

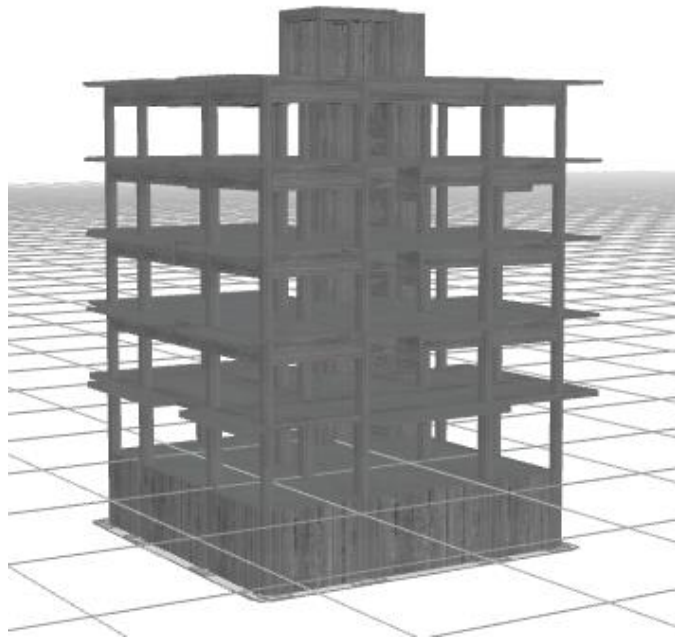


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών

Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

Αποτίμηση Σεισμικής Επάρκειας και
Οικονομοτεχνική Διερεύνηση Επισκευών
Πεντάώροφου Υφιστάμενου Κτιρίου Κατασκευής
1978 στο Μαρούσι Αττικής.



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ελένη Τσώλη

Επιβλέπων: Δημήτριος Βαμβάτσικος

Αθήνα, Ιούλιος 2023

ΕΜΚ ΜΕ 2023/6

Τσώλη Ε. (2023).

Αποτίμηση Σεισμικής Επάρκειας και Οικονομοτεχνική Διερεύνηση Επισκευών
Πεντάωροφου Υφιστάμενου Κτιρίου Κατασκευής 1978 στο Μαρούσι Αττικής.

Μεταπτυχιακή Εργασία ΕΜΚ ΜΕ 2023/6

Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Tsoli E. (2023).

Seismic Performance and Loss Assessment for a 5-storey Building Built in 1978 in
Marousi.

MSc Thesis ΕΜΚ ΜΕ 2023/6

Institute of Steel Structures, National Technical University of Athens, Greece

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	4
Abstract	5
Ευχαριστίες	6
Εισαγωγή.....	7
1.1 Γενικά.....	7
1.2 Πρωτοβάθμιος προσεισμικός έλεγχος – Ταχύς οπτικός έλεγχος	7
1.3 Δευτεροβάθμιος προσεισμικός έλεγχος	9
1.3.1 Μέθοδος Δρίτσου Σ.	9
1.3.2 Μέθοδος Ταχείας Αποτίμησης Ε.Βουγιούκα.....	12
1.4 Τριτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος-Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)	14
2 Περιγραφή του φορέα.....	15
2.1 Γενικά χαρακτηριστικά του φορέα.....	15
2.2 Προσομοίωση Φορέα	16
3 Εφαρμογή Προσεισμικών Ελέγχων και ΚΑΝ.ΕΠΕ.	17
3.1 Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος.....	17
3.2 Δευτεροβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος – Μέθοδος Δρίτσου Σ.	17
3.3 Μέθοδος Ταχείας Αποτίμησης Ε.Βουγιούκα	22
3.4 Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.).....	24
3.4.1 Ιδιομορφική Ανάλυση	24
3.4.2 Ανελαστική στατική ανάλυση.....	26
3.5 Συμπεράσματα -Σύγκριση μεθόδων	33
4 Επισκευές και ενισχύσεις	35
4.1 Επισκευή και ενίσχυση υποστυλωμάτων	35
4.2 Επισκευή και ενίσχυση τοιχωμάτων	37
4.3 Ενίσχυση με σύνθετα υλικά (FRP).....	39
4.4 Εφαρμογή ενισχύσεων	41
4.5 Συμπεράσματα	46
5 Οικονομοτεχνική αποτίμηση της κατασκευής	47
5.1 Εκτίμηση Τρωτότητας.....	47
5.2 Εκτίμηση Σεισμικών Απωλειών.....	49
Βιβλιογραφία.....	65
Παράρτημα Α. Ξυλότυποι -Πίνακες οπλισμών.....	67

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΕΜΚ ΜΕ 2023/6

Αποτίμηση Σεισμικής Επάρκειας και Οικονομοτεχνική Διερεύνηση Επισκευών Πενταώροφου Υφιστάμενου Κτιρίου Κατασκευής 1978 στο Μαρούσι Αττικής.

Τσώλη Ε. (Επιβλέπων: Βαμβάτσικος Δ.)

Περίληψη

Η αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας υφιστάμενων κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι μια διαδικασία, η οποία στην Ελλάδα βασίζεται στον Κανονισμό Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.) και αποτελεί μια διαδικασία αρκετά χρονοβόρα για τη μελέτη του εκάστοτε κτιρίου. Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί δευτεροβάθμιοι προσεισμικοί έλεγχοι, ώστε η διαδικασία αυτή να απλοποιηθεί.

Στη συγκεκριμένη εργασία έγινε η ανάλυση ενός πενταώροφου κτιρίου οπλισμένου σκυροδέματος με πυλωτή και υπόγειο, που κατασκευάστηκε το 1978 στο Μαρούσι της Αττικής. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος σύμφωνα με τον οποίο έγινε κατάταξη του κτιρίου στην κατηγορία προτεραιότητας περαιτέρω ελέγχου. Στη συνέχεια, με τον Δευτεροβάθμιο Προσεισμικό Έλεγχο εφαρμόστηκαν οι μέθοδοι που προτείνονται από τους Σ. Δρίτσο και Ε. Βουγιούκα. Με την πρώτη μέθοδο προσδιορίστηκε ο βαθμός ανεπάρκειας και η τέμνουσα βάση του φορέα και με τη δεύτερη προσδιορίστηκε η τέμνουσα βάση. Ακόμη, το κτίριο ελέγχθηκε με τη μέθοδο της ανελαστικής στατικής ανάλυσης, όπως περιγράφεται στον Κανονισμό Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.) με τη χρήση του λογισμικού SeismoBuild και έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων των μεθόδων αυτών.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μεθόδων αποτίμησης του φορέα παρουσιάστηκαν εναλλακτικές λύσεις για την ενίσχυση του φορέα και επιλέχθηκε η καταλληλότερη προκειμένου να ενισχυθεί ο φορέας σε περίπτωση αστοχίας. Μέσω του λογισμικού SPO2FRAG και των αποτελεσμάτων της ανελαστικής στατικής ανάλυσης προσδιορίστηκαν οι καμπύλες τρωτότητας του κτιρίου, ώστε να παρουσιαστεί μια πληρέστερη εικόνα της σεισμικής συμπεριφοράς της κατασκευής. Έπειτα, με τη χρήση του λογισμικού PACT FEMA P-58 και τις αναλύσεις που προέκυψαν από τα λογισμικά SPO2FRAG και SeismoBuild εκτιμήθηκε το κόστος των αναγκαίων επισκευών σε δομικά στοιχεία για διάφορα επίπεδα βλαβών.

NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF STEEL STRUCTURES

MSc THESIS
EMK ME 2023/6

Seismic Performance and Loss Assessment for a 5-storey Building Built in 1978 in Marousi.

Tsoli E. (supervised by Vamvatsikos D.)

Abstract

The seismic assessment of existing reinforced concrete structures in Greece is based on the basic principles of the Greek code for structural interventions (KAN.EPE.) and it is a time-consuming process, for the study of a building. For this reason, simplified seismic methods have been developed.

For the purpose of this thesis, a 5-storey existing residential building was studied. It is made of reinforced concrete, built in 1978 and located in Marousi, Attica. Initially, the Rapid Visual Inspection method was executed, which classified the building in the priority category for further checking. Then, the rapid seismic assessment methods proposed by Dritsos S. and Vougioukas E. were applied. The first one used in order to specify approximate degree of inadequacy of the construction and the base shear capacity, while the second one used to determine the base shear capacity. In addition, a nonlinear static analysis was performed according to the Greek code for structural interventions (KAN.EPE.) via the SeismoBuild software and a comparison of the results of these methods was performed.

Following these analyses, some alternative methods were presented for strengthening the structure in case of failure and the most suitable method was chosen. Using the SPO2FRAG software together with the results of the nonlinear static analysis, the fragility curves of the building were defined. Then, using PACT FEMA P-58 software and the results from SPO2FRAG and SeismoBuild software, the cost of necessary repairs to structural components for various levels of damage was estimated.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου και επιβλέποντα της εργασίας μου κ. Δημήτρη Βαμβάτσικο για τη συνεχή βοήθεια και υποστήριξη, που μου πρόσφερε σε όλα τα βήματα της εργασίας μου. Επίσης, ευχαριστώ πολύ την οικογένειά μου για την κατανόηση και την υποστήριξη, που μου προσφέρουν όλα τα χρόνια.

Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη σεισμικής αποτίμησης για ένα πενταώροφο με υπόγειο υφιστάμενο κτίριο από οπλισμένο σκυρόδεμα το οποίο κατασκευάστηκε το 1978, στο Μαρούσι Αττικής. Στο 1^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι κανονισμοί που ακολουθήθηκαν για τη μελέτη του κτιρίου. Στο 2^ο γίνεται περιγραφή του φορέα και του μοντέλου που χρησιμοποιήθηκε στο λογισμικό. Στο 3^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν και στο τέλος αποτυπώνεται η σύγκριση των αποτελεσμάτων τους. Για τον Πρωτοβάθμιο και τους Δευτεροβάθμιους Προσεισμικούς Ελέγχους χρησιμοποιήθηκαν απλά υπολογιστικά φύλλα και για τον Κανονισμό Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.) έγινε η χρήση του λογισμικού SeismoBuild, όπου έγινε η πλήρης στατική ανελαστική ανάλυση του φορέα. Στο 4^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται διάφορες εναλλακτικές λύσεις για την ενίσχυση του φορέα σύμφωνα με τα αποτελέσματα των προηγούμενων κεφαλαίων. Τέλος, στο 5^ο κεφάλαιο τα αποτελέσματα της ανάλυσης που προέκυψαν χρησιμοποιήθηκαν στο λογισμικό SPO2FRAG, όπου υπολογίστηκαν οι καμπύλες τρωτότητας, γίνεται οικονομοτεχνική αποτίμηση της κατασκευής με το λογισμικό PACT FEMA P-58, όπου εκτιμήθηκε το ετήσιο πιθανό κόστος επισκευών για την κατασκευή λόγω σεισμού.

1.2 Πρωτοβάθμιος προσεισμικός έλεγχος – Ταχύς οπτικός έλεγχος

Ο Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος ή Ταχύς Οπτικός Έλεγχος (ΤΟΕ) αποτελεί το πρώτο στάδιο της αποτίμησης της σεισμικής ικανότητας των υφιστάμενων κτιρίων. Κάθε κτίριο εξετάζεται με τη χρήση των ειδικών «Δελτίων Ελέγχου», στα οποία καταγράφονται τα στοιχεία του εκάστοτε κτιρίου. Με τον τρόπο αυτό τα κτίρια βαθμολογούνται και κατατάσσονται ως προς τη σεισμική τους τρωτότητα. Το πιο σημαντικό για να εξασφαλιστεί η αξιοπιστία των στοιχείων είναι να βρεθεί η αρχική μελέτη του κτιρίου ώστε να βρεθεί ο δομικός του τύπος Πίνακας 1.1. Το Δελτίο Ελέγχου περιλαμβάνει οχτώ ενότητες προς συμπλήρωση, οι οποίες αναφέρονται παρακάτω και σύμφωνα με αυτές γίνεται η Δομική Βαθμολόγηση του φορέα αθροίζοντας τις τιμές του Πίνακα 1.2. Τέλος αφού γίνει η τελική βαθμολόγηση του κτιρίου γίνεται κατάταξη σύμφωνα με τον Πίνακα 1.3.

- Ενότητα Α: Αποτελείται από όλα τα στοιχεία που σχετίζονται με την ταυτότητα του κτιρίου, όπως είναι η γεωγραφική τοποθεσία, η χρήση του και τον μέγιστο αριθμό ατόμων που συγκεντρώνονται σε αυτό.
- Ενότητα Β: Περιλαμβάνει τη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας και το έδαφος της περιοχής που βρίσκεται το κτίριο σύμφωνα με τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (Ε.Α.Κ).
- Ενότητα Γ: Η συγκεκριμένη ενότητα αφορά στη διάκριση του δομικού τύπου του κτιρίου σύμφωνα με το δομικό σύστημα (Φέροντας Οργανισμός από Οπλισμένο Σκυρόδεμα, Προκατασκευή, Κτίριο με Φέρουσα Τοιχοποιία, Μεταλλικές Κατασκευές) και τη χρονολογία της κατασκευής, η οποία σχετίζεται άμεσα με τον κανονισμό σχεδιασμού του φέροντα οργανισμού
- Ενότητα Δ: Σημειώνονται γενικά τεχνικά στοιχεία του κτιρίου όπως ο αριθμός των υπέργειων, υπόγειων ορόφων, το εμβαδό της πλέον αντιπροσωπευτικής κάτοψης ή η ολική δομημένη επιφάνεια, η χρονολογία της κατασκευής, η διαθεσιμότητα της μελέτης, η περίπτωση επισκευής ή ενίσχυσής του και η σπουδαιότητα του κατά τον ΕΑΚ.
- Ενότητα Ε: Περιέχονται τα στοιχεία που αφορούν στη γενική τρωτότητα του κτιρίου έναντι σεισμού όπως: εάν η μελέτη του κτιρίου έγινε χωρίς εφαρμογή Αντισεισμικού Κανονισμού, η περίπτωση βλαβών στον φέροντα οργανισμό λόγω προγενέστερων

σεισμών, η κακή κατάσταση λόγω έλλειψης συντήρησης, το ενδεχόμενο κρούσης με γειτονικά κτίρια, η ύπαρξη μαλακού ορόφου, η μη κανονικότητά του οριζοντίως και καθ' ύψος, το ενδεχόμενο σημαντικής στρεπτικής παραμόρφωσης και η ύπαρξη κοντών υποστυλωμάτων.

- Ενότητα ΣΤ: Σχετίζεται με τα στοιχεία του κτιρίου στις περιπτώσεις αυθαιρεσιών που δεν έχουν μελετηθεί και πρέπει να συναξιολογηθούν κατά την τελική βαθμολόγηση και κατάταξη του κτιρίου.
- Ενότητα Ζ: Περιλαμβάνονται επιπρόσθετες αιτίες που επηρεάζουν την τελική τρωτότητα της κατασκευής όπως είναι η αλλαγή χρήσης του κτιρίου, το ακατάλληλο λόγω καθιζήσεων, ολισθήσεων έδαφος, η πυρκαγιά και η πλημμύρα.
- Ενότητα Η: Πραγματοποιείται, συνυπολογίζοντας όλες τις ανωτέρω ενότητες, η τελική βαθμολόγηση και κατάταξη του κτιρίου.

Πίνακας 1.1: Πίνακας Δομικών Τύπων

Δ.Τ.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ (Φ.Ο.)	ΕΦΑΡΜΟΣΘΕΝΤΕΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ/ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ
ΟΣα	Κτίρια με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα, παλαιότερα	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Χωρίς Κανονισμούς, ή ▪ Αντισεισμικός Κανονισμός 1959 (Α/Σ '59) ▪ Κανονισμός Σκυροδέματος 1954 (Κ/Σ '54) ▪ Ουσιαστικός, κτίρια μέχρι το 1985
ΟΣβ	Κτίρια με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα, νεότερα	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Α/Σ '59 με πρόσθετα άρθρα 1985 (Α/Σ '85) ▪ Κ/Σ '54 ▪ Ουσιαστικός, κτίρια της περιόδου 1986 έως και 1995 – 2000
ΟΣγ	Κτίρια με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα, σύγχρονα	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Α/Σ: ΝΕΑΚ ▪ Κ/Σ: ΝΕΚΟΣ ▪ Σύγχρονα κτίρια, με το πλαίσιο των σύγχρονων Κανονισμών

Πίνακας 1.2: Πίνακας τελικής βαθμολόγησης κτιρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ		
	ΟΣα	ΟΣβ	ΟΣγ
Βασική Βαθμολογία, αναλόγως Δομικού Τύπου	6.0	7.0	8.0
Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας I	-0.5	-0.1	-0.5
Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας II ή III	-1.5	-1.5	-1.0
Έδαφος κατηγορίας Β (για αποδεδειγμένως Α: -0.1)	-0.3	-0.3	-0.3
Έδαφος κατηγορίας Γ ή Δ	-0.6	-0.6	-0.6
Έδαφος Γ ή Δ και άνω των 5 ορόφων	-0.8	-0.8	-0.8
Έδαφος κατηγορίας Χ	-0.8	-0.8	-0.8
Χωρίς Αντισεισμικό Κανονισμό	-0.5	-	-
Προηγούμενες σεισμικές επιβαρύνσεις, προβλήματα	-1.0	-0.5	-0.5
Κακή κατάσταση	-0.5	-0.5	-0.5
Κρούση με γειτονικά κτίρια	-0.5	-0.5	-
Pilotis ή/και Κοντά Υποστυλώματα	-1.5	-1.5	-0.5

Κανονική διάταξη τοιχοπλήρωσης σε κάτοψη	0.5	0.5	-
Μεγάλο ύψος	-1.0	-0.5	-0.5
Μη κανονικότητα σε τομή	-1.0	-0.5	-0.5
Μη κανονικότητα σε κάτοψη	-1.0	-0.5	-0.5
Στρέψη (έντονη)	-0.5	-0.5	-0.5
Ένταση λειτουργίας	0.2 ή 0.5	0.2 ή 0.5	0.2 ή 0.5
Αριθμός χρηστών ≤ 9	-0.2	-0.2	-0.2
Αριθμός χρηστών 10-99	-0.4	-0.4	-0.4
Αριθμός χρηστών ≥ 10	-0.6	-0.6	-0.6

Πίνακας 1.3: Κατάταξη προτεραιότητας περαιτέρω ελέγχου κτιρίων

Βαθμολογία	Κατηγορία
$\tau.\beta \leq 4$	Υψηλή προτεραιότητα περαιτέρω ελέγχου
$4 < \tau.\beta < 5.5$	Μέση προτεραιότητα περαιτέρω ελέγχου
$\tau.\beta \geq 5.5$	Χαμηλή προτεραιότητα περαιτέρω ελέγχου

1.3 Δευτεροβάθμιος προσεισμικός έλεγχος

1.3.1 Μέθοδος Δρίτσου Σ.

Ο δευτεροβάθμιος προσεισμικός έλεγχος είναι μια εκ νέου ιεραρχική βαθμονόμηση των κτιρίων με βάση την αποτύπωση και αξιολόγηση τεχνικών χαρακτηριστικών. Ο έλεγχος αυτός υπεισέρχεται σε περισσότερες λεπτομέρειες και προϋποθέτει τη δυνατότητα πρόσβασης σε όλους τους χώρους του κτιρίου, τη σύνταξη σχεδίων αποτύπωσης γεωμετρίας και παθολογίας, οπτική αξιολόγηση και ορισμένους επιτόπου ελέγχους των δομικών υλικών καθώς και στοιχειώδεις υπολογισμούς για την ποσοτική αποτίμηση χαρακτηριστικών δεικτών, χωρίς προσομοίωση του φέροντα οργανισμού. Ο δευτεροβάθμιος προσεισμικός έλεγχος είναι λεπτομερέστερος του πρωτοβαθμίου ελέγχου (ταχέως οπτικού), αλλά ταχύτερος από τον τρίτοβάθμιο έλεγχο, ο οποίος απαιτεί πλήρη μελέτη αποτίμησης της σεισμικής ικανότητας του κτιρίου σύμφωνα με τις αρχές και μεθόδους της σεισμικής μηχανικής και των τελευταίων εξελίξεων σε κανονιστικά εγχειρίδια (KAN.ΕΠΕ). Η προτεινόμενη μεθοδολογία αποτελεί μια προσεγγιστική διαδικασία αποτίμησης της σεισμικής ικανότητας και της σεισμικής επάρκειας υφιστάμενων κτιρίων από Ο.Σ. σε σχέση με τη σεισμική απαίτηση, όπως ορίζεται στις σύγχρονες κανονιστικές διατάξεις. Η μεθοδολογία περιλαμβάνει κάποιους υπολογισμούς, οι οποίοι είναι γενικά προσεγγιστικοί, χωρίς απαιτήσεις κατάστρωσης ενός λεπτομερούς μοντέλου του κτιρίου όπως συμβαίνει στις πλήρεις μελέτες που απαιτεί ένας τρίτοβάθμιος έλεγχος. Το τελικό αποτέλεσμα του ελέγχου αυτού είναι ένας “δείκτης” που ονομάζεται «Δείκτης Προτεραιότητας Ελέγχου λ» του κτιρίου.

Σημαντικός παράγοντας για την πραγματοποίηση του ελέγχου είναι να ευρεθεί η οποιαδήποτε τεκμηρίωση υπάρχει για την κατασκευή του κτιρίου, ιδιαίτερα η στατική του μελέτη, τυχόν μελέτες μεταγενεστέρων επεμβάσεων και αντίστοιχα σχέδια ξυλότυπων και αρχιτεκτονικά. Αν υπάρχει η μελέτη, αξιοποιούνται οι παραδοχές της μελέτης και τα γεωμετρικά δεδομένα, εφόσον επαληθευθεί δειγματοληπτικά, ως προς την αξιοπιστία εφαρμογής της (πλήρως μεν ως προς τη διάταξη των προβλεπόμενων στοιχείων και δειγματοληπτικά ως προς τους οπλισμούς, αντοχές σκυροδέματος κλπ.). Αν δεν υπάρχει η σχετική τεκμηρίωση, τότε απαιτείται αποτύπωση του φέροντος οργανισμού και των τοιχοπλήρωσεων. Όσον αφορά στην ποιότητα των υλικών, απαιτείται μόνον ο προσδιορισμός της αντοχής του σκυροδέματος, προαιρετικά, με

δειγματοληπτικούς ελέγχους, κυρίως στα κατακόρυφα στοιχεία, εναλλακτικά λαμβάνοντας τις αντιπροσωπευτικές τιμές του ΚΑΝΕΠΕ. Τα στοιχεία αυτά απαιτούνται τόσο για τους προσεγγιστικούς ελέγχους, όσο και για το σχηματισμό μιας πληρέστερης γενικής εικόνας της κατάστασης του υπό έλεγχο κτιρίου.

Στη συγκεκριμένη μεθοδολογία τα στοιχεία τρωτότητας που επηρεάζουν καθοριστικά τη σεισμική συμπεριφορά ενός κτιρίου συνοψίζονται σε 13 κριτήρια. Η βαθμολόγηση του κάθε κριτηρίου γίνεται με έναν αριθμό από το 1 (ένα) για μεγάλη επιρροή στη μείωση της σεισμικής αντίστασης του κτιρίου έως το 5 (πέντε) για μικρή επιρροή.

Πίνακας 1.4: Κριτήρια Σεισμικής Επιβάρυνσης.

α/α	ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗΣ	Βαθμός Επιβάρυνσης						Συντελεστής βαρύτητας σ_i
		β_i						
		0 (max)	1	2	3	4	5 (min)	
1	Βλάβες στατικής ανεπάρκειας							0.1
2	Οξειδωση οπλισμών							0.1
3	Μέγεθος ανηγμένου αξονικού φορτίου							0.05
4	Κανονικότητα κάτοψης							0.05
5	Κατανομή δυσκαμψίας σε κάτοψη-στρέψη							0.1
6	Κανονικότητα σε τομή/όψη							0.05
7	Κατανομή δυσκαμψίας καθ' ύψος							0.15
8	Κατανομή μάζας καθ' ύψος							0.05
9	Κοντά υποστυλώματα							0.15
10	Κατακόρυφες ασυνέχειες							0.05
11	Διαδρομή και μεταφορά δυνάμεων							0.05
12	Γειτονικά κτήρια							0.05
13	Κακοτεχνίες, Τραυματισμοί							0.05

Παρακάτω παρουσιάζεται η διαδικασία με τα βήματα που ακολουθούνται για τον προσδιορισμό του δείκτη ανεπάρκειας- λ.

➤ Προσδιορισμός Σεισμικής Απαίτησης - V_{req} :

$$V_{req} = M \times S_d(T) \quad (1.1)$$

όπου:

M: η μάζα του κτιρίου

T: ιδιοπερίοδος της κατασκευής

$S_d(T)$: φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού ΕΚ-8

q: συντελεστής συμπεριφοράς

➤ Υπολογισμός Σεισμικής Αντίστασης - V_R :

$$V_R = \beta V_{R0} \quad (1.2)$$

όπου:

$$\beta = \sum \frac{\sigma_i \beta_i}{5} \quad (1.2\alpha)$$

$$V_{R0} = \alpha_1 \sum V_{Ri \text{ Υ/Σ}} + \alpha_2 \sum V_{Ri \text{ τοιχωμάτων}} + \alpha_3 \sum V_{Ri \text{ κοντά Υ/Σ}} \quad (1.3)$$

V_{R0} : προσεγγιστική τέμνουσα αντοχής στη βάση του κτιρίου

$\alpha_{1,2,3}$: συντελεστές απομείωσης διατμητικής αντοχής – Πίνακας 1.5

β : μειωτικός συντελεστής επιρροής των κριτηρίων

V_{Ri} : διατμητική αντοχή κατακόρυφων στοιχείων από ΕΚ-2

Πίνακας 1.5: Συντελεστές απομείωσης διατμητικής αντοχής

$\alpha_1= 0,50 \alpha_2= 0,70 \alpha_3= 0,85$	όταν υπάρχουν υποστυλώματα, τοιχώματα και κοντά υποστυλώματα
$\alpha_1= 0,70 \alpha_2= 0,85$	όταν υπάρχουν υποστυλώματα και τοιχώματα και δεν υπάρχουν κοντά υποστυλώματα
$\alpha_1= 0,70 \alpha_3= 0,85$	όταν ο φορέας είναι πλαισιακός χωρίς τοιχώματα και υπάρχουν κοντά υποστυλώματα
$\alpha_1= 0,85$	όταν ο φορέας είναι πλαισιακός χωρίς την παρουσία τοιχωμάτων ή κοντών υποστυλωμάτων

Η αντοχή V_{Ri} των κατακόρυφων μελών υπολογίζεται από τη σχέση (1.3). Οι σχέσεις (1.4) έως (1.7) προέρχονται από τον EC2-1 (Ευρωκώδικας 2, Μέρος 1, 2004).

$$V_{Ri} = \min(V_{Rd,s} , V_M) \quad (1.4)$$

όπου,

$$V_{Rd,s} = \frac{z}{H_{cl}} Nd + \frac{A_{sw}}{S} z f_{ywd} \cot \theta , \text{ για υποστυλώμα} \quad (1.5)$$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{S} z f_{yd} \cot \theta , \text{ για τοίχωμα} \quad (1.6)$$

$$V_M = \frac{2 MR}{L_{καθ}} \quad (1.7)$$

$$M_R = \mu b h^2 f_{cd} \quad (1.8)$$

όπου, M_R η ροπή αντοχής υποστυλώματος για κάθε διεύθυνση φόρτισης με βάση τα Διαγράμματα Αλληλεπίδρασης ορθογωνικής διατομής (Ευρωκώδικας 2, Μέρος 1, 2004).

