

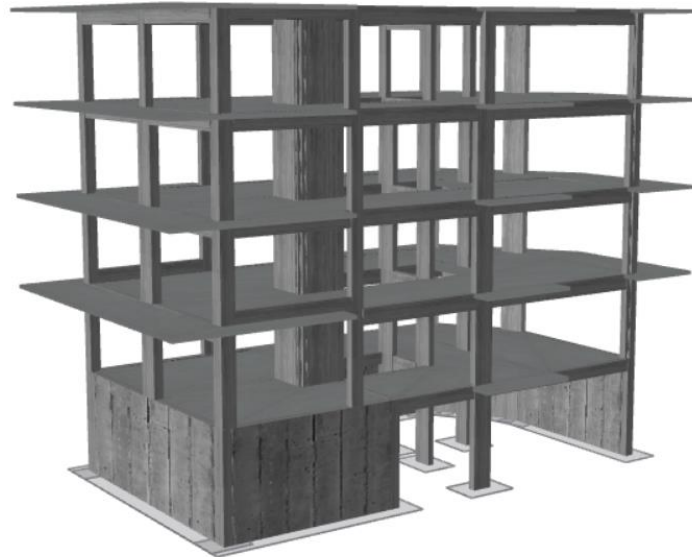


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών

Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

Αποτίμηση σεισμικών απωλειών και ενίσχυση
τετραώροφου κτιρίου κατασκευής 1985 από
οπλισμένο σκυρόδεμα



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Νικόλαος Κοτσόβουλος

Επιβλέπων: Δημήτριος Βαμβάτσικος

Αθήνα, Οκτώβριος 2022

ΕΜΚ ΔΕ 2022/21

Κοτσόβουλος Ν. (2022).
Αποτίμηση σεισμικών απωλειών και ενίσχυση τετραώροφου κτιρίου κατασκευής 1985
από οπλισμένο σκυρόδεμα
Διπλωματική Εργασία ΕΜΚ ΔΕ 2022/21
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Kotsovoulos N. (2022).
Assessment of seismic losses and strengthening of a four-storey reinforced concrete
building constructed in 1985
Diploma Thesis ΕΜΚ ΔΕ 2022/21
Institute of Steel Structures, National Technical University of Athens, Greece

Πίνακας περιεχομένων

| | |
|--|----|
| Περίληψη | 2 |
| Abstract | 3 |
| Ευχαριστίες | 4 |
| 1 Εισαγωγή | 5 |
| 1.1 Γενικά | 5 |
| 1.2 Πρωτοβάθμιος προσεισμικός έλεγχος – Ταχύς οπτικός έλεγχος | 5 |
| 1.3 Δευτεροβάθμιος προσεισμικός έλεγχος | 8 |
| 1.3.1 Μέθοδος Δρίτσου Σ. | 8 |
| 1.3.2 Μέθοδος Ταχείας Αποτίμησης Βουγιούκα Ε. | 10 |
| 1.4 Τριτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος – Κανονισμός Επεμβάσεων (Καν.Επε.) | 12 |
| 2 Περιγραφή του φορέα..... | 14 |
| 2.1 Γενικά χαρακτηριστικά του φορέα..... | 14 |
| 2.2 Προσομοίωση του φορέα | 16 |
| 3 Εφαρμογή Προσεισμικών Ελέγχων..... | 18 |
| 3.1 Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος..... | 18 |
| 3.2 Δευτεροβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος | 19 |
| 3.2.1 Μέθοδος Δρίτσου Σ. | 19 |
| 3.2.2 Μέθοδος Ταχείας Αποτίμησης Βουγιούκα Ε. | 25 |
| 3.3 Τριτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος – Κανονισμός Επεμβάσεων (Καν.Επε.) | 27 |
| 3.3.1 Ιδιομορφική Ανάλυση | 27 |
| 3.3.2 Ανελαστική Στατική Ανάλυση..... | 30 |
| 3.4 Σύγκριση μεθόδων – Συμπεράσματα | 37 |
| 4 Οικονομοτεχνική μελέτη της κατασκευής..... | 39 |
| 4.1 Εκτίμηση Τρωτότητας..... | 39 |
| 4.2 Αναλύσεις τιμών Επισκευών..... | 42 |
| 4.2.1 Επισκευή Υποστυλωμάτων | 42 |
| 4.2.2 Επισκευή Δοκών | 47 |
| 4.2.3 Εσωτερική Τοιχοποιία..... | 52 |
| 4.2.4 Εξωτερική Τοιχοποιία | 58 |
| 4.3 Εκτίμηση Σεισμικών Απωλειών..... | 63 |
| 5 Ενίσχυση του φορέα | 74 |
| 5.1 Διερεύνηση μεθόδου ενίσχυσης..... | 74 |
| 5.2 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Ενίσχυσης | 78 |
| 5.3 Εκτίμηση Κόστους Ενίσχυσης – Συμπεράσματα..... | 80 |
| 6 Βιβλιογραφία | 81 |
| Παράρτημα Α. Ξυλότυποι – Πίνακες Οπλισμών | 83 |

Αποτίμηση σεισμικών απωλειών και ενίσχυση τετραώροφου κτιρίου κατασκευής 1985 από οπλισμένο σκυρόδεμα

Κοτσόβουλος Ν. (Επιβλέπων: Βαμβάτσικος Δ.)

Περίληψη

Σε μία χώρα, όπως η Ελλάδα, με έντονη σεισμική δραστηριότητα και με πολλά παλιά κτίρια πλημμελώς συντηρημένα, θεωρείται επιτακτική η ανάγκη για αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας των δομημάτων της. Μέσω αυτής, θα μπορέσουν να αποφευχθούν ενδεχόμενες καταστροφές αλλά και να εξεταστούν οι πιο βιώσιμες οικονομικά λύσεις διορθωτικών παρεμβάσεων για την αντισεισμική ενίσχυση των κατασκευών. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, στην παρούσα διπλωματική εργασία, μελετήθηκε η αντισεισμική συμπεριφορά μίας τετραώροφης πολυκατοικίας με υπόγειο, η οποία κατασκευάστηκε από οπλισμένο σκυρόδεμα το 1985 στην περιοχή του Νέου Ψυχικού, στην Αττική.

Στο πλαίσιο της αποτίμησης της σεισμικής ικανότητας μιας κατασκευής στην Ελλάδα, ακολουθούνται οι διατάξεις του Κανονισμού Επεμβάσεων, ενώ εφαρμόζονται κάποιοι προσεισμικοί έλεγχοι που μπορούν να προσδιορίσουν την σεισμική ανεπάρκεια. Συγκεκριμένα, εφαρμόστηκε σε πρώτη φάση ο Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος, ο οποίος κατατάσσει, προσεγγιστικά αλλά πολύ σύντομα, το κτίριο, σε μία κατηγορία προτεραιότητας για περαιτέρω έλεγχο. Στη συνέχεια, δοκιμάστηκαν δύο μέθοδοι που πρόκειται να προταθούν ως Δευτεροβάθμιοι Προσεισμικοί Έλεγχοι. Η πρώτη μέθοδος έχει αναπτυχθεί από τον Δρ. Σ. Δρίτσο και προσδιορίζει έναν δείκτη προτεραιότητας ελέγχου της κατασκευής, ενώ η δεύτερη από τον Δρ. Ε. Βουγιούκα και εκτιμά την σεισμική ικανότητα του φέροντος οργανισμού σε όρους τέμνουσας βάσης. Επιπλέον, εκτελέστηκε και ο ακριβέστερος Τριτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος που περιγράφει ο Κανονισμός Επεμβάσεων, ο οποίος προτείνει την ανελαστική στατική ανάλυση του κτιρίου για την αξιολόγηση της σεισμικής συμπεριφοράς του. Τέλος, έγινε σύγκριση και σχολιασμός των αποτελεσμάτων των παραπάνω μεθόδων.

Για να διαμορφωθεί η πλήρης εικόνα των δυνατοτήτων του δομήματος που θα καθορίσει τις ενδεχόμενες επεμβάσεις, είναι απαραίτητο να διερευνηθούν και τα οικονομοτεχνικά χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς του. Πιο αναλυτικά, υπολογίστηκαν οι καμπύλες τρωτότητας της κατασκευής και λαμβάνοντας υπόψη τα οικονομικά στοιχεία της κάθε επισκευής, έγινε εκτίμηση αναφορικά με το μέσο ετήσιο κόστος επισκευών που μπορεί να προκύψει για τις εξεταζόμενες σεισμικές δράσεις.

Ολοκληρώνοντας τη μελέτη, έγινε απόπειρα ενίσχυσης του κτιρίου με σύγχρονες μεθόδους, για να αποκτήσει βελτιωμένη αντισεισμική ικανότητα, η οποία θα είναι σύμφωνη με τους ισχύοντες αντισεισμικούς κανονισμούς.

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

DIPLOMA THESIS
EMK ΔE 2022/21

Assessment of seismic losses and strengthening of a four-storey reinforced concrete building constructed in 1985

Kotsovoulos N. (supervised by Vamvatsikos D.)

Abstract

In a country, such as Greece, with intense seismic activity and with many old buildings that are poorly maintained, it is imperative to assess the seismic capacity of its structures. Through this, it will be feasible to avoid potential disasters and to consider the most economically viable solutions for corrective interventions for the seismic strengthening of structures. Considering the above, in the present thesis, the seismic behaviour of a four-storey building with a basement, which was constructed with reinforced concrete in 1985 in the area of Neo Psychiko, Attica, was studied.

In the context of the assessment of the seismic capacity of a structure in Greece, the provisions of the Intervention Regulation are followed, while some pre-seismic checks are applied that can determine the seismic inadequacy. In particular, the Primary Pre-seismic Check was applied in the first phase, which classifies the building, approximately but very quickly, in a category of priority for further checking. Subsequently, two methods were tested that are to be proposed as Secondary Pre-seismic Checks. The first method has been developed by Dr. S. Dritsos and identifies an index of checking priority of the structure, while the second one has been developed by Dr. E. Vougioukas and estimates the seismic capacity of the structure in terms of base shear. In addition, the more accurate Tertiary Pre-seismic Check described in the Intervention Regulation was also performed, which proposes the inelastic static analysis of the building to evaluate its seismic behaviour. Finally, the results of the methods above were compared and commented upon.

In order to form a complete picture of the potential of the structure that will determine the possible interventions, it is necessary to investigate the economical and technical characteristics of its behaviour. In more detail, the fragility curves of the structure were calculated and, taking into account the financial data of each repair, an estimate was made regarding the average annual cost of repairs that could arise for the seismic actions considered.

Completing the study, an attempt was made to strengthen the building using modern methods, in order to obtain an improved seismic capacity, which will be in accordance with the current seismic regulations.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου, κ. Δημήτριο Βαμβάτσικο, που μου έδωσε την ευκαιρία να συνεργαστούμε και να εκπονήσω την παρούσα διπλωματική εργασία. Η συνεχής παρουσία του, οι ποιοτικές παρατηρήσεις του και η καθοδήγηση που μου προσέφερε, διαδραμάτισαν σπουδαίο ρόλο στην ολοκλήρωση της προσπάθειας μου. Επίσης, ευχαριστώ την οικογένεια και τους φίλους μου που στάθηκαν στο πλευρό μου όποτε τους χρειάστηκα.

1 Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Η Ελλάδα, παρουσιάζει την υψηλότερη σεισμική επικινδυνότητα στην Ευρώπη, με αποτέλεσμα ο σχεδιασμός και η κατασκευή κτιρίων ικανών να δέχονται με ασφάλεια τις σεισμικές καταπονήσεις, να αποτελεί βασική προτεραιότητα. Ωστόσο, από το σύνολο των κτιρίων της χώρας, το μεγαλύτερο ποσοστό κατασκευάστηκε τουλάχιστον πριν από 40 χρόνια, με βάση τους τότε ισχύοντες κανονισμούς, οι οποίοι ήταν λιγότερο ακριβείς και αυστηροί σε σχέση με σήμερα. Επομένως, η αναθεώρηση των κανονισμών σε συνδυασμό με την παλαιότητα των υφιστάμενων κτιρίων καθιστούν επιτακτική την ανάγκη αποτίμησής τους.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας για ένα τετραώροφο κτίριο οπλισμένου σκυροδέματος με υπόγειο, το οποίο κατασκευάστηκε στο 1985, στο Νέο Ψυχικό Αττικής. Η αποτίμηση πραγματοποιείται ακολουθώντας τις υποδείξεις του Κανονισμού Επεμβάσεων, με τη χρήση μιας σειράς προσεισμικών ελέγχων που διαφέρουν στον χρόνο εφαρμογής αλλά και στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων τους. Για λόγους εποπτείας, αξιολογούνται και συγκρίνονται τα αποτελέσματα τους. Στη συνέχεια, η συμπεριφορά της υπάρχουσας κατασκευής εξετάζεται και από μία οικονομοτεχνική οπτική, όπου εκτιμώνται τα πιθανά κόστη επισκευής στην περίπτωση των σεισμικών δράσεων που ορίζονται από τους κανονισμούς. Με αυτόν τον τρόπο, δίνεται η δυνατότητα λήψης σωστών αποφάσεων για το ακίνητο, οι οποίες θα είναι και οικονομικά βιώσιμες. Σε τελική φάση, γίνεται μία προσπάθεια ενίσχυσης του κτιρίου, με στόχο να εμφανίζει σεισμική επάρκεια που να συμβαδίζει με τις σημερινές απαιτήσεις.

