Δ94-Σ2	1,13	2,39
Δ87-Σ3	0,92	2,19
Δ107-Σ2	0,94	0,98
Δ108-Σ2	0,81	1,63
Δ99-Σ4	0,56	0,7
Δ87-Σ4	0,92	2,12
Δ106-Σ4	0,63	0,75
Δ100-Σ2	0,74	0,83
Δ91-Σ3	0,84	1,99

Παράρτημα 4) : Τοπικοί Δείκτες m , Υφιστάμενου Φορέα

Δ11-Σ1	1.67	Υ24-Σ2	1.02
Τ17-Σ1	1.38	Υ29-Σ2	1.02
Υ28-Σ2	1.02	Υ24-Σ5	1.36
Υ32-Σ1	1.01	Υ44-Σ2	1.01
Υ40-Σ2	1.01	Υ25-Σ5	1.36
Δ74-Σ2	1.67	Υ42-Σ2	1.01
Υ27-Σ1	1.01	Υ40-Σ1	1.31
Υ33-Σ1	1.01	Υ57-Σ2	1.35
Δ102-Σ2	1.75	Υ29-Σ5	1.36
Δ104-Σ2	1.75	Υ83-Σ2	1.13
Π8-Σ1	1.03	Υ29-Σ3	1.07
Δ35-Σ2	1.78	Υ84-Σ2	1.08
Δ105-Σ2	1.78	Υ31-Σ1	1.01
Δ37-Σ2	1.78	Υ82-Σ2	1.02
Δ46-Σ2	1.77	Υ30-Σ1	1.01
Δ5-Σ2	1.75	Υ22-Σ5	1.34
Δ48-Σ2	1.77	Δ73-Σ2	1.67
Δ3-Σ2	1.75	Τ18-Σ3	1.43
Δ28-Σ2	1.78	Υ30-Σ2	1.02
ΤΥ22-Σ1	1.01	Τ27-Σ2	1.42
ΤΥ30-Σ1	1.01	Υ24-Σ3	1.07
ΤΥ28-Σ1	1.01	Υ68-Σ1	1.01
ΤΥ29-Σ1	1.01	Υ63-Σ1	1.01
Δ46-Σ1	1.75	Υ61-Σ1	1.01
Υ12-Σ1	1.33	Υ69-Σ1	1.01
Δ74-Σ3	1.67	Υ71-Σ1	1.01
Τ7-Σ1	1.38	Υ64-Σ1	1.01
Δ47-Σ2	1.77	Υ67-Σ1	1.01
Υ26-Σ1	1.01	Υ66-Σ2	1.37
Τ23-Σ3	1.41	Υ55-Σ1	1.35
Υ42-Σ3	1.01	Υ58-Σ1	1.37
Υ54-Σ2	1.17	Υ60-Σ1	1.41
Δ49-Σ2	1.77	Υ25-Σ2	1.02
Υ10-Σ1	1.37	Υ70-Σ1	1.01
Δ106-Σ2	1.78	Υ59-Σ1	1.37
Υ13-Σ1	1.14	Υ62-Σ1	1.01
Τ23-Σ2	1.41	Υ65-Σ1	1.01
Δ74-Σ4	1.67	Υ56-Σ1	1.35
Τ11-Σ1	1.38	Υ72-Σ1	1.27
Υ14-Σ1	1.15	Υ24-Σ4	1.20



Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

T18-Σ1	1.39	Y57-Σ1	1.36
T12-Σ3	1.43	Y66-Σ1	1.31
Δ12-Σ1	1.67	Δ49-Σ1	1.75
T34-Σ2	1.40	T16-Σ1	1.37
Y24-Σ1	1.01	Δ45-Σ1	1.75
Y29-Σ1	1.01	Δ48-Σ1	1.75
Δ73-Σ4	1.67	Δ47-Σ1	1.75
T25-Σ4	1.45	T20-Σ1	1.41
Y23-Σ1	1.01	T21-Σ1	1.43
TY15-Σ1	1.01	T19-Σ1	1.40
TY14-Σ1	1.01	Δ57-Σ1	1.78
TY12-Σ1	1.01	Δ64-Σ1	1.77
Δ39-Σ2	1.77	Δ66-Σ1	1.77
Δ40-Σ2	1.77	Δ54-Σ1	1.80
Δ29-Σ2	1.78	Δ53-Σ1	1.80
Δ9-Σ2	1.75	Δ55-Σ1	1.80
Δ41-Σ2	1.77	Δ67-Σ1	1.77
Δ30-Σ2	1.78	Δ51-Σ1	1.80
Δ10-Σ2	1.75	Δ52-Σ1	1.80
TY13-Σ1	1.01	Δ63-Σ1	1.77
Δ43-Σ2	1.77	Δ65-Σ1	1.77
Δ33-Σ2	1.78	Δ58-Σ1	1.78
Δ44-Σ2	1.77	Δ61-Σ1	1.78
Δ103-Σ2	1.78	Δ59-Σ1	1.78
Δ2-Σ2	1.75	Δ60-Σ1	1.78
Δ45-Σ2	1.77	Δ68-Σ1	1.77
Δ34-Σ2	1.78	Δ28-Σ1	1.77
Δ11-Σ2	1.75	Δ7-Σ1	1.75
Δ42-Σ2	1.77	Δ22-Σ1	1.78
Δ1-Σ2	1.75	Δ27-Σ1	1.77
Δ31-Σ2	1.78	Δ23-Σ1	1.78
Y32-Σ2	1.01	Δ44-Σ1	1.76
Y38-Σ2	1.01	Δ8-Σ1	1.75
Y36-Σ2	1.01	Δ25-Σ1	1.78
Y41-Σ2	1.01	Δ24-Σ1	1.78
Y81-Σ3	1.01	Δ29-Σ1	1.77
Y75-Σ4	1.41	Δ30-Σ1	1.77
Π6v3-Σ4	1.40	Δ9-Σ1	1.75
Y26-Σ4	1.21	Δ102-Σ3	1.75
Π13v2-Σ3	1.36	Δ2-Σ3	1.75
T14-Σ3	1.44	Δ1-Σ3	1.75
Π13-Σ3	1.03	Δ101-Σ3	1.79
Y26-Σ2	1.02	Δ33-Σ3	1.79
Δ101-Σ2	1.78	Δ31-Σ3	1.79
Δ72-Σ2	1.76	Δ46-Σ3	1.77
Δ37-Σ5	1.79	Δ34-Σ3	1.80



Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

Δ94-Σ5	1.81	Δ11-Σ3	1.76
Δ110-Σ5	1.81	Δ29-Σ3	1.79
Δ105-Σ5	1.79	Δ30-Σ3	1.79
Δ106-Σ5	1.77	Δ40-Σ3	1.77
Δ49-Σ5	1.77	Δ10-Σ3	1.75
Δ5-Σ5	1.75	Δ39-Σ3	1.77
Δ73-Σ5	1.84	Δ9-Σ3	1.75
Δ74-Σ5	1.84	Δ41-Σ3	1.77
Δ48-Σ5	1.77	Δ28-Σ3	1.79
Δ104-Σ5	1.75	Δ72-Σ3	1.76
Δ105-Σ4	1.79	Δ100-Σ3	1.79
Δ37-Σ4	1.79	Δ43-Σ3	1.77
Δ104-Σ4	1.75	Δ104-Σ3	1.75
Δ103-Σ4	1.80	Δ45-Σ3	1.77
Δ5-Σ4	1.75	Δ3-Σ3	1.75
Δ3-Σ4	1.75	Δ47-Σ3	1.77
Δ33-Σ4	1.79	Δ44-Σ3	1.77
Δ101-Σ4	1.79	Δ103-Σ3	1.80
Δ31-Σ4	1.79	Δ42-Σ3	1.77
Δ30-Σ4	1.79	Δ35-Σ3	1.79
Δ9-Σ4	1.75	Δ49-Σ3	1.77
Δ10-Σ4	1.75	Δ48-Σ3	1.77
Δ35-Σ4	1.79	Δ37-Σ3	1.79
Δ1-Σ4	1.75	Δ105-Σ3	1.79
Δ102-Σ4	1.75	Δ5-Σ3	1.75
Δ2-Σ4	1.75	Δ109-Σ2	1.80
Δ34-Σ4	1.80	Δ94-Σ3	1.81
Δ11-Σ4	1.76	Δ108-Σ3	1.81
Δ42-Σ4	1.77	Δ92-Σ3	1.81
Δ72-Σ4	1.76	Δ90-Σ2	1.80
Δ40-Σ4	1.77	Δ92-Σ4	1.81
Δ100-Σ4	1.79	Δ37-Σ1	1.80
Δ39-Σ4	1.77	Δ107-Σ3	1.81
Δ41-Σ4	1.77	Δ36-Σ1	1.80
Δ43-Σ4	1.77	Δ87-Σ2	1.80
Δ28-Σ4	1.79	Δ110-Σ2	1.80
Δ29-Σ4	1.79	Δ89-Σ4	1.81
Δ47-Σ4	1.77	Δ89-Σ2	1.80
Δ48-Σ4	1.77	Δ111-Σ2	1.80
Δ46-Σ4	1.77	Δ93-Σ2	1.80
Δ45-Σ4	1.77	Δ94-Σ4	1.81
Δ49-Σ4	1.77	Δ89-Σ3	1.81
Δ44-Σ4	1.77	Δ92-Σ2	1.80
Π6v1-Σ4	1.41	Δ110-Σ3	1.81
Δ99-Σ5	1.77	Δ110-Σ4	1.81
Δ100-Σ5	1.79	Δ91-Σ4	1.81



Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

Δ72-Σ5	1.76	Δ108-Σ4	1.81
Δ39-Σ5	1.77	Δ39-Σ1	1.80
Δ87-Σ5	1.81	Δ38-Σ1	1.80
Δ107-Σ5	1.81	Δ99-Σ3	1.77
Δ28-Σ5	1.79	Δ93-Σ3	1.81
Δ29-Σ5	1.79	Δ88-Σ3	1.81
Δ40-Σ5	1.77	Δ91-Σ2	1.80
Δ88-Σ5	1.81	Δ109-Σ4	1.81
Δ9-Σ5	1.75	Δ109-Σ3	1.81
Δ43-Σ5	1.77	Δ93-Σ4	1.81
Δ42-Σ5	1.77	Δ106-Σ3	1.77
Δ108-Σ5	1.81	Δ107-Σ4	1.81
Δ30-Σ5	1.79	Δ88-Σ4	1.81
Δ10-Σ5	1.75	Δ88-Σ2	1.80
Δ31-Σ5	1.79	Δ90-Σ4	1.81
Δ102-Σ5	1.75	Δ90-Σ3	1.81
Δ89-Σ5	1.81	Δ94-Σ2	1.80
Δ101-Σ5	1.79	Δ87-Σ3	1.81
Δ44-Σ5	1.77	Δ107-Σ2	1.75
Δ41-Σ5	1.77	Δ108-Σ2	1.80
Δ11-Σ5	1.76	Δ99-Σ4	1.77
Δ90-Σ5	1.81	Δ87-Σ4	1.81
Δ2-Σ5	1.75	Δ106-Σ4	1.77
Δ45-Σ5	1.77	Δ100-Σ2	1.75
Δ91-Σ5	1.81	Δ91-Σ3	1.81
Δ46-Σ5	1.77	Π8v2-Σ1	1.30
Δ47-Σ5	1.77	Π8v3-Σ1	1.46
Δ109-Σ5	1.81	Π8v1-Σ1	1.34
Δ1-Σ5	1.75	Υ25-Σ4	1.21
Δ34-Σ5	1.80	Τ13-Σ3	1.44
Δ93-Σ5	1.81	Υ28-Σ4	1.21
Δ33-Σ5	1.79	Τ22-Σ2	1.41
Δ35-Σ5	1.79	Τ24-Σ2	1.42
Δ103-Σ5	1.80	Τ21-Σ2	1.40
		Π13v3-Σ3	1.37
Δ3-Σ5	1.75	Π6v2-Σ4	1.39
Δ92-Σ5	1.81	Π6-Σ4	1.03
Π8v2-Σ2	1.32	Τ22-Σ3	1.37
Π8v3-Σ2	1.35	Τ21-Σ4	1.44
Π8v1-Σ2	1.37	Τ17-Σ4	1.46
Υ85-Σ2	1.01	Υ26-Σ3	1.07
Υ80-Σ2	1.13	Τ24-Σ3	1.43
Υ53-Σ2	1.17	Τ31-Σ2	1.36
Υ86-Σ2	1.01	Τ9-Σ5	1.48
Υ82-Σ4	1.12	Τ23-Σ5	1.45
Υ32-Σ5	1.34	Υ54-Σ4	1.24
Υ80-Σ3	1.15		



Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

Υ79-Σ4	1.31	Υ38-Σ5	1.31
Υ81-Σ4	1.09	Υ75-Σ3	1.39
Υ37-Σ5	1.32	Υ72-Σ4	1.41
Υ87-Σ2	1.08	Υ76-Σ3	1.20
Τ19-Σ5	1.44	Υ40-Σ4	1.12
Τ13-Σ5	1.49	Υ75-Σ2	1.36
Τ10-Σ5	1.48	Υ73-Σ2	1.38
Τ11-Σ5	1.48	Υ71-Σ4	1.41
Τ4-Σ1	1.41	Υ41-Σ5	1.31
Τ18-Σ4	1.45	Υ72-Σ3	1.39
Υ25-Σ1	1.01	Υ41-Σ3	1.01
Τ16-Σ4	1.46	Υ35-Σ3	1.01
Τ9-Σ1	1.38	Υ52-Σ3	1.37
Τ19-Σ4	1.45	Υ40-Σ3	1.01
Τ15-Σ4	1.46	Υ32-Σ3	1.03
Υ54-Σ1	1.35	Υ57-Σ3	1.37
Τ11-Σ3	1.42	Υ26-Σ5	1.36
Υ25-Σ3	1.07	Υ28-Σ3	1.07
Τ15-Σ3	1.45	Υ66-Σ3	1.39
Τ12-Σ5	1.48	Υ70-Σ3	1.38
Τ25-Σ2	1.43	Υ54-Σ5	1.27
Υ18-Σ1	1.01	Υ37-Σ3	1.01
Τ14-Σ5	1.26	Υ28-Σ5	1.36
Τ16-Σ3	1.24	Υ44-Σ3	1.01
Τ13-Σ4	1.25	Υ83-Σ3	1.15
Υ42-Σ4	1.12	Υ73-Σ3	1.40
Υ22-Σ4	1.18	Υ36-Σ5	1.31
Τ26-Σ4	1.45	Υ57-Σ5	1.46
Τ23-Σ4	1.38	Υ74-Σ3	1.40
Τ21-Σ5	1.39	Υ30-Σ5	1.36
Υ19-Σ1	1.02	Υ54-Σ3	1.20
Δ62-Σ1	1.01	Υ71-Σ3	1.39
Δ31-Σ1	1.77	Υ37-Σ4	1.13
Δ56-Σ1	1.02	Υ29-Σ4	1.21
Δ50-Σ1	1.01	Υ42-Σ5	1.31
Τ10-Σ1	1.35	Υ36-Σ4	1.12
Υ74-Σ1	1.02	Υ30-Σ3	1.07
Τ32-Σ2	1.41	Υ72-Σ2	1.38
Τ22-Σ5	1.44	Υ52-Σ4	1.40
Υ83-Σ4	1.27	Υ53-Σ5	1.26
Τ24-Σ5	1.49	Υ44-Σ4	1.09
Τ25-Σ3	1.42	Υ38-Σ3	1.01
Π13v1-Σ3	1.39	Υ30-Σ4	1.21
Τ33-Σ2	1.40	Υ40-Σ5	1.31
Τ35-Σ2	1.23	Υ53-Σ3	1.20
Τ24-Σ4	1.42	Υ74-Σ2	1.38



Διπλωματική Εργασία: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δομοστατικός Τομέας

Υ78-Σ3	1.07	Υ70-Σ2	1.36
Υ78-Σ4	1.21	Υ88-Σ2	1.18
Υ82-Σ3	1.01	Υ36-Σ3	1.01
Δ73-Σ3	1.67	Υ38-Σ4	1.12
Υ37-Σ2	1.01	Υ71-Σ2	1.37
Υ32-Σ4	1.18	Υ35-Σ4	1.09
Π6-Σ5	1.03	Υ53-Σ4	1.23
Υ79-Σ3	1.20	Υ80-Σ4	1.27
Υ41-Σ4	1.12	Υ83-Σ5	1.40
Π6ν3-Σ5	1.42	Υ80-Σ5	1.40
Υ21-Σ1	1.01	Υ79-Σ5	1.43
Π6ν2-Σ5	1.41	Υ75-Σ5	1.40
Υ22-Σ1	1.01	Υ52-Σ5	1.46
Π8-Σ2	1.03	Υ77-Σ4	1.34
Υ77-Σ3	1.26	Υ44-Σ5	1.30
Υ77-Σ5	1.43	Υ72-Σ5	1.43
Υ82-Σ5	1.31	Υ78-Σ5	1.36
Υ76-Σ5	1.43	Υ74-Σ5	1.43
Υ81-Σ5	1.29	Υ70-Σ5	1.42
Υ35-Σ5	1.30	Υ76-Σ4	1.31
Υ52-Σ2	1.34	Υ73-Σ5	1.43
Π6ν1-Σ5	1.43	Υ73-Σ4	1.41
Υ28-Σ1	1.01	Υ66-Σ4	1.41
Υ22-Σ2	1.01	Υ71-Σ5	1.42
Υ35-Σ2	1.01	Υ74-Σ4	1.42
Υ22-Σ3	1.03	Υ70-Σ4	1.40
		Υ57-Σ4	1.40



Ευχαριστώ για την προσοχή σας!