➤ Προσδιορισμός βαθμού ανεπάρκειας

Διακρίνονται οι εξής περιπτώσεις υπολογισμού τους:

- α. Αγνοώντας την επίδραση της εγκάρσιας διεύθυνσης και
- β. λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση της εγκάρσιας διεύθυνσης στην εκάστοτε εξεταζόμενη διεύθυνση.

- Αγνοώντας την επίδραση της εγκάρσιας διεύθυνσης

$$\lambda_x = \frac{V_{req,x}}{V_{R,x}} \quad (1.9)$$

$$\lambda_y = \frac{V_{req,y}}{V_{R,y}} \quad (1.10)$$

- Λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση της εγκάρσιας διεύθυνσης

$$\lambda_x = \frac{V_{req,x} + 0.3V_{req,y}}{V_{R,x} + 0.3V_{R,y}} \quad (1.11)$$

$$\lambda_y = \frac{V_{req,y} + 0.3V_{req,x}}{V_{R,y} + 0.3V_{R,x}} \quad (1.12)$$

όπου,

V_{req} η σεισμική απαίτηση

V_R η σεισμική αντίσταση του κτιρίου

1.3.2 Μέθοδος Ταχείας Αποτίμησης Ε.Βουγιούκα

Η παρούσα μέθοδος αφορά κυρίως κτίρια που έχουν κατασκευαστεί προ του 1985, όπου τα κτίρια έχουν πιο ισχυρά δοκάρια και αδύναμα υποστυλώματα και ο κύριος μηχανισμός αστοχίας είναι αυτός του εύκαμπτου ορόφου. Πρόκειται για μία διαδικασία ταχείας αποτίμησης της σεισμικής ικανότητας υφιστάμενων κτιρίων η οποία κάνει χρήση του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.). Με τη χρήση του κανονισμού υπολογίζεται για κάθε κατακόρυφο στοιχείο η τέμνουσα αντοχής του. Προσθέτοντας τις αντίστοιχες τέμνουσες όλων των κατακόρυφων στοιχείων μαζί προκύπτει στο τέλος η φέρουσα ικανότητα του κτιρίου έναντι σεισμού. Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ προτείνει τον υπολογισμό της ροπής διαρροής μέσω της σχέσης:

$$M_y = \left(\frac{1}{\gamma}\right)_y \left\{ E_c \cdot \frac{\xi_y^2}{2} \cdot \left[0.5 \cdot (1 + \delta') \cdot \frac{\xi_y}{3} \right] + \left[(1 - \xi_y) \cdot \rho + (\xi_y - \delta') \cdot \rho' + \left(\frac{\rho_v}{6}\right) \cdot (1 - \delta') \right] \cdot (1 - \delta') \cdot \frac{E_s}{2} \right\} \quad (1.13)$$

όπου:

$(1/\gamma)_y$: καμπυλότητα διαρροής

ξ_y : το ύψος της θλιβόμενης ζώνης στη διαρροή

δ' : είναι ίσο με d'/d όπου, d το στατικό ύψος και d' η απόσταση από το κέντρο του θλιβόμενου οπλισμού μέχρι την ακραία θλιβόμενη ίνα του σκυροδέματος

ρ, ρ', ρ_v : είναι τα ποσοστά του εφελκόμενου, του θλιβόμενου και του μεταξύ τους καταναμημένου οπλισμού (ανηγμένα στο bd , όπου b το πλάτος της θλιβόμενης ζώνης της διατομής)

E_c, E_s : μέτρα ελαστικότητας σκυροδέματος, χάλυβα οπλισμού αντίστοιχα

Η σχέση αυτή αφορά διατομές με ορθογωνική θλιβόμενη ζώνη ενώ για διατομές τύπου Γ, Τ, Π παρατίθεται αντίστοιχη μεθοδολογία μέσω του Κανονισμού Επεμβάσεων. Επιπλέον, για τον υπολογισμό της καμπυλότητας διαρροής πρέπει να ελεγχθούν δύο περιπτώσεις, από τις οποίες λαμβάνεται η μικρότερη τιμή των καμπυλοτήτων, η οποία καθορίζει το κρίσιμο υλικό.

- Η διαρροή της διατομής οφείλεται σε διαρροή του εφελκόμενου οπλισμού:

$$\frac{1}{\gamma_y} = \frac{f_y}{E_s \cdot (1 - \xi_y) \cdot d} \quad (1.14)$$

- Η διαρροή οφείλεται σε μη γραμμικότητα του θλιβόμενου σκυροδέματος:

$$\frac{1}{\gamma_y} = \frac{1.8 \cdot f_c}{E_c \cdot \xi_y \cdot d} \quad (1.15)$$

Έπειτα γίνεται ο υπολογισμός της διατμητικής αντοχής V_R υποστυλώματος το οποίο υποβάλλεται σε ανακυκλιζόμενες δράσεις ως συνάρτηση του πλαστικού τμήματος του δείκτη πλαστιμότητας μετακινήσεων: $\mu_{pl}^0 = \mu_{\theta} - 1$, που υπολογίζεται από το λόγο του πλαστικού μέρους της γωνίας στροφής χορδής στην αστοχία (συνολική γωνία, μείον γωνία στη διαρροή) προς τη θεωρητική γωνία στροφής στη διαρροή (KAN.ΕΠΕ. Σ.2α, Σ.11β), μέσω της σχέσης (1.16) σύμφωνα με το Παράρτημα 7Γ του ΚΑΝ.ΕΠΕ.

$$V_R = \frac{h-x}{2L_s} \cdot \min(N; 0.55A_c f_c) + (1 - 0.05 \cdot \min(5, \mu_{pl}^0)) \cdot [0.16 \cdot \max(0.5; 100\rho_{tot}) \cdot (1 - 0.16 \cdot \min(5; \alpha_s)) \cdot \sqrt{f_c} \cdot A_c + V_w] \quad (1.16)$$

όπου:

h : ύψος της διατομής

$x = \xi_y d$: ύψος θλιβόμενης ζώνης της διατομής (Παράρτημα 7Α ΚΑΝ.ΕΠΕ.)

N : αξονικό φορτίο

α_s : λόγος διάτμησης

A_c : εμβαδό διατομής σκυροδέματος

f_c : αντοχή σκυροδέματος (MPa)

ρ_{tot} : συνολικό ποσοστό του διαμήκους οπλισμού

V_w : η συνεισφορά του εγκάρσιου οπλισμού στη διατμητική αντοχή σύμφωνα με τη σχέση,

$$V_w = \rho_w b_w z f_{yw} \quad (1.17)$$

όπου: ρ_w : ποσοστό εγκάρσιου οπλισμού

z : μοχλοβραχίονας εσωτερικών δυνάμεων

f_{yw} : τάση διαρροής του εγκάρσιου οπλισμού

Οι σύγχρονοι αντισεισμικοί κανονισμοί στοχεύουν σε μεγάλες πλαστιμότητες και ικανότητα μεγάλων παραμορφώσεων ώστε να αποφύγουν την αστοχία σε διάτμηση μελών οπλισμένου σκυροδέματος, εξασφαλίζοντας ότι η καμπτική διαρροή θα προηγηθεί της διατμητικής, προσδίδοντας υπεραντοχή σε διάτμηση μέσω του ικανοτικού σχεδιασμού σε τέμνουσα. Ωστόσο, ο κίνδυνος διατμητικής αστοχίας παραμένει σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος, οι οποίες δεν έχουν κατασκευασθεί σύμφωνα με τους σύγχρονους αντισεισμικούς κανονισμούς. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο να ελεγχθεί εάν η αστοχία των μελών σε διάτμηση, προηγείται της καμπτικής διαρροής δηλαδή, αν υπάρχει ψαθυρός τρόπος αστοχίας. Έτσι υπολογίζεται η τιμή της τέμνουσας κατά την καμπτική διαρροή:

$$V_{mu} = \frac{M_y}{L_s} \quad (1.18)$$

όπου:

M_y : ροπή διαρροής

L_s : μήκος διάτμησης

Η τέμνουσα που προκύπτει κατά τη καμπτική διαρροή συγκρίνεται με την αντίστοιχη τέμνουσα λόγω των ανακυκλιζόμενων δράσεων V_R και αν είναι μικρότερη της τότε τα στοιχεία διαρρέουν σε κάμψη πριν τη διαρροή σε διάτμηση και μπορεί να θεωρηθούν ότι έχουν πλάστικη συμπεριφορά σε αντίθετη περίπτωση θεωρείται ότι έχουν ψαθυρή συμπεριφορά και η ροπή διαρροής υπολογίζεται μειωμένη σύμφωνα με το λόγο $\frac{V_R}{V_{mu}}$.

1.4 Τριτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος-Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)

Ο Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.) αποτελεί το κύριο κανονιστικό πλαίσιο που ακολουθείται για την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό κατασκευών στην Ελλάδα, που έχουν κατασκευαστεί με τους παλαιότερους κανονισμούς ή χωρίς κάποιο κανονισμό. Στόχος του παρόντος κανονισμού είναι η θεσμοθέτηση κριτηρίων για την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας των κατασκευών και κανόνων εφαρμογής για τον αντισεισμικό ανασχεδιασμό τους. Η μέθοδος ανάλυσης που υιοθετείται εξαρτάται απ' την σπουδαιότητα και τυχόν βλάβες ή φθορές του κτιρίου. Η πιο διαδομένη για την αποτίμηση μιας κατασκευής είναι η Ανελαστική Στατική Ανάλυση (push over analysis). Η Ανελαστική Στατική Ανάλυση εκτελείται υπό την επίδραση των στατικών φορτίων ($G+\psi 2Q$) και βηματικά αυξανόμενων σεισμικών φορτίων. Τα σεισμικά φορτία ακολουθούν κατανομές καθ' ύψος όπως τριγωνική, ομοιόμορφη, ιδιομορφική κατανομή. Η σεισμική ικανότητα κάθε κατασκευής καθορίζεται από τον ΚΑΝΕΠΕ μέσω του συνδυασμού κάποιων επιπέδων σεισμικής δράσης και των τριών βασικών σταθμών επιτελεστικότητας, δηλαδή του αποδεκτού επιπέδου βλαβών και παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.6.

Πίνακας 1.6: Στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού.

Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών	Στάθμη επιτελεστικότητας φέροντος οργανισμού		
	«Περιορισμένες βλάβες»	«Σημαντικές βλάβες»	«Οιονεί κατάρρευση»
10%	A1	B1	Γ1
50%	A2	B2	Γ2

Αναλυτικότερα:

- «Περιορισμένες Βλάβες» (A): Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου έχει υποστεί μόνο ελαφριές βλάβες, με τα δομικά στοιχεία να μην έχουν διαρρεύσει σε σημαντικό βαθμό και να διατηρούν την αντοχή και την δυσκαμψία τους. Οι μόνιμες σχετικές μετακινήσεις ορόφων είναι αμελητέες.
- «Σημαντικές Βλάβες» (B): Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου έχει υποστεί σημαντικές και εκτεταμένες, αλλά επισκευάσιμες βλάβες, ενώ τα δομικά στοιχεία διαθέτουν εναπομένονσα αντοχή και δυσκαμψία και είναι σε θέση να παραλάβουν τα προβλεπόμενα κατακόρυφα φορτία. Οι μόνιμες σχετικές μετακινήσεις ορόφων είναι μετρίου μεγέθους. Ο φέρων οργανισμός μπορεί να αντέξει μετασεισμούς μέτριας έντασης.
- «Οιονεί Κατάρρευση» - Γ: Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου έχει υποστεί εκτεταμένες και σοβαρές ή βαριές - μη επισκευάσιμες κατά πλειονότητα - βλάβες. Οι μόνιμες σχετικές μετακινήσεις ορόφων είναι μεγάλες. Ο φέρων οργανισμός έχει ακόμη την ικανότητα να φέρει τα προβλεπόμενα κατακόρυφα φορτία κατά, και για ένα διάστημα μετά το σεισμό, χωρίς να διαθέτει άλλο ουσιαστικό περιθώριο ασφαλείας έναντι ολικής ή μερικής κατάρρευσης, ακόμη και για μετασεισμούς μέτριας έντασης.

Ο καθορισμός των διάφορων σταθμών επιτελεστικότητας, γίνεται πάνω στην καμπύλη ικανότητας της κατασκευής με τον προσδιορισμό των μετακινήσεων του σημείου αναφοράς στην κορυφή του κτιρίου σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$\delta t = C0 \cdot C1 \cdot C2 \cdot C3 \cdot (Te^2 / 4\pi^2) \cdot Se(T) \quad (1.19)$$

όπου:

C0, C1, C2, C3: διορθωτικοί συντελεστές

Te: ισοδύναμη κυριαρχούσα ιδιοπερίοδος

2 Περιγραφή του φορέα

2.1 Γενικά χαρακτηριστικά του φορέα

- Το κτίριο που μελετήθηκε στη συγκεκριμένη εργασία είναι μια υφιστάμενη πεντάωροφη κατοικία, κατασκευασμένη το 1978 στο Μαρούσι Αττικής. Το κτίριο αποτελείται από το υπόγειο, την πυλωτή, τρεις τυπικούς ορόφους και ένα δώμα. Η κάτοψη του υπογείου έχει εμβαδό $34,4\text{m}^2$, της πυλωτής και του κάθε ορόφου 160m^2 και το δώμα $34,4\text{m}^2$. Τα ύψη της πυλωτής, του δώματος και των ορόφων είναι 3.00 m , και του υπογείου 2.50 m . Στους εξωτερικούς τοίχους υπάρχει διπλή μπατική τοιχοποιία και στις δύο κύριες διευθύνσεις του κτιρίου, ενώ στους εσωτερικούς η τοιχοποιία είναι δρομική. Τα μόνιμα φορτία υπολογίστηκαν αυτόματα μέσω του προγράμματος. Στη συνέχεια κατά τον Ευρωκώδικα.1 προστέθηκαν τα φορτία της επικάλυψης $g' = 1.50\text{ kN/m}^2$, η μπατική τοιχοποιία 3.60 kN/m^2 και η δρομική 2.10 kN/m^2 ως τα πρόσθετα μόνιμα και ως κνητά φορτία για τις εσωτερικές πλάκες του κτιρίου φορτίο $q = 2\text{ kN/m}^2$, ενώ για τους εξώστες $q = 4\text{ kN/m}^2$. Τα στατικά σχέδια της κατασκευής όπως και οι πίνακες των οπλισμών βρίσκονται στο Παράρτημα Α και στους Πίνακες 2.1 - 2.2 παρουσιάζονται τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την ανέγερση του φέροντος οργανισμού της κατασκευής, τη σεισμική ζώνη και το έδαφος.

Πίνακας 2.1: Υλικά της κατασκευής

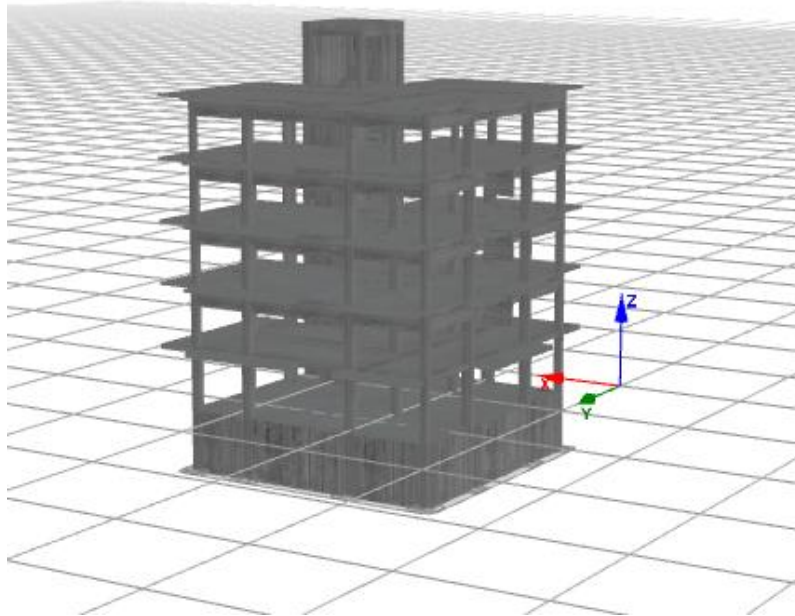
ΥΛΙΚΟ	ΠΟΙΟΤΗΤΑ	ΑΝΤΟΧΗ	
		Μέση (MPa)	Χαρακτηριστική (MPa)
Σκυρόδεμα	B160	10	6
Χάλυβας οπλισμών	StI	280	240
Χάλυβας συνδετήρων	StI	280	240

Πίνακας 2.2: Κατηγορία Σπουδαιότητας, Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας και Κατηγορία Εδάφους – Ε.Κ.8

Κατηγορία σπουδαιότητας	II χρήση κατοικίας, $\gamma_I = 1$
Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας	I ($a_g = 0.16g$)
Κατηγορία Εδάφους	B { S= 1.2, TB =0.15s TC =0.50s TD =2.50s }

2.2 Προσομοίωση Φορέα

Αρχικά σχεδιάστηκαν οι ξυλότυποι των ορόφων με το πρόγραμμα Autocad και τα σχέδια αυτά χρησιμοποιήθηκαν για τη σωστή εισαγωγή των στοιχείων του κτιρίου στο λογισμικό SeismoBuild, με το οποίο πραγματοποιήθηκε η μελέτη της κατασκευής. Μετά την εισαγωγή των υλικών, ακολούθησαν σε πρώτη φάση τα κατακόρυφα στοιχεία του φέροντα οργανισμού (υποστυλώματα και τοιχώματα) και μετά οι δοκοί και τέλος έγινε εισαγωγή των πλακών. Για τη σωστή προσομοίωση του φορέα στο πρόγραμμα προσομοιώθηκε τοιχίο περιμετρικά των υποστυλωμάτων στο επίπεδο του υπογείου. Το SeismoBuild χρησιμοποιεί πεπερασμένα στοιχεία προκειμένου να γίνει ο προσδιορισμός της απόκρισης σε μεγάλες παραμορφώσεις πλαισιωτών κατασκευών υπό στατικά ή και δυναμικά φορτία λαμβάνοντας υπόψη, τις γεωμετρικές μη γραμμικότητες και την ανελαστικότητα των υλικών, ενώ παρέχει τη δυνατότητα μη γραμμικής ανάλυσης. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η τελική προσομοίωση του φορέα της κατασκευής.



Σχήμα 2.1: Προσομοίωση φορέα

3 Εφαρμογή Προσεισμικών Ελέγχων και ΚΑΝ.ΕΠΕ.

3.1 Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος

Με βάση τη διαδικασία που αναλύθηκε στο 1^ο κεφάλαιο και για κατηγορία δομικού τύπου ΟΣα, δεδομένου ότι το κτίριο κατασκευάστηκε το 1978 και εφαρμόστηκε ο Αντισεισμικός Κανονισμός 1959 και ο Κανονισμός Σκυροδέματος 1954. Στη συνέχεια συμπληρώθηκε το ειδικό Δελτίο Δομικής Τρωτότητας. Στον Πίνακα 3.1 δίνονται συγκεντρωτικά όλα τα κριτήρια, τα οποία επηρεάζουν την «τελική δομική βαθμολογία του κτιρίου» και σύμφωνα με αυτή το κτίριο κατατάσσεται ανάλογα με το πόσο σημαντική είναι η προτεραιότητα περαιτέρω ελέγχου της κατασκευής. Για το συγκεκριμένο κτίριο προκύπτει τελική βαθμολογία ίση με 3.7. Επομένως, το κτίριο ανήκει στην κατηγορία της υψηλής προτεραιότητας περαιτέρω ελέγχου.

Πίνακας 3.1: Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΟΣα
Βασική Βαθμολογία, αναλόγως Δομικού Τύπου	6.0
Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας I	-0.5
Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας II ή III	-
Έδαφος κατηγορίας Β (για αποδεδειγμένως Α: -0.1)	-0.3
Έδαφος κατηγορίας Γ ή Δ	-
Έδαφος Γ ή Δ και άνω των 5 ορόφων	-
Έδαφος κατηγορίας Χ	-
Χωρίς Αντισεισμικό Κανονισμό	-
Προηγούμενες σεισμικές επιβαρύνσεις, προβλήματα	-
Κακή κατάσταση	-
Κρούση με γειτονικά κτίρια	-0.5
Pilotis ή/και Κοντά Υποστυλώματα	-1.5
Κανονική διάταξη τοιχοπλήρωσης σε κάτοψη	0.5
Μεγάλο ύψος	-
Μη κανονικότητα σε τομή	-
Μη κανονικότητα σε κάτοψη	-
Στρέψη	-
Ένταση λειτουργίας	0.2
Αριθμός χρηστών ≤ 9	-0.2
Αριθμός χρηστών 10-99	-
Αριθμός χρηστών ≥ 10	-
ΑΡΧΙΚΗ ΔΟΜΙΚΗ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ	3.7
Στοιχεία πρόσθετης τρωτότητας	-
Ενδεχόμενη τρωτότητα έναντι άλλων αιτιών	-
ΤΕΛΙΚΗ ΔΟΜΙΚΗ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ	3.7

3.2 Δευτεροβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος – Μέθοδος Δρίτσου Σ.

Για το συγκεκριμένο έλεγχο θα πρέπει, αρχικά, να εξεταστούν τα 13 κριτήρια που αναφέρθηκαν στο 1^ο κεφάλαιο, με τα οποία ελέγχονται τα στοιχεία τρωτότητας του κτιρίου. Σε αυτά αποδίδεται ένας βαθμός με τιμές από το 1 έως το 5 για τη μέγιστη και την ελάχιστη σεισμική επιβάρυνση, αντίστοιχα.

- Κριτήριο 1: Βλάβες στατικής ανεπάρκειας

Δεν παρατηρήθηκαν βλάβες στα δομικά στοιχεία (υποστυλώματα, τοιχώματα, κόμβοι). Επιλέγεται ο βαθμός: $B_1=5$

- Κριτήριο 2: Οξείδωση οπλισμών
Δεν υπήρχαν ενδείξεις διάβρωσης των οπλισμών και άρα επιλέγεται ο βαθμός: $B_2=5$
- Κριτήριο 3: Μέγεθος ανηγμένου αξονικού φορτίου
Στον Πίνακα 3.2 υπολογίστηκαν οι επιμέρους τιμές του ανηγμένου αξονικού φορτίου για τα κατακόρυφα μέλη του ισογείου και ακολούθως υπολογίστηκε η μέση τιμή του ανηγμένου αξονικού φορτίου ίση με 0.53, η οποία είναι μεγαλύτερη από την τιμή 0.45 και αντιστοιχεί σε βαθμό: $B_3=1$

Πίνακας 3.2: Τιμές του ανηγμένου αξονικού φορτίου των υποστυλωμάτων του ισογείου

ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ	ΔΙΑΤΟΜΗ	Ac(m ²)	Nsd(KN)	vd
K1	0,35X0,35	0.12	534.38	0.727
K2	0,60X0,35	0.21	836.32	0.664
K3	0,35X0,35	0.12	522.11	0.710
K4	0,50X0,35	0.18	803.18	0.765
K5	0,45X0,40	0.18	1000.06	0.926
K6	0,50X0,50X0,20	0.16	297.64	0.310
K7	0,45X0,50	0.23	932.91	0.691
K8	0,50X0,50	0.25	1115.34	0.744
K9	0,50X0,35	0.18	868.13	0.827
K10	0,45X0,45	0.20	1027.68	0.846
K11	0,35X0,35	0.12	505.08	0.687
K12	0,40X0,45	0.18	912.94	0.845
K13	0,40X0,45	0.18	744.26	0.689
K14	0,40X0,40	0.16	556.29	0.579
W1	1,6X0,25	0.40	499.67	0.208
W2	1,9X0,25	0.48	385.03	0.135
W3	1,9X0,25	0.48	405.10	0.150
W4	3,5X0,25	0.88	563.85	0.107
W5	1,4X0,25	0.35	348.32	0.166
W6	3,5X0,25	0.88	545.15	0.104
W7	1,4X0,25	0.35	557.28	0.265

- Κριτήριο 4: Κανονικότητα κάτοψης
Το κτίριο έχει μια επίμηκη (ορθογώνια κάτοψη), οπότε μετρώνται τα μήκη των πλευρών, L_{max} και L_{min} για τη μεγαλύτερη και μικρότερη πλευρά αντιστοίχως, και προσδιορίζεται ο λόγος $\lambda = L_{max}/L_{min} = 1.04 < 4$, άρα το κτίριο είναι κανονικό σε κάτοψη με βαθμό: $B_4=5$
- Κριτήριο 5: Κατανομή Δυσκαμψίας σε Κάτοψη-Στρέψη
Υπολογίστηκε το κέντρο μάζας με βάση τον τύπο $X_{CM} = \frac{\sum Nsdi \cdot xci}{\sum Nsdi}$ και $Y_{CM} = \frac{\sum Nsdi \cdot yci}{\sum Nsdi}$ και βρέθηκε σημείο με $X_{CM} = 3.08$ και $Y_{CM} = 3.09$, το Κέντρο Δυσκαμψίας από τον τύπο το σημείο: $X_{CR} = \frac{\sum Kcxi \cdot xci + \sum Kinf \cdot xinf}{\sum Kcxii + \sum Kinf}$ και $Y_{CR} = \frac{\sum Kcxi \cdot yci + \sum Kinf \cdot yinf}{\sum Kcxii + \sum Kinf}$ και βρέθηκε σημείο $X_{CR} = 2.54$ και $Y_{CR} = 2.56$. Οι εκκεντρότητες ανά διεύθυνση είναι: $e_x = 0.54$ m και $e_y = 0.53$ m και οι αντίστοιχες ανηγμένες τιμές τους: $e_x = 0.036$ και $e_y = 0.039$ που είναι μικρότερες του 0.05 οπότε

το κτίριο θεωρείται πρακτικώς συμμετρικό, χωρίς στρεπτική απόκριση και με βαθμό: $B_5=5$

Πίνακας 3.3: Στοιχεία για την εύρεση του Κέντρου Μάζας και του Κέντρου Δυσκαμψίας

Μέλος	$x_i \cdot N_i$	$y_i \cdot N_i$	K_x	K_y	$x_i \cdot K_x$	$y_i \cdot K_y$
K1	935.165	935.165	4168.40	4168.42	7294.71	7294.74
K2	2508.96	1463.56	7145.83	21000.04	42875.01	73500.12
K3	913.69	913.6925	4168.40	4168.41	14589.41	14589.45
K4	2007.95	1405.565	5954.86	12152.80	29774.31	42534.79
K5	2250.14	2000.12	8000.00	10125.04	18000.00	40500.18
K6	1041.74	1041.74	8055.56	8055.58	19444.45	19444.55
K7	2099.05	2332.28	15625.00	12656.29	70312.50	63281.43
K8	2788.35	2788.35	17361.11	17361.13	86805.56	86805.65
K9	2170.325	1519.23	5954.86	12152.80	14887.15	42534.79
K10	2312.28	2312.28	11390.63	11390.66	51257.82	51257.97
K11	883.89	883.89	4168.40	4168.42	14589.41	14589.47
K12	1825.88	2054.115	10125.00	8000.04	40500.01	36000.16
K13	1488.52	1674.585	10125.00	8000.02	40500.00	36000.08
K14	1112.58	1112.58	7111.11	7111.13	28444.45	28444.52
W1	3997.36	624.59	6825.94	117431.19	109215.03	293577.98
W2	3657.79	481.29	8105.80	158479.67	154010.24	396199.17
W3	506.38	3645.90	213157.89	7550.34	532894.74	67953.02
W4	704.81	9867.38	676261.83	14681.21	845327.29	256921.14
W5	435.40	2438.24	123381.29	5872.48	308453.24	41107.38
W6	9540.12	681.4375	14931.74	381450.17	522610.92	476812.72
W7	696.60	3900.96	123381.30	5872.48	308453.25	41107.38

- Κριτήριο 6 : Κανονικότητα σε Τομή / Όψη
Τα εμβαδά κατόψεων των ορόφων είναι ίσα και επομένως ο βαθμός σεισμικής επιβάρυνσης είναι: $B_6=5$
- Κριτήριο 7:Κατανομή Δυσκαμψίας καθ' ύψος – Μαλακός όροφος
Στους τυπικούς ορόφους η διαφορά είναι κοντά στο μηδέν δηλαδή $\Delta K = 0$ αφού και βάσει κανονισμού η απομείωση των διατομών των υποστυλωμάτων είναι σωστή και φυσιολογική δεν επηρεάζει κάπου. Η διαφορά θα υπάρχει ανάμεσα στο ισόγειο με τον 1^ο όροφο και ανάμεσα στον 3^ο με τον 4^ο. Υπολογίστηκε η διαφορά της συνολικής δυσκαμψίας ανά διεύθυνση: $\Delta K_x = 0\%$ και $\Delta K_y = 22\%$. Από τον υπολογισμό εξαιρείται, βάσει κανονισμού, ο τελευταίος όροφος του κτιρίου Σύμφωνα με τη βαθμονόμηση του κριτηρίου θεωρείται Βαθμός 1 όταν η διαφορά $\Delta K > 50\%$ και Βαθμός 5 όταν $\Delta K < 20\%$. Με βάση τους παραπάνω υπολογισμούς, λαμβάνεται ως βαθμός επικινδυνότητας και για τη διεύθυνση X: $B_{7x}=5$ και για τη διεύθυνση Y $B_{7y}=4$.
- Κριτήριο 8 – Κατανομή μάζας καθ' ύψος
Υπολογίζεται η ποσοστιαία διαφορά μάζας, ΔM , μεταξύ γειτονικών ορόφων.