1.2 Πρωτοβάθμιος προσεισμικός έλεγχος – Ταχύς οπτικός έλεγχος

Ο πρωτοβάθμιος προσεισμικός έλεγχος διενεργείται με σκοπό μία πρώτη εκτίμηση της φέρουσας σεισμικής ικανότητας της υφιστάμενης κατασκευής, η οποία θα καθορίσει την αναγκαιότητα για περαιτέρω, πιο αναλυτικούς ελέγχους. Για κάθε κτίριο συμπληρώνονται ειδικά «Δελτία Ελέγχου» με στοιχεία που συλλέγονται αυστηρά από την μελέτη του κτιρίου και την αυτοψία των αρμόδιων μηχανικών και στη συνέχεια, πραγματοποιείται η βαθμονόμηση και η κατάταξη της κατασκευής ως προς τη δομική της τρωτότητα. Είναι απαραίτητο, μαζί με το δελτίο ελέγχου, να επισυνάπτεται η κάτοψη, μία χαρακτηριστική τομή του κτιρίου και μία φωτογραφία της όψης του.

Τα στοιχεία του δελτίου κατανέμονται σε πέντε ενότητες:

- Ενότητα Α: Στο πεδίο αυτό αναγράφονται τα στοιχεία που αποτελούν την ταυτότητα του κτιρίου, όπως ο ιδιοκτήτης του, η ακριβής τοποθεσία που βρίσκεται, η χρήση του και ο αριθμός ατόμων που συναθροίζονται σε αυτό.
- Ενότητα Β: Η ενότητα αποτελείται από όλα τα τεχνικά στοιχεία του κτιρίου, όπως ο αριθμός και η επιφάνεια σε κάτοψη των επί μέρους ορόφων, το έτος κατασκευής, η σπουδαιότητα κατά Ε.Α.Κ.-2000 και το ιστορικό ελέγχων και επεμβάσεων.
- Ενότητα Γ: Περιλαμβάνονται όλα τα σεισμολογικά και γεωτεχνικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη, δηλαδή η κατηγορία εδάφους και η ζώνη σεισμικής

επικινδυνότητας κατά το χρόνο κατασκευής αλλά και σύμφωνα με τον Ε.Α.Κ.-2000.

- Ενότητα Δ: Αναφέρεται στα στοιχεία που αφορούν το δομικό τύπο της κατασκευής και πιο αναλυτικά στο δομικό σύστημα και το υλικό που χρησιμοποιήθηκε.
- Ενότητα Ε: Η ενότητα αυτή περιέχει τα στοιχεία τρωτότητας του κτιρίου. Συγκεκριμένα, ζητείται αν έχει εφαρμοστεί αντισεισμικός κανονισμός κατά τη μελέτη, αν έχουν προηγηθεί σεισμικές επιβαρύνσεις, το είδος συντήρησης που έχει γίνει ως τώρα στο κτίριο. Επιπλέον, εξετάζεται ο κίνδυνος κρούσης με γειτονικά κτίρια, η ύπαρξη μαλακού ορόφου, η κανονικότητα, το ενδεχόμενο στρέψης, το ύψος της κατασκευής και η εμφάνιση κοντών υποστυλωμάτων.

Έχοντας επιλεγεί από τον Πίνακα 1.1 ο δομικός τύπος που αντιπροσωπεύει το κτίριο από οπλισμένο σκυρόδεμα και εφόσον έχουν συμπληρωθεί όλα τα πεδία, προκύπτει ο τελικός βαθμός, αθροίζοντας τις τιμές του Πίνακα 1.2. Τελικά, με βάση την τελική βαθμολογία, το κτίριο κατατάσσεται στην αντίστοιχη κατηγορία προτεραιότητας ελέγχου σύμφωνα με τον Πίνακα 1.3.

Πίνακας 1.1: Πίνακας δομικών τύπων κτιρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα

| 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) ▪ Ουσιαστικώς, 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 ▪ Ουσιαστικώς, 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: Πίνακας κατάταξης 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.

Η συγκεκριμένη μεθοδολογία αφορά υφιστάμενα κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα και αποτελεί μία προσεγγιστική διαδικασία, κατά την οποία γίνεται η σύγκριση της σεισμικής ικανότητας του κτιρίου με την αντίστοιχη σεισμική απαίτηση σε όρους τέμνουσας βάσης, η οποία προκύπτει από τις σύγχρονες κανονιστικές διατάξεις. Αφορά κυρίως κτίρια που τέθηκαν σε προτεραιότητα περαιτέρω ελέγχου από τον πρωτοβάθμιο προσεισμικό έλεγχο και χρησιμοποιεί απλές σχέσεις χωρίς να χρειάζεται η κατάστρωση λεπτομερούς μοντέλου του κτιρίου.

Πριν την εφαρμογή της μεθόδου, είναι αναγκαίο να έχουν συλλεχθεί η στατική μελέτη, τα αρχιτεκτονικά σχέδια, οι ξυλότυποι και το τυχόν ιστορικό επεμβάσεων του κτιρίου. Σε περίπτωση που κάτι τέτοιο δεν είναι δυνατό, απαιτείται αποτύπωση του φέροντα οργανισμού και των τοιχοπληρώσεων, ενώ συνίσταται να γίνουν κάποιοι δειγματοληπτικοί έλεγχοι στα κατακόρυφα στοιχεία του κτιρίου για να προσδιοριστεί η ποιότητα σκυροδέματος που χρησιμοποιήθηκε.

Σύμφωνα με τη μέθοδο, τα στοιχεία τρωτότητας που επηρεάζουν σημαντικά τη σεισμική συμπεριφορά της κατασκευής συνοψίζονται σε 13 κριτήρια, όπου το κάθε ένα έχει έναν συντελεστή βαρύτητας, αναλόγως την σημασία του. Τα κριτήρια βαθμονομούνται με ακέραιο αριθμό σε μία κλίμακα από το 1 ως το 5, με το 1 να αντιστοιχεί στη μέγιστη επιβάρυνση και το 5 στην ελάχιστη. Αφού ολοκληρωθεί η βαθμονόμηση, προκύπτει ο συντελεστής επιρροής των κριτηρίων, ο οποίος απομειώνει την σεισμική ικανότητα του κτιρίου.

Σκοπός της μεθόδου είναι ο υπολογισμός του Δείκτη Προτεραιότητας Ελέγχου του κτιρίου, ο οποίος καθορίζει την προτεραιότητα για περαιτέρω έλεγχο, συγκριτικά με τα υπόλοιπα κτίρια της ομάδας που υπόκεινται. Για να προσδιοριστεί ο δείκτης αυτός, πρέπει να έχει προηγηθεί ο υπολογισμός της σεισμικής απαίτησης της κατασκευής σε κάθε κύρια διεύθυνση, όπως και η αντίστοιχη σεισμική αντίσταση.

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 |

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται πιο αναλυτικά τα βήματα που εφαρμόζονται για τον υπολογισμό του Δείκτη Προτεραιότητας Ελέγχου λ.

- Προσδιορισμός Σεισμικής Απαίτησης – V_{req} :

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

όπου:

M : η μάζα του κτιρίου

T : η ιδιοπερίοδος της κατασκευής

$S_d(T)$: η φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού κατά EC8

q : ο συντελεστής συμπεριφοράς κατασκευής

- Υπολογισμός Σεισμικής Αντίστασης – V_R :

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

όπου:

$$\beta = \sum \frac{\sigma_i \beta_i}{5} \quad (1.3)$$

$$V_{R0} = \alpha_1 \cdot \sum V_{Ri,υποστ.} + \alpha_2 \cdot \sum V_{Ri,τοιχ.} + \alpha_3 \cdot \sum V_{Ri,κοντά υποστ.} \quad (1.4)$$

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

α_i : συντελεστές απομείωσης διατμητικής αντοχής από Πίνακα 1.5

β : μειωτικός συντελεστής επιρροής κριτηρίων

V_{Ri} : διατμητική αντοχή κατακόρυφων στοιχείων κατά EC2

Πίνακας 1.5: Συντελεστές απομείωσης διατμητικής αντοχής

| Κατακόρυφα στοιχεία κατασκευής | α_1 | α_2 | α_3 |
|--|------------|------------|------------|
| υποστυλώματα, τοιχώματα & κοντά υποστυλώματα | 0.5 | 0.7 | 0.9 |
| υποστυλώματα & τοιχώματα | 0.7 | 0.9 | — |
| υποστυλώματα & κοντά υποστυλώματα | 0.7 | — | 0.9 |
| υποστυλώματα | 0.8 | — | — |

Ειδικότερα, η αντοχή V_{Ri} των κατακόρυφων μελών υπολογίζεται με βάση τις σχέσεις που δίνει ο EC2-1:

$$V_{Ri} = \min (V_{Rd,S} , V_M) \quad (1.5)$$

όπου:

$$V_{Rd,S} = \frac{z}{H_{cl}} N_d + \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot\theta, \text{ για υποστυλώμα} \quad (1.6)$$

$$V_{Rd,S} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot\theta, \text{ για τοίχωμα} \quad (1.7)$$

$$V_M = \frac{2 M_R}{L_{cl}} \quad (1.8)$$

$$M_R = \mu \cdot b \cdot h^2 \cdot f_{cd} \quad (1.9)$$

με M_R την ροπή αντοχής υποστυλώματος για την κάθε διεύθυνση φόρτισης, όπως προκύπτει από τα διαγράμματα αλληλεπίδρασης ορθογωνικής διατομής του EC2-1. Η αντίστοιχη ροπή διαρροής τοιχώματος υπολογίζεται αναλυτικά επιλύοντας τη διατομή του τοιχίου με δοκιμές για το ύψος θλιβόμενης ζώνης, έως ότου η αντοχή σε αξονική να ισούται με την δρώσα.

- Υπολογισμός Δείκτη Προτεραιότητας Ελέγχου λ :

$$\lambda_X = \frac{V_{req,X} + 0.3 V_{req,Y}}{V_{R,X} + 0.3 V_{R,Y}} \quad (1.10)$$

$$\lambda_Y = \frac{V_{req,Y} + 0.3 V_{req,X}}{V_{R,Y} + 0.3 V_{R,X}} \quad (1.11)$$

όπου:

V_{req} : η σεισμική απαίτηση στη βάση του κτιρίου

V_R : η σεισμική αντίσταση του κτιρίου στη βάση

Τότε, ο τελικός Δείκτης Προτεραιότητας Ελέγχου λ είναι:

$$\lambda = 100 \cdot \max(\lambda_X, \lambda_Y) \quad (1.12)$$

1.3.2 Μέθοδος Ταχείας Αποτίμησης Βουγιούκα Ε.

Η παρούσα μέθοδος αφορά κυρίως κτίρια που κατασκευάστηκαν προ του 1985, τα οποία έχουν ως κύρια μορφή αστοχίας αυτή του μαλακού ορόφου, δηλαδή αδύναμα υποστυλώματα και πιο ισχυρά δοκάρια. Βασίζεται εξ' ολοκλήρου στον Κανονισμό Επεμβάσεων (Καν.Επε.) και χρησιμοποιείται για μία γρήγορη εκτίμηση της σεισμικής ικανότητας υφιστάμενων κτιρίων. Πιο αναλυτικά, αθροίζονται οι τέμνουσες αντοχής των κατακόρυφων στοιχείων, οι οποίες υπολογίζονται με χρήση των σχέσεων που δίνει ο κανονισμός και προκύπτει η φέρουσα ικανότητα της κατασκευής έναντι σεισμού. Ο Καν.Επε. προτείνει τον υπολογισμό της ροπής διαρροής διατομής με ορθογωνική θλιβόμενη ζώνη μέσω της σχέσης:

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

όπου:

$(\frac{1}{r})_y$: καμπυλότητα διαρροής

ξ_y : το ύψος θλιβόμενης ζώνης κατά τη διαρροή

d' : τιμή που προκύπτει από το λόγο της απόστασης του κέντρο του θλιβόμενου οπλισμού μέχρι την ακραία θλιβόμενη ίνα του σκυροδέματος, προς το στατικό ύψος (d' / d)

ρ, ρ', ρ_v : ποσοστά του εφελκόμενου, του θλιβόμενου και του μεταξύ τους κατανεμημένου οπλισμού, ανηγμένα στο γινόμενο του πλάτους θλιβόμενης ζώνης με το στατικό ύψος της διατομής

E_c, E_s : τα μέτρα ελαστικότητας του σκυροδέματος και του χάλυβα οπλισμού, αντίστοιχα

Να σημειωθεί πως για διατομές με θλιβόμενη ζώνη τύπου Γ, Τ ή Π, ο Καν.Επε. προσφέρει μία ελαφρώς διαφορετική σχέση για τον υπολογισμό της ροπής διαρροής. Για τον υπολογισμό της καμπυλότητας διαρροής ελέγχονται οι εξής δύο περιπτώσεις:

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

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

- Η διαρροή της διατομής οφείλεται σε μη γραμμικότητα του θλιβόμενου σκυροδέματος

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

Λαμβάνεται η μικρότερη τιμή καμπυλότητας εκ των δύο σχέσεων, η οποία υποδηλώνει και ποιο θα είναι το κρίσιμο υλικό. Το ύψος της θλιβόμενης ζώνης ξ_y υπολογίζεται για το κρίσιμο υλικό από αντίστοιχες σχέσεις σύμφωνα με το Παράρτημα 7Α του Καν.Επε.

Στη συνέχεια, γίνεται ο υπολογισμός της διατμητικής αντοχής V_R των υποστυλωμάτων και των τοιχωμάτων τα οποία υποβάλλονται σε ανακυκλιζόμενες δράσεις ως συνάρτηση του πλαστικού τμήματος του δείκτη πλαστιμότητας μετακινήσεων: $\mu_{pl}^\theta = \mu_\theta - 1$, 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 (Καν.Επε. Σ.2α, Σ.11β), μέσω της σχέσης (1.16) σύμφωνα με το Παράρτημα 7Γ του Καν.Επε.

$$V_R = \frac{h-x}{2L_s} \min(N; 0,55A_c f_c) + \left(1 - 0,05 \min(5, \mu_{pl}^\theta)\right) \left[0,16 \max(0,5; 100\rho_{tot}) (1 - 0,16 \min(5; \alpha_s)) \sqrt{f_c} A_c + V_w\right] \quad (1.16)$$

όπου:

h : ύψος διατομής (ίσο με τη διάμετρο D στις κυκλικές διατομές)

$x = \xi_y d$: ύψος της θλιβόμενης ζώνης, το οποίο υπολογίζεται από τις Εξ. (Α.3)-(Α.5) στη διαρροή της διατομής.

N : αξονικό φορτίο (θετικό για θλίψη, μηδενικό για εφελκυσμό).

α_s : λόγος διάτμησης.

A_c : εμβαδόν της διατομής σκυροδέματος

f_c : θλιπτική αντοχή σκυροδέματος (MPa)

ρ_{tot} : συνολικό ποσοστό διαμήκους οπλισμού (εφελκόμενου, θλιβόμενου και ενδιάμεσου).

V_w : συμβολή εγκάρσιου οπλισμού στη διατμητική αντοχή, ίση με:

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

όπου ρ_w το ποσοστό εγκάρσιου οπλισμού, z ο μοχλοβραχίονας εσωτερικών δυνάμεων και f_{yw} η τάση διαρροής του εγκάρσιου οπλισμού.

Όπως είναι γνωστό, η αστοχία σε διάτμηση είναι ένα ψαθυρό φαινόμενο και οι σύγχρονοι αντισεισμικοί κανονισμοί με σκοπό να την αποφύγουν, στοχεύουν σε μεγάλες πλαστιμότητες και παραμορφώσεις των μελών καθώς και προσδίδουν υπεραντοχή σε διάτμηση μέσω του ικανοτικού σχεδιασμού. Επομένως, είναι απαραίτητο, σε παλαιότερες κατασκευές, να γίνεται έλεγχος για το αν προηγείται η αστοχία των μελών σε διάτμηση έναντι της αστοχίας λόγω καμπτικής διαρροής. 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 παραπάνω τέμνουσα συγκρίνεται με την αντίστοιχη τέμνουσα υπό ανακυκλιζόμενες δράσεις, V_R και αν είναι μικρότερη τότε τα μέλη εμφανίζουν πλαστική συμπεριφορά, δηλαδή διαρρέουν σε κάμψη πριν τη διαρροή σε διάτμηση. 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 τριτοβάθμιος προσεισμικός έλεγχος κατά τον Ο.Α.Σ.Π. αποτελεί την κύρια και πιο αξιόπιστη διαδικασία αποτίμησης της σεισμικής ικανότητας μίας κατασκευής και βασίζεται στον Κανονισμό Επεμβάσεων. Πράγματι, ο Κανονισμός Επεμβάσεων καλύπτει πλήρως τις απαιτήσεις των σύγχρονων κανονισμών πάνω στον αντισεισμικό ανασχεδιασμό και έλεγχο, την επισκευή και την ενίσχυση υφιστάμενων κτιρίων.

Συνηθέστερη μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον συγκεκριμένο έλεγχο είναι η αποτίμηση μέσω ανελαστικής στατικής ανάλυσης (Pushover), η οποία εκτελεί διαδοχικές επιλύσεις υπό τη δράση σταθερών φορτίων βαρύτητας και σταδιακά αυξανόμενων οριζόντιων φορτίων. Η κατανομή των οριζόντιων φορτίων συνηθίζεται να είναι ομοιόμορφη, τριγωνική ή και ιδιομορφική, ενώ πάντα πρέπει να δοκιμάζονται τουλάχιστον δύο από τις προαναφερθείσες τρεις. Ως αποτέλεσμα της ανάλυσης, προκύπτει η καμπύλη ικανότητας της κατασκευής συναρτήσει της τέμνουσας που αναπτύσσεται στη βάση και της μετακίνησης της οροφής που υπολογίστηκαν σε κάθε βήμα.

Έχοντας την καμπύλη ικανότητας, μπορεί να καθοριστεί η σεισμική ικανότητα του κτιρίου για κάθε συνδυασμό μίας στάθμης επιτελεστικότητας και ενός συγκεκριμένου επιπέδου σεισμικής δράσης. Πιο αναλυτικά, η στάθμη επιτελεστικότητας υποδεικνύει το αποδεκτό επίπεδο βλαβών, ενώ το επίπεδο σεισμικής δράσης ορίζεται από την ανεκτή πιθανότητα υπέρβασης στη διάρκεια ζωής της κατασκευής ή την ισοδύναμη περίοδο επαναφοράς του σεισμού. Ορίζονται τρεις βασικές στάθμες επιτελεστικότητας για το κάθε επίπεδο βλαβών και κάθε πιθανός συνδυασμός παρουσιάζεται 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 |

Συγκεκριμένα, για την κάθε στάθμη επιτελεστικότητας ισχύει:

- «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, πραγματοποιείται πάνω στην καμπύλη ικανότητας της κατασκευής με βάση την αντίστοιχη μετακίνηση του σημείου αναφοράς στην κορυφή του κτιρίου, η οποία υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$\delta_t = C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot (T_e^2 / 4\pi^2) \cdot S_e(T) \quad (1.19)$$

όπου: C_0, C_1, C_2, C_3 : διορθωτικοί συντελεστές
 T_e : ισοδύναμη κύρια ιδιοπερίοδος

2 Περιγραφή του φορέα

2.1 Γενικά χαρακτηριστικά του φορέα

Το κτίριο που πρόκειται να αναλυθεί είναι μία υφιστάμενη τετραώροφη κατοικία με υπόγειο από οπλισμένο σκυρόδεμα, κατασκευασμένη το 1985 στην περιοχή του Νέου Ψυχικού, το οποίο υπόκειται στον Βόρειο Τομέα Αθηνών, στην Περιφέρεια Αττικής. Όσον αφορά τα σεισμολογικά δεδομένα, η συγκεκριμένη περιοχή ανήκει στην Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας ΖΙ με $a_g = 0.16 \text{ g}$ και το έδαφος που βρίσκεται είναι κατηγορίας Β, με ό,τι αυτό συνεπάγεται. Η κατηγορία σπουδαιότητας του κτιρίου είναι τύπου ΙΙ, μιας και η χρήση του είναι αποκλειστικά για κατοικία.

Κάθε όροφος έχει κάτοψη επιφάνειας 134.45 m^2 και αναφορικά με τα ύψη, κάθε όροφος της ανωδομής έχει ύψος 2.85 m , ενώ το υπόγειο 3.30 m . Ο σκελετός του κτιρίου αποτελείται από υποστυλώματα και έναν πυρήνα σκυροδέματος που αποτελούν το κατακόρυφο σύστημα στήριξης, δοκούς και πλάκες. Επιπλέον, η εξωτερική τοιχοποιία είναι και στις δύο διευθύνσεις της μπατικής και η εσωτερική τοιχοποιία, δρομική. Το υπόγειο, περιμετρικά του στηρίζεται σε τοιχώματα που δρουν και ως τοίχοι αντιστήριξης. Η ύπαρξη εξωτερικής ράμπας διέλευσης των οχημάτων από και προς το υπόγειο, καθώς και η υποβάθμιση του εδάφους, στη δυτική πλευρά, για απευθείας πρόσβαση στη στάθμη αυτή, δεν επιτρέπουν στο υπόγειο να έχει την ιδιότητα κλειστού κιβωτίου.

Ως μόνιμα φορτία της κατασκευής θεωρήθηκαν το βάρος του οπλισμένου σκυροδέματος $\gamma_{σκ} = 25 \text{ kN/m}^3$ και οι επικαλύψεις $g' = 1.50 \text{ kN/m}^2$ ενώ τα κινητά λήφθηκαν $q = 2 \text{ kN/m}^2$ για την κατοικία και $q = 3 \text{ kN/m}^2$ για τους εξώστες. Σε ό,τι αφορά τις τοιχοποιίες λήφθηκε μόνο η μπατική με πρόσθετο μόνιμο φορτίο 3.60 kN/m^2 , ενώ η δρομική για λόγους απλοποίησης συμπεριλήφθηκε ως μία επαύξηση στο φορτίο πλακών. Επίσης, επικάλυψη οπλισμού ισούται με 2.5 cm .

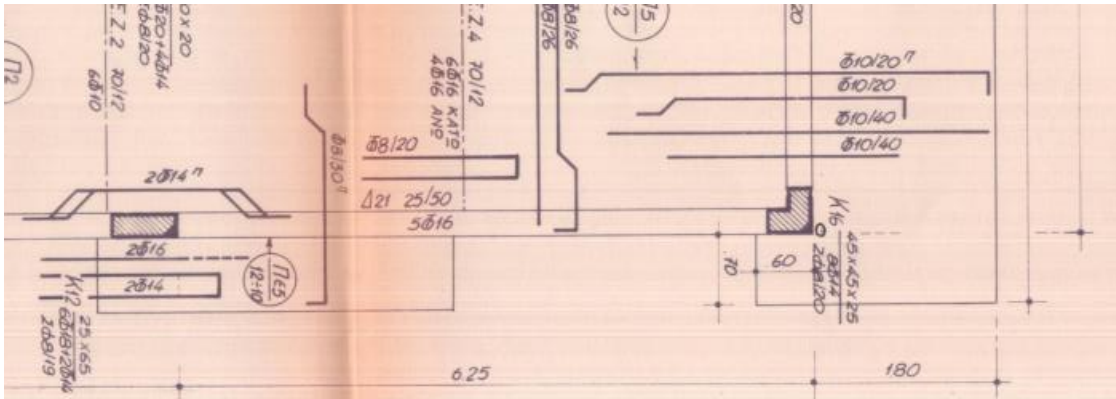
Τα στατικά σχέδια της κατασκευής όπως και οι πίνακες των οπλισμών παρατίθενται στο Παράρτημα Α, ενώ στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται αναλυτικά τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν κατά την κατασκευή.