Πίνακας 3.4: Βάρος και ποσοστιαία διαφορά μάζας ανάμεσα σε γειτονικούς ορόφους..

ΟΡΟΦΟΣ	ΜΑΖΑ(tn)	ΔΜ(% αναμεσα σε γειτονικούς οροφους)
ΙΣΟΓΕΙΟ	178.169	4.4
1ος	223.792	0
2ος	223.792	0
3ος	223.792	3.4
4ος	188.345	-

Παρατηρείται ότι η ποσοστιαία διαφορά μάζας είναι μικρότερη του 20% και άρα λαμβάνεται η ελάχιστη σεισμική επιβάρυνση με βαθμό: $B_8=5$

- Κριτήριο 9 : Κοντά υποστυλώματα
Αποδίδεται σε κάθε υποστύλωμα ένας βαθμός β_i σύμφωνα με το λόγο του καθαρού ελεύθερου ύψους του προς το ύψος της διατομής του. Η συμβολή στην συνολική σεισμική επιβάρυνση της κατασκευής λαμβάνεται υπόψη μέσω αντιστοιχων συντελεστών βαρύτητας. Στην προκειμένη περίπτωση υπολογίστηκαν για κάθε διεύθυνση οι εξής βαθμοί: $B_{9x} = 5$ και $B_{9y} = 5$
- Κριτήριο 10 : Κατακόρυφες ασυνέχειες
Υπάρχει ένα φυτευτό υποστύλωμα στο δώμα που στηρίζεται με άμεση στήριξη με τη δοκό και ανήκει σε κατηγορία ΚΑ3 με βάσει τον κανονισμό, όπου ελέγχεται η ύπαρξη φυτευτών υποστυλωμάτων σε δοκούς, λαμβάνοντας υπόψη την εκκεντρότητα (e) του άξονα του φυτευτού υποστυλώματος σε σχέση με τον άξονα της δοκού στήριξης. με εκκεντρότητα $e=0,025$ και $bc=0,2$, οπότε $e < bc * 0,2 = 0,2 * 0,2 = 0,04$, άρα βαθμός 2. Ακόμη, έχουμε ύπαρξη εκκεντρότητας (στοιχείων (υποστυλώματα, τοιχώματα) κατηγορίας ΚΑ6, λόγω διαφορετικών διατομών υπ/των καθ'ύψος του κτιρίου. Οι εκκεντρότητες που προκύπτουν από τα κατακόρυφα στοιχεία είναι $0,05bx, y < ex, y < 1,15bx, y$ άρα βαθμος 4 Από τους δύο βαθμούς για τις κατηγορίες που ελέγχθηκαν θα ληφθεί ο μικρότερος βαθμός. Προκύπτει βαθμός $B_{10}=2$.
- Κριτήριο 11: Διαδρομή και μεταφορά δυνάμεων
Στο κτίριο περιμετρικά υπάρχουν δομικά πλαίσια ωστόσο στο κέντρο εμφανίζονται ατάκτως τοποθετημένοι στύλοι. Άρα ο βαθμός που επιλέγεται σε αυτή την περίπτωση είναι: $B_{11}=3$
- Κριτήριο 12:Γειτονικά κτίρια
Στη διεύθυνση x υπάρχουν όμορα κτίρια με επαρκή αρμό και ανισοσταθμία πλακών. Για την y διεύθυνση δεν υπάρχει πρόβλημα με όμορα κτίρια. Επομένως ο βαθμός και για τις δύο διευθύνσεις είναι: $B_{12}=5$
- Κριτήριο 13:Κακοτεχνίες – Τραυματισμοί
Το κτίριο βρίσκεται σε πολύ καλή κατάσταση, χωρίς τραυματισμούς και υγρασίες. Επίσης δεν παρατηρείται καμία προσβολή στο σκυρόδεμα από φυσικές ή χημικές δράσεις. Άρα ο βαθμός που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο κριτήριο είναι: $B_{13}=5$

Πίνακας 3.5: Κριτήρια Σεισμικής Επιβάρυνσης

	Περιγραφή κτηρίου	Βαθμός Επιβάρυνσης		Συντελεστής βαρύτητας σ_i
		Διεύθυνση		
		x	y	
1	Βλάβες στατικής ανεπάρκειας	5	5	0.1
2	Οξειδωση οπλισμών	5	5	0.1
3	Μέγεθος ανηγμένου αξονικού φορτίου	1	1	0.05
4	Κανονικότητα κάτοψης	5	5	0.05
5	Κατανομή δυσκαμψίας σε κάτοψη-στρέψη	5	5	0.1
6	Κανονικότητα σε τομή/όψη	5	5	0.05
7	Κατανομή δυσκαμψίας καθ' ύψος	5	4	0.15
8	Κατανομή μάζας καθ' ύψος	5	5	0.05
9	Κοντά υποστύλωματα	5	5	0.15
10	Κατακόρυφες ασυνέχειες	2	2	0.05
11	Διαδρομή και μεταφορά δυνάμεων	3	3	0.05
12	Γειτονικά κτήρια	5	5	0.05
13	Κακοτεχνίες	5	5	0.05

Για τον υπολογισμό του μειωτικού συντελεστή επιρροής των κριτηρίων στην τέμνουσα αντοχής στη βάση του κτηρίου, χρησιμοποιείται η σχέση: $\beta = \sum \frac{\sigma_i \beta_i}{5}$ και για κάθε διεύθυνση προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

- Για τη x διεύθυνση: $\beta_x = 0.91$
- Για τη y διεύθυνση: $\beta_y = 0.88$

Στον Πίνακα 3.6 παρουσιάζεται η μέγιστη τέμνουσα που μπορεί να αναληφθεί από κάθε κατακόρυφο στοιχείο, V_{Ri} η οποία υπολογίστηκε σύμφωνα με τις σχέσεις 1.1 – 1.7 για κάθε διεύθυνση του κτηρίου.

Πίνακας 3.6: Τέμνουσες αντοχής των κατακόρυφων μελών

Μέλος	$V_{Rd,s}(x)$	$V_{Rd,s}(y)$	$V_{M,x}$	$V_{M,y}$	$V_{Ri,x}$	$V_{Ri,y}$
K1	56.14	56.36	57.17	57.17	56.14	56.36
K2	87.84	150.97	98.00	168.00	87.84	150.97
K3	54.85	55.07	57.17	57.17	54.85	55.07
K4	84.36	120.84	81.67	116.67	81.67	116.67
K5	120.04	135.33	96.00	108.00	96.00	108.00
K6	62.56	63.01	93.33	133.33	44.54	63.01
K7	139.97	126.27	150.00	135.00	139.97	126.27
K8	167.34	167.66	166.67	166.67	166.67	166.67
K9	91.18	130.58	81.67	116.67	81.67	116.67
K10	138.77	139.06	121.50	121.50	121.50	121.50
K11	53.06	53.29	57.17	57.17	53.06	53.29
K12	123.28	109.84	108.00	96.00	108.00	96.00
K13	100.51	89.60	108.00	96.00	100.51	89.60
K14	66.78	67.04	85.33	85.33	66.78	67.04
W1	37.49	241.00	133.33	853.33	37.49	241.00

W2	28.90	220.84	158.33	1203.33	28.90	220.84
W3	218.88	30.56	1080.00	150.00	218.88	30.56
W4	592.30	42.47	4083.33	291.67	592.30	42.47
W5	146.40	26.30	653.33	116.67	146.40	26.30
W6	40.90	574.94	291.67	4083.33	40.90	574.94
W7	234.16	41.98	653.33	116.67	234.16	41.98

Στη συνέχεια ακολουθεί ο υπολογισμός της τέμνουσας αντοχής στη βάση του κτιρίου V_{R0} η οποία, προκύπτει μέσω της σχέσης 1.3. Επιλέγεται από τον πίνακα 1.5 ο μειωτικός συντελεστής $\alpha_1=0.7$ για τον υπολογισμό της τέμνουσας των υποστυλωμάτων και μειωτικός συντελεστής $\alpha_2=0.85$ για την τέμνουσα των τοιχωμάτων. Στη συνέχεια υπολογίστηκε η συνολική σεισμική αντίσταση με βάση τη σχέση 1.2.

- $V_{R0,x} = 1998.21 \text{ kN}$
- $V_{R0,y} = 1972.37 \text{ kN}$

- $V_{R,x} = 1818.37 \text{ kN}$
- $V_{R,y} = 1735.68 \text{ kN}$

Για τον προσδιορισμό της σεισμικής απαίτησης V_{req} γίνεται χρήση της σχέσης 1.1 για την εμπειρική ιδιοπερίοδο και για την ακριβή ιδιοπερίοδο που προέκυψε για την ιδιομορφική ανάλυση. Ο συντελεστής συμπεριφοράς q ίσος με $q = 1.7$ σύμφωνα με τον πίνακα Σ4.4 του ΚΑΝ.ΕΠΕ για δυσμενή παρουσία τοιχωμάτων και τη χρονολογία κατασκευής. Η τιμή της ιδιοπεριόδου από την ιδιομορφική ανάλυση για τη διεύθυνση y είναι $T_y = 0.37 \text{ sec}$ και για τη διεύθυνση x είναι $T_x = 0.59 \text{ sec}$, ενώ εμπειρική είναι ίση με $T_{exp} = 0.48 \text{ sec}$. Η σεισμική απαίτηση για κάθε περίπτωση είναι η εξής:

- Για την εμπειρική περίοδο στη διεύθυνση x και y : $V_{exp} = 1711.34 \text{ kN}$
- Για τη διεύθυνση x : $V_{req, x} = 1755.47 \text{ kN}$
- Για τη διεύθυνση y : $V_{req, y} = 2036.34 \text{ kN}$

Από τις σχέσεις 1.09 – 1.12 προσδιορίζεται ο «δείκτης προτεραιότητας ελέγχου», λ :

Λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση της εγκάρσιας διεύθυνσης

- Για την ακριβή ιδιοπερίοδο: $\lambda_x=0.95$, $\lambda_y=1.10$
- Για την εμπειρική ιδιοπερίοδο: $\lambda_x=0.95$, $\lambda_y=0.95$

3.3 Μέθοδος Ταχείας Αποτίμησης Ε.Βουγιούκα

Για την εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου ταχείας αποτίμησης εισήχθησαν αρχικά όλα τα γεωμετρικά στοιχεία για κάθε υποστύλωμα καθώς επίσης και οι αντοχές του σκυροδέματος, του χάλυβα οπλισμού και το αξονικό φορτίο. Προέκυψε για όλα τα τοιχώματα και τα περισσότερα υποστυλώματα του ισογείου πλαστική αστοχία καθώς η τιμή της τέμνουσας κατά την καμπτική διαρροή V_{mu} βρέθηκε μικρότερη της αντίστοιχης διατμητικής αντοχής τους V_R . Ωστόσο, για κάποια υποστυλώματα προέκυψε ψαθυρή αστοχία και όπως αναφέρθηκε στο 1^ο κεφάλαιο στις συγκεκριμένες περιπτώσεις η τιμή της M_y υπολογίστηκε μειωμένη σύμφωνα με το λόγο V_R/V_{mu} . Έτσι για κάθε υποστύλωμα και για κάθε διεύθυνση της σεισμικής δράσης προσδιορίστηκαν οι τελικές τιμές της ροπής διαρροής M_y και της διατμητικής αντοχής τους V_R .

Πίνακας 3.7: Τέμνουσες αντοχής των κατακόρυφων μελών κατά X

	M_y	V_R	V_{mu}	$\min V_r$
K1	477.19	159.06	180.70	159.06
K2	530.24	273.52	176.75	176.75
K3	477.59	159.20	180.54	159.20
K4	516.95	226.68	172.32	172.32
K5	452.73	237.03	150.91	150.91
K6	358.17	119.39	289.71	119.39
K7	362.25	315.17	120.75	120.75
K8	352.06	348.87	117.35	117.35
K9	519.32	226.00	173.11	173.11
K10	392.20	274.19	130.73	130.73
K11	478.16	159.39	180.32	159.39
K12	399.35	243.78	133.12	133.12
K13	394.88	246.11	131.63	131.63
K14	430.40	214.85	143.47	143.47
W1	882.05	458.15	294.02	294.02
W2	818.81	531.86	272.94	272.94
W3	115.25	658.65	38.42	38.42
W4	62.04	1424.05	20.68	20.68
W5	168.19	491.26	56.06	56.06
W6	821.66	970.29	273.89	273.89
W7	164.57	553.72	54.86	54.86

Πίνακας 3.8: Τέμνουσες αντοχής των κατακόρυφων μελών κατά Y

	M_y	V_R	V_{mu}	$\min V_r$
K1	477.19	159.06	180.70	159.06
K2	308.00	308.90	102.67	102.67
K3	477.59	159.20	180.54	159.20
K4	359.88	243.89	119.96	119.96
K5	401.47	242.68	133.82	133.82
K6	343.44	138.70	114.48	114.48
K7	402.94	307.64	134.31	134.31
K8	352.06	348.87	117.35	117.35
K9	361.31	242.92	120.44	120.44
K10	392.20	274.19	130.73	130.73
K11	478.16	159.39	180.32	159.39
K12	450.23	238.01	150.08	150.08
K13	444.96	240.08	148.32	148.32
K14	430.40	214.85	143.47	143.47
W1	144.05	615.90	48.02	48.02
W2	112.98	686.80	37.66	37.66
W3	795.54	505.93	265.18	265.18
W4	821.14	971.38	273.71	273.71

W5	896.85	396.17	298.95	298.95
W6	62.12	1408.68	20.71	20.71
W7	887.1195	407.2156	295.7065	295.7065

Η συνολική σεισμική αντίσταση του κτιρίου υπολογίζεται στις δύο διευθύνσεις ως εξής:

- $V_{r,x} = 3058.02 \text{ kN}$
- $V_{r,y} = 3133.21 \text{ kN}$

3.4 Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)

Ο τριτοβάθμιος έλεγχος όπως παρουσιάστηκε και στο 1^ο κεφάλαιο γίνεται με την αναλυτική αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας του κτιρίου σύμφωνα με τις μεθόδους που προτείνονται στον Κανονισμό Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό SeismoBuild, μέσω του οποίου πραγματοποιήθηκε ανελαστική στατική ανάλυση για την ιδιομορφική και ομοιόμορφη κατανομή των οριζόντιων δυνάμεων, για κάθε διεύθυνση φόρτισης. Οι στάθμες επιτελεστικότητας που τέθηκαν είναι οι εξής: «Σημαντικές Βλάβες» (B2) με πιθανότητα υπέρβασης της σεισμικής δράσης 50% μέσα σε 50 έτη και «Οιονεί Κατάρρευση» (Γ1) με πιθανότητα υπέρβασης της σεισμικής δράσης 10% στα 50 έτη. Για την τελική αποτίμηση της κατασκευής έγινε σε όλα τα μέλη έλεγχος της ικανότητας διαθέσιμης στροφής χορδής και της αντοχής τους σε διάτμηση .

3.4.1 Ιδιομορφική Ανάλυση

Η συμπεριφορά των κατασκευών εξαρτάται από την ιδιοπερίοδο τους (T) , η οποία δίνεται από τον τύπο

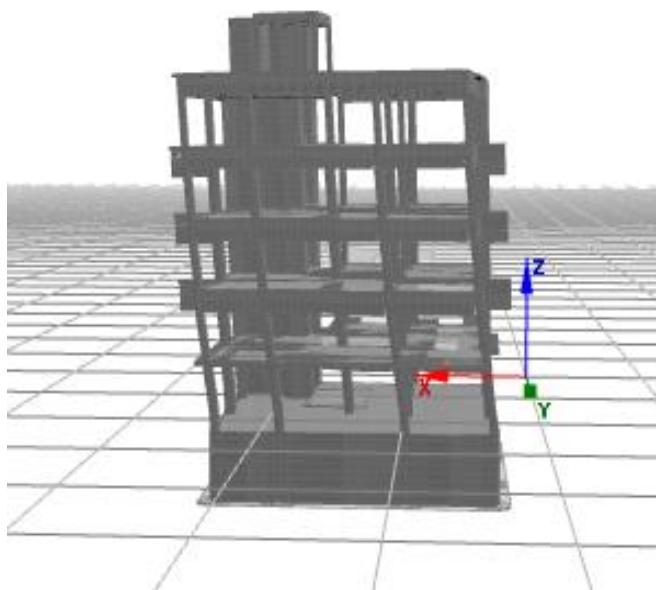
$$T = 2\pi * \sqrt{\left(\frac{m}{K}\right)} \text{ (sec)} \quad (3.6)$$

Δηλαδή ένα μέγεθος, που εξαρτάται από την μάζα και την ακαμψία της κατασκευής. Η ιδιοπερίοδος επηρεάζει σημαντικά τη σεισμική απόκριση των κατασκευών, καθώς επιτρέπει στην κατασκευή να αποσβένει ενέργεια και να καταπονείται από μικρότερες τελικές επιταχύνσεις, οι οποίες σε αντίθετη περίπτωση δημιουργούν μεγάλες παραμορφώσεις με κίνδυνο αστοχίας.

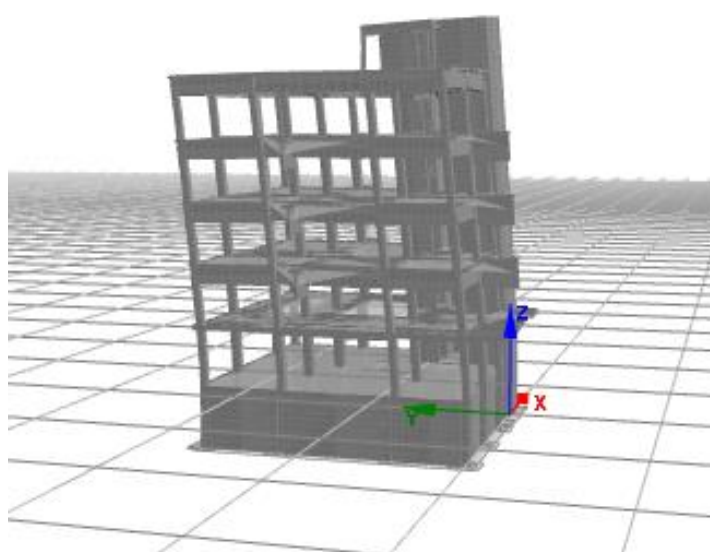
Κατά την διάρκεια εφαρμογής της σεισμικής δύναμης, η κατασκευή μπορεί να ταλαντωθεί παίρνοντας διάφορα σχήματα αυτά τα σχήματα ονομάζονται ιδιομορφές . Κάθε ιδιομορφή έχει τη δική της περίοδο καθώς και τη δική της δρώσα ιδιομορφική μάζα. Στα πλαίσια της φασματικής ανάλυσης επιτρέπεται να λαμβάνονται στο σχεδιασμό οι ιδιομορφές, των οποίων το άθροισμα των δρωσών ιδιομορφικών μαζών αντιστοιχεί στο 90% της συνολικής μάζας της κατασκευής. Για να πραγματοποιηθεί η στατική ανελαστική ανάλυση απαιτείται να προηγηθεί μια αρχική ιδιομορφική ανάλυση της κατασκευής σύμφωνα με την οποία, η συνολική της κίνηση μπορεί να αναλυθεί σε ένα άθροισμα ιδιομορφικών αποκρίσεων μονοβάθμιων ταλαντωτών. Η κίνηση κάθε ιδιομορφής ενεργοποιεί ένα ποσοστό της συνολικής μάζας της κατασκευής για μια δεδομένη διεύθυνση του σεισμού η οποία συνιστά την ενεργό ιδιομορφική μάζα της. Έτσι, για διαφορετική διεύθυνση της σεισμικής δράσης μια ιδιομορφή μπορεί να έχει μεγάλη ή μικρή συμμετοχή στην απόκριση της κατασκευής. Η ιδιομορφή με τη μεγαλύτερη ιδιομορφική μάζα αποτελεί τη «δεσπόζουσα ιδιομορφή» του κτιρίου. Για τη διεύθυνση x η ιδιοπερίοδος είναι 0.59sec και για τη διεύθυνση y 0,37sec. Παρατηρούνται μικρές τιμές στις ιδιοπερίόδους, καθώς υπάρχουν αρκετά τοιχία στην προσομοίωση και όπως φαίνεται και από τη σχέση 3.6 η ιδιοπερίοδος εξαρτάται από τη δυσκαμψία του κτιρίου. Στο Πίνακα 3.7 παρουσιάζονται οι δεσπόζουσες Ιδιομορφές, οι Ιδιοπερίοδοι και οι Ενεργές Ιδιομορφικές Μάζες, για τις δύο κύριες διευθύνσεις.

Πίνακας 3.7: Ιδιοπερίοδοι και Ενεργές Ιδιομορφικές Μάζες

Ιδιομορφή	Ιδιοπερίοδος(sec)	Ενεργός Ιδιομορφική Μάζα κατά x	Ενεργός Ιδιομορφική Μάζα κατά y
1	0.59	79.15%	44.20%
2	0.37	39.71%	77.13%



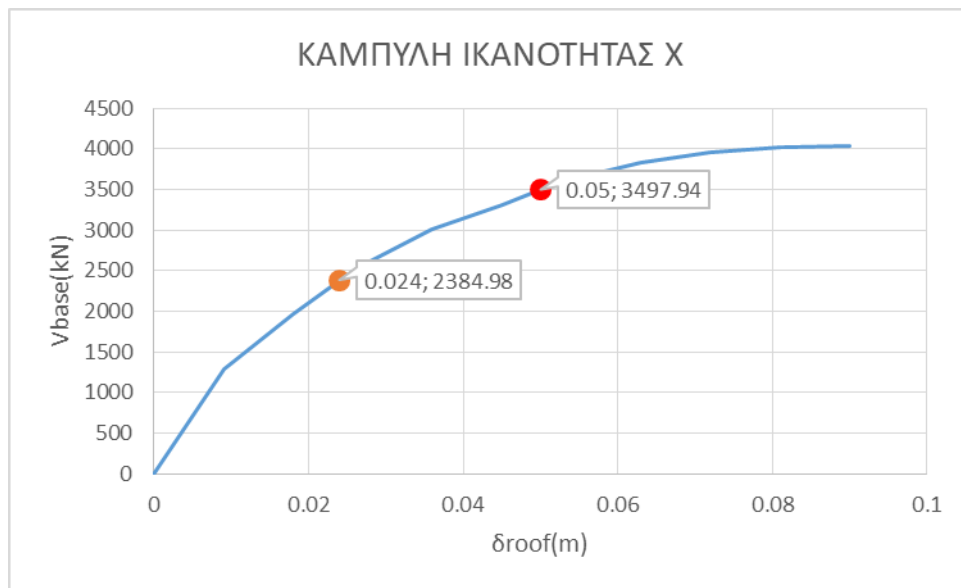
Σχήμα 3.1: Παραμόρφωση κατά την 1^η ιδιομορφή – μεταφορική κατά X



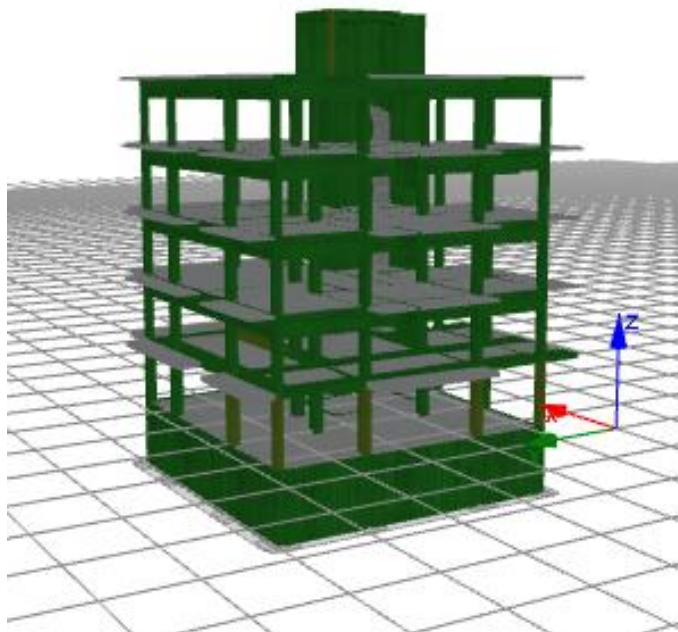
Σχήμα 3.2: Παραμόρφωση κατά την 2^η ιδιομορφή – μεταφορική κατά Y

3.4.2 Ανελαστική στατική ανάλυση

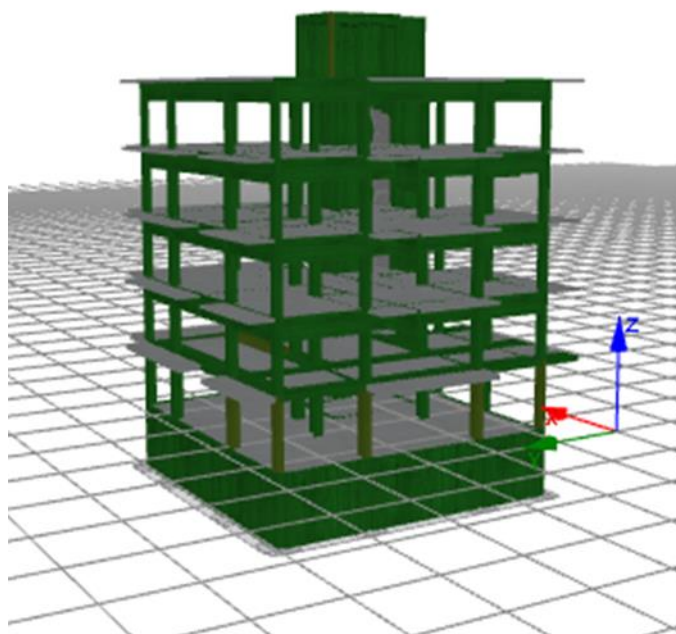
Για τη πραγματοποίηση της ανελαστικής στατικής ανάλυσης αρχικά εισάγονται στο πρόγραμμα οι στάθμες επιτελεστικότητας που έχουν οριστεί, η εδαφική επιτάχυνση η οποία για την περιοχή του Αμαρουσίου αντιστοιχεί σε 0.16g, η κατηγορία του εδάφους και η Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων. Μετά την ολοκλήρωση της ανάλυσης προκύπτουν οι Καμπύλες Ικανότητας του φορέα για τις δύο κύριες διεθύνσεις οι οποίες παρουσιάζονται στα Σχήματα 3.4 και 3.9. Έπειτα, γίνονται οι έλεγχοι στροφής χορδής και Διατμητικής αντοχής, για τις δοκούς και τα υποστυλώματα του φορέα για τις δύο Στάθμες Επιτελεστικότητας «Σημαντικές Βλάβες» (B2) και «Οιονεί Κατάρρευση» (Γ1) σε κάθε διεύθυνση. Η κάθε στάθμη απεικονίζεται πάνω στην καμπύλη με ένα σημείο σε πορτοκαλί και κόκκινο χρώμα αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω στα Σχήματα 3.3 – 3.7 και 3.8 - 3.12.



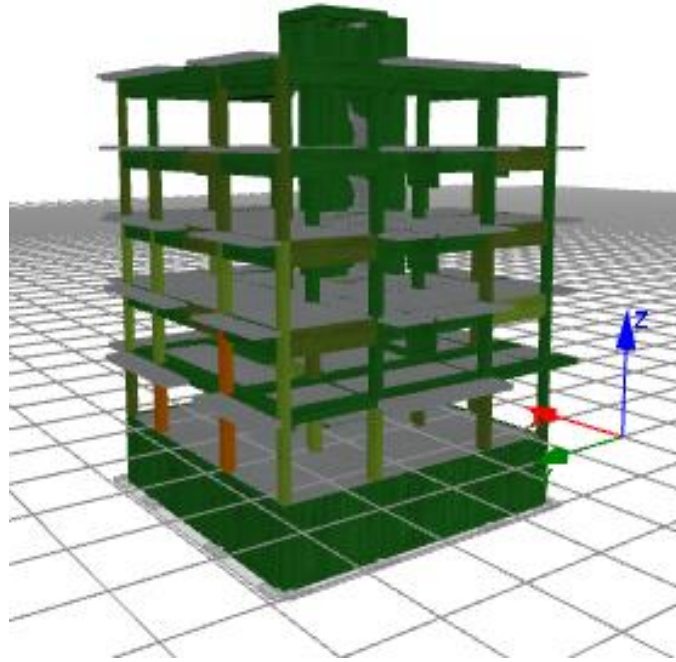
Σχήμα 3.3: Καμπύλη Ικανότητας στη διεύθυνση X



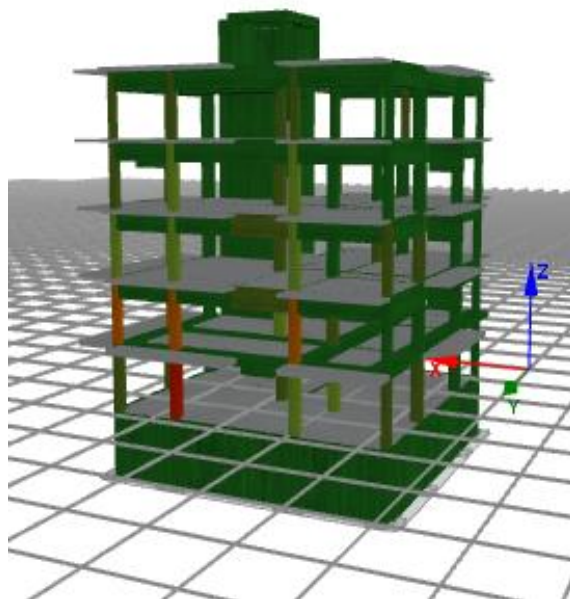
Σχήμα 3.4: Έλεγχος Στροφής Χορδής κατά X για στάθμη B2 – Δεν υπάρχει αστοχία



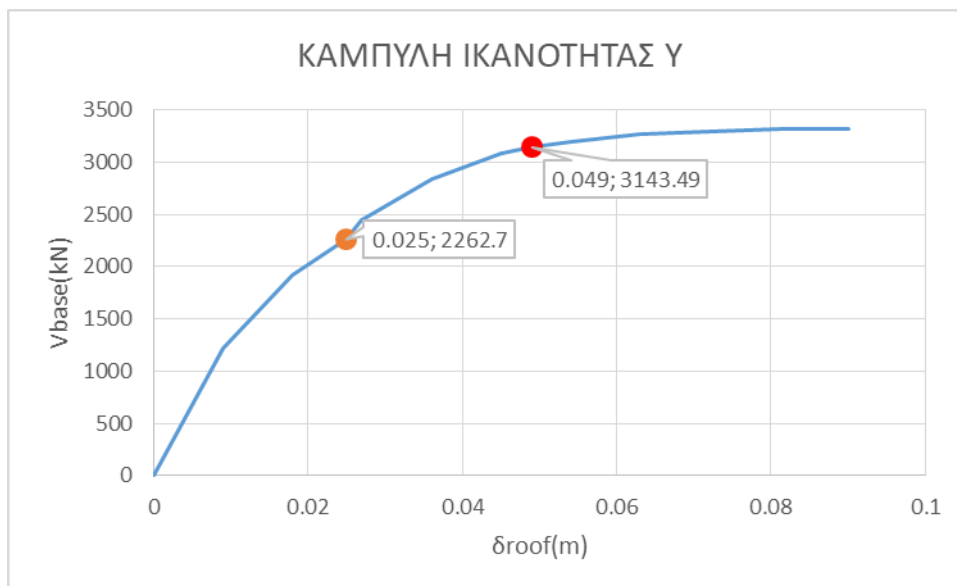
Σχήμα 3.5: Έλεγχος Στροφής Χορδής κατά X για στάθμη Γ1 – Δεν υπάρχει αστοχία



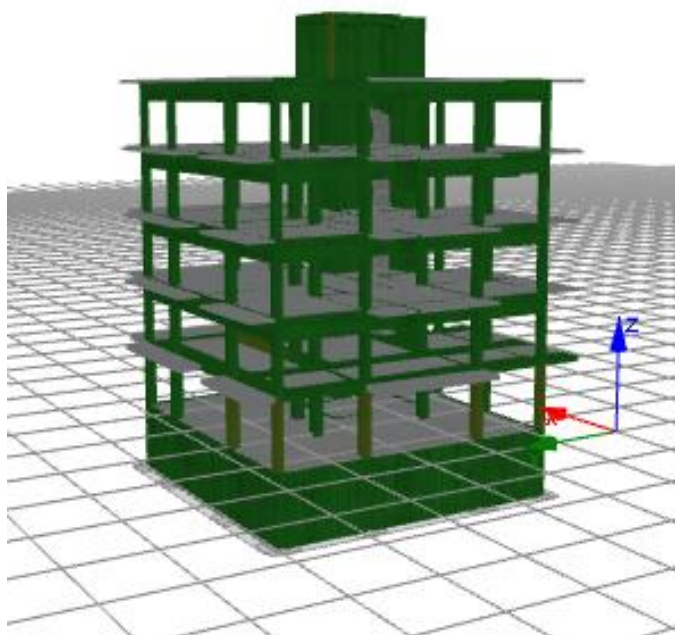
Σχήμα 3.6: Έλεγχος Τέμνουσας Δύναμης κατά X για στάθμη Β2



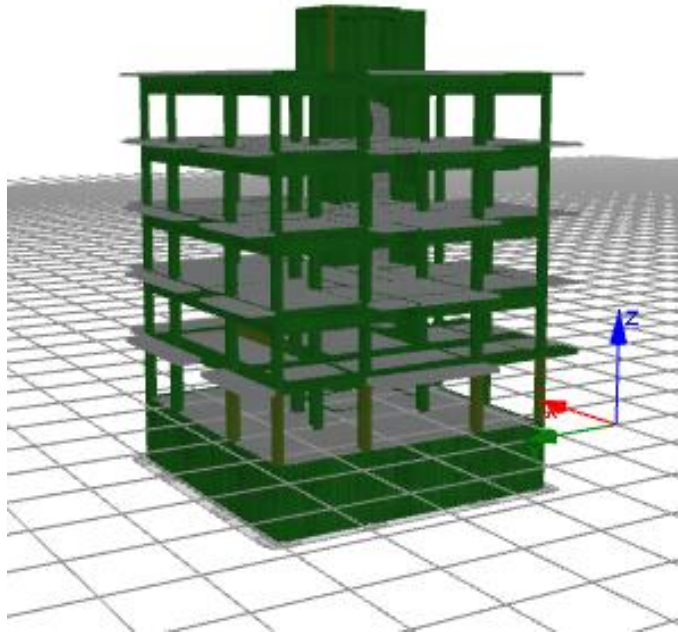
Σχήμα 3.7: Έλεγχος Τέμνουσας Δύναμης κατά X για στάθμη Γ1



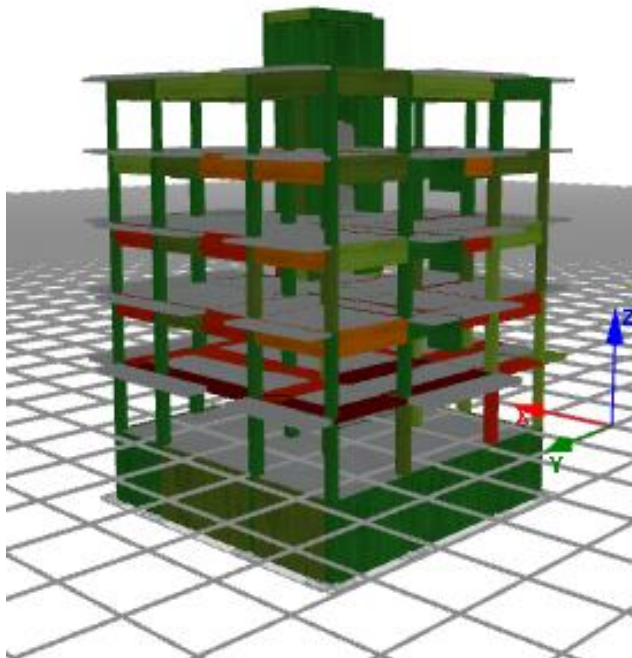
Σχήμα 3.8: Καμπύλη Ικανότητας στη διεύθυνση Y



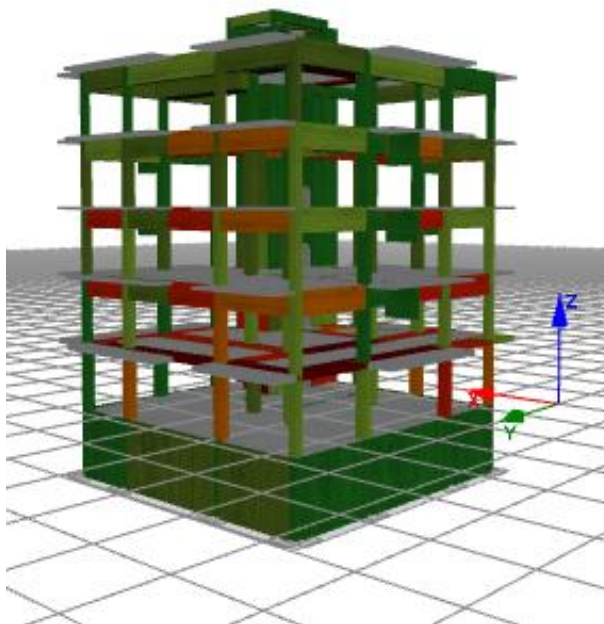
Σχήμα 3.9: Έλεγχος Στροφής Χορδής κατά Y για στάθμη B2 – Δεν υπάρχει αστοχία



Σχήμα 3.10: Έλεγχος Στροφής Χορδής κατά Y για στάθμη Γ1 – Δεν υπάρχει αστοχία



Σχήμα 3.11: Έλεγχος Τέμνουσας Δύναμης κατά Y για στάθμη B2



Σχήμα 3.12: Έλεγχος Τέμνουσας Δύναμης κατά Y για στάθμη Γ1

Από τους παραπάνω ελέγχους είναι προφανές ότι ικανοποιείται ο έλεγχος στροφής και για τις δύο στάθμες επιτελεσματικότητας για επιτάχυνση εδάφους ίση με $0.16g$ και στις δύο διευθύνσεις. Αντιθέτως με τη στροφή δεν συμβαίνει το ίδιο κατά τον έλεγχο των τεμνουσών δυνάμεων καθώς παρατηρείται ότι κάποια μέλη αστοχούν ψαθυρά, γεγονός που ήταν αναμενόμενο καθώς το κτίριο είναι κατασκευασμένο με τους παλιούς κανονισμούς. Για το λόγο αυτό διενεργείται μία διαδικασία εντοπισμού για ποια εδαφική επιτάχυνση ικανοποιούνται οριακά όλοι οι έλεγχοι του κανονισμού. Αυτό πραγματοποιείται μειώνοντας σταδιακά την επιτάχυνση εδάφους που καταχωρούμε στο πρόγραμμα ώστε να φτάσουμε ένα βήμα πριν την αστοχία. Εφόσον προσδιορίσουμε τις εδαφικές επιταχύνσεις ορίζονται οι νέες στάθμες επιτελεσματικότητας για κάθε διεύθυνση. Για τον προσδιορισμό των νέων εδαφικών επιταχύνσεων αγνοήθηκαν οι αστοχίες στις δοκούς, διότι το πρόγραμμα δεν συνυπολογίζει τους λοξούς θλιπτήρες, οι οποίοι λαμβάνουν μεγάλο μέρος της τέμνουσας δύναμης.

Μετά από όλες τις δοκιμές βρέθηκε για τη διεύθυνση X ότι η πρώτη αστοχία εμφανίζεται στο υποστύλωμα K13 του ισογείου για εδαφική επιτάχυνση $a_g = 0.07g$. Στη διεύθυνση Y η πρώτη αστοχία εμφανίζεται για εδαφική επιτάχυνση $a_g = 0.055g$. Στους πίνακες παρουσιάζονται η τέμνουσα βάσης και η μετακίνηση της οροφής του κτιρίου στις στάθμες επιτελεσματικότητας B2 και Γ1 για κάθε διεύθυνση αντίστοιχα.

Πίνακας 3.7: Αποτελέσματα επαναληπτικής διαδικασίας για τη διεύθυνση X $a_g=0.07g$

	«Σημαντικές Βλάβες» (B2)	«Οιονεί Κατάρρευση» (Γ1)
V_{base}	1367,52	2189,17
δ_{top}	0.013	0.025

Πίνακας 3.8: Αποτελέσματα επαναληπτικής διαδικασίας για τη διεύθυνση Y $a_g=0.055g$

	«Σημαντικές Βλάβες» (B2)	«Οιονεί Κατάρρευση» (Γ1)
V_{base}	1125.97	1773.67
δ_{top}	0.008	0.015

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκαν αντίστοιχες επιπλέον δοκιμές με τη χρήση του Ευρωκώδικα προκειμένου να παρατηρηθεί η συμπεριφορά της κατασκευής. Έτσι, υπολογίστηκε η εδαφική επιτάχυνση, όπου προκύπτει η 1^η αστοχία για το υποτύλωμα K13 του ισογείου. Στον Πίνακα 3.9 παρουσιάζονται συγκριτικά μεταξύ των μεθόδων του ΚΑΝΕΠΕ και του Ευρωκώδικα ανά στάθμη επιτελεστικότητας οι τιμές της εδαφικής επιτάχυνσης, όπου παρουσιάζεται η 1^η αστοχία. Από τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρατηρείται ότι σε όλες τις αναλύσεις το κτίριο παρουσιάζει καλύτερη συμπεριφορά στην περίπτωση των αναλύσεων με τη μέθοδο του Ευρωκώδικα. Ωστόσο, στη διεύθυνση Y αυτό δε συμβαίνει. Για το λόγο αυτό έγινε περαιτέρω διερεύνηση των αποτελεσμάτων για το υποστυλώμα K13. Στον Πίνακα 3.10 παρουσιάζονται οι διατμητικές δυνάμεις και οι γωνίες στροφής του υποστυλώματος, όταν προκύπτει η 1^η αστοχία. Ακόμη, με βάση τη σχέση 3.1 και 3.2 είναι προφανές ότι η V_R εξαρτάται από τη γωνία στροφής διαρροής και αστοχίας. Στην περίπτωση του Ευρωκώδικα προκύπτουν μεγαλύτερες τιμές σε αυτές τις γωνίες άρα και μεγαλύτερη πλαστιμότητα, που σημαίνει ότι θα προκύπτει μικρότερη V_R σε σχέση με την αντίστοιχη του ΚΑΝΕΠΕ.

Πίνακας 3.9: Συγκριτικά αποτελέσματα επαναληπτικής διαδικασίας μεταξύ ΚΑΝΕΠΕ και Ευρωκώδικα.

	EUROCODE κατά X		ΚΑΝΕΠΕ κατά X		EUROCODE κατά Y		ΚΑΝΕΠΕ κατά Y	
	B2	Γ1	B2	Γ1	B2	Γ1	B2	Γ1
ag_{lim} (g)	0.15	0.10	0.09	0.07	0.10	0.045	0.08	0.055
V_{base} (kN)	2794.46	2394.28	2384.60	2189.17	1565.59	1635.43	1482.31	1773.67
δ_{top} (m)	0.036	0.028	0.026	0.25	0.011	0.013	0.011	0.015

Πίνακας 3.10: Αποτελέσματα για την 1^η αστοχία του υποστυλώματος.

	V_s (kN)	V_R (kN)	θ_s	θ_u
Ευρωκώδικας	57.62	50.04	0.00053	0.02086
ΚΑΝΕΠΕ	58.43	54.89	0.00052	0.01833

Η διατμητική ικανότητα υπολογίζεται μέσω της σχέσης 3.1 του Παραρτήματος 7Γ του ΚΑΝ.ΕΠΕ., όπως ελέγχεται από τους συνδετήρες, υπολογίζοντας την μείωση λόγω του πλαστικού μέρους της απαίτησης σε πλαστιμότητα.

$$V_R = \frac{h-x}{2L_s} \min(N, 0.55A_c f_c) + (1 - 0.05 \min(5; \mu \theta r l)) [0.16 \max(0.5; 100 \rho_{tot}) (1 - 0.16 \min(5; \alpha s)) \sqrt{f_c} A_c + VW] \quad (3.1)$$

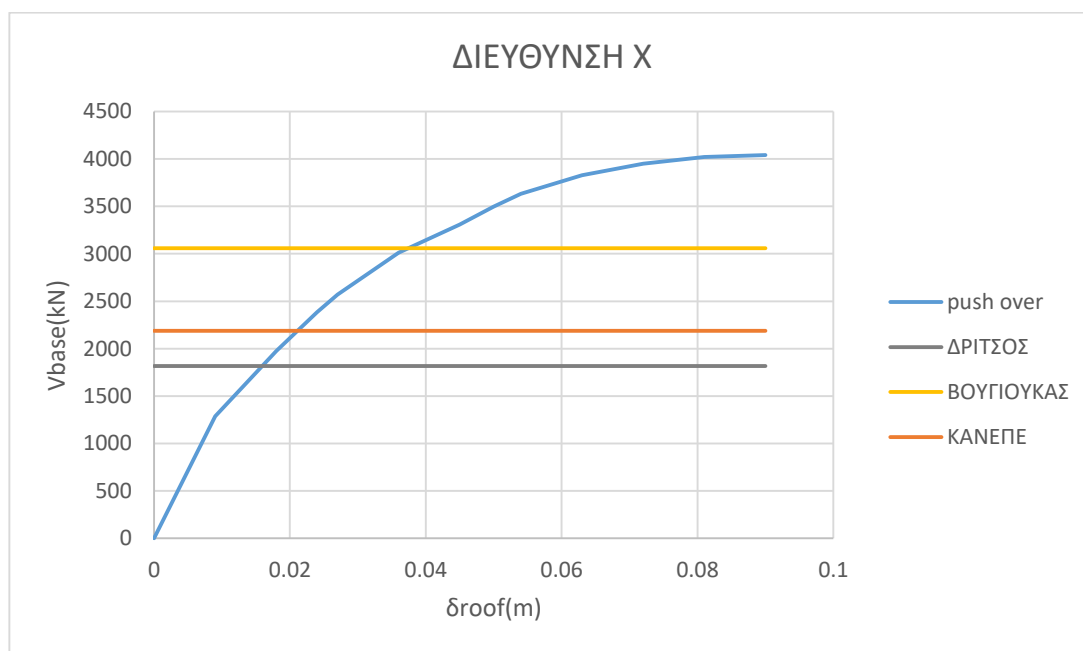
$$\mu \theta r l = \mu \theta - 1 \quad (3.2)$$

3.5 Συμπεράσματα -Σύγκριση μεθόδων

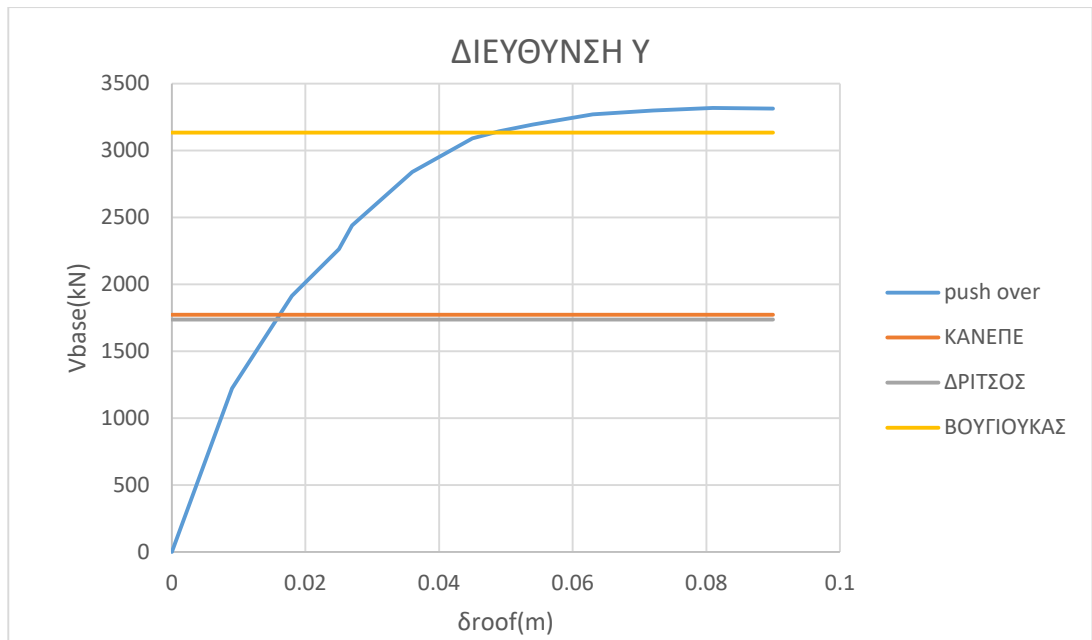
Από την εφαρμογή του Κανονισμού Επεμβάσεων, παρατηρείται ότι οι αστοχίες, τόσο στη διεύθυνση X όσο και στην Y, είναι ψαθυρής μορφής, λόγω τέμνουσας δύναμης. Παρατηρείται ότι η πρώτη αστοχία για κατακόρυφο μέλος κατά τη διεύθυνση Y πραγματοποιείται για μικρότερη εδαφική επιτάχυνση απ' ό,τι για τη X διεύθυνση. Στον Πίνακα 3.11 και στα Σχήματα 3.13 και 3.14 παρουσιάζεται η σύγκριση των μεθόδων σε όρους τέμνουσας βάσης. Στην περίπτωση της μεθόδου του Βουγιούκα φαίνεται να υπερεκτιμά την κατασκευή σε σχέση με τα αποτελέσματα, καθώς υποθέτει ότι όλα τα κατακόρυφα μέλη εξαντλούν όλη την αντοχή τους ταυτόχρονα και δεν λαμβάνει υπ'οψιν στους υπολογισμούς τις δοκούς. Η μέθοδος του Δρίτσου είναι μια πιο εμπειρική μέθοδος και τα αποτελέσματα που προκύπτουν για το φορέα στη διεύθυνση X είναι συντηρητικότερα σε σχέση με τις άλλες μεθόδους. Ωστόσο όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.14 η προσέγγιση της μεθόδου Δρίτσου για τη διεύθυνση Y είναι αρκετά κοντά με τη μέθοδο του ΚΑΝΕΠΕ.

Πίνακας 3.11: Τιμές Τέμνουσας Βάσης για τις δύο διευθύνσεις

	Κανονισμός Επεμβάσεων Vb (KN)	Δρίτσος Σ. Vb (kN)	Βουγιούκας Ε. Vb (KN)
Διεύθυνση X	2189.17	1818.37	3058.02
Διεύθυνση Y	1773.67	1735.68	3133.21



Σχήμα 3.13: Απεικόνιση Σεισμικής Ικανότητας σε όρους Τέμνουσας Βάσης για τη Διεύθυνση X



Σχήμα 3.15: Απεικόνιση Σεισμικής Ικανότητας σε όρους Τέμνουσας Βάσης για τη Διεύθυνση Υ

4 Επισκευές και ενισχύσεις

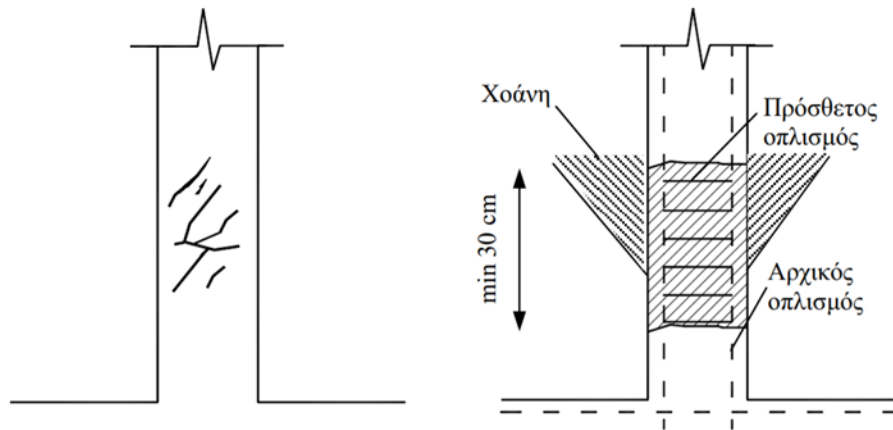
4.1 Επισκευή και ενίσχυση υποστυλωμάτων

Τα στοιχεία μιας κατασκευής στα οποία επικεντρώνονται οι επεμβάσεις είναι τα υποστύλωματα και γιατί αυτά είναι που παραλαμβάνουν τα σεισμικά φορτία, εμφανίζουν το μεγαλύτερο ποσοστό των βλαβών και έχουν τις μεγαλύτερες απαιτήσεις πλαστιμότητας. Με την επισκευή ή την ενίσχυσή τους εξασφαλίζεται η αύξηση της αντοχής, της δυσκαμψίας και της πλαστιμότητας των υποστυλωμάτων και γενικά της κατασκευής. Τα υποστύλωματα στα οποία εφαρμόζεται εμφανίζουν συνήθως σοβαρές βλάβες και αποδιοργάνωση του σκυροδέματος ή ανεπάρκεια σε κάποιο από τα τρία παραπάνω χαρακτηριστικά τους. Ένα υποστύλωμα μπορεί είτε μόνο να επισκευαστεί σε περίπτωση που έχει υποστεί βλάβες, είτε επιπλέον να ενισχυθεί, έτσι ώστε να αυξηθεί η φέρουσα ικανότητά του και γενικότερα να βελτιωθεί η συμπεριφορά του.