Πίνακας 2.1: Υλικά κατασκευής

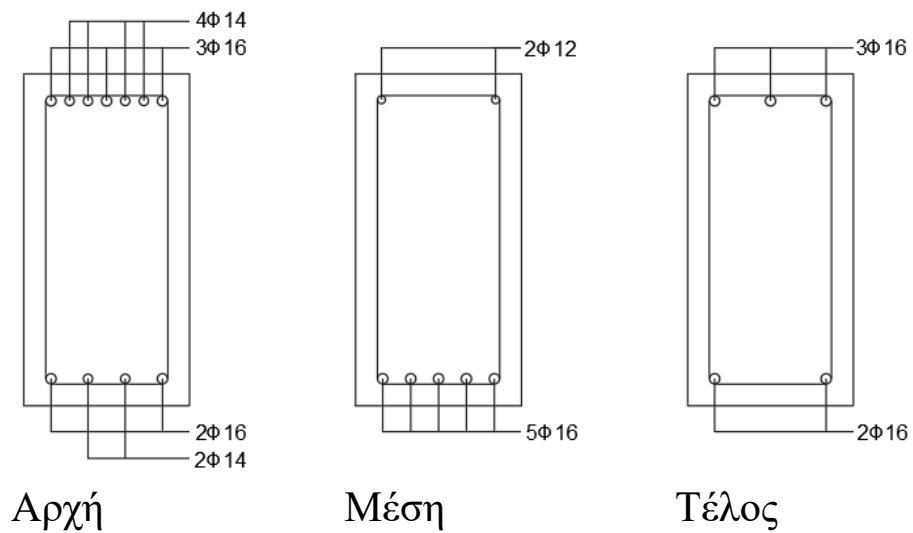
| Υλικό | Ποιότητα | Αντοχή | |
|----------------------------|----------|----------------|----------------|
| | | f_{cm} (MPa) | f_{ck} (MPa) |
| Οπλισμένο Σκυρόδεμα | B 225 | 20 | 16 |
| Χάλυβας διαμήκους οπλισμού | St III | 444.44 | 400 |
| Χάλυβας συνδετήρων | St I | 244.44 | 220 |

Οι λεπτομέρειες όπλισης των μελών λήφθηκαν από τους ξυλότυπους του κτιρίου. Ειδικότερα, σύμφωνα με τους τότε κανονισμούς, στο μέσον κάθε δοκού τοποθετούνταν όλος ο αναγραφόμενος διαμήκης οπλισμός ενώ πηγαίνοντας προς τη στήριξη, τα μισά σίδερα κάμψης σπάγανε προς τα πάνω, με σταθερή κλίση για να καλύψουν την αλλαγή της εφελκόμενης ίνας. Το «σπάσιμο» αυτό, δημιουργεί τμήματα «λοξών οπλισμών» κλίσης 45° , οι οποίοι δρουν ως συνδετήρες που παραλαμβάνουν διάτμηση. Παράλληλα, παρατηρείται πως ο οπλισμός των κόμβων έχει ενισχυθεί τοπικά, με ειδικές

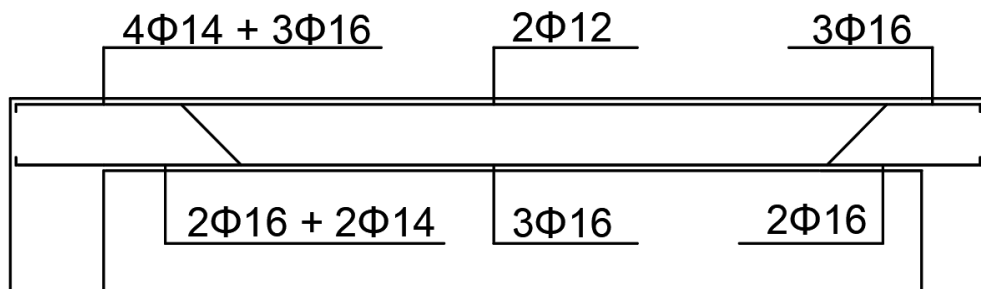
κατασκευαστικές τεχνικές («καπάκια» και «φουρκέτες»). Ενδεικτικά, απεικονίζεται η λεπτομέρεια όπλισης της δοκού Δ21 στο Σχήμα 2.1 ως 2.3.



Σχήμα 2.1: Δοκός Δ21 (25/50) ισογείου



Σχήμα 2.2: Λεπτομέρεια όπλισης Δοκού Δ21 (25/50) ισογείου

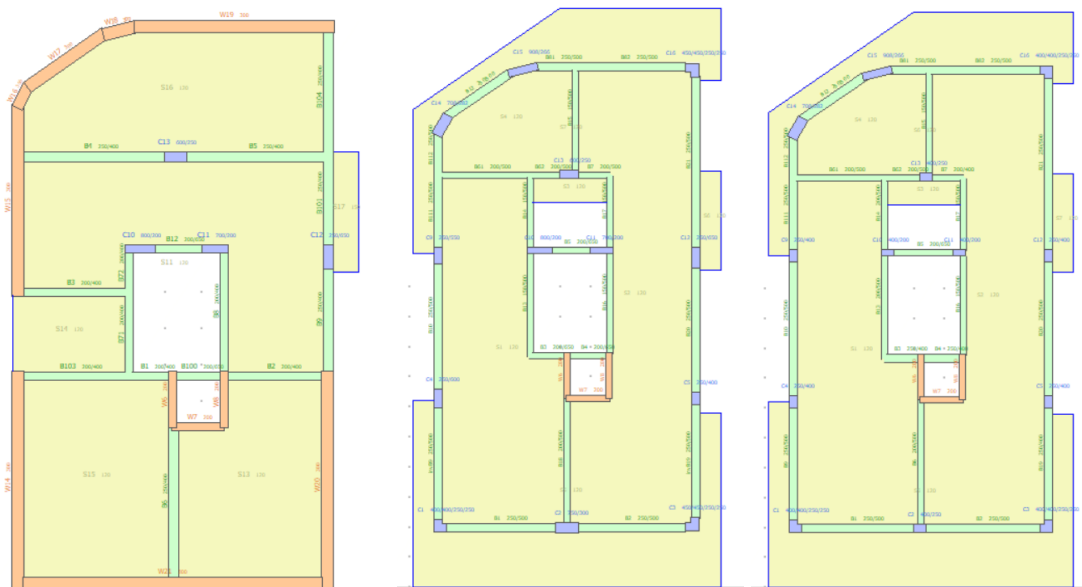


Σχήμα 2.3: Μηκοτομή Δοκού Δ21 (25/50) ισογείου

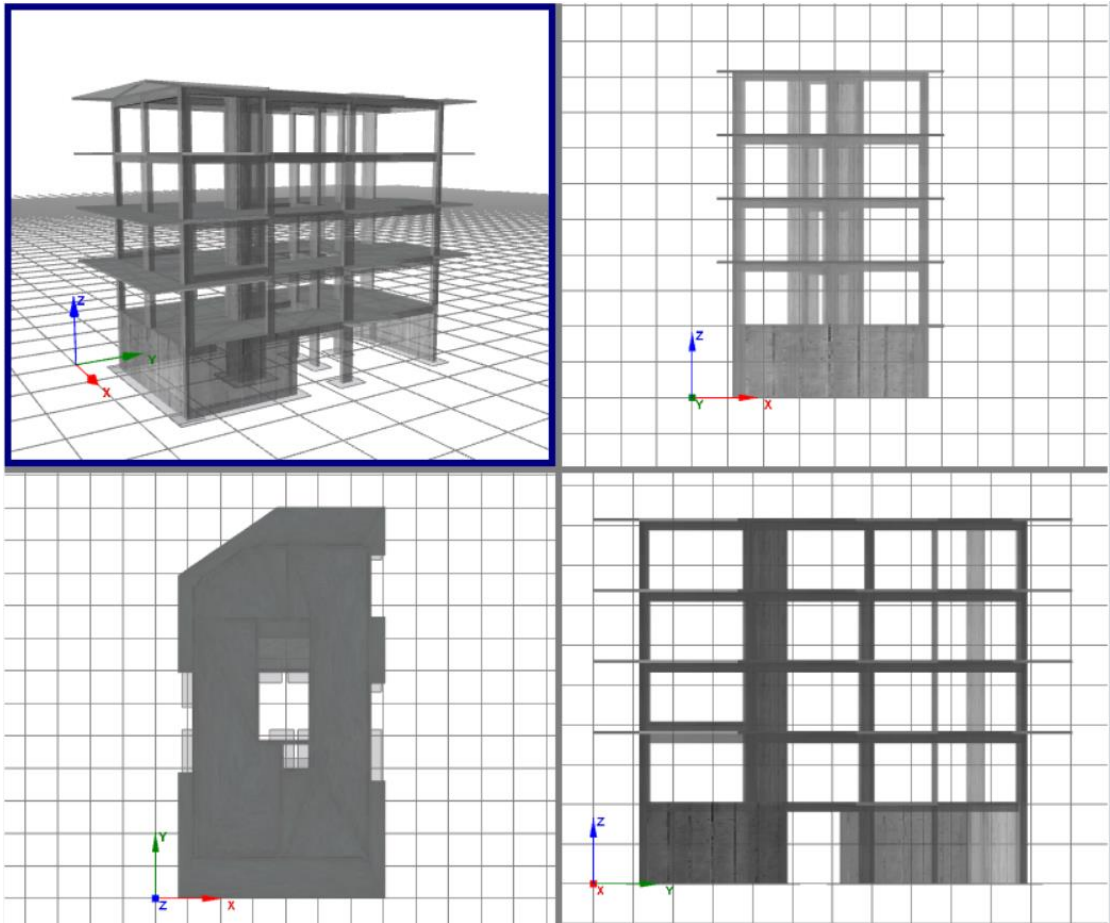
2.2 Προσομοίωση του φορέα

Για την προσομοίωση του φορέα έγινε χρήση του προγράμματος SeismoBuild, της εταιρίας SeismoSoft. Το πρόγραμμα πραγματοποιεί αναλύσεις με τη μέθοδο πεπερασμένων στοιχείων και λαμβάνοντας υπόψη, τις γεωμετρικές μη γραμμικότητες και την ανελαστικότητα των υλικών, προσδιορίζει την απόκριση κατασκευών σε μεγάλες παραμορφώσεις για στατικά και δυναμική φορτία. Επιπλέον, παρέχει τη δυνατότητα μη γραμμικής ανάλυσης. Επιλέχθηκε για το συγκεκριμένο κτίριο καθώς εφαρμόζει πλήρως τις μεθοδολογίες σεισμικής αποτίμησης που ορίζει ο Καν.Επε..

Η μοντελοποίηση του κτιρίου έγινε με βάση τους διαθέσιμους ξυλότυπους και ξεκίνησε από τα κατακόρυφα στοιχεία, συνέχισε με τις δοκούς και τέλος με τις πλάκες. Πιο αναλυτικά, ο πυρήνας προσομοιώθηκε με τρία διαφορετικά τοιχώματα σε επαφή, με κατάλληλη τροποποίηση του οπλισμού. Επιπλέον, υπέρ της ασφαλείας, επιλέχθηκε να μην εισαχθεί η σκάλα στο μοντέλο καθώς προσδίδει δυσκαμψία στο σύνολο του κτιρίου. Άξιο αναφοράς είναι πως λόγω των κενών μεταξύ των περιμετρικών τοιχίων στο υπόγειο, τα οποία αναιρούν την ιδιότητα κλειστού κιβωτίου, επιλέχθηκε η βάση του σεισμού να θεωρηθεί στη βάση του υπογείου και όχι στο ισόγειο για πιο ρεαλιστικά αποτελέσματα. Τέλος, η περίπλοκη μορφή των υποστυλωμάτων K14 και K15 δεν προσφέρεται από το πρόγραμμα, οπότε προσομοιώθηκαν ως ορθογωνικά, ισοδύναμα με τα αρχικά όσον αφορά τον οπλισμό, το εμβαδόν και το ποσοστό οπλισμού.



Σχήμα 2.4: Εισαγωγή ξυλότυπων υπογείου (αριστερά), ισόγειου – α' ορόφου – β' ορόφου (μέση) και γ' ορόφου (δεξιά) στο SeismoBuild



Σχήμα 2.5: Μοντέλο προσομοίωσης φορέα

3 Εφαρμογή Προσεισμικών Ελέγχων

3.1 Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος

Σύμφωνα με όσα περιεγράφηκαν στο 1^ο Κεφάλαιο, συμπληρώθηκε το ειδικό Δελτίο Ελέγχου για το κτίριο, για κατηγορία δομικού τύπου «ΟΣα» με βάση τον Πίνακα 1.1, μιας και πρόκειται για κατασκευή του 1985, μελετημένη με τον Αντισεισμικό Κανονισμό 1959 (ΦΕΚ 1959). Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η συγκεκριμένη περιοχή ανήκει στην Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας ΖΙ και το έδαφος που βρίσκεται είναι κατηγορίας Β.