Επισκευή

Η επισκευή ενός υποστύλωματος σχετίζεται με την αποκατάσταση των αρχικών χαρακτηριστικών της διατομής του στοιχείου ανάλογα με το βαθμό της βλάβης που έχει υποστεί. Με βάση τις οδηγίες για τις επισκευές του Ο.Α.Σ.Π. προκύπτουν οι εξής εργασίες ανάλογα με τη βλάβη που θα αντιμετωπιστεί:

- **Απλή Ρηγμάτωση.** Στην περίπτωση που η βλάβη περιορίζεται σε απλή ρηγμάτωση ή επιφανειακή αποφλοιώση του σκυροδέματος, χωρίς να παρατηρείται αποδιοργάνωση του περισιγμένου πυρήνα της διατομής και λυγισμός των κατακόρυφων ράβδων του διαμήκους οπλισμού, η συγκόλληση των ρωγμών επιτυγχάνεται με τη βοήθεια εποξικής ρητίνης, ενώ για την αποκατάσταση του φλοιού χρησιμοποιείται συνήθως επισκευαστικό κονίαμα.
- **Τοπική Βλάβη με Μερική Αποδιοργάνωση του Σκυροδέματος.** Εάν η βλάβη είναι τοπική αλλά εκδηλώνεται με μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστύλωματος, η διαδικασία επισκευής περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:
 - Υποστύλωση των δοκών που συντρέχουν στο βλαμμένο στοιχείο.
 - Καθαίρεση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος.
 - Αποκάλυψη οπλισμών.
 - Συγκόλληση νέου οπλισμού και πυκνών κλειστών συνδετήρων.
 - Διάστρωση έγχυτου ή εκτοξευόμενου σκυροδέματος για τη δημιουργία μανδύα.
 - Εναλλακτικά, η διατομή μπορεί να επισκευαστεί με ενσωματωμένη μεταλλική κατασκευή από κατακόρυφα γωνιακά ελάσματα και οριζόντια μεταλλικά κολάρα ή πλήρη χαλύβδινα φύλλα (μεταλλικός κλωβός).
- **Σοβαρή Βλάβη με Πλήρη Αποδιοργάνωση του Σκυροδέματος.** Όταν η βλάβη είναι σοβαρή, όταν δηλαδή εμφανίζεται πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστύλωματος που συνοδεύεται από διάρρηξη των συνδετήρων και λυγισμό των θλιβόμενων ράβδων του διαμήκους οπλισμού, η επισκευή του βλαμμένου υποστύλωματος γίνεται ως εξής:
 - Υποστύλωση των δοκών που συντρέχουν στο υπόψη υποστύλωμα.
 - Πλήρης καθαίρεση του αποδιοργανωμένου τμήματος του υποστύλωματος σε ύψος τουλάχιστον 30cm .
 - Έλεγχος και ενίσχυση του διαμήκους οπλισμού όπου αυτό απαιτείται.
 - Προσθήκη πυκνών συνδετήρων.
 - Τοποθέτηση ξυλοτύπου.
 - Διάστρωση έγχυτου σκυροδέματος ή έτοιμου κονιάματος.



Σχήμα 4.1: Αποκατάσταση υποστυλώματος (από Κωνσταντίνο Σπυράκο, 2004) με πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος της βλαμμένης περιοχής.

Ενίσχυση

Η τεχνική της αύξησης των διαστάσεων της διατομής με κατασκευή μανδύα από οπλισμένο σκυρόδεμα εξασφαλίζει την επάρκεια των υποστυλωμάτων όσον αφορά την αντοχή, τη δυσκαμψία και την πλαστιμότητά τους. Η κατασκευή μανδύα που περικλείει το υφιστάμενο στοιχείο έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της λυγηρότητας καθώς και την αύξηση της δυσκαμψίας της διατομής. Δεδομένου ότι η ενισχυμένη διατομή είναι σε θέση να παραλάβει μόνο τα πρόσθετα φορτία που θα ασκηθούν σε αυτή.



Σχήμα 4.2: Ενίσχυση υποστυλωμάτων με μανδύα από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. (www.ddroukas.gr)

Τα πλέον διαδεδομένα είδη μανδύων οπλισμένου σκυροδέματος που κατασκευάζονται στην πράξη είναι τα ακόλουθα:

- Μανδύες από έγχυτο σκυρόδεμα. Έγχυτο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται όταν ο μανδύας που πρόκειται να κατασκευαστεί έχει πάχος μεγαλύτερο από 8 cm.
- Μανδύες από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Η κατασκευή μανδύα από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα αποτελεί τη συνηθέστερη πρακτική για την περίπτωση που το συνολικό πάχος του μανδύα δεν υπερβαίνει τα 10 cm. Η συστολή ξηράνσεως είναι μεγαλύτερη στη συγκεκριμένη κατηγορία μανδύων, οπότε έχει μεγάλη σημασία η σωστή συντήρησή τους με εφαρμογή όλων των σχετικών διατάξεων του Κανονισμού

Τεχνολογίας Σκυροδέματος.

- Μανδύες από σκυροτσιμεντοπήγμα. Το κυριότερο πλεονέκτημα αυτού του είδους των μανδύων είναι η εύκολη σκυροδέτηση ακόμα και παρουσία πυκνού διαμήκους και εγκάρσιου οπλισμού. Η διαδικασία εφαρμογής του σκυροτσιμεντοπήγματος περιλαμβάνει την τοποθέτηση αδρανών σε καλούπια και στη συνέχεια την πλήρωση των μεταξύ τους κενών με υγροποιημένο τσιμέντο υπό πίεση. Τα αδρανή έχουν ελάχιστο μέγεθος κόκκων 10 -15 mm. Με την χρήση σκυροτσιμεντοπήγματος μειώνεται σημαντικά το πρόβλημα της συστολής ξηράνσεως καθώς τα αδρανή που βρίσκονται ήδη σε επαφή μεταξύ τους, περιορίζουν τη συστολή ξηράνσεως στο ελάχιστο.
- Μανδύες από ειδικά σκυροδέματα ή τσιμεντοκονιάματα. Με τη χρησιμοποίηση ειδικών σκυροδεμάτων ή τσιμεντοκονιαμάτων είναι δυνατόν να υλοποιηθούν μανδύες εξαιρετικά μικρού πάχους. Το βασικό μειονέκτημα που είναι το αυξημένο κόστος κατασκευής τους.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη συστολή ξηράνσεως του νέου σκυροδέματος. Όταν ένας μανδύας από σκυρόδεμα τοποθετείται γύρω από ένα υφιστάμενο υποστύλωμα, η συστολή ξηράνσεως του νέου σκυροδέματος περιορίζεται από το υπάρχον σκυρόδεμα, με αποτέλεσμα να αναπτύσσονται εφελκυστικές τάσεις, οι οποίες ενδέχεται να οδηγήσουν σε ρηγμάτωση του μανδύα κάθετα στον άξονα του στοιχείου. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με χρήση σκυροδέματος με κατάλληλα χημικά πρόσθετα ή αντικατάσταση του τσιμέντου από μη συρρικνούμενη κονία. Επιπλέον απαιτείται η πλήρης αποφόρτιση της περιοχής των υπερκείμενων ορόφων που φορτίζουν το υπόψη υποστύλωμα, έτσι ώστε, όταν το επισκευασμένο στοιχείο κληθεί να παραλάβει φορτία, να αναιρεθούν τυχόν παραμορφώσεις λόγω συστολής ξηράνσεως.

4.2 Επισκευή και ενίσχυση τοιχωμάτων

Για την επισκευή και ενίσχυση τοιχωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα χρησιμοποιούνται μέθοδοι ανάλογες με αυτές που εφαρμόζονται για τα υποστυλώματα. Έτσι, σύμφωνα με τις οδηγίες για τις επισκευές του Ο.Α.Σ.Π. προκύπτουν οι εξής εργασίες ανάλογα με τη βλάβη που θα αντιμετωπιστεί:

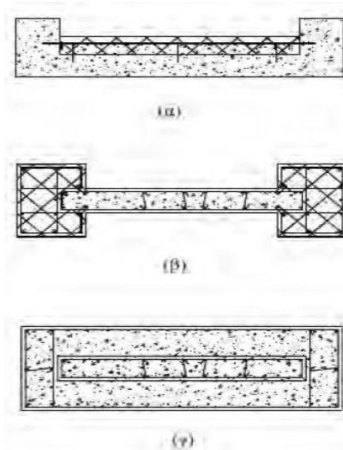
Επισκευή

- Στην περίπτωση που ένα τοίχωμα έχει υποστεί απλή ρηγμάτωση, οι ρωγμές συγκολλούνται κατά κανόνα με χρήση εποξικής ρητίνης. Στην περίπτωση κτιρίων που έχουν μελετηθεί σύμφωνα με παλαιότερους κανονισμούς ο οπλισμός των τοιχωμάτων αυτών συνήθως δεν καλύπτει τις απαιτήσεις του ισχύοντος κανονισμού, γεγονός που οφείλεται στις μεθόδους ανάλυσης και σχεδιασμού που εφαρμόζονταν παλιότερα. Κατά συνέπεια η σφράγιση των ρωγμών με ρητίνες τις περισσότερες φορές δεν είναι αρκετή και για το λόγο αυτό συνιστάται η περαιτέρω ενίσχυση των τοιχωμάτων είτε με μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος είτε με εφαρμογή εξωτερικής περίσφιγξης.
- Για σοβαρότερη βλάβη που εκδηλώνεται με την αποδιοργάνωση του σκυροδέματος γίνεται αρχικά αποκατάσταση ίσης διατομής, η οποία συνήθως συνοδεύεται από κατασκευή μανδύα. Τα βήματα που ακολουθούνται είναι τα ακόλουθα:
 - Υποστύλωση των δοκών που συντρέχουν στο υπόψη τοίχωμα.
 - Καθαίρεση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος.
 - Αντικατάσταση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος όπου τούτο έχει καθαιρεθεί, με έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ή με ειδικό κονίαμα.
 - Τοποθέτηση οπλισμού από κάθε πλευρά του τοιχώματος με τη μορφή δομικού πλέγματος ή εσχάρας.
 - Σύνδεση των δομικών πλεγμάτων με εγκάρσιους συνδέσμους έναν ανά δύο τετραγωνικά μέτρα.

- Διάστρωση έγχυτου ή εκτοξευόμενου σκυροδέματος ή έτοιμου ειδικού κονιάματος για τη δημιουργία διπλού μανδύα.

Ενίσχυση

Η μέθοδος της κατασκευής μανδύα από οπλισμένο σκυρόδεμα αποτελεί μια από τις συνηθισμένες και αποδοτικές μεθόδους ενίσχυσης τοιχωμάτων. Η ενίσχυση του τοιχώματος αφορά στην αύξηση του πάχους του με κατασκευή μανδύα ανοικτού τύπου που αποβλέπει κυρίως στην αύξηση της διατμητικής αντοχής του τοιχώματος. Μία άλλη συνήθης πρακτική που εφαρμόζεται κυρίως για την καμπτική ενίσχυση των τοιχωμάτων είναι η κατασκευή δύο κρυφοϋποστυλωμάτων, όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.3β. Στην Εικόνα 4.3γ παρουσιάζεται η κατασκευή κλειστού μανδύα που περιβάλλει ολόκληρο το υπάρχον τοίχωμα.



Σχήμα 4.3: Ενίσχυση τοιχωμάτων με αύξηση της διατομής τους (από Κωνσταντίνο Σπυράκο, 2004). (α) Διατμητική ενίσχυση. (β)Καμπτική ενίσχυση (γ) Διατμητική και καμπτική ενίσχυση με κλειστό μανδύα.

Με βάση τον ΚΑΝ.ΕΠΕ για τη διαστασιολόγηση των μανδύων θεωρείται ότι η αρχική διατομή μαζί με την διατομή του μανδύα συνιστούν ενιαία μονολιθική διατομή. Η διατμητική δύναμη της διεπιφάνειας ανάμεσα στον μανδύα και στη παλιά διατομή είναι αποτέλεσμα των εξής δυνάμεων:

- i) Αξονική δύναμη (N_v) λόγω πρόσθετων κατακόρυφων φορτίων και λόγω της αφαίρεσης της υποστύλωσης που αντιστοιχούν στον μανδύα μετά την επέμβαση.
- ii) Αξονική δύναμη (N_E) που αντιστοιχεί στον μανδύα λόγω σεισμού.
- iii) Δύναμη (F_M) που προέρχεται απ' την καμπτική ροπή που θα επιβληθεί μετά την επέμβαση (M_n).

Η θλίβουσα δύναμη F_{cm} του μανδύα μπορεί προσεγγιστικά να εκτιμηθεί ως:

$$F_{cm} = \frac{N_v + N_E}{2} + F_M = \frac{N_v + N_E}{2} + \frac{M_n}{z} \quad (4.1)$$

Για την ανάληψη των εφελκυστικών τάσεων ρηγμάτωσης κατά μήκος των ακμών του μανδύα, στην περιοχή του μήκους u_0 , πρέπει να διατάσσονται πυκνοί συνδετήρες που να αναλαμβάνουν τουλάχιστον τη δύναμη που αντιστοιχεί στην εγκάρσια εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος του μανδύα. Οι ελάχιστοι συνδετήρες που απαιτούνται ελέγχονται από τη σχέση:

$$\frac{A_{sw}}{a_{sw}} > \frac{t \cdot f_{ctm}}{f_{ywd}} \quad (4.2)$$

Η μέγιστη απόσταση των συνδετήρων a_{sw} μπορεί να υπολογίζεται:

$$a_{sw} \leq 0,8 * \left(\frac{f_{ywd}}{f_{ctm}}\right) * \frac{d h^2}{t} \quad (4.3)$$

Προϋπάρχουσες βλάβες πρέπει ούτως ή άλλως να επισκευάζονται. Όταν δεν διατίθεται ακριβέστερα στοιχεία διατάσσονται συνδετήρες $\Phi 8/75$ mm.

4.3 Ενίσχυση με σύνθετα υλικά (FRP)

Μια ακόμα μέθοδος ενίσχυσης κατακόρυφων στοιχείων που θα παρουσιαστεί στη συγκεκριμένη εργασία αποτελεί η μέθοδος ενίσχυσης με σύνθετα υλικά από ινοπλισμένα πολυμερή (fiber reinforced polymer composites), τα οποία αποτελούνται από ‘υφάσματα’ από ινώδη οπλισμένα πολυμερή εμποτισμένα με ειδικές εποξικές ρητίνες. Τα ‘υφάσματα’ αυτά τοποθετούνται στις επιφάνειες των δομικών στοιχείων, αποτελώντας εξωτερικό οπλισμό και μόνιμη ενίσχυσή τους.



Σχήμα 4.4: Τοποθέτηση υφασμάτων ινοπλισμένων πολυμερών σε υποστυλώματα και κόμβους.
(www.eletech.gr)

Γενικά, η εφαρμογή των υλικών αυτών έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της καμπτικής, διατμητικής και αξονικής αντοχής του μέλους στο οποίο εφαρμόζεται. Η εξωτερική ενίσχυση με μανδύα από ινοπλισμένα πολυμερή είναι κατάλληλη για πληθώρα εφαρμογών. Αντιπροσωπευτικές χρήσεις είναι οι ακόλουθες:

- Ενίσχυση της φέρουσας ικανότητας της κατασκευής.
- Παθητική περίσφιξη για βελτιστοποίηση της ικανότητας ανάληψης σεισμικών φορτίων.
- Έλεγχος ρηγματώσεως και συρραφή ρωγμών. Τα σύνθετα υλικά έχουν χρησιμοποιηθεί και για την επισκευή και ενίσχυση διατηρητέων κτιρίων, μνημείων, ιστορικών και αρχαιολογικών κτισμάτων που έχουν υποστεί ρηγματώσεις και άλλου είδους βλάβες.

Τα στάδια που θα ακολουθηθούν για την εφαρμογή των σύνθετων υλικών είναι, συνοπτικά, τα ακόλουθα:

- Καθαίρεση του επιχρίσματος.
- Αποκατάσταση των ενδεχόμενων βλαβών με χρήση κατάλληλης μεθόδου.
- Προετοιμασία της επιφάνειας του δομικού στοιχείου (εξομάλυνση της επιφάνειας, λάξευση γωνιών, κτλ.).
- Επάλειψη της επιφάνειας του δομικού στοιχείου με εποξική ρητίνη ή άλλη κατάλληλη συγκολλητική ουσία.

- Τοποθέτηση της πρώτης στρώσης του οπλισμένου πολυμερούς στην επιφάνεια του δομικού στοιχείου. Συνιστάται η πλήρης επαφή του σύνθετου υλικού με την επιφάνεια του δομικού στοιχείου. Στην περίπτωση χρήσης υλικών τύπου ελάσματος χρησιμοποιείται μόνο μία στρώση.
- Τοποθέτηση ειδικών αγκυρίων όπου απαιτείται (τοιχεία, άνω παρειές δοκών, κτλ.).
- Τοποθέτηση επιπλέον στρώσεων σύνθετου υλικού σύμφωνα με τη μελέτη επισκευής / ενίσχυσης.
- Μετά τη σκλήρυνση του συστήματος (περίπου μετά από 24 ώρες), εφαρμογή επιχρίσματος και βαφή της επιφάνειας του δομικού στοιχείου με βάση αρχιτεκτονικές και αισθητικές απαιτήσεις.

Στην περίπτωση ενίσχυσης με εξωτερικά στοιχεία οπλισμένα πολυμερή, η τέμνουσα αντοχής σχεδιασμού λόγω οπλισμού διάτμησης (V_{Rd3}) υπολογίζεται από την σχέση:

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd} + V_{jd} \quad (4.4)$$

όπου:

V_{cd} και V_{wd} : οι τέμνουσες που αναλαμβάνουν το σκυρόδεμα και οι συνδετήρες του αρχικού στοιχείου

V_{jd} : η τέμνουσα που αναλαμβάνει ο νέος οπλισμός διάτμησης

Για στοιχεία με ορθογωνική διατομή

$$V_{jd} = \sigma_{jd} \rho_j b_w h_{j,ef} (\cot \theta + \cot \alpha) \sin^2 \alpha \quad (4.5)$$

όπου :

n: αριθμός στρώσεων υλικού ενίσχυσης

σ_{jd} : η τιμή σχεδιασμού της ενεργού τάσης του εξωτερικού οπλισμού διάτμησης

ρ_j : είναι το γεωμετρικό ποσοστό του εξωτερικού οπλισμού

b_w : το πλάτος της διατομής

$h_{j,ef}$: το ενεργό (για την ανάληψη τέμνουσας) ύψος της ενίσχυσης .

θ : η γωνία μεταξύ του άξονα του στοιχείου και της διεύθυνσης των αναμενόμενων λοξών ρωγμών, η οποία μπορεί να θεωρηθεί ίση με 45° .

α : η γωνία του εξωτερικού οπλισμού διάτμησης ως προς τον διαμήκη άξονα του στοιχείου.

Το ποσοστό ορίζεται ως:

$$\rho = \frac{2nA_j}{s_j b_w \sin \alpha} \quad (4.6)$$

Για $\theta = 45^\circ$ και $\alpha = 90^\circ$ η σχέση (4.5) απλοποιείται:

$$V_{jd} = \sigma_{jd} \rho_j b_w h_{j,ef} = 2nA_j \sigma_{jd} h_{j,ef} / s_j \quad (4.7)$$

Μπορεί να θεωρηθεί $h_{j,ef} = 2/3d$ όπου d είναι το στατικό ύψος του στοιχείου

Η τάση του υλικού του ΙΟΠ υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\sigma_{jd} = \frac{1}{\gamma_m} * f_{jk} \quad (4.8)$$

όπου:

f_{jk} : είναι η χαρακτηριστική τιμή αντοχής του υλικού ενίσχυσης

γ_m : είναι ο συντελεστής ασφαλείας για το υλικό ενίσχυσης

Στην περίπτωση που το υλικό ενίσχυσης είναι ινοπλισμένα πολυμερή (ΙΟΠ) λαμβάνεται $\gamma_m = \gamma_{\text{ΙΟΠ}} = 1.2$ και $f_{jk} = E_j \varepsilon_{j, \text{crit}}$, όπου E_j είναι το μέτρο ελαστικότητας του υλικού ενίσχυσης. Όταν χρησιμοποιείται ινοπλισμένο πολυμερές, η αστοχία του υλικού μπορεί να συμβεί υπό παραμορφώσεις σημαντικά μικρότερες της συμβατικής παραμόρφωσης αστοχίας του υλικού (όπως αυτή προκύπτει από τις δοκιμές αξονικού εφελκυσμού), λόγω τοπικής υπερκαταπόνισης στην θέση όπου γεφυρώνεται το μεγαλύτερο άνοιγμα μιας κρίσιμης διατμητικής ρωγμής. Έναντι αυτού του δυσμενούς ενδεχομένου, λαμβάνεται :

$$\varepsilon_{j, \text{crit}} = k_v \varepsilon_{j, \text{max}} \quad (4.9)$$

όπου:

k_v : είναι ο συντελεστής που εκφράζει την περίπου τριγωνική κατανομή των παραμορφώσεων κατά μήκος της κρίσιμης λοξής ρωγμής και λαμβάνεται $k_v = 1/2$.

$$\varepsilon_{j, \text{max}} = \varepsilon_{ju} \quad \psi \leq 1.5\% \quad (4.10)$$

όπου:

ε_{ju} : η μέγιστη εφελκυστική παραμόρφωση του υλικού

ψ : ο μειωτικός συντελεστής πολλών στρώσεων

4.4 Εφαρμογή ενισχύσεων

Για το σκοπό της συγκεκριμένης εργασίας έγινε διερεύνηση με τις παρακάτω εναλλακτικές λύσεις προκειμένου να βρεθεί η κατάλληλη για την αποφυγή της διατμητικής αστοχίας των κατακόρυφων μελών:

- Ενίσχυση με ΙΟΠ:
 - Τα υποστυλώματα που αστοχούν, ώστε να αποφορτιστούν τα τοιχεία
 - Τα κατακόρυφα στοιχεία του φορέα που αστοχούν

Για την ενίσχυση με ΙΟΠ επιλέχθηκε σύνθετο υλικό της εταιρείας Sika με χαρακτηριστικά :

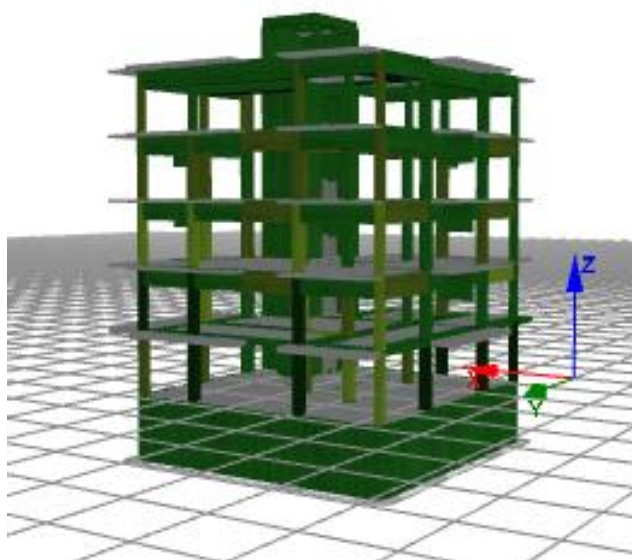
- Πάχος Διαστρωμάτωσης 0.34mm
- Εφελκυστική αντοχή 3793MPa
- Εφελκυστικό μέτρο ελαστικότητας 234.5GPa

Υπολογίστηκε η τέμνουσα που πρέπει να παραληφθεί από το σύνθετο υλικό από τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση στο πρόγραμμα SeisMobuild και παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.1 και στον Πίνακα 4.2. Στη συνέχεια με βάση τη σχέση 4.2 υπολογίστηκε ο αριθμός των στρώσεων του σύνθετου υλικού που θα χρειαστούν τα κατακόρυφα στοιχεία που

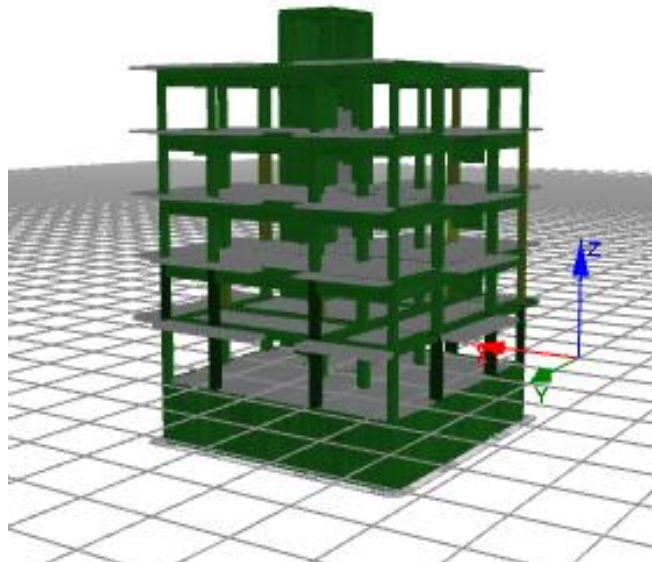
παρουσιάζουν αστοχία σε διάτμηση. Τέλος, έγινε η εισαγωγή των αποτελεσμάτων αυτών στο πρόγραμμα και πραγματοποιήθηκε εκ νέου ανάλυση.

Πίνακας 4.1: Ενίσχυση υποστυλωμάτων με περιτύλιξη με ΙΟΠ.

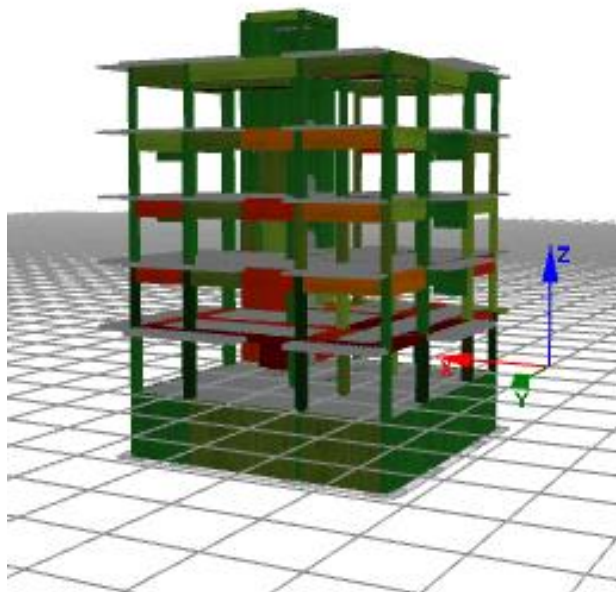
	σ (MPa)	Vjd(kN)	n
K1 _{ισόγειο}	3160.83	70.96	1
K2 _{ισόγειο}	3160.83	102.24	1
K4 _{ισόγειο}	3160.83	95.38	1
K9 _{ισόγειο}	3160.83	65.71	1
K12 _{ισόγειο}	3160.83	64.23	1
K13 _{ισόγειο}	3160.83	89.30	1
K12 _{1ος}	3160.83	60.05	1
K13 _{1ος}	3160.83	83.08	1
K14 _{1ος}	3160.83	50.65	1



Σχήμα 4.5: Έλεγχος Τέμνουσας Δύναμης κατά X και Y για στάθμη Β2 στην περίπτωση που ενισχύονται μόνο τα υποστυλώματα.