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1, όπου αθροίζοντας τους επιμέρους συντελεστές, προέκυψε αρχική δομική βαθμολογία κτιρίου ίση με 4.6. Δεδομένου ότι δεν εντοπίστηκε κανένα αίτιο πρόσθετης τρωτότητας, η τελική βαθμολογία ισούται επίσης με 4.6. Με βάση τον Πίνακα 1.3, το κτίριο κατατάσσεται στην κατηγορία Μέσης προτεραιότητας περαιτέρω ελέγχου.

Πίνακας 3.1: Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος

| ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ | ΟΣα |
|--|------------|
| Βασική βαθμολογία, αναλόγως δομικού τύπου | 6.0 |
| Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας Ι | -0.5 |
| Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας ΙΙ ή ΙΙΙ | - |
| 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 | - |
| Προηγούμενες σεισμικές επιβαρύνσεις, προβλήματα | - |
| Χωρίς αντισεισμικό κανονισμό | - |
| Κακή κατάσταση | - |
| Κρούση με γειτονικά κτίρια | - |
| Pilotis ή /και κοντά υποστυλώματα | - |
| Κανονική διάταξη τοιχοπλήρωσης σε κάτοψη | 0.5 |
| Μεγάλο ύψος | - |
| Μη κανονικότητα σε τομή | - |
| Μη κανονικότητα σε κάτοψη | - |
| Στρέψη (έντονη) | -0.5 |
| Ένταση λειτουργίας | - |
| Αριθμός χρηστών ≤ 9 | - |
| Αριθμός χρηστών 10-99 | -0.6 |
| Αριθμός χρηστών ≥ 100 | - |
| ΑΡΧΙΚΗ ΔΟΜΙΚΗ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ (αβ) | 4.6 |
| Στοιχεία πρόσθετης τρωτότητας | - |
| Ενδεχόμενη τρωτότητα έναντι άλλων αιτιών | - |
| ΤΕΛΙΚΗ ΔΟΜΙΚΗ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ (τβ) | 4.6 |

3.2 Δευτεροβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος

3.2.1 Μέθοδος Δρίτσου Σ.

Με σκοπό την εφαρμογή της μεθοδολογίας που παρουσιάστηκε νωρίτερα, αρχικά αξιολογούνται τα κριτήρια που συνοψίζουν τα στοιχεία τρωτότητας της κατασκευής. Όπως προαναφέρθηκε, βαθμονομούνται με ακέραιο αριθμό σε μία κλίμακα από το 1 ως το 5, με το 1 να αντιστοιχεί στη μέγιστη επιβάρυνση και το 5 στην ελάχιστη. Για όποιο κριτήριο χρειάστηκε ο προσδιορισμός εντατικών μεγεθών ή μαζών, έγινε χρήση της ανάλυσης του προσομοιώματος που αναπτύχθηκε προηγουμένως.

- Κριτήριο 1 – Βλάβες στατικής ανεπάρκειας:

Δεν εντοπίζονται βλάβες ή ρηγματώσεις στα δομικά στοιχεία, δηλαδή στα υποστυλώματα, τα τοιχώματα και τους κόμβους. Η βαθμολογία του κριτηρίου ισούται με 5.

- Κριτήριο 2 – Οξείδωση οπλισμών:

Δεν παρουσιάζονται ενδείξεις που υποδηλώνουν διάβρωση του οπλισμού, επομένως ο βαθμός είναι ίσος με 5.

- Κριτήριο 3 – Μέγεθος ανηγμένου αξονικού φορτίου:

Γίνεται έλεγχος του ανηγμένου αξονικού φορτίου στην κατώτατη στάθμη σε κάθε κατακόρυφο στοιχείο. Από τα αποτελέσματα που παρατίθενται στον Πίνακα 3.2, κάθε ένα έχει ανηγμένη αξονική μικρότερη από 0.30 που αντιστοιχεί σε βαθμό 5, ωστόσο, η μέση τιμή των επιμέρους ανηγμένων αξονικών ισούται με 0.15 που αντιστοιχεί σε βαθμό 4. Ως τελικός βαθμός του κριτηρίου επιλέγεται ο μικρότερος των δύο επιμέρους, άρα 4.

Πίνακας 3.2: Ανηγμένο αξονικό φορτίο κατακόρυφων στοιχείων στην κατώτατη στάθμη τους

| Μέλος | Διατομή (cm) | Εμβαδό διατομής A_c (cm ²) | Αξονικό φορτίο N (kN) | Ανηγμένο αξονικό φορτίο v_d |
|-------|--------------|--|-----------------------|-------------------------------|
| K1 | 40x40x25 | 1375 | 396.96 | 0.192 |
| K2 | 75x30 | 2250 | 597.24 | 0.177 |
| K3 | 45x45x25 | 1625 | 351.32 | 0.144 |
| K4 | 25x60 | 1500 | 393.45 | 0.175 |
| K5 | 25x40 | 1000 | 323.03 | 0.215 |
| K6 | 20x160 | 3200 | 341.21 | 0.071 |
| K7 | 160x20 | 3200 | 281.83 | 0.059 |
| K8 | 20x160 | 3200 | 295.71 | 0.062 |
| K9 | 25x55 | 1375 | 382.36 | 0.185 |
| K10 | 80x20 | 1600 | 275.49 | 0.115 |
| K11 | 70x20 | 1400 | 224.41 | 0.107 |
| K12 | 25x65 | 1625 | 549.89 | 0.226 |
| K13 | 60x25 | 1500 | 415.23 | 0.185 |
| K14 | 25x40x40 | 2000 | 355.98 | 0.119 |
| K15 | 40x55x25 | 2418 | 519.4 | 0.143 |
| K16 | 45x45x25 | 1625 | 529.68 | 0.217 |
| | | | Μέση τιμή | 0.15 |

- Κριτήριο 4 – Κανονικότητα κάτοψης:

Αν το κτίριο θεωρηθεί ορθογωνικό, τότε μας ενδιαφέρει ο λόγος της μεγαλύτερης προς την μικρότερη πλευρά: $\lambda = L_{\max} / L_{\min} = 15.60 / 8.80 = 1.77$, άρα $\lambda < 4$ και το κτίριο είναι κανονικό, δηλαδή βαθμολογείται με 5. Αν το κτίριο θεωρηθεί πως έχει μία εσοχή στο

πάνω αριστερά κομμάτι της κάτοψης, τότε συγκρίνουμε το εμβαδόν της εσοχής με το συνολικό εμβαδόν κάτοψης: $A_{\text{εσοχής}} = 2.83 \text{ m}^2$ και $A_{\text{tot}} = 134.45 \text{ m}^2$ άρα ισχύει $0.15 \cdot A_{\text{tot}} > A_{\text{εσοχής}}$ και πάλι το κριτήριο βαθμολογείται με 5. Ο τελικός βαθμός, λοιπόν, είναι αναμφίβολα ίσος με 5.

- Κριτήριο 5 – Κατανομή δυσκαμψίας σε κάτοψη – στρέψη:

Γίνεται αναλυτικός προσδιορισμός του κέντρου μάζας και του κέντρου δυσκαμψίας και στη συνέχεια υπολογίζονται οι εκκεντρότητες ανά διεύθυνση, e_x και e_y , και οι ζητούμενες ανηγμένες τιμές τους, ϵ_x και ϵ_y . Αναλυτικά τα στοιχεία υπολογισμού και τα τελικά αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 3.3 και 3.4. Οι ανηγμένες εκκεντρότητες δεν ξεπερνάνε την τιμή 0.05, επομένως το κτίριο δεν έχει στρεπτική απόκριση και το κριτήριο βαθμολογείται με 5.

Πίνακας 3.3: Στοιχεία υπολογισμού Κέντρου Μάζας και Κέντρου Δυσκαμψίας

| Μέλος | N (kN) | X_{C_i} (m) | Y_{C_i} (m) | $N \cdot X_{C_i}$ (kNm) | $N \cdot Y_{C_i}$ (kNm) | K_{C_x} (kNm) | K_{C_y} (kNm) | $X_{C_i} \cdot K_{C_x}$ (kNm) | $Y_{C_i} \cdot K_{C_y}$ (kNm) |
|--------|---------|---------------|---------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| K1 | 410.92 | 0.18 | 0.18 | 73.97 | 73.97 | 8843.86 | 5784.81 | 1591.89 | 1041.27 |
| K2 | 593.45 | 4.40 | 0.15 | 2611.18 | 89.02 | 7150.51 | 18678.39 | 31462.24 | 2801.76 |
| K3 | 360.55 | 8.61 | 0.19 | 3102.53 | 69.95 | 11229.18 | 7622.78 | 96627.08 | 1478.82 |
| K4 | 381.49 | 0.13 | 4.45 | 47.69 | 1697.63 | 12287.56 | 2405.36 | 1535.95 | 10703.86 |
| K5 | 326.63 | 8.68 | 4.45 | 2833.52 | 1453.50 | 5415.56 | 1845.86 | 46980.01 | 8214.09 |
| K6 | 350.8 | 4.40 | 5.15 | 1543.52 | 1806.62 | 115972.44 | 4804.01 | 510278.74 | 24740.63 |
| K7 | 276.92 | 5.10 | 4.45 | 1412.29 | 1232.29 | 4583.30 | 86173.49 | 23374.81 | 383472.02 |
| K8 | 282.06 | 5.80 | 5.15 | 1635.95 | 1452.61 | 103598.44 | 4033.90 | 600870.95 | 20774.61 |
| K9 | 381.8 | 0.13 | 9.18 | 47.73 | 3503.02 | 10422.46 | 2294.57 | 1302.81 | 21052.67 |
| K10 | 267.23 | 3.50 | 9.35 | 935.31 | 2498.60 | 4175.23 | 21542.23 | 14613.29 | 201419.81 |
| K11 | 219.81 | 5.35 | 9.35 | 1175.98 | 2055.22 | 3678.62 | 15569.77 | 19680.62 | 145577.37 |
| K12 | 543.76 | 8.68 | 9.13 | 4717.12 | 4961.81 | 16094.84 | 3022.86 | 139622.78 | 27583.58 |
| K13 | 413.14 | 4.48 | 11.88 | 1848.80 | 4906.04 | 5615.75 | 14099.24 | 25130.50 | 167428.47 |
| K14 | 353.42 | 0.29 | 13.52 | 102.49 | 4778.24 | 17513.35 | 4259.07 | 5078.87 | 57582.61 |
| K15 | 533.54 | 2.94 | 15.36 | 1568.61 | 8195.17 | 6697.31 | 25915.98 | 19690.10 | 398069.39 |
| K16 | 534.31 | 8.61 | 15.41 | 4598.27 | 8231.58 | 10083.34 | 7173.38 | 86777.22 | 110513.04 |
| Σύνολο | 6229.83 | | | 28254.94 | 47005.27 | 343361.76 | 225225.69 | 1624617.86 | 1582453.98 |

Πίνακας 3.4: Υπολογισμός Κέντρου Μάζας, Κέντρου Δυσκαμψίας και ανηγμένων εκκεντροτήτων ανά διεύθυνση

| | | |
|-------------------------------------|-------|--------|
| Προσεγγιστικό κέντρο μάζας | | |
| X_M (m) | 4.54 | |
| Y_M (m) | 7.55 | |
| Προσεγγιστικό κέντρο δυσκαμψίας | | |
| X_{CR} (m) | 4.73 | |
| Y_{CR} (m) | 7.03 | |
| επομένως, μπορούμε να υπολογίσουμε: | | |
| e_x (m) | 0.20 | |
| ϵ_x | 0.022 | < 0.05 |
| e_y (m) | 0.52 | |
| ϵ_y | 0.033 | < 0.05 |

- Κριτήριο 6 – Κανονικότητα σε Τομή / Όψη:

Τα εμβαδά όλων των κατόψεων είναι ίσα χωρίς να υπάρχουν διαφορές, επομένως ο βαθμός του κριτηρίου είναι 5.

- Κριτήριο 7 – Κατανομή Δυσκαμψίας καθ' ύψος – Μαλακός όροφος:

Από το ισόγειο ως και το β' όροφο, οι κατόψεις έχουν ακριβώς την ίδια σύνθεση, ενώ τα μέλη δεν αλλάζουν διατομή καθ' ύψος. Στον γ' όροφο παρατηρείται μείωση στις διατομές, ωστόσο, δεν επηρεάζει τη σεισμική επιβάρυνση που επιφέρει το συγκεκριμένο κριτήριο, διότι είναι ο ανώτερος όροφος. Η τελική βαθμολογία είναι ίση με 5.

- Κριτήριο 8 – Κατανομή Μάζας καθ' ύψος:

Όπως αναφέρθηκε και στο παραπάνω κριτήριο, από το ισόγειο ως και το β' όροφο, οι κατόψεις εμφανίζονται ακριβώς ίδιες και τα μέλη δεν αλλάζουν διατομή καθ' ύψος. Γίνεται έλεγχος μόνο για τον γ' όροφο σε σχέση με τον β', όπου παρατηρείται μείωση στις διατομές των υποστυλωμάτων. Υπενθυμίζεται πως το βάρος κάθε ορόφου υπολογίζεται από τα κατακόρυφα φορτία της ανάλυσης του προγράμματος, διαιρώντας με την επιτάχυνση της βαρύτητας. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 3.5. Εφόσον $\Delta M_{tot} < 20\%$, προκύπτει βαθμός κριτηρίου ίσος με 5.

Πίνακας 3.5: Διαφορά μάζας μεταξύ β' και γ' ορόφου

| Μέλος | Αξονικό φορτίο N (kN) | |
|--------|-----------------------|---------------------|
| | Γ' ορόφου | Β' ορόφου |
| K1 | 79.76 | 73.94 |
| K2 | 111.33 | 126.08 |
| K3 | 70.6 | 71.23 |
| K4 | 68.13 | 62.07 |
| K5 | 60.53 | 50.08 |
| K6 | 91.39 | 68.33 |
| K7 | 58 | 57.8 |
| K8 | 46.86 | 60.29 |
| K9 | 67.25 | 60.22 |
| K10 | 55.29 | 62.68 |
| K11 | 66.08 | 42.27 |
| K12 | 69.49 | 66.97 |
| K13 | 76 | 83.49 |
| K14 | 61.21 | 66.02 |
| K15 | 106.83 | 99.47 |
| K16 | 90.57 | 94.04 |
| Σύνολο | 1179.32 | 1144.98 |
| | | |
| | ΔM_{tot} | 2.91% |
| | | άρα Βαθμός 5 |

- Κριτήριο 9 – Κοντά Υποστυλώματα:

Για κάθε υποστύλωμα, υπολογίζεται ανά διεύθυνση, ένας βαθμός β_i , ανάλογα με το ανηγμένο του μήκος, l/h . Η συμβολή στην συνολική σεισμική επιβάρυνση της κατασκευής λαμβάνεται υπόψη μέσω αντίστοιχων συντελεστών βαρύτητας. Τελικά, υπολογίζεται ο βαθμός επιρροής κοντών υποστυλωμάτων, ο οποίος καθορίζει και τον βαθμό του κριτηρίου. Από τον Πίνακα 3.6, ο βαθμός αυτός ισούται με 4.16.

Πίνακας 3.6: Υπολογισμός βαθμού επιρροής κοντών υποστυλωμάτων

| Μέλος | Διατομή (cm) | L/h (X) | β_L (X) | $\sigma.\beta.$ (X) | | L/h (Y) | β_L (Y) | $\sigma.\beta.$ (Y) | |
|----------|--------------|----------|---------------|---------------------|--|-----------|---------------|----------------------|-------------|
| K1 | 40x40x25 | 7.13 | 5 | 1 | | 7.13 | 5 | 1 | |
| K2 | 75x30 | 3.80 | 3 | 3 | | 9.50 | 5 | 1 | |
| K3 | 45x45x25 | 6.33 | 5 | 1 | | 6.33 | 5 | 1 | |
| K4 | 25x60 | 11.40 | 5 | 1 | | 4.75 | 4 | 2 | |
| K5 | 25x40 | 11.40 | 5 | 1 | | 7.13 | 5 | 1 | |
| K9 | 25x55 | 11.40 | 5 | 1 | | 5.18 | 5 | 1 | |
| K10 | 80x20 | 3.56 | 3 | 3 | | 14.25 | 5 | 1 | |
| K11 | 70x20 | 4.07 | 4 | 2 | | 14.25 | 5 | 1 | |
| K12 | 25x65 | 11.40 | 5 | 1 | | 4.38 | 4 | 2 | |
| K13 | 60x25 | 4.75 | 4 | 2 | | 11.40 | 5 | 1 | |
| K14 | 25x40x40 | 7.13 | 5 | 1 | | 7.13 | 5 | 1 | |
| K15 | 40x55x25 | 5.18 | 5 | 1 | | 7.13 | 5 | 1 | |
| K16 | 45x45x25 | 6.33 | 5 | 1 | | 6.33 | 5 | 1 | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| n_{x1} | n_{x2} | n_{x3} | n_{x4} | n_{x5} | | β_x | | | |
| 0 | 0 | 2 | 2 | 9 | | 4.16 | | | |
| | | | | | | | | $\beta_{\text{τελ}}$ | 4.16 |
| n_{y1} | n_{y2} | n_{y3} | n_{y4} | n_{y5} | | β_y | | | |
| 0 | 0 | 0 | 2 | 11 | | 4.73 | | | |

- Κριτήριο 10 – Κατακόρυφες ασυνέχειες

Παρατηρείται μόνο εκκεντρότητα καθ' ύψος του άξονα των κατακόρυφων στοιχείων από τον γ' προς τον β' όροφο. Στον Πίνακα 3.7, υπολογίζεται αναλυτικά η εκκεντρότητα του κάθε υποστύλωματος ανά διεύθυνση και βαθμονομείται. Ο τελικός βαθμός του κριτηρίου, καθορίζεται ως η μικρότερη τιμή των επιμέρους, δηλαδή 3.

Πίνακας 3.7: Υπολογισμός εκκεντρότητας καθ' ύψος των κατακόρυφων στοιχείων

| Μέλος | b_x (m) | b_y (m) | e_x (m) | e_x / b_x | Βαθμός X | | e_y (m) | e_y / b_y | Βαθμός Y |
|-------|-----------|-----------|-----------|-------------|----------------|----------|-----------|-------------|----------|
| K1 | 0.4 | 0.4 | 0 | 0.00 | 5 | | 0 | 0.00 | 5 |
| K2 | 0.75 | 0.3 | 0 | 0.00 | 5 | | 0.025 | 0.08 | 4 |
| K3 | 0.45 | 0.45 | 0.025 | 0.06 | 4 | | 0.025 | 0.06 | 4 |
| K4 | 0.25 | 0.6 | 0 | 0.00 | 5 | | 0.1 | 0.17 | 3 |
| K5 | 0.25 | 0.4 | 0 | 0.00 | 5 | | 0 | 0.00 | 5 |
| K6 | 0.2 | 1.6 | 0 | 0.00 | 5 | | 0 | 0.00 | 5 |
| K7 | 1.6 | 0.2 | 0 | 0.00 | 5 | | 0 | 0.00 | 5 |
| K8 | 0.2 | 1.6 | 0 | 0.00 | 5 | | 0 | 0.00 | 5 |
| K9 | 0.25 | 0.55 | 0 | 0.00 | 5 | | 0 | 0.00 | 5 |
| K10 | 0.8 | 0.2 | 0.2 | 0.25 | 3 | | 0 | 0.00 | 5 |
| K11 | 0.7 | 0.2 | 0.15 | 0.21 | 3 | | 0 | 0.00 | 5 |
| K12 | 0.25 | 0.65 | 0 | 0.00 | 5 | | 0 | 0.00 | 5 |
| K13 | 0.6 | 0.25 | 0.1 | 0.17 | 3 | | 0 | 0.00 | 5 |
| K14 | 0.25 | 0.4 | 0 | 0.00 | 5 | | 0 | 0.00 | 5 |
| K15 | 0.4 | 0.55 | 0 | 0.00 | 5 | | 0 | 0.00 | 5 |
| K16 | 0.45 | 0.45 | 0.025 | 0.06 | 4 | | 0.025 | 0.06 | 4 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | Τελικός | 3 | | | 3 |

- Κριτήριο 11 – Διαδρομή και μεταφορά δυνάμεων:

A) Αξιολόγηση Σύνδεσης Τοιχωμάτων με το Διάφραγμα:

Τα τοιχώματα του πυρήνα βρίσκονται στο μέσο του διαφράγματος και συνδέονται πανταχόθεν μέσω κάθετων δοκών με το διάφραγμα. Επομένως, η σύνδεση είναι επαρκούς βαθμού και βαθμολογείται με 5.

Β) Αξιολόγηση Πλαισιακής Λειτουργίας:

Ανά διεύθυνση, παρατηρείται πως υπάρχουν τουλάχιστον δύο σαφή επίπεδα πλαισιακής λειτουργίας παράλληλα με τις κύριες διευθύνσεις του κτιρίου. Ωστόσο, και στην περίμετρο αλλά και εσωτερικά, υπάρχουν κάποια υποστυλώματα άτακτα τοποθετημένα, τα οποία όμως συνδέονται με δοκούς. Προσεγγιστικά, επιλέγεται βαθμός ίσος με 3.

Τελικά, ο βαθμός επιβάρυνσης του κριτηρίου είναι, υπέρ της ασφαλείας, ίσος με 3.

- **Κριτήριο 12 – Γειτονικά κτίρια:**

Το εξεταζόμενο κτίριο δεν γειτνιάζει με κάποιο άλλο κτίριο, επομένως ο βαθμός του κριτηρίου ισούται με 5 και στις δύο διευθύνσεις.

- **Κριτήριο 13 – Κακοτεχνίες, Τραυματισμοί:**

Το κτίριο είναι σε καλή κατάσταση, ενώ φαίνεται πως έχει εφαρμοσθεί επακριβώς η μελέτη και έχουν τηρηθεί οι απαραίτητοι κανόνες κατασκευής. Το κριτήριο βαθμολογείται με 5.

Συνοψίζοντας, στον Πίνακα 3.8 παρουσιάζονται ο βαθμοί επιβάρυνσης για κάθε διεύθυνση με τον αντίστοιχο συντελεστή βαρύτητας για κάθε κριτήριο.

Πίνακας 3.8: Κριτήρια Σεισμικής Επιβάρυνσης

| α/α | Κριτήρια σεισμικής επιβάρυνσης | Βαθμός Επιβάρυνσης β_i | | Συντελεστής βαρύτητας σ_i |
|-----|--|---------------------------------|--------|-------------------------------------|
| | | Κατά Χ | Κατά Υ | |
| 1 | Βλάβες στατικής ανεπάρκειας | 5 | 5 | 0.1 |
| 2 | Οξειδωση οπλισμών | 5 | 5 | 0.1 |
| 3 | Μέγεθος ανηγμένου αξονικού φορτίου | 4 | 4 | 0.05 |
| 4 | Κανονικότητα κάτοψης | 5 | 5 | 0.05 |
| 5 | Κανονικότητα δυσκαμψίας σε κάτοψη - στρέψη | 5 | 5 | 0.1 |
| 6 | Κανονικότητα σε τομή / όψη | 5 | 5 | 0.05 |
| 7 | Κατανομή δυσκαμψίας καθ' ύψος - μαλακός όροφος | 5 | 5 | 0.15 |
| 8 | Κατανομή μάζας καθ' ύψος | 5 | 5 | 0.05 |
| 9 | Κοντά υποστυλώματα | 4.16 | 4.73 | 0.15 |
| 10 | Κατακόρυφες ασυνέχειες | 3 | 3 | 0.05 |
| 11 | Διαδρομή και μεταφορά δυνάμεων | 3 | 3 | 0.05 |
| 12 | Γειτονικά κτίρια | 5 | 5 | 0.05 |
| 13 | Κακοτεχνίες, τραυματισμοί | 5 | 5 | 0.05 |

Ο μειωτικός συντελεστή επιρροής των κριτηρίων στην τέμνουσα αντοχής στη βάση του κτιρίου υπολογίζεται, για κάθε διεύθυνση, με τη σχέση (1.3) και προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα:

- Διεύθυνση Χ: $\beta_X = 0.925$
- Διεύθυνση Υ: $\beta_Y = 0.942$

Στη συνέχεια, ακολουθεί η εφαρμογή των προσεγγιστικών υπολογισμών που περιλαμβάνει η μέθοδος. Αρχικά, από τις σχέσεις 1.5 έως 1.9, υπολογίζονται οι μέγιστες τέμνουσες που μπορεί να αναλάβει κάθε κατακόρυφο στοιχείο και παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.9.