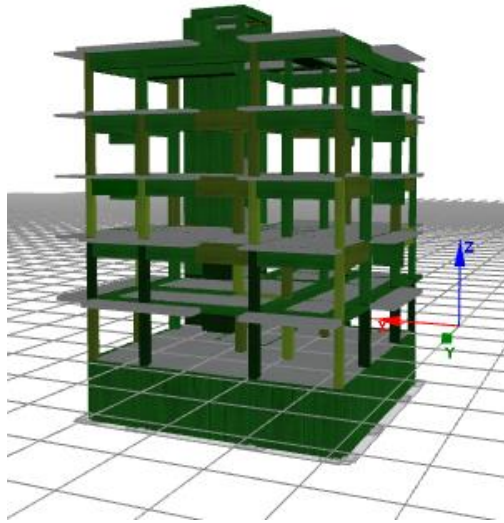
Σχήμα 4.6: Έλεγχος Τέμνουσας Δύναμης κατά X για στάθμη Γ1 στην περίπτωση που ενισχύονται μόνο τα υποστυλώματα.



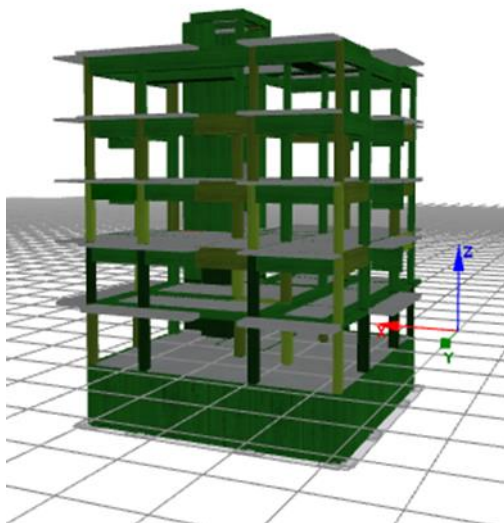
Σχήμα 4.7: Έλεγχος Τέμνουσας Δύναμης κατά Y για στάθμη Γ1 στην περίπτωση που ενισχύονται μόνο τα υποστυλώματα.

Πίνακας 4.2: Ενίσχυση τοιχίων με περιτύλιξη με ΙΟΠ.

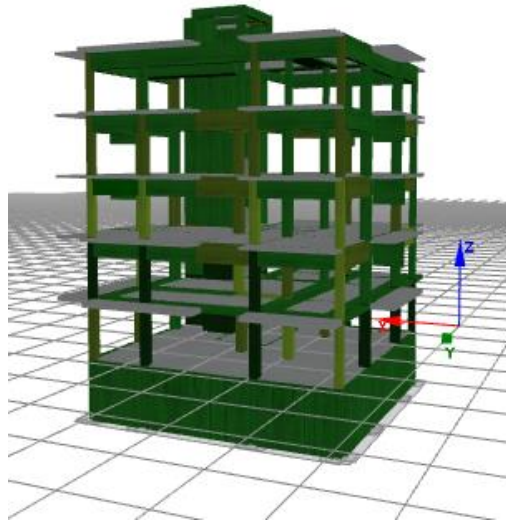
	σ (MPa)	Vjd(kN)	n
W1 _{ισόγειο}	3160.83	904.19	3
W2 _{ισόγειο}	3160.83	1202.32	3
W3 _{ισόγειο}	3160.83	716.13	2
W4 _{ισόγειο}	3160.83	1614.43	5
W5 _{ισόγειο}	3160.83	621.58	2
W7 _{ισόγειο}	3160.83	612.65	2
W15 _{1ος}	3160.83	543.13	2
W19 _{1ος}	3160.83	781.22	2



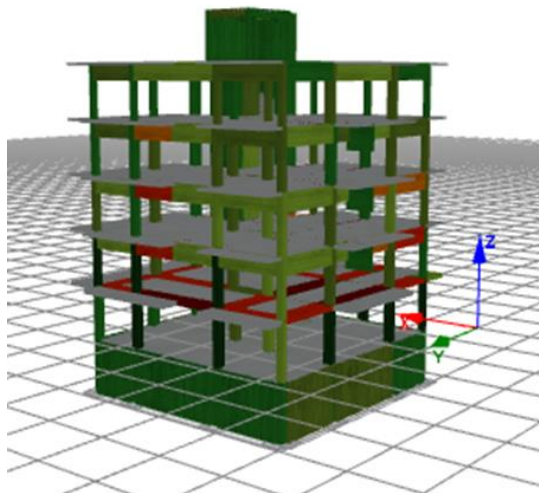
Σχήμα 4.8: Έλεγχος Τέμνουσας Δύναμης κατά X για στάθμη B2 στην περίπτωση που ενισχύονται τα υποστυλώματα και τα τοιχεία.



Σχήμα 4.9: Έλεγχος Τέμνουσας Δύναμης κατά Y για στάθμη B2 στην περίπτωση που ενισχύονται τα υποστυλώματα και τα τοιχεία.



Σχήμα 4.10: Έλεγχος Τέμνουσας Δύναμης κατά X για στάθμη Γ1 στην περίπτωση που ενισχύονται τα υποστυλώματα και τα τοιχία.



Σχήμα 4.11: Έλεγχος Τέμνουσας Δύναμης κατά Y για στάθμη Γ1 στην περίπτωση που ενισχύονται τα υποστυλώματα και τα τοιχία

4.5 Συμπεράσματα

Όπως προκύπτει από τις παραπάνω αναλύσεις στην περίπτωση ενίσχυσης μόνο των υποστυλωμάτων παρουσιάζεται μια βελτίωση της αντοχής των τοιχίων και κατ' επέκταση της κατασκευής χωρίς όμως τα τοιχία να εμφανίζουν επάρκεια στον έλεγχο των τεμνουσών δυνάμεων. Στην εναλλακτική λύση όπου ενισχύθηκαν και τα τοιχία με τη χρήση ινοπλισμένων πολυμερών φαίνεται ότι τα τοιχία και τα υποστυλώματα δεν αστόχησαν στον έλεγχο των τεμνουσών δυνάμεων. Επομένως, επιλέγεται η εναλλακτική ενίσχυσης των υποστυλωμάτων και των τοιχίων με ινοπλισμένα πολυμερή.

5 Οικονομοτεχνική αποτίμηση της κατασκευής

5.1 Εκτίμηση Τρωτότητας

Στα προηγούμενα κεφάλαια παρουσιάστηκε αναλυτικά η ανελαστική ανάλυση, από την οποία προέκυψε η καμπύλη ικανότητας για τον φορέα. Για να εκτιμηθεί καλύτερα η σεισμική δράση του φορέα θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν και τα δυναμικά χαρακτηριστικά τα οποία δεν λήφθηκαν κατά τη στατική ανελαστική ανάλυση. Μια βασική συνιστώσα για τον υπολογισμό του κόστους της κατασκευής είναι η εκτίμηση της τρωτότητας των στοιχείων από τα οποία αποτελείται και βασίζεται στις καμπύλες τρωτότητας. Οι καμπύλες τρωτότητας περιγράφουν την πιθανότητα υπέρβασης οριακών καταστάσεων μιας κατασκευής για δεδομένο μέτρο έντασης, με αποτέλεσμα να πραγματοποιηθεί μία ακριβέστερη προσέγγιση της σεισμικής δράσης όπως και των σταθμών επιτελεστικότητας προσεγγίζοντας έτσι με ακρίβεια την πραγματική συμπεριφορά της κατασκευής. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση του λογισμικού SPO2FRAG (Vamvatsikos D., Iervolino I., Baraschino R., Baltzopoulos G., 2017) το οποίο χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο SPO2IDA και τη θεώρηση μονοβάθμιου ταλαντωτή. Δημιουργούνται, έτσι, οι καμπύλες μιας προσαυξητικής δυναμικής ανάλυσης (IDA) για τα ποσοστημόρια 16%, 50% και 84%, λαμβάνοντας υπόψιν και τη μέγιστη σχετική στροφή ορόφου κατά τη πρώτη αστοχία σύμφωνα με τον Κανονισμό Επεμβάσεων. Στη συνέχεια μετατρέπονται σε αντίστοιχες για πολυβάθμιο φορέα και σχεδιάζονται οι καμπύλες τρωτότητας των στάθμων επιτελεστικότητας που θα οριστούν, οι οποίες αποδίδουν την πιθανότητα υπέρβασης κάθε επιπέδου βλάβης.

Στον πίνακα 5.1 παρουσιάζονται οι μέγιστες στροφές ορόφου για τη στάθμη B2 (σημαντικές βλάβες) και Γ1 (οιονεί κατάρρευση) για κάθε διεύθυνση. Τα αποτελέσματα από τη δυναμική ανάλυση παρουσιάζονται στους πίνακες 5.2-5.3, όπου παρουσιάζονται οι μέσες τιμές φασματικών επιταχύνσεων και οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις, ενώ στα σχήματα 5.1 και 5.2 εμφανίζονται οι καμπύλες τρωτότητας για τη κάθε διεύθυνση.

Πίνακας 5.1: Μέγιστη στροφή ορόφου για την πρώτη διατημητική αστοχία υποστυλώματος.

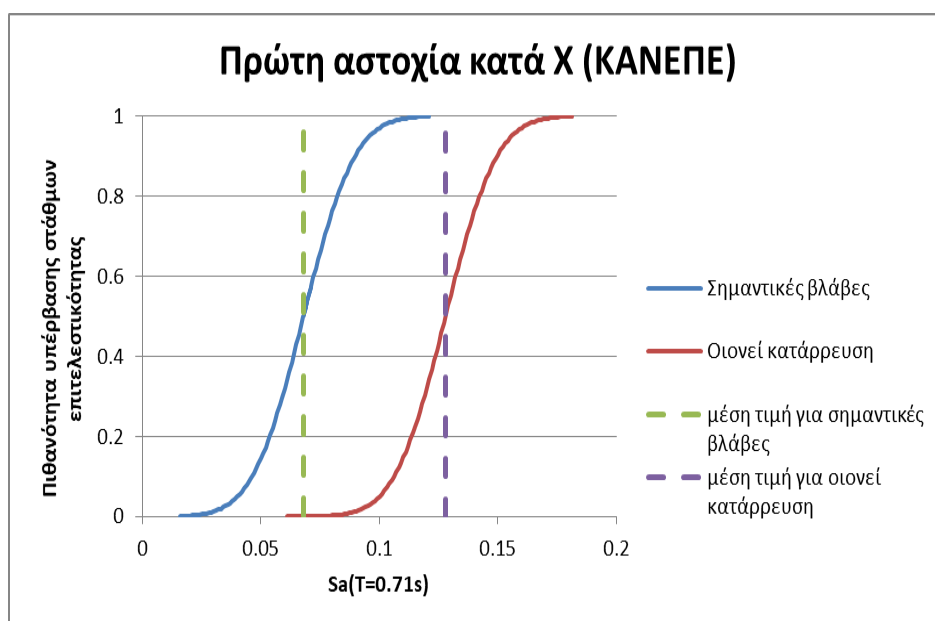
θ_{max}	Σημαντικές βλάβες (B2)	Οιονεί κατάρρευση (Γ1)
Πρώτη αστοχία υποστυλώματος σε τέμνουσα κατά τη διεύθυνση X	0.266%	0.405%
Πρώτη αστοχία υποστυλώματος σε τέμνουσα κατά τη διεύθυνση Y	0.165%	0.307%

Πίνακας 5.2: Μέση φασματική επιτάχυνση και τυπική απόκλιση για τη στάθμη σημαντικών βλαβών B2.

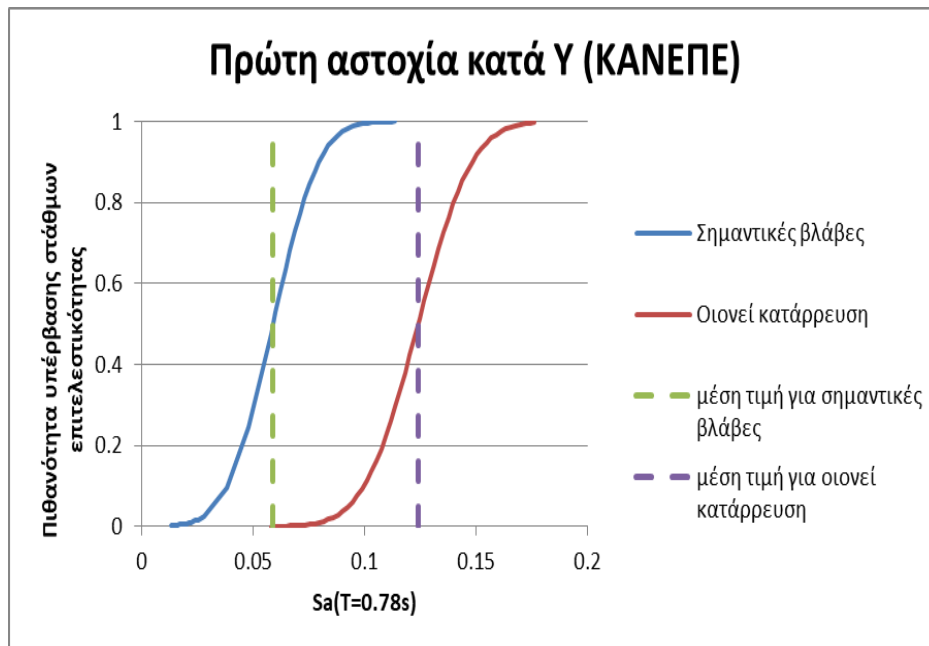
	Μέση Sa(T) (g)	Τυπική Απόκλιση
Πρώτη αστοχία υποστυλώματος σε τέμνουσα κατά τη διεύθυνση X	0.068	0.17
Πρώτη αστοχία υποστυλώματος σε τέμνουσα κατά τη διεύθυνση Y	0.059	0.16

Πίνακας 5.3: Μέση φασματική επιτάχυνση και τυπική απόκλιση για στάθμη οιονεί κατάρρευσης Γ1.

	Μέση Sa(T) (g)	Τυπική Απόκλιση
Πρώτη αστοχία υποστυλώματος σε τέμνουσα κατά τη διεύθυνση X	0.128	0.17
Πρώτη αστοχία υποστυλώματος σε τέμνουσα κατά τη διεύθυνση Y	0,124	0.19



Σχήμα 5.1: Καμπύλες Τρωτότητας για την 1^η αστοχία υποστυλώματος κατά X



Σχήμα 5.2: Καμπύλες Τρωτότητας για την 1^η αστοχία υποστυλώματος κατά Y

5.2 Εκτίμηση Σεισμικών Απωλειών

Στη συγκεκριμένη υποενότητα θα γίνει η εκτίμηση των χρηματοοικονομικών απωλειών που είναι πιθανόν να εμφανιστούν στην κατασκευή εξαιτίας της σεισμικής δράσης. Η ανάλυση αυτή γίνεται με τη χρήση του λογισμικού «Performance Assessment Calculation Tool» (PACT) που ανέπτυξε η «FEMA P-58».

Αρχικά, εισήχθησαν ο αριθμός των ορόφων, το ύψος τους σε πόδια (ft), το εμβαδόν τους σε τετραγωνικά πόδια (ft²), το κόστος αντικατάστασης της κατασκευής που εκτιμάται ίσο με 1200\$/m² το οποίο πολλαπλασιασμένο με τη συνολική επιφάνεια των ορόφων δίνει την τιμή 1.042.560 €, αλλά και το κόστος επισκευής που είναι ίσο με το 40% του συνολικού κόστους αντικατάστασης δηλαδή, 417.024 €. Στη συνέχεια, εισάγονται οι ποσότητες των δομικών και μη δομικών στοιχείων της κατασκευής για τις δύο διευθύνσεις, όπως φαίνονται στον Πίνακα 5.4. Από τις «βιβλιοθήκες» του προγράμματος έγινε η ένταξη των κόμβων των ορόφων, της τοιχοποιίας, του ανελκυστήρα, των σωληνώσεων ζεστού και κρύου νερού και των ηλεκτρικών καλωδιώσεων. Οι ποσότητες των μη δομικών χαρακτηριστικών του κτιρίου προσδιορίζονται σύμφωνα με το Normative Quantity Estimation Tool του FEMA P-58.

Πίνακας 5.4: Δομικά και μη δομικά στοιχεία που εισάγονται στο PACT

Κατηγορία	Περιγραφή	Ποσότητα κατά Χ		Ποσότητα κατά Υ	
		Ισόγειο	1 ^{ος} -4 ^{ος}	Ισόγειο	1 ^{ος} -4 ^{ος}
B1041.081a	Non Conforming MF-Beam one side	5	5	9	9
B1041.081b	Non Conforming MF-Beam both sides	3	3	5	5
B1051.001c	Masonry infills	105 ft ²	413 ft ²	150 ft ²	736 ft ²
B1051.001g	Exterior walls	550 ft ²	662 ft ²	210 ft ²	674 ft ²
D1014.011	Traction Elevator	0.5	0.00	0.5	0.00
D2021.011a	Cold or Hot Potable	190	177	190	177
D5012.0.31a	Distribution Panel	0.5	0.5	0.5	0.5

Δεδομένου ότι στο πρόγραμμα δεν υπήρχαν δεδομένα για τις επισκευές των εσωτερικών και των εξωτερικών τοιχοποιιών δημιουργήθηκαν νέες ομάδες για αυτές τις επισκευές για διάφορα επίπεδα βλαβών σύμφωνα με τις αντίστοιχες εγκεκριμένες Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (ΕΤΕΠ), που αφορούν τα υλικά, τον εξοπλισμό και το προσωπικό, που θα χρειαστεί για την κάθε εργασία. Στις αναλύσεις ελήφθησαν υπόψη τόσο τιμές από τα εγκεκριμένα τιμολόγια οικοδομικών έργων (ΥΠΟΜΕΔΙ) όσο και από τιμές εμπορίου, κατόπιν έρευνα αγοράς.

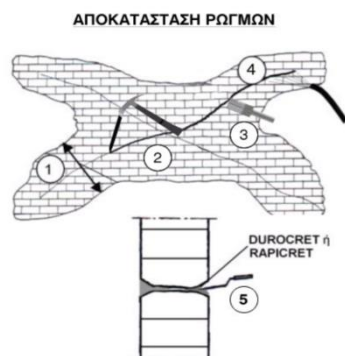
Αποκατάσταση απλής ρηγματώσης στην εσωτερική τοιχοποιία (εύρος ρωγμών μικρότερο από 1cm)

Για την αποκατάσταση ενός τετραγωνικού μέτρου ρηγματωμένης τοιχοποιίας για εύρος ρωγμών μικρότερο από 1cm, χρησιμοποιείται ρητινούχο επισκευαστικό τσιμεντοκονίαμα. Για την αποκατάσταση του σοβά γίνεται χρήση έτοιμου κονιάματος, ενισχυμένο με οικοδομική ρητίνη και λωρίδα υαλοπλέγματος, πλάτους όσο και του καθαιρεθέντος σοβά. Συμπεριλαμβάνεται η διάθεση και απασχόληση του απαιτούμενου προσωπικού, εξοπλισμού για την εκτέλεση των εργασιών, η συγκέντρωση των απορριμμάτων πάσης φύσεως που προκύπτουν και η μεταφορά τους προς την οριστική απόθεση.

Η πλήρης διαδικασία αποκατάστασης και επισκευή τοιχοποιίας έχει ως εξής:

α) Αποκατάσταση των ρωγμών

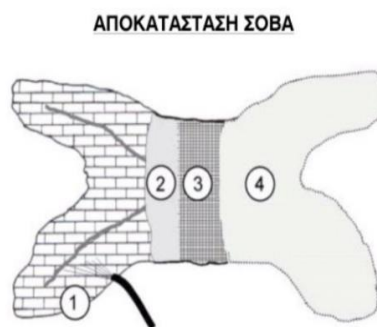
- Καθαρίζεται καθολικά το επίχρισμα σε όλη την επιφάνεια της τοιχοποιίας.
- Διευρύνονται τα χείλη των ρωγμών με τοπικό σπάσιμο των πλίνθων.
- Καθαρίζονται καλά οι ρωγμές με πεπιεσμένο αέρα ή βούρτσα.
- Ακολουθεί καλή διαβροχή του υποστρώματος.
- Κατόπιν εισάγεται το ρητινούχο τσιμεντοκονίαμα DUROCRET. Η χρήση του κονιάματος απαιτεί μόνο την προσθήκη νερού.
- Μετά τη σκλήρυνσή τους ακολουθεί η αποκατάσταση του σοβά.



Σχήμα 5.3: Διαδικασία αποκατάστασης των ρωγμών (<https://www.isomat.gr/solution>)

β) Αποκατάσταση του σοβά

- Το υπόστρωμα πρέπει να καθαρίζεται επιμελώς από χαλαρά υλικά, σκόνες κλπ. και να διαβρέχεται καλά με νερό.
- Εφαρμόζεται η πρώτη στρώση του σοβά με το έτοιμο κονίαμα UNICRET, ενισχυμένο με την οικοδομική ρητίνη ADIPLAST.
- Όσο είναι ακόμη νωπό το κονίαμα της πρώτης στρώσης, τοποθετείται καθολικά υαλόπλέγμα σε όλη την επιφάνεια του σοβά, με ελαφρά πίεση πάνω στην πρώτη στρώση.
- Αφού πήξει η πρώτη στρώση, ακολουθεί η τελική στρώση του σοβά με το έτοιμο κονίαμα UNICRET. Στην εφαρμογή αυτή το κονίαμα αναμιγνύεται μόνο με νερό. Για μεγαλύτερες αντοχές στο σοβά, γίνεται προσθήκη στο νερό ανάμιξης την οικοδομική ρητίνη ADIPLAST.



Σχήμα 5.4: Διαδικασία αποκατάστασης του σοβά. (<https://www.isomat.gr>)

Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας (m²)

Ανάλυση τιμής:

A). Καθαίρεση επιχρισμάτων (ΟΙΚ-2552) :

5.60€/m²

B). Ρητινούχο επισκευαστικό κονίαμα τύπου DUROCRET της ISOMAT

Τιμή εμπορίου(kg): 0.48€/kg

Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 15kg/m²/cm πάχους στρώσης

Για πάχος στρώσης 1cm : 0.48€/kg x 15kg/m² = **7.20€/m²**

Γ). Κονίαμα για σοβάτισμα τύπου UNICRET της ISOMAT

Τιμή εμπορίου(kg): 0.29€/kg

Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 15.5kg/m²/cm πάχους στρώσης

Για πάχος στρώσης 1cm : 0.29€/kg x 15.5kg/m² = **4.50€/ m²**

Δ). Οικοδομική ρητίνη για πολλαπλές βελτιώσεις των κονιαμάτων τύπου ADIPLAST της ISOMAT

Τιμή εμπορίου(kg): 4.40€/kg

Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 1kg/m²/cm πάχους στρώσης

Για πάχος στρώσης 1cm : 4.40€/kg x 1kg/m² = **4.40€/ m²**

Ε). Υαλόπλεγμα οπλισμού σοβάδων (πλέγμα από fiberglass για ενίσχυση σοβάδων)

Τιμή εμπορίου: **1.10€/ m²**

ΣΤ). Επιχρίσματα τριφτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122): **14.00€/m²**

Ζ). Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών τοίχων για χρωματισμούς

(ΟΙΚ-7735): **1.70€/m²**

Η). Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων

(ΟΙΚ-7735): **3.40€/m²**

Θ). Ακρυλικό μικρομοριακό ή σιλικονούχο υπόστρωμα χρωματισμών (αστάρι)

(ΟΙΚ-7735): **3.35€/m²**

Ι). Χρωματισμοί επί εσωτερικών επιφανειών επιχρισμάτων με χρώματα υδατικής διασποράς, ακρυλικής, στυρενιοακρυλικής ή πολυβινυλικής βάσεως (ΟΙΚ-7785.1): **9€/m²**

Ια). Εργασία σε ώρες τεχνίτη (ΕΡΓ ΑΤΟΕ003): 19.86€/h

Για εργασία 1.5h: 1.5h x 19.86€/h = **29.80€/m²**

Τιμή εφαρμογής (ευρώ): 84.05€/m²

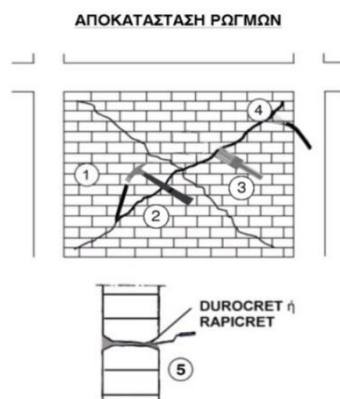
Αποκατάσταση έντονης ρηγματώσης στην εσωτερική τοιχοποιία (εύρος ρωγμών μεγαλύτερο από 1cm)-Αποδιοργάνωση τοιχοποιίας

Για την αποκατάσταση ενός τετραγωνικού μέτρου έντονα ρηγματωμένης τοιχοποιίας, για εύρος ρωγμών μεγαλύτερο από 1cm, χρησιμοποιείται ρητινούχο επισκευαστικό τσιμεντοκονίαμα. Για την αποκατάσταση του σοβά γίνεται χρήση έτοιμου κονιάματος, ενισχυμένο με οικοδομική ρητίνη και λωρίδα υαλοπλέγματος σε όλη την επιφάνεια του σοβά. Συμπεριλαμβάνεται η διάθεση και απασχόληση του απαιτούμενου προσωπικού και εξοπλισμού για την εκτέλεση των εργασιών, η συγκέντρωση των απορριμμάτων πάσης φύσεως που προκύπτουν και η μεταφορά τους προς την οριστική απόθεση.

Η πλήρης διαδικασία αποκατάστασης και επισκευή τοιχοποιίας έχει ως εξής:

α) Αποκατάσταση των ρωγμών

- Καθαρίζεται καθολικά το επίχρισμα σε όλη την επιφάνεια της τοιχοποιίας.
- Διευρύνονται τα χείλη των ρωγμών με τοπικό σπάσιμο των πλίνθων.
- Καθαρίζονται καλά οι ρωγμές με πεπιεσμένο αέρα ή βούρτσα.
- Ακολουθεί καλή διαβροχή του υποστρώματος.
- Κατόπιν εισάγεται το ρητινούχο τσιμεντοκονίαμα DUROCRET. Η χρήση του κονιάματος απαιτεί μόνο την προσθήκη νερού.
- Μετά τη σκλήρυνσή τους ακολουθεί η αποκατάσταση του σοβά



Σχήμα 5.5: Διαδικασία αποκατάστασης των ρωγμών (<https://www.isomat.gr/solution>)

β) Αποκατάσταση του σοβά

- Το υπόστρωμα πρέπει να καθαρίζεται επιμελώς από χαλαρά υλικά, σκόνες κλπ. και να διαβρέχεται καλά με νερό.
- Εφαρμόζεται η πρώτη στρώση του σοβά με το έτοιμο κονίαμα UNICRET, ενισχυμένο με την οικοδομική ρητίνη ADIPLAST.

- Όσο είναι ακόμη νωπό το κονίαμα της πρώτης στρώσης, τοποθετείται καθολικά υαλόπλέγμα σε όλη την επιφάνεια του σοβά, με ελαφρά πίεση πάνω στην πρώτη στρώση.
- Αφού πήξει η πρώτη στρώση, ακολουθεί η τελική στρώση του σοβά με το έτοιμο κονίαμα UNICRET. Στην εφαρμογή αυτή το κονίαμα αναμιγνύεται μόνο με νερό. Για μεγαλύτερες αντοχές στο σοβά, γίνεται προσθήκη στο νερό ανάμιξης την οικοδομική ρητίνη ADIPLAST.