Πίνακας 3.9: Τέμνουσες αντοχής κατακόρυφων μελών

| Μέλος | $V_{Rd,s}$ (X) | $V_{Rd,s}$ (Y) | V_M (X) | V_M (Y) | V_{Ri} (X) | V_{Ri} (Y) |
|-------|----------------|----------------|-----------|-----------|--------------|--------------|
| K1 | 76.02 | 76.02 | 134.74 | 134.74 | 76.02 | 76.02 |
| K2 | 280.00 | 101.28 | 521.05 | 170.53 | 280.00 | 101.28 |
| K3 | 80.29 | 80.29 | 142.11 | 142.11 | 80.29 | 80.29 |
| K4 | 43.48 | 117.00 | 100.00 | 265.26 | 43.48 | 117.00 |
| K5 | 39.83 | 68.27 | 70.18 | 117.89 | 39.83 | 68.27 |
| K6 | 65.32 | 295.88 | 24.70 | 278.49 | 24.70 | 278.49 |
| K7 | 384.64 | 84.92 | 264.74 | 24.70 | 264.74 | 24.70 |
| K8 | 65.32 | 295.88 | 24.70 | 266.39 | 24.70 | 266.39 |
| K9 | 42.90 | 105.07 | 96.49 | 233.51 | 42.90 | 105.07 |
| K10 | 137.42 | 32.12 | 449.12 | 85.33 | 137.42 | 32.12 |
| K11 | 96.26 | 23.00 | 343.86 | 74.67 | 96.26 | 23.00 |
| K12 | 47.00 | 137.37 | 119.74 | 355.79 | 47.00 | 137.37 |
| K13 | 107.27 | 39.86 | 277.89 | 100.00 | 107.27 | 39.86 |
| K14 | 55.43 | 116.79 | 108.65 | 231.73 | 48.94 | 103.12 |
| K15 | 139.20 | 51.73 | 593.43 | 158.63 | 135.06 | 50.19 |
| K16 | 91.41 | 91.41 | 156.32 | 156.32 | 91.41 | 91.41 |

Όλα τα απαραίτητα δεδομένα είναι γνωστά, επομένως, με χρήση της σχέσης 1.4, προκύπτει η προσεγγιστική τέμνουσα αντοχής στη βάση του κτιρίου V_{R0} . Τελικά, από το συνδυασμό της σχέσης 1.2 και του Πίνακα 1.5 για υποστυλώματα και τοιχώματα, υπολογίζεται η συνολική σεισμική αντίσταση του κτιρίου που λαμβάνει υπόψη την αρνητική επιρροή των παραπάνω κριτηρίων. Τα αποτελέσματα απεικονίζονται στον Πίνακα 3.10.

Πίνακας 3.10: Υπολογισμός σεισμικής αντίστασης του κτιρίου

| | Κατά X | Κατά Y |
|-----------------------------|----------|----------|
| $\alpha_{1,υποστ.}$ | 0.7 | |
| $\alpha_{2,τοιχ.}$ | 0.9 | |
| $V_{Ri,υποστ.}$ (kN) | 1275.27 | 1049.72 |
| $V_{Ri,τοιχ.}$ (kN) | 264.74 | 544.88 |
| V_{R0} (kN) | 1130.954 | 1225.191 |
| V_R (kN) = βV_{R0} | 1045.906 | 1154.007 |

Έπειτα, προσδιορίζεται με βάση το φάσμα του EC8 – 1, η τέμνουσα βάσης σχεδιασμού του κτιρίου ή αλλιώς, η απαίτηση του σεισμού μέσω του τύπου 1.1. Όσον

αφορά τα απαραίτητα δεδομένα, η ιδιοπερίοδος του κτιρίου εκτιμήθηκε από την προσεγγιστική σχέση που δίνει ο EC8:

$$T = 0.075 \cdot H^{3/4} \quad (3.1)$$

ενώ ο συντελεστής συμπεριφοράς λήφθηκε από τον Κανονισμό Επεμβάσεων.

Οι υπολογισμοί παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 3.11.

Πίνακας 3.11: Υπολογισμός τέμνουσας βάσης σχεδιασμού με EC8 – 1

| | Κατά Χ | Κατά Υ |
|------------------------|-------------|---------|
| ύψος ανωδομής H | 11.4 | |
| μάζα M | 587.07 | |
| T _{EC8} (sec) | 0.465 | |
| q _{ΚανΕπε} | 1.3 | 1.3 |
| S _d (T) | 3.62 | 3.62 |
| V _{req} (kN) | 2126.44 | 2126.44 |

Για την ολοκλήρωση της διαδικασίας, απομένει ο προσδιορισμός του Δείκτη Προτεραιότητας Ελέγχου. Ανά διεύθυνση, εφαρμόζονται οι σχέσεις 1.10 έως 1.12 και τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι τα ακόλουθα:

Πίνακας 3.12: Δείκτης Προτεραιότητας Ελέγχου

| | |
|----------------|---------------|
| λ _x | 1.99 |
| λ _y | 1.88 |
| λ | 198.57 |

3.2.2 Μέθοδος Ταχείας Αποτίμησης Βουγιούκα Ε.

Για την εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου, συλλέχθηκαν ως δεδομένα για κάθε κατακόρυφο στοιχείο στη στάθμη του ισογείου, τα τεχνικά χαρακτηριστικά των υλικών, τα γεωμετρικά στοιχεία και η αξονική δύναμη της διατομής, όπως και ο σπλισμός της κεφαλής και της βάσης του. Χρησιμοποιώντας τις σχέσεις που αναπτύχθηκαν στην παράγραφο 1.3.2, προέκυψε ότι σε κάθε μέλος το σκυρόδεμα αστοχεί πριν από τον εφελκόμενο σπλισμό. Επιπλέον, παρατηρείται ότι για κάθε στοιχείο η τιμή της τέμνουσας κατά την καμπτική διαρροή, V_{Mu}, βρέθηκε μικρότερη από την αντίστοιχη διατμητική του αντοχή, V_R. Κάτι τέτοιο συνεπάγεται με πλάστιμη αστοχία των υποστυλωμάτων και των τοιχίων.

Αναλυτικά, ο υπολογισμός των τιμών της ροπής διαρροής M_y και της διατμητικής αντοχής V_R των κατακόρυφων στοιχείων παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.13 και 3.14.

Πίνακας 3.13: Τέμνουσες αντοχής των κατακόρυφων μελών κατά τη διεύθυνση X

| | M_y | $V_{R,v}$ | $V_{R,m} = M_y/L_s$ (kN) | min V_R |
|--------|--------|-----------|--------------------------|----------------|
| K1 | 73.47 | 68.82 | 51.56 | 51.56 |
| K2 | 311.48 | 320.00 | 218.58 | 218.58 |
| K3 | 88.94 | 81.58 | 62.41 | 62.41 |
| K4 | 52.13 | 36.58 | 36.58 | 36.58 |
| K5 | 40.74 | 31.55 | 28.59 | 28.59 |
| T6 | 73.80 | 20.61 | 12.95 | 12.95 |
| T7 | 604.17 | 227.78 | 105.99 | 105.99 |
| T8 | 68.72 | 20.16 | 12.06 | 12.06 |
| K9 | 51.55 | 36.18 | 36.18 | 36.18 |
| K10 | 253.58 | 198.76 | 177.95 | 177.95 |
| K11 | 187.58 | 151.51 | 131.64 | 131.64 |
| K12 | 59.29 | 41.61 | 41.61 | 41.61 |
| K13 | 160.05 | 118.90 | 112.32 | 112.32 |
| K14 | 57.19 | 40.13 | 40.13 | 35.43 |
| K15 | 308.62 | 216.58 | 216.58 | 210.14 |
| K16 | 93.84 | 78.46 | 65.85 | 65.85 |
| Σύνολο | | | | 1339.83 |

Πίνακας 3.14: Τέμνουσες αντοχής των κατακόρυφων μελών κατά τη διεύθυνση Y

| | M_y | $V_{R,v}$ | $V_{R,m} = M_y/L_s$ (kN) | min V_R |
|--------|--------|-----------|--------------------------|----------------|
| K1 | 73.47 | 68.82 | 51.56 | 51.56 |
| K2 | 108.70 | 100.29 | 76.28 | 76.28 |
| K3 | 88.94 | 81.58 | 62.41 | 62.41 |
| K4 | 161.49 | 117.81 | 113.33 | 113.33 |
| K5 | 66.25 | 63.50 | 46.49 | 46.49 |
| T6 | 659.21 | 233.15 | 115.65 | 115.65 |
| T7 | 68.79 | 20.43 | 12.07 | 12.07 |
| T8 | 605.41 | 227.67 | 106.21 | 106.21 |
| K9 | 139.04 | 106.86 | 97.57 | 97.57 |
| K10 | 46.63 | 40.37 | 32.72 | 32.72 |
| K11 | 42.29 | 33.86 | 29.68 | 29.68 |
| K12 | 197.35 | 138.49 | 138.49 | 138.49 |
| K13 | 53.07 | 37.24 | 37.24 | 37.24 |
| K14 | 188.00 | 137.41 | 131.93 | 116.49 |
| K15 | 65.72 | 46.12 | 46.12 | 44.75 |
| K16 | 93.84 | 78.46 | 65.85 | 65.85 |
| Σύνολο | | | | 1146.79 |

Συμπερασματικά, συνολική σεισμική αντίσταση του κτιρίου ανά διεύθυνση προκύπτει ως εξής:

- $V_{R,X} = 1339.83$ kN
- $V_{R,Y} = 1146.79$ kN

3.3 Τριτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος – Κανονισμός Επεμβάσεων (Καν.Επε.)

Με την ολοκλήρωση των δευτεροβάθμιων προσεισμικών ελέγχων, ακολουθεί ο τριτοβάθμιος προσεισμικός έλεγχος του κτιρίου, κατά τον οποίο γίνεται αναλυτική αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας της κατασκευής, σύμφωνα με τις υποδείξεις του Κανονισμού Επεμβάσεων. Συγκεκριμένα, πραγματοποιείται ανελαστική στατική ανάλυση με τη χρήση του προγράμματος SeismoBuild, επιλέγοντας 32 συνδυασμούς φόρτισης που περιλαμβάνουν είτε ομοιόμορφη, είτε ιδιομορφική κατανομή οριζόντιων δυνάμεων, για κάθε μία από τις διευθύνσεις φόρτισης, δηλαδή 64 συνδυασμοί στο σύνολο.

Το αποδεκτό επίπεδο βλαβών ορίστηκε μέσω της στάθμης επιτελεστικότητας «Σημαντικές Βλάβες» (B2) με πιθανότητα υπέρβασης της σεισμικής δράσης 50% σε 50 έτη, καθώς και της στάθμης «Οιονεί Κατάρρευση» (Γ1) με αντίστοιχη πιθανότητα υπέρβασης της σεισμικής δράσης 10% σε 50 έτη. Παράλληλα, οι τοιχοποιίες πλήρωσης δεν επιτρέπεται να συνεκτιμώνται στην ανάληψη μη σεισμικών δράσεων (2.1.4. Καν.Επε. 2017), επομένως προσομοιώθηκαν μόνο ως βάρος. Τέλος, η Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων ορίστηκε ως «Ικανοποιητική».

Για την τελική αποτίμηση του κτιρίου, έγινε σε όλα τα μέλη έλεγχος ικανότητας διαθέσιμης στροφής χορδής (7B. ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017), όπως και έλεγχος αντοχής σε διάτμηση (7Γ. ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017).

3.3.1 Ιδιομορφική Ανάλυση

Απαραίτητο στάδιο πριν την ανελαστική στατική ανάλυση είναι η εκτέλεση μίας ιδιομορφικής ανάλυσης για την κατασκευή, η οποία μεταφράζει την κίνηση του κτιρίου ως άθροισμα ιδιομορφικών αποκρίσεων μονοβάθμιων ταλαντωτών.

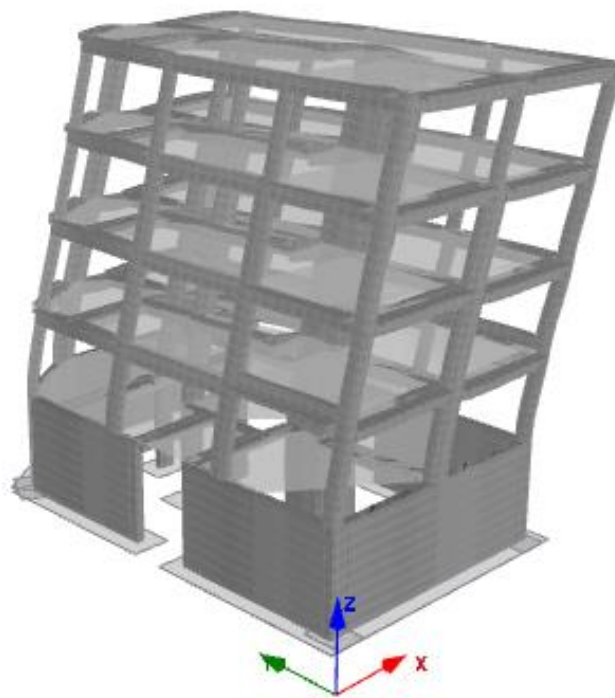
Για δεδομένη διεύθυνση σεισμού, κάθε ιδιομορφή χαρακτηρίζεται από την ενεργό ιδιομορφική της μάζα, δηλαδή ένα ποσοστό της συνολικής μάζας της κατασκευής που ενεργοποιείται κατά την κίνηση του κτιρίου. Ως αποτέλεσμα, η συμμετοχή μιας ιδιομορφής στην απόκριση του συστήματος μπορεί να ποικίλλει, αναλόγως τη διεύθυνση που εξετάζεται. Η ιδιομορφή με τη μεγαλύτερη ενεργό ιδιομορφική μάζα σε μία διεύθυνση, ονομάζεται και «δεσπόζουσα ιδιομορφή» στην διεύθυνση αυτή.