Σχήμα 5.6: Διαδικασία αποκατάστασης του σοβά (<https://www.isomat.gr/solution>)

Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας (m²)

Ανάλυση τιμής:

A). καθαίρεση επιχρισμάτων (ΟΙΚ-2552) : **5.60€/m²**

B). Ρητινούχο επισκευαστικό κονίαμα τύπου DUROCRET της ISOMAT

Τιμή εμπορίου(kg): 0.48€/kg

Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 15kg/m²/cm πάχους στρώσης

Για ρωγμή 4cm : 0.48€/kg x 15kg/m² x 4cm = **28.8€/m²**

Γ). Κονίαμα για σοβάτισμα τύπου UNICRET της ISOMAT

Τιμή εμπορίου(kg): 0.29€/kg

Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 15.5kg/m²/cm πάχους στρώσης

Για ρωγμή 4cm: 0.29€/kg x 15.5kg/m² x 4cm = **17.98€/m²**

Δ). Οικοδομική ρητίνη για πολλαπλές βελτιώσεις των κονιαμάτων τύπου ADIPLAST της ISOMAT

Τιμή εμπορίου(kg): 4.40€/kg

Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 1kg/m²/cm πάχους στρώσης

Για ρωγμή 4cm: 4.40€/kg x 1kg/m² x 4cm = **17.60€/ m²**

E). Υαλόπλεγμα οπλισμού σοβάδων (πλέγμα από fiberglass για ενίσχυση σοβάδων)	
Τιμή εμπορίου:	1.10€/ m²
ΣΤ). Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122):	14€/m²
Z). Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών τοίχων για χρωματισμούς (ΟΙΚ-7735):	1.70€/m²
H). Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων (ΟΙΚ-7735):	3.40€/m²
Θ). Ακρυλικό μικρομοριακό ή σιλικονούχο υπόστρωμα χρωματισμών (αστάρι) (ΟΙΚ-7735):	3.35€/m²
I). Χρωματισμοί επί εσωτερικών επιφανειών επιχρισμάτων με χρώματα υδατικής διασποράς, ακρυλικής, στυρενιοακρυλικής ή πολυβινυλικής βάσεως (ΟΙΚ-7785.1):	9€/m²
ΣΤ). Εργασία σε ώρες τεχνίτη (ΕΡΓ ΑΤΟΕ003):	19.86€/h
Για εργασία 2h: 2h x 19.86€/h =	39.72€/ m²
	<u>Τιμή εφαρμογής (ευρώ): 142.25€/ m²</u>

Ανακατασκευή εσωτερικής τοιχοποιίας που έχει χάσει τη δομική της λειτουργία λόγω πολύ μεγάλου μεγέθους ρωγμών

Για την ανακατασκευή της εσωτερικής τοιχοποιίας χρησιμοποιούνται οπτόπλινθοι που χτίζονται σε οριζόντιες στρώσεις. Πάνω στην επιφάνεια κάθε στρώσης διαστρώνεται, επιπεδώνεται και αλφαδιάζεται κονίαμα τέτοιας ποσότητας ώστε μετά τη συμπίεση και τακτοποίηση των υπερκείμενων τούβλων να διαμορφώνεται αρμός σταθερού πάχους περίπου 10mm (ΠΕΤΕΠ:03-02-02-00). Οι απαιτούμενες εργασίες παρουσιάζονται παρακάτω στην ανάλυση τιμής.

Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας (m²)

Ανάλυση τιμής:

A). Καθαίρεση πλινθοδομών με χρήση συνήθους κρουστικού εξοπλισμού (ΟΙΚ-2226):	28€/m ³
Για πάχος εσωτερικής τοιχοποιίας 20cm:	5.60€/m²
B). Οπτοπλινθοδομές με διακένους τυποποιημένους οπτόπλινθους 9x12x19cm πάχους ½ πλίνθου, δρομικοί τοίχοι (ΟΙΚ-4662.1):	22.50€/m²
Γ). Γραμμικά διαζώματα (σενάζ) δρομικών τοίχων (ΟΙΚ-3213):	16.80€/m²

Δ). Ενισχύσεις τοιχοδομών με συνδετικό πλέγμα (ΥΔΡ-6630.1):	2.60€/m²
Ε). Αρμολογήματα όψεων πλινθοδομών παντός τύπου (ΟΙΚ-7104):	16.80€/m²
ΣΤ). Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122):	14.00€/m²
Ζ). Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών τοίχων για χρωματισμούς (ΟΙΚ-7735):	1.70€/m²
Η). Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων (ΟΙΚ-7735):	3.40€/m²
Θ). Ακρυλικό μικρομοριακό ή σιλικονούχο υπόστρωμα χρωματισμών (αστάρι) (ΟΙΚ-7735):	3.35€/m²
Ι). Χρωματισμοί επί εσωτερικών επιφανειών επιχρισμάτων με χρώματα υδατικής διασποράς, ακρυλικής, στυρενιοακρυλικής ή πολυβινυλικής βάσεως (ΟΙΚ-7785.1):	9€/m²
ΙΑ). Εργασία σε ώρες τεχνίτη (ΕΡΓ ΑΤΟΕ003): 19.86€/h	
Για εργασία 3h: 3h x 19.86€/h =	59.58€/m²

Τιμή εφαρμογής(ευρώ):155.33€/m²

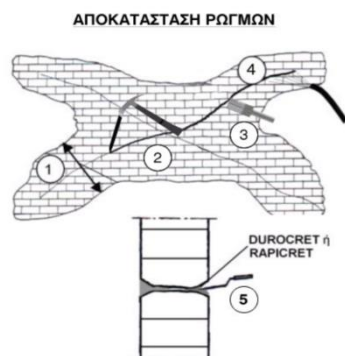
Αποκατάσταση απλής ρηγμάτωσης στην εξωτερική τοιχοποιία (εύρος ρωγμών μικρότερο από 1cm)

Για την αποκατάσταση ενός τετραγωνικού μέτρου ρηγματωμένης τοιχοποιίας για εύρος ρωγμών μικρότερο από 1cm, χρησιμοποιείται ρητινούχο επισκευαστικό τσιμεντοκονίαμα. Για την αποκατάσταση του σοβά γίνεται χρήση έτοιμου κονιάματος, ενισχυμένο με οικοδομική ρητίνη και λωρίδα υαλοπλέγματος, πλάτους όσο και του καθαιρεθέντος σοβά. Συμπεριλαμβάνεται η διάθεση και απασχόληση του απαιτούμενου προσωπικού, εξοπλισμού για την εκτέλεση των εργασιών, η συγκέντρωση των απορριμμάτων πάσης φύσεως που προκύπτουν και η μεταφορά τους προς την οριστική απόθεση.

Η πλήρης διαδικασία αποκατάστασης και επισκευή τοιχοποιίας έχει ως εξής:

α) Αποκατάσταση των ρωγμών

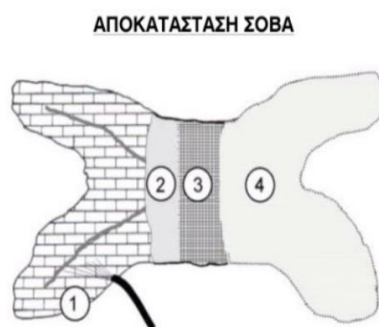
- Καθαρείται καθολικά το επίχρισμα σε όλη την επιφάνεια της τοιχοποιίας.
- Διευρύνονται τα χείλη των ρωγμών με τοπικό σπάσιμο των πλίνθων.
- Καθαρίζονται καλά οι ρωγμές με πεπιεσμένο αέρα ή βούρτσα.
- Ακολουθεί καλή διαβροχή του υποστρώματος.
- Κατόπιν εισάγεται το ρητινούχο τσιμεντοκονίαμα DUROCRET. Η χρήση του κονιάματος απαιτεί μόνο την προσθήκη νερού.
- Μετά τη σκλήρυνσή τους ακολουθεί η αποκατάσταση του σοβά.



Σχήμα 5.7: Διαδικασία αποκατάστασης των ρωγμών (<https://www.isomat.gr/solution>).

β) Αποκατάσταση του σοβά

- Το υπόστρωμα πρέπει να καθαρίζεται επιμελώς από χαλαρά υλικά, σκόνες κλπ. και να διαβρέχεται καλά με νερό.
- Εφαρμόζεται η πρώτη στρώση του σοβά με το έτοιμο κονίαμα UNICRET, ενισχυμένο με την οικοδομική ρητίνη ADIPLAST.
- Όσο είναι ακόμη νωπό το κονίαμα της πρώτης στρώσης, τοποθετείται καθολικά υαλόπλέγμα σε όλη την επιφάνεια του σοβά, με ελαφρά πίεση πάνω στην πρώτη στρώση.
- Αφού πήξει η πρώτη στρώση, ακολουθεί η τελική στρώση του σοβά με το έτοιμο κονίαμα UNICRET. Στην εφαρμογή αυτή το κονίαμα αναμιγνύεται μόνο με νερό. Για μεγαλύτερες αντοχές στο σοβά, γίνεται προσθήκη στο νερό ανάμιξης την οικοδομική ρητίνη ADIPLAST.



Σχήμα 5.8: Διαδικασία αποκατάστασης του σοβά. (<https://www.isomat.gr/solution>)

Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας (m²)

Ανάλυση τιμής:

A). Ικριώματα σιδηρά σωληνωτά (άρθρο ΟΙΚ-2303):	5.60€/m²
B). Καθαίρεση επιχρισμάτων (ΟΙΚ-2552) :	5.60€/m²
Γ). Ρητινούχο επισκευαστικό κονίαμα τύπου DUROCRET της ISOMAT Τιμή εμπορίου(kg): 0.48€/kg Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 15kg/m ² /cm πάχους στρώσης Για πάχος στρώσης 1cm : 0.48€/kg x 15kg/m ² =	7.20€/ m²
Δ). Κονίαμα για σοβάτισμα τύπου UNICRET της ISOMAT Τιμή εμπορίου(kg): 0.29€/kg Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 15.5kg/m ² /cm πάχους στρώσης Για πάχος στρώσης 1cm : 0.29€/kg x 15.5kg/m ² =	4.50€/ m²
Ε). Οικοδομική ρητίνη για πολλαπλές βελτιώσεις των κονιαμάτων τύπου ADIPLAST της ISOMAT Τιμή εμπορίου(kg): 4.40€/kg Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 1kg/m ² /cm πάχους στρώσης Για πάχος στρώσης 1cm : 4.40€/kg x 1kg/m ² =	4.40€/ m²
ΣΤ). Υαλόπλεγμα οπλισμού σοβάδων (πλέγμα από fiberglass για ενίσχυση σοβάδων) Τιμή εμπορίου:	1.10€/ m²
ΣΤ). Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122):	14.00€/m²
Ζ). Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών τοίχων για χρωματισμούς (ΟΙΚ-7735):	1.70€/m²
Η). Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων (ΟΙΚ-7735):	3.40€/m²
Θ). Ακρυλικό μικρομοριακό ή σιλικονούχο υπόστρωμα χρωματισμών (αστάρι) (ΟΙΚ-7735):	3.35€/m²
Ζ). Χρωματισμοί επιφανειών επιχρισμάτων με χρώματα υδατικής διασποράς, ακρυλικής, στυρενιοακρυλικής βάσεως (ΟΙΚ-7785.1):	10.10€/m²

Η). Εργασία σε ώρες τεχνίτη (ΕΡΓ ΑΤΟΕ003): 19.86€/h

Για εργασία 2h: 2h x 19.86€/h =

39.72€/m²

Τιμή εφαρμογής(ευρώ):100.67€/m²

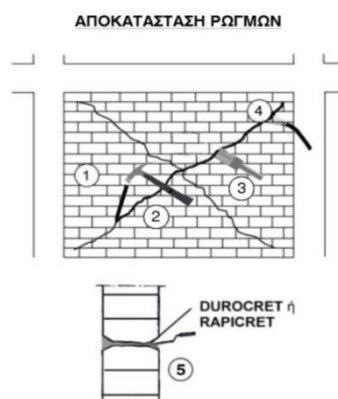
Αποκατάσταση έντονης ρηγματώσης στην εξωτερική τοιχοποιία (εύρος ρωγμών μεγαλύτερο από 1cm)-Αποδιοργάνωση τοιχοποιίας

Για την αποκατάσταση ενός τετραγωνικού μέτρου έντονα ρηγματωμένης τοιχοποιίας, για εύρος ρωγμών μεγαλύτερο από 1cm, χρησιμοποιείται ρητινούχο επισκευαστικό τσιμεντοκονίαμα. Για την αποκατάσταση του σοβά γίνεται χρήση έτοιμου κονιάματος, ενισχυμένο με οικοδομική ρητίνη τύπου και λωρίδα υαλοπλέγματος σε όλη την επιφάνεια του σοβά. Συμπεριλαμβάνεται η διάθεση και απασχόληση του απαιτούμενου προσωπικού και εξοπλισμού για την εκτέλεση των εργασιών, η συγκέντρωση των απορριμμάτων πάσης φύσεως που προκύπτουν και η μεταφορά τους προς την οριστική απόθεση.

Η πλήρης διαδικασία αποκατάστασης και επισκευή τοιχοποιίας έχει ως εξής:

α) Αποκατάσταση των ρωγμών

- Καθαρίζεται καθολικά το επίχρισμα σε όλη την επιφάνεια της τοιχοποιίας.
- Διευρύνονται τα χείλη των ρωγμών με τοπικό σπάσιμο των πλίνθων.
- Καθαρίζονται καλά οι ρωγμές με πεπιεσμένο αέρα ή βούρτσα.
- Ακολουθεί καλή διαβροχή του υποστρώματος.
- Κατόπιν εισάγεται το ρητινούχο τσιμεντοκονίαμα DUROCRET. Η χρήση του κονιάματος απαιτεί μόνο την προσθήκη νερού.
- Μετά τη σκλήρυνσή τους ακολουθεί η αποκατάσταση του σοβά



Σχήμα 5.9: Διαδικασία αποκατάστασης των ρωγμών (<https://www.isomat.gr/solution>)

β) Αποκατάσταση του σοβά

- Το υπόστρωμα πρέπει να καθαρίζεται επιμελώς από χαλαρά υλικά, σκόνες κλπ. και να διαβρέχεται καλά με νερό.
- Εφαρμόζεται η πρώτη στρώση του σοβά με το έτοιμο κονίαμα UNICRET, ενισχυμένο με την οικοδομική ρητίνη ADIPLAST.
- Όσο είναι ακόμη νωπό το κονίαμα της πρώτης στρώσης, τοποθετείται καθολικά υαλόπλέγμα σε όλη την επιφάνεια του σοβά, με ελαφρά πίεση πάνω στην πρώτη στρώση.
- Αφού πήξει η πρώτη στρώση, ακολουθεί η τελική στρώση του σοβά με το έτοιμο κονίαμα UNICRET. Στην εφαρμογή αυτή το κονίαμα αναμιγνύεται μόνο με νερό. Για μεγαλύτερες αντοχές στο σοβά, γίνεται προσθήκη στο νερό ανάμιξης την οικοδομική ρητίνη ADIPLAST.



Σχήμα 5.10: Διαδικασία αποκατάστασης του σοβά (<https://www.isomat.gr/solution>)

Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας (m²)

Ανάλυση τιμής:

A). Ικριώματα σιδηρά σωληνωτά (άρθρο ΟΙΚ-2303): **5.60€/m²**

B). Καθαίρεση επιχρισμάτων (ΟΙΚ-2552) : **5.60€/m²**

Γ). Ρητινούχο επισκευαστικό κονίαμα τύπου DUROCRET της ISOMAT

Τιμή εμπορίου(kg): 0.48€/kg

Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 15kg/m²/cm πάχους στρώσης

Για ρωγμή 4cm : 0.48€/kg x 15kg/m² x 4cm = **28.8€/ m²**

Δ). Κονίαμα για σοβάτισμα τύπου UNICRET της ISOMAT

Τιμή εμπορίου(kg): 0.29€/kg

Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 15.5kg/m²/cm πάχους στρώσης

Για ρωγμή 4cm: 0.29€/kg x 15.5kg/m² x 4cm = **17.98€/ m²**

E). Οικοδομική ρητίνη για πολλαπλές βελτιώσεις των κονιαμάτων τύπου ADIPLAST της ISOMAT

Τιμή εμπορίου(kg): 4.40€/kg	
Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 1kg/m ² /cm πάχους στρώσης	
Για ρωγμής 4cm: 4.40€/kg x 1kg/m ² x 4cm =	17.60€/ m²
ΣΤ). Υαλόπλεγμα οπλισμού σοβάδων (πλέγμα από fiberglass για ενίσχυση σοβάδων)	
Τιμή εμπορίου:	1.10€/ m²
ΣΤ). Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122):	14.00€/m²
Ζ). Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών τοίχων για χρωματισμούς (ΟΙΚ-7735):	1.70€/m²
Η). Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων (ΟΙΚ-7735):	3.40€/m²
Θ). Ακρυλικό μικρομοριακό ή σιλικονούχο υπόστρωμα χρωματισμών (αστάρι) (ΟΙΚ-7735):	3.35€/m²
Ι). Χρωματισμοί επιφανειών επιχρισμάτων με χρώματα υδατικής διασποράς, ακρυλικής, στυρενιοακρυλικής βάσεως (ΟΙΚ-7785.1):	10.10€/m²
Η). Εργασία σε ώρες τεχνίτη (ΕΡΓ ΑΤΟΕ003): 19.86€/h	
Για εργασία 2,5h: 2,5h x 19.86€/h =	49.65€/m²
	<u>Τιμή εφαρμογής (ευρώ): 158.88€/m²</u>

Ανακατασκευή εξωτερικής τοιχοποιίας που έχει χάσει τη δομική της λειτουργία λόγω πολύ μεγάλου μεγέθους ρωγμών

Για την ανακατασκευή της εξωτερικής τοιχοποιίας, μπατικοί τοίχοι, τα τούβλα τοποθετούνται εναλλάξ σε δύο στρώσεις. Στην πρώτη στρώση τοποθετούνται δυο δρομικά, το ένα δίπλα στο άλλο, με αρμό στην μέση. Στην δεύτερη στρώση τα τούβλα τοποθετούνται έτσι ώστε το μήκος τους να είναι κάθετο στο μήκος του τοίχου. Πάνω στην επιφάνεια κάθε στρώσης διαστρώνεται, επιπεδώνεται και αλφαδιάζεται κονίαμα τέτοιας ποσότητας ώστε μετά τη συμπίεση και τακτοποίηση των υπερκείμενων τούβλων να διαμορφώνεται αρμός σταθερού πάχους περίπου 10mm (ΠΕΤΕΠ:03-02-02-00). Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή ώστε να μην δημιουργούνται συνεχείς κατακόρυφοι αρμοί. Οι απαιτούμενες εργασίες παρουσιάζονται παρακάτω στην ανάλυση τιμής.

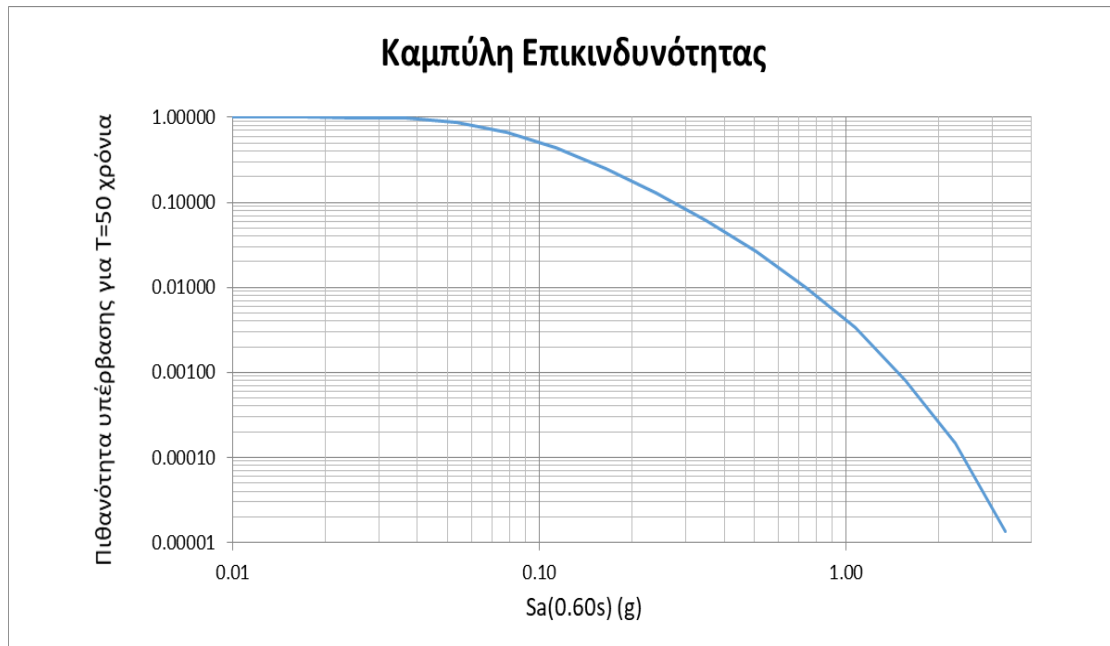
Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας (m²)

Ανάλυση τιμής:

A). Ικριώματα σιδηρά σωληνωτά (άρθρο ΟΙΚ-2303):	5.60€/m²
A). Καθαίρεση πλινθοδομών με χρήση συνήθους κρουστικού εξοπλισμού (ΟΙΚ-2226): 28€/m ³ Για πάχος εξωτερικής τοιχοποιίας 30cm:	8.40€/m²
B). Οπτοπλινθοδομές με διακένους τυποποιημένους οπτόπλινθους 9x12x19 cm πάχους 1 πλίνθου, μπατικοί τοίχοι (ΟΙΚ-4664.1):	33.50€/m²
Γ). Γραμμικά διαζώματα (σενάζ) μπατικών τοίχων (ΟΙΚ-3213):	19.70€/m²
Δ). Ενισχύσεις τοιχοδομών με συνδετικό πλέγμα (ΥΔΡ-6630.1):	2.60€/m²
Ε). Αρμολογήματα όψεων πλινθοδομών παντός τύπου (ΟΙΚ-7104):	16.80€/m²
ΣΤ). Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122):	14.00€/m²
Z). Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών τοίχων για χρωματισμούς (ΟΙΚ-7735):	1.70€/m²
H). Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων (ΟΙΚ-7735):	3.40€/m²
Θ). Ακρικό μικρομοριακό ή σιλικονούχο υπόστρωμα χρωματισμών (αστάρι) (ΟΙΚ-7735):	3.35€/m²
I). Χρωματισμοί επιφανειών επιχρισμάτων με χρώματα υδατικής διασποράς, ακρυλικής, στυρενιοακρυλικής βάσεως (ΟΙΚ-7785.1):	10.10€/m²
ΙΑ). Εργασία σε ώρες τεχνίτη (ΕΡΓ ΑΤΟΕ003): 19.86€/h Για εργασία 3.5h: 3.5h x 19.86€/h =	69.51€/m²

Τιμή εφαρμογής (ευρώ): 197.66€/m²

Στη συνέχεια, ορίστηκε η τρωτότητα κατάρρευσης «Collapse Fragility» για την Στάθμη-Γ1 που υπολογίστηκε στην προηγούμενη υποενότητα και πιο συγκεκριμένα για την διεύθυνση «Υ» (Σχήμα 5.2) όπου η κατασκευή εμφανίζει χειρότερη συμπεριφορά. Τέλος, εισήχθησαν στο «Structural Analysis Results» οι σεισμικές επιταχύνσεις των ορόφων για τις τέσσερις Σεισμικές Εντάσεις του Πίνακα 5.6 υπολογίζοντας με βάση τη σχέση (5.1) και τη σχέση (5.2) την επιτάχυνση που αντιστοιχεί στον εκάστοτε όροφο και παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.7. Όπου 50%,10%,2% πιθανότητα υπέρβασης στα 50 χρόνια και προκύπτουν απ' το European Facilities for Earthquake Hazard and Risk Σχήμα 5.4 (αφορούν έδαφος Α, γίνεται μετατροπή σε Β).



Σχήμα 5.11: Καμπύλη επικινδυνότητας του φορέα για T=0.60sec

Οι επιταχύνσεις του κάθε ορόφου υπολογίστηκαν με βάση τη σχέση:

$$a_i = H_{ai}(S, T, h_i, H) \times PGA \quad (5.1)$$

με $i = 2-N+1$

$$\ln(H_{ai}) = \alpha_0 + \alpha_1 \times T + \alpha_2 \times S + \alpha_3 \times \frac{h_i}{H} + \alpha_4 \times \left(\frac{h_i}{H}\right)^2 + \alpha_5 \times \left(\frac{h_i}{H}\right)^3 \quad (5.2)$$

h_i : το ύψος του κάθε ορόφου από το έδαφος

$$S = \frac{Sa(T) W}{V_y} \quad (5.3)$$

W: το συνολικό βάρος

V_y : η τέμνουσα διαρροής

$$\alpha_0 = 0.66$$

$$\alpha_1 = -0.25$$

$$\alpha_2 = -0.08$$

$$\alpha_3 = -0.039$$

$$\alpha_4 = 0$$

$$\alpha_5 = 0$$

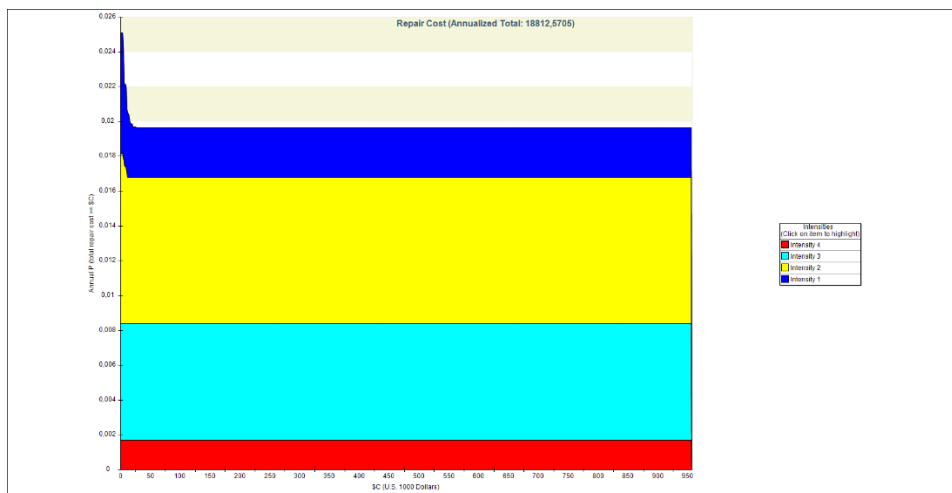
Πίνακας 5.6: Φασματική Επιτάχυνση και Μέση Ετήσια Συχνότητα Υπέρβασης σεναρίων

Φασματική Επιτάχυνση	Μέση Ετήσια Συχνότητα Υπέρβασης
0.055g (1 ^η αστοχία, 60%)	0.02217
0.09g (50%)	0.01386
0.2g (10%)	0.00211
0.3g (2%)	0.00040

Πίνακας 5.7: Επιταχύνσεις ανά όροφο όπως προέκυψαν από τη σχέση 5.1.

Φασματική επιτάχυνση	Επιτάχυνση ορόφου				
	Ισόγειο	1ος	2ος	3ος	4ος
0.055g	0.0849	0.0843	0.0836	0.0830	0.0823
0.09g	0.1352	0.1341	0.1331	0.1320	0.1310
0.2g	0.3154	0.3130	0.3106	0.3081	0.3057
0.3g	0.4969	0.4931	0.4893	0.4855	0.4817

Τελικά, προκύπτει το ετήσιο πιθανό κόστος επισκευών ίσο με 18.812,57 \$ δηλαδή 17.495,69 € το οποίο αντιστοιχεί σε 1.7 % του συνολικού κόστους αντικατάστασης. Συνεπώς αυτό σημαίνει ότι το κτίριο αντικαθίσταται κατά μέσο όρο μια φορά στα 60 χρόνια λόγω σεισμικών διεγέρσεων.



Σχήμα 5.12: Ετήσια πιθανότητα συνολικού κόστους επισκευών για την πρώτη αστοχία υποστυλώματος.

Βιβλιογραφία

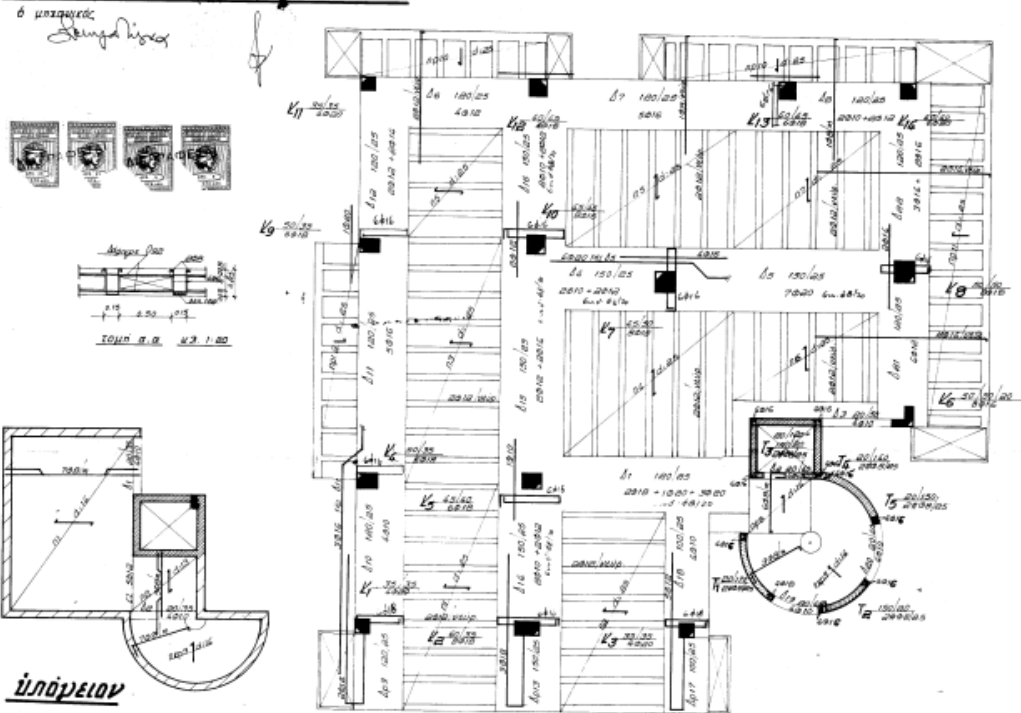
1. Δρίτσος Σ. (2018), «Πρόταση-Δευτεροβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος Κτιρίων από Οπλισμένο Σκυρόδεμα», Ο.Α.Σ.Π, Αθήνα.
2. Σπυράκος Κ. (2004), «Ενίσχυση Κατασκευών για Σεισμικά Φορτία». Εκδόσεις Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Αθήνα
3. EN 1992-1-1 (2004), Ευρωκώδικας 2, «Σχεδιασμός Κατασκευών από Σκυρόδεμα».
4. EN 1998-1 (2004), Ευρωκώδικας 8, «Αντισεισμικός Σχεδιασμός Κατασκευών».
5. Ο.Α.Σ.Π (2017), «Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)», ΦΕΚ 2984/Β'/30-08-2017, 2^η Αναθεώρηση.
6. Ο.Α.Σ.Π (2014), «Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος», ΦΕΚ 405/Β'/05-09-2013
7. Ευδοξία Ζήση, Ιούλιος 2021, Διπλωματική Εργασία : «Αποτίμηση σεισμικής επάρκειας και οικονομοτεχνική διερεύνηση επισκευών διάωροφου κτιρίου οπλισμένου σκυροδέματος», Επιβλέπων: κ. Δημήτριος Βαμβάτσικος, καθηγητής ΕΜΠ, Αθήνα.
8. Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (2017), «Κανονισμός Περιγραφικών Τιμολογίων Εργασιών για δημόσιες συμβάσεις έργων», ΦΕΚ 1746/Β'/19-05-2017.
9. Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (2019), «Έγκριση εβδομήντα (70) Ελληνικών Τεχνικών Προδιαγραφών (ΕΤΕΠ)», ΦΕΚ 4607/Β'/13-12-2019.
10. ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-14-01-06-00:2009, «Πλήρης αποκατάσταση διατομής στοιχείου από οπλισμένο σκυρόδεμα που έχει αποδιοργανωθεί τοπικά».
11. ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-14-01-07-01:2009, «Πλήρωση ρωγμών στοιχείων σκυροδέματος μικρού εύρους».
12. ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-14-01-07-02:2009, «Πλήρωση ρωγμών στοιχείων σκυροδέματος μεγάλου εύρους».
13. ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-14-01-02-01:2009, «Τοπική καθαίρεση σκυροδέματος με διατήρηση του οπλισμού».
14. ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-14-01-02-02:2009, «Τοπική καθαίρεση σκυροδέματος χωρίς διατήρηση του οπλισμού».
15. ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-14-03-02-00:2009, «Αποκατάσταση ρηγματώσεων τοίχων πλήρωσης».
16. ΠΕΤΕΠ:03-02-02-00, «Οπτοπλινθοδομές»
17. ISOMAT, συστήματα Λύσεων/Επισκευές, <http://www.isomat.gr/solution/>
18. ISOMAT, τεχνικό φυλλάδιο DUROCRET, Ρητινούχο επισκευαστικό τσιμεντοκονίαμα, <http://www.isomat.gr/product/durocret/>
19. ISOMAT, τεχνικό φυλλάδιο UNICRET, Κονίαμα για σοβάτισμα και κτίσιμο, <http://www.isomat.gr/product/unicret/>
20. ISOMAT, τεχνικό φυλλάδιο ADIPLAST, Οικοδομική ρητίνη για πολλαπλές βελτιώσεις των κονιαμάτων, <http://www.isomat.gr/product/adiplast/>
21. ISOMAT, τεχνικό φυλλάδιο Υαλοπλέγματα οπλισμού σοβάδων, Πλέγματα από fiberglass για την ενίσχυση σοβάδων, <http://www.isomat.gr/product/υαλοπλεγματα-οπλισμου-σοβαδων/>
22. ISOMAT, τεχνικό φυλλάδιο EPOMAX-L10, Ενέσιμη εποξειδική ρητίνη 2 συστατικών, χωρίς διαλύτες, για ρωγμές εύρους 0,5-3,0mm, <https://www.isomat.gr/product/epomax-110/>

23. Επισκευές κτιρίων , Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα Gunite , Αμμοβολή, <https://www.ddroukas.gr>.
24. Στατικές ενισχύσεις με σύνθετα υλικά, <https://www.eletech.gr>.
25. Baltzopoulos G., Baraschino R., Iervolino I., Vamvatsikos D. (2017) “SPO2FRAG software for seismic fragility assessment based on static pushover” Bulletin of Earthquake Engineering 15, 4399-4425.
26. EFEHR, Hazard Curves: <http://hazard.efehr.org/en/hazard-data-access/hazard-curves/> [Accessed 2020].
27. FEMA, (2018a), Seismic performance assessment of buildings. FEMA P-58-1, Volume 1-methodology, Federal Emergency Management Agency Washington, DC, 2012.
28. FEMA, (2018b), Seismic performance assessment of buildings. FEMA P-58-2, Volume 2-Implementation Guide, Federal Emergency Management Agency Washington, DC, 2012.
29. FEMA, (2018c), Seismic performance assessment of buildings. Volume 3-Supporting Electronic Materials, Federal Emergency Management Agency Washington, DC, 2012.
30. Seismosoft [2022] "SeismoBuild 2022 – A computer program for seismic assessment and retrofitting of RC structures.," available from <https://seismosoft.com/>.

Παράρτημα Α. Ευλότυποι -Πίνακες οπλισμών

Ευλότυπος οροφής ισογείου και υπογείου.

Πολυκατοικία στο Μαρούσι
Γ.Σ.Ε. Καζαρή - Γ.Σ.Ζ. Μήλα
Ευλότυπος ριζοτίς κτλ. 1:50

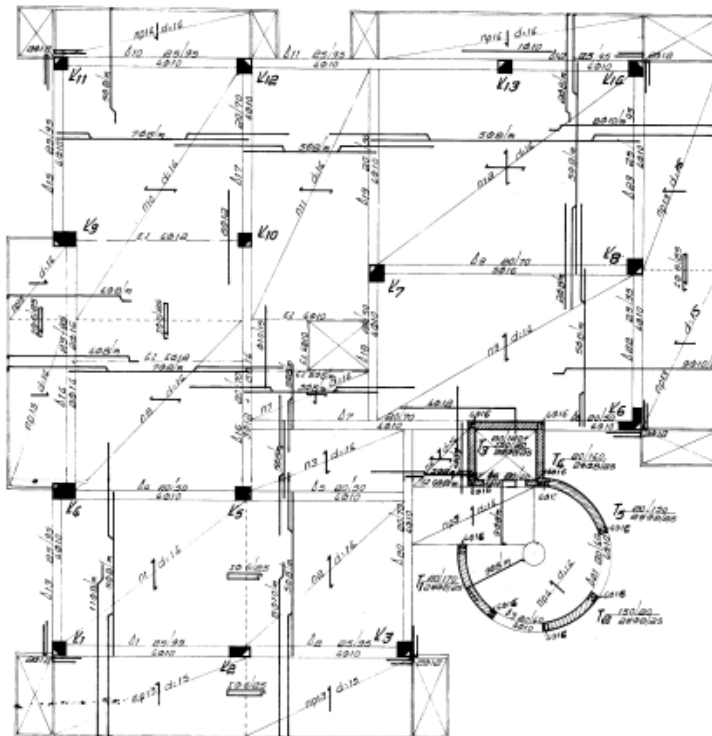


Ξυλότυπος οροφής Α', Β', Γ' ορόφου.

Πολυκατοικία στο Μαρούδι
Γ.Σ.Ε. Καζαρή - Γ.Σ.Σ. Μήλα
Ξυλότυπος τυλικού κλ. 1:50

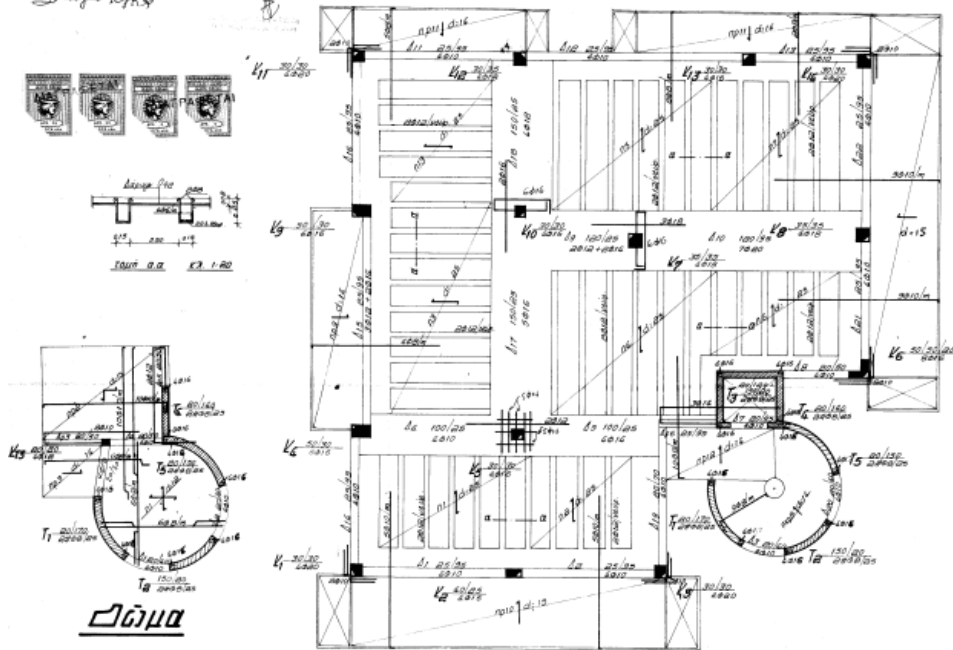
εμπνευστής
 επιμελητής έργου

α/α	Γ' όροφος		Β' όροφος		Α' όροφος	
α/α	επιφανεια	έδαφος	επιφανεια	έδαφος	επιφανεια	έδαφος
Ε1	20,30	4000	35,35	6000	37,35	6000
Ε2	20,30	4010	35,35	6010	37,35	6010
Ε3	20,30	4020	35,35	6020	37,35	6020
Ε4	20,30	4030	35,35	6030	37,35	6030
Ε5	20,30	4040	35,35	6040	37,35	6040
Ε6	20,30	4050	35,35	6050	37,35	6050
Ε7	20,30	4060	35,35	6060	37,35	6060
Ε8	20,30	4070	35,35	6070	37,35	6070
Ε9	20,30	4080	35,35	6080	37,35	6080
Ε10	20,30	4090	35,35	6090	37,35	6090
Ε11	20,30	4100	35,35	6100	37,35	6100
Ε12	20,30	4110	35,35	6110	37,35	6110
Ε13	20,30	4120	35,35	6120	37,35	6120
Ε14	20,30	4130	35,35	6130	37,35	6130
Ε15	20,30	4140	35,35	6140	37,35	6140
Ε16	20,30	4150	35,35	6150	37,35	6150

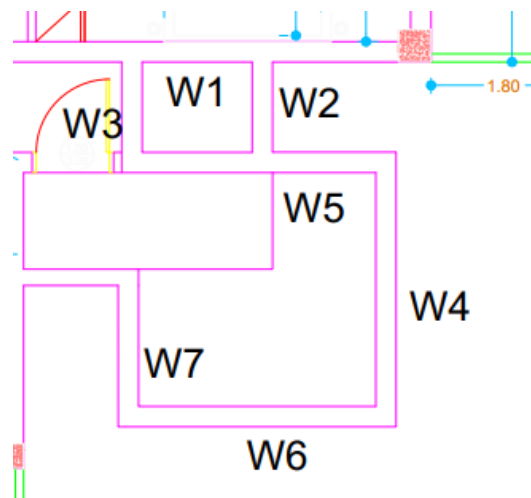


Ευλότυπος οροφής Δ' ορόφου και δώματος

Πολυκατοικία στο Μαρούσι
Γ. Σ. Ε. Καζαρητή - Γ. Σ. Ζ. Μητα
Ευλότυπος □ δ' ορόφου κ.τ. 1:50
ο μηχανικός
Σταυρούλης



Λεπτομέρεια τοιχίων ανελκυστήρα και κλιμακοστασίου όπως προσομοιώθηκαν στο πρόγραμμα SeisMobuild.



Πίνακας οπλισμού υποστυλωμάτων και τοιχίων ισογείου.

	Διατομή (cm)	Διαμήκης οπλισμός	Συνδετήρες
K1	35x35	4Φ20	Φ8/20cm
K2	60x35	8Φ18	Φ8/20cm
K3	35x35	4Φ20	Φ8/20cm
K4	50x35	6Φ18	Φ8/20cm
K5	45x40	6Φ18	Φ8/20cm
K6	50x50x20	8Φ16	Φ8/20cm
K7	45x50	8Φ18	Φ8/20cm
K8	50x50	8Φ18	Φ8/20cm
K9	50x35	6Φ18	Φ8/20cm
K10	45x45	8Φ16	Φ8/20cm
K11	35x35	4Φ20	Φ8/20cm
K12	40x45	6Φ18	Φ8/20cm
K13	40x45	6Φ18	Φ8/20cm
K14	40x40	4Φ20	Φ8/20cm
T1	20x170	8Φ16	2#Φ8/25
T2	150x20	8Φ16	2#Φ8/25
T3	20x120+150x20	8Φ16	2#Φ8/25
T4	20x140	8Φ16	2#Φ8/25
T5	20x150	8Φ16	2#Φ8/25

Πίνακας οπλισμού υποστυλωμάτων και τοιχίων Α' ορόφου.

	Διατομή (cm)	Διαμήκης οπλισμός	Συνδετήρες
K1	35x35	4Φ20	Φ8/20cm
K2	60x30	6Φ18	Φ8/20cm
K3	35x35	4Φ20	Φ8/20cm
K4	50x30	6Φ16	Φ8/20cm
K5	40x40	6Φ18	Φ8/20cm
K6	50x50x20	8Φ16	Φ8/20cm
K7	45x45	8Φ16	Φ8/20cm
K8	50x45	8Φ18	Φ8/20cm
K9	50x30	6Φ16	Φ8/20cm
K10	45x40	6Φ18	Φ8/20cm
K11	35x35	4Φ20	Φ8/20cm
K12	40x40	6Φ18	Φ8/20cm
K13	40x40	6Φ18	Φ8/20cm
K14	35x35	4Φ20	Φ8/20cm
T1	20x170	8Φ16	2#Φ8/25

T2	150x20	8Φ16	2#Φ8/25
T3	20x120+150x20	8Φ16	2#Φ8/25
T4	20x140	8Φ16	2#Φ8/25
T5	20x150	8Φ16	2#Φ8/25

Πίνακας οπλισμού υποστυλωμάτων και τοιχίων Β' ορόφου.

	Διατομή (cm)	Διαμήκης οπλισμός	Συνδετήρες
K1	35x35	4Φ20	Φ8/20cm
K2	50x30	6Φ18	Φ8/20cm
K3	35x35	4Φ20	Φ8/20cm
K4	50x30	6Φ16	Φ8/20cm
K5	35x35	4Φ18	Φ8/20cm
K6	50x50x20	8Φ16	Φ8/20cm
K7	40x40	6Φ18	Φ8/20cm
K8	45x40	6Φ18	Φ8/20cm
K9	50x30	6Φ16	Φ8/20cm
K10	40x40	6Φ18	Φ8/20cm
K11	35x35	4Φ20	Φ8/20cm
K12	35x40	6Φ18	Φ8/20cm
K13	40x35	6Φ18	Φ8/20cm
K14	35x35	4Φ20	Φ8/20cm
T1	20x170	8Φ16	2#Φ8/25
T2	150x20	8Φ16	2#Φ8/25
T3	20x120+150x20	8Φ16	2#Φ8/25
T4	20x140	8Φ16	2#Φ8/25
T5	20x150	8Φ16	2#Φ8/25

Πίνακας οπλισμού υποστυλωμάτων και τοιχίων Γ' ορόφου.

	Διατομή (cm)	Διαμήκης οπλισμός	Συνδετήρες
K1	30x30	4Φ20	Φ8/20cm
K2	50x25	4Φ18	Φ8/20cm
K3	30x30	4Φ20	Φ8/20cm
K4	50x30	6Φ16	Φ8/20cm
K5	35x30	4Φ18	Φ8/20cm
K6	50x50x20	8Φ16	Φ8/20cm
K7	35x40	6Φ16	Φ8/20cm
K8	40x40	6Φ18	Φ8/20cm
K9	50x30	6Φ16	Φ8/20cm
K10	35x30	4Φ18	Φ8/20cm
K11	30x30	4Φ20	Φ8/20cm

K12	35x35	4Φ18	Φ8/20cm
K13	35x35	4Φ18	Φ8/20cm
K14	35x35	4Φ20	Φ8/20cm
T1	20x170	8Φ16	2#Φ8/25
T2	150x20	8Φ16	2#Φ8/25
T3	20x120+150x20	8Φ16	2#Φ8/25
T4	20x140	8Φ16	2#Φ8/25
T5	20x150	8Φ16	2#Φ8/25

Πίνακας οπλισμού υποστυλωμάτων και τοιχίων Δ' ορόφου.

	Διατομή (cm)	Διαμήκης οπλισμός	Συνδετήρες
K1	30x30	4Φ20	Φ8/20cm
K2	40x25	4Φ16	Φ8/20cm
K3	30x30	4Φ20	Φ8/20cm
K4	50x30	6Φ16	Φ8/20cm
K5	30x30	4Φ16	Φ8/20cm
K6	50x50x20	8Φ16	Φ8/20cm
K7	35x35	4Φ18	Φ8/20cm
K8	35x35	4Φ18	Φ8/20cm
K9	50x30	6Φ16	Φ8/20cm
K10	30x30	4Φ16	Φ8/20cm
K11	30x30	4Φ20	Φ8/20cm
K12	30x35	4Φ18	Φ8/20cm
K13	30x30	4Φ16	Φ8/20cm
K14	30x30	4Φ20	Φ8/20cm
T1	20x170	8Φ16	2#Φ8/25
T2	150x20	8Φ16	2#Φ8/25
T3	20x120+150x20	8Φ16	2#Φ8/25
T4	20x140	8Φ16	2#Φ8/25
T5	20x150	8Φ16	2#Φ8/25

Πίνακας οπλισμού δοκών ισογείου.

	Διατομή	Διαμήκης οπλισμός			Συνδετήρες
		Αρχή	Μέση	Τέλος	
Δ1	120x25	2Φ18κ+2Φ20α	2Φ18κ+4Φ20α	2Φ18κ+2Φ20α	Φ8/20cm
Δ2	20x40	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ3	20x50	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ4	150x25	2Φ10κ+2Φ12α	2Φ10κ+2Φ12κ	2Φ10κ+1Φ12α+4Φ20α	Φ8/20cm
Δ5	150x25	4Φ20α+3Φ20κ	7Φ20κ	4Φ20α+3Φ20κ	Φ8/20cm
Δ6	120x25	2Φ12α+2Φ12κ	4Φ12κ	2Φ12α+2Φ12κ	Φ8/20cm
Δ7	120x25	3Φ16α+2Φ16κ	5Φ16κ	3Φ16α+2Φ16κ	Φ8/20cm
Δ8	120x25	2Φ10κ+2Φ12α	2Φ10κ+2Φ12κ	2Φ10κ+2Φ12α	Φ8/20cm
Δ9	120x25	1Φ14α+1Φ14κ	2Φ14κ	1Φ14α+1Φ14κ+3Φ16	Φ8/20cm

Δ10	120x25	2Φ10κ+1Φ10α+3Φ16α+1Φ14α	4Φ10κ+3Φ16α	2Φ10κ+1Φ10α+3Φ16α	Φ8/20cm
Δ11	120x25	3Φ16α+2Φ16κ	5Φ16κ	3Φ16α+2Φ16κ+1Φ20α	Φ8/20cm
Δ12	120x25	1Φ20α+2Φ14α+2Φ12κ	2Φ14κ+2Φ12κ	2Φ14α+2Φ12κ	Φ8/20cm
Δ13	150x25	2Φ18α+1Φ18κ	3Φ18κ	2Φ18α+1Φ18κ	Φ8/20cm
Δ14	150x25	2Φ10κ+2Φ12α	2Φ10κ+2Φ12κ	2Φ10κ+2Φ12α+1Φ10α	Φ8/20cm
Δ15	150x25	2Φ12κ+2Φ14α+1Φ10α	2Φ12κ+2Φ14κ	2Φ12κ+2Φ14α+1Φ12α	Φ8/20cm
Δ16	150x25	2Φ10κ+2Φ12α+1Φ12α	2Φ10κ+2Φ12κ	2Φ10κ+2Φ12α	Φ8/20cm
Δ17	100x25	3Φ12α+2Φ12κ	5Φ12κ	3Φ12α+2Φ12κ	Φ8/20cm
Δ18	100x25	5Φ12α+2Φ10α+2Φ10κ	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ19	20x40	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ20	20x40	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ21	120x25	2Φ12κ+2Φ12α	4Φ12κ	2Φ12κ+1Φ12α+1Φ14α	Φ8/20cm
Δ22	120x25	3Φ14κ+2Φ16α+1Φ14α	3Φ14κ+2Φ16κ	3Φ14κ+2Φ16α	Φ8/20cm

Πίνακας οπλισμού δοκών τυπικού ορόφου.

		Διαμήκης οπλισμός			
	Διατομή	Αρχή	Μέση	Τέλος	Συνδετήρες
Δ1	25x95	2Φ10κ+1Φ10α+1Φ12α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ2	25x95	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+1Φ10α+1Φ12α	Φ8/20cm
Δ3	20x40	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ4	20x50	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ5	20x50	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ6	20x40	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ7	20x70	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+1Φ10α+2Φ12α	Φ8/20cm
Δ8	20x50	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+1Φ10α+1Φ12α	Φ8/20cm
Δ9	20x70	3Φ16α+2Φ16κ	5Φ16κ	3Φ16α+2Φ16κ	Φ8/20cm
Δ10	25x95	2Φ10κ+1Φ10α+1Φ12α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ11	25x95	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+1Φ10α+1Φ10α	Φ8/20cm
Δ12	25x95	2Φ10κ+1Φ10α+1Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+1Φ10α+1Φ12α	Φ8/20cm
Δ13	25x95	2Φ10κ+1Φ10α+1Φ12α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ14	25x95	2Φ16κ+2Φ18α	2Φ16κ+2Φ18κ	2Φ16κ+2Φ18α	Φ8/20cm
Δ15	25x95	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+1Φ10α+1Φ12α	Φ8/20cm
Δ16	20x70	3Φ12κ+2Φ14α	3Φ12κ+2Φ14κ	3Φ12κ+1Φ14α+1Φ12α	Φ8/20cm
Δ17	20x70	2Φ10κ+1Φ10α+1Φ12α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ18	20x50	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ19	20x50	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ20	20x70	2Φ10κ+1Φ10α+1Φ12α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ21	20x40	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ22	25x95	2Φ10κ+1Φ10α+1Φ12α	4Φ10	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ23	25x95	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+1Φ10α+1Φ12α	Φ8/20cm

Πίνακας οπλισμού δοκών Δ' ορόφου.

	Διατομή	Διαμήκης οπλισμός			Συνδετήρες
		Αρχή	Μέση	Τέλος	
Δ1	25x95	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ2	25x95	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ3	20x40	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ4	100x25	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+1Φ10α+1Φ12	Φ8/20cm
Δ5	100x25	2Φ14κ+1Φ14α+1Φ12	4Φ14κ	2Φ14κ+2Φ14α	Φ8/20cm
Δ6	25x95	2Φ14α+1Φ14κ	3Φ14κ	2Φ14α+1Φ14κ	Φ8/20cm
Δ7	20x95	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ8	20x50	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ9	120x25	2Φ12κ+2Φ14α	2Φ12κ+2Φ14κ	2Φ12κ+1Φ14α+3Φ18α	Φ8/20cm
Δ10	120x95	3Φ20κ+4Φ20α+3Φ18α	7Φ20κ	3Φ20κ+4Φ20α	Φ8/20cm
Δ11	25x95	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ12	25x95	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ13	25x95	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ14	25x95	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ15	25x95	3Φ12κ+2Φ14α	3Φ12κ+2Φ14κ	3Φ12κ+2Φ14α	Φ8/20cm
Δ16	25x95	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ17	150x25	3Φ16α+2Φ16κ	5Φ16κ	4Φ16α+2Φ16κ	Φ8/20cm
Δ18	150x25	2Φ12κ+2Φ12α+1Φ16α	4Φ12κ	2Φ12κ+2Φ12α	Φ8/20cm
Δ19	20x70	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ20	20x40	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ21	25x95	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ22	25x95	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm

Πίνακας οπλισμού δοκών υπογείου.

	Διατομή	Διαμήκης οπλισμός			Συνδετήρες
		Αρχή	Μέση	Τέλος	
Δ1	20x35	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ2	20x35	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm

Πίνακας οπλισμού δοκών δώματος.

	Διατομή	Διαμήκης οπλισμός			Συνδετήρες
		Αρχή	Μέση	Τέλος	
Δ1	20x40	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ2	20x40	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ3	20x50	1Φ10κ+1Φ10α	2Φ10κ	1Φ10κ+1Φ10α	Φ8/20cm
Δ4	20x50	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm
Δ5	20x50	1Φ12κ+1Φ12α	2Φ12κ	1Φ12κ+1Φ12α	Φ8/20cm
Δ6	20x30	2Φ10κ+2Φ10α	4Φ10κ	2Φ10κ+2Φ10α	Φ8/20cm