Άξιο αναφοράς είναι πως το πρόγραμμα προσμετρά την μάζα των περιμετρικών τοιχωμάτων του υπογείου, παρόλο που αυτά δεν συμμετέχουν στην κίνηση του κτιρίου. Για το λόγο αυτό, η ενεργός ιδιομορφική μάζα που προκύπτει από το πρόγραμμα επαυξάνεται προσεγγιστικά κατά 20% λόγω της ύπαρξης του υπογείου.

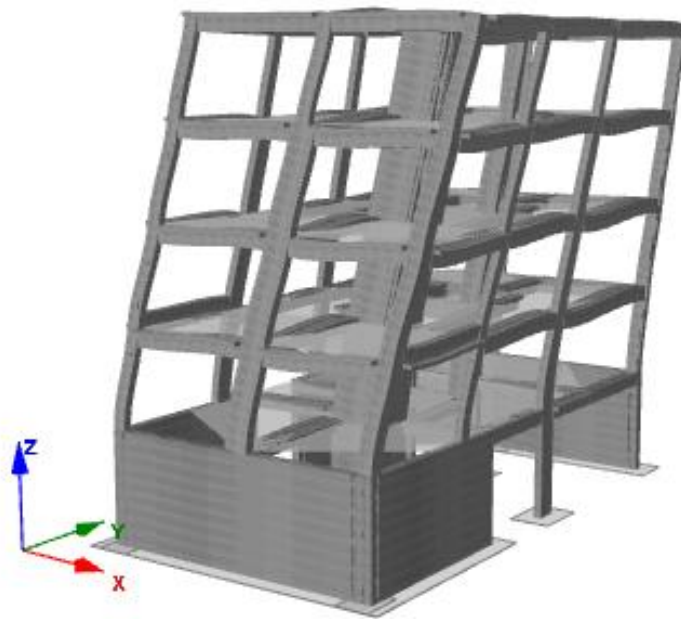
Από τα αποτελέσματα του προγράμματος, προκύπτει πως χρειάζονται οι πέντε πρώτες ιδιομορφές για να ταλαντωθεί το 90% της συνολικής μάζας και στις δύο διευθύνσεις. Η πρώτη και η δεύτερη ιδιομορφή χαρακτηρίζονται κυρίως μεταφορικές κατά τους άξονες X και Y αντίστοιχα, αν και εμφανίζουν μεγάλα ποσοστά συμμετοχής και στην άλλη διεύθυνση, ενώ η τρίτη ιδιομορφή είναι στροφική περί του κατακόρυφου άξονα. Παρακάτω, παρουσιάζονται αναλυτικά οι κυρίαρχες ιδιομορφές, με την αντίστοιχη παραμόρφωση, ιδιοπερίοδο και ενεργό ιδιομορφική τους μάζα ανά διεύθυνση.

Πίνακας 3.15: Ιδιοπερίοδοι και Ενεργές Ιδιομορφικές Μάζες

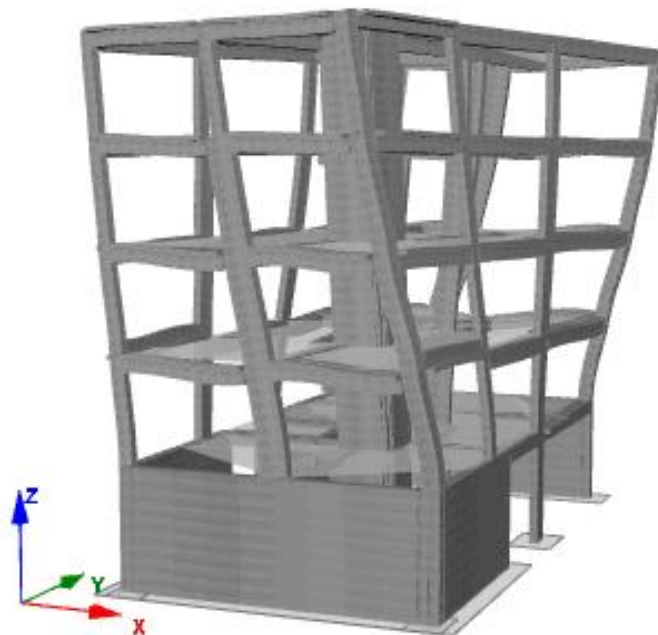
| Ιδιομορφή | Ιδιοπερίοδος (sec) | Ενεργός Ιδιομορφική Μάζα κατά Χ | Ενεργός Ιδιομορφική Μάζα κατά Υ | Ενεργός Ιδιομορφική Μάζα περί τον Ζ |
|-----------|--------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 0.425 | 54.17% | 21.92% | 2.03% |
| 2 | 0.38 | 23.02% | 49.30% | 6.17% |
| 3 | 0.324 | 0.11% | 7.91% | 75.94% |
| 4 | 0.119 | 6.06% | 6.48% | 1.55% |
| 5 | 0.107 | 9.20% | 4.88% | 0.82% |
| Άθροισμα | | 92.56% | 90.49% | 86.50% |



Σχήμα 3.1: Παραμόρφωση κατά την 1^η ιδιομορφή – Μεταφορική κατά Χ



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



Σχήμα 3.3: Παραμόρφωση κατά την 3^η ιδιομορφή – Στροφική περί τον Z

3.3.2 Ανελαστική Στατική Ανάλυση

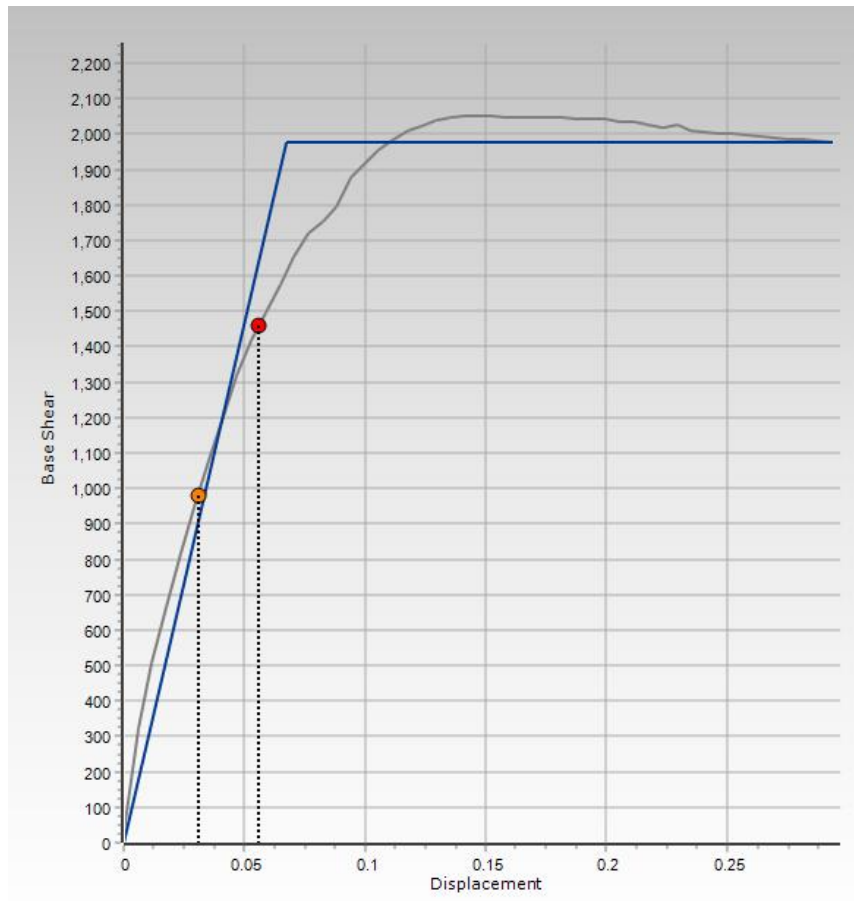
Για την εκτέλεση της ανελαστικής στατικής ανάλυσης, εισάγονται στο πρόγραμμα τα δεδομένα που αναπτύχθηκαν νωρίτερα, δηλαδή οι στάθμες επιτελεστικότητας, η εδαφική επιτάχυνση, η κατηγορία εδάφους και η Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων. Επιπλέον, επιλέγονται οι διαφορετικοί συνδυασμοί φόρτισης και το είδος των ελέγχων που ζητούνται από το πρόγραμμα.

Αφού ολοκληρωθεί η ανάλυση, προκύπτουν οι Καμπύλες Ικανότητας του κτιρίου ανά διεύθυνση, όπου σε κάθε μία έχουν τοποθετηθεί επάνω οι δύο στάθμες επιτελεστικότητας «Σημαντικές Βλάβες» και «Οιονεί Κατάρρευση», με πορτοκαλί και κόκκινο χρώμα, αντιστοίχως. Οι Καμπύλες Ικανότητας μιας δεδομένης διεύθυνσης είναι παρόμοιες και παρουσιάζουν μικρές διαφορές. Ενδεικτικά, για την διεύθυνση X θα εξετάζεται η καμπύλη ικανότητας του συνδυασμού: Modal + X + 0.3Y + eccX ενώ για την διεύθυνση Y: Modal + Y + 0.3X + eccY

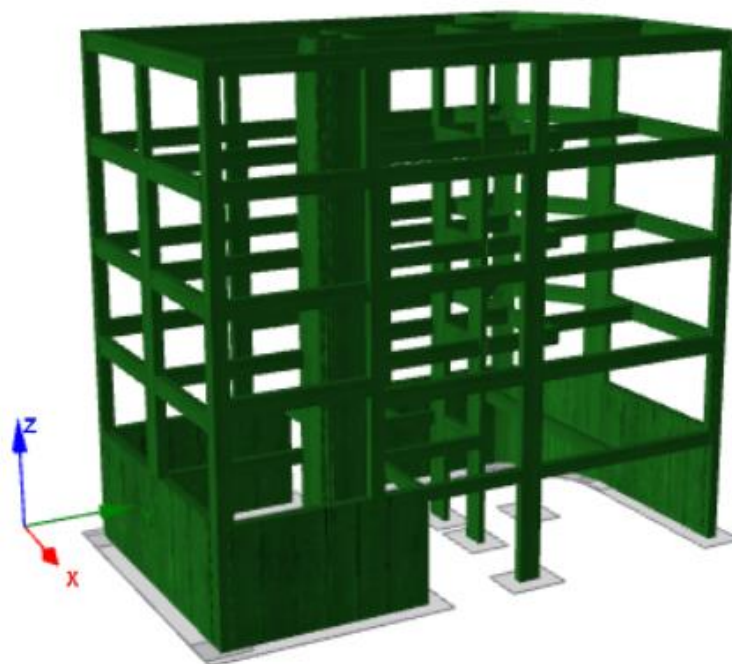
Στη συνέχεια, μπορούν να πραγματοποιηθούν οι επιλεγμένοι έλεγχοι στροφής χορδής και διατμητικής αντοχής για κάθε μέλος της κατασκευής, για τις δύο Στάθμες Επιτελεστικότητας. Οι έλεγχοι αφορούν το σύνολο των αναλύσεων, επομένως για να ικανοποιούνται, πρέπει να μην δημιουργείται πρόβλημα σε καμία από τις αναλύσεις.

Τονίζεται πως το πρόγραμμα, κατά την ανάλυση, δεν λαμβάνει υπόψιν τους λοξούς θλιπτήρες, οι οποίοι λαμβάνουν μεγάλο μέρος της τέμνουσας που αναπτύσσεται. Επιπλέον, χρησιμοποιείται μοντέλο ινών για την επίλυση των διατομών το οποίο εμφανίζει εσφαλμένα αξονική θλίψη στις δοκούς. Ως αποτέλεσμα, οι δοκοί παρουσιάζουν αυξημένη περισφιγξη και συνεπώς μεγαλύτερη αντοχή σε κάμψη σε σχέση με την πραγματικότητα και η υποψήφια πλαστική άρθρωση, παρουσιάζεται ως διατμητική αστοχία. Για τους λόγους αυτούς, αγνοείται η αστοχία των δοκών σε διάτμηση κατά τον έλεγχο του προγράμματος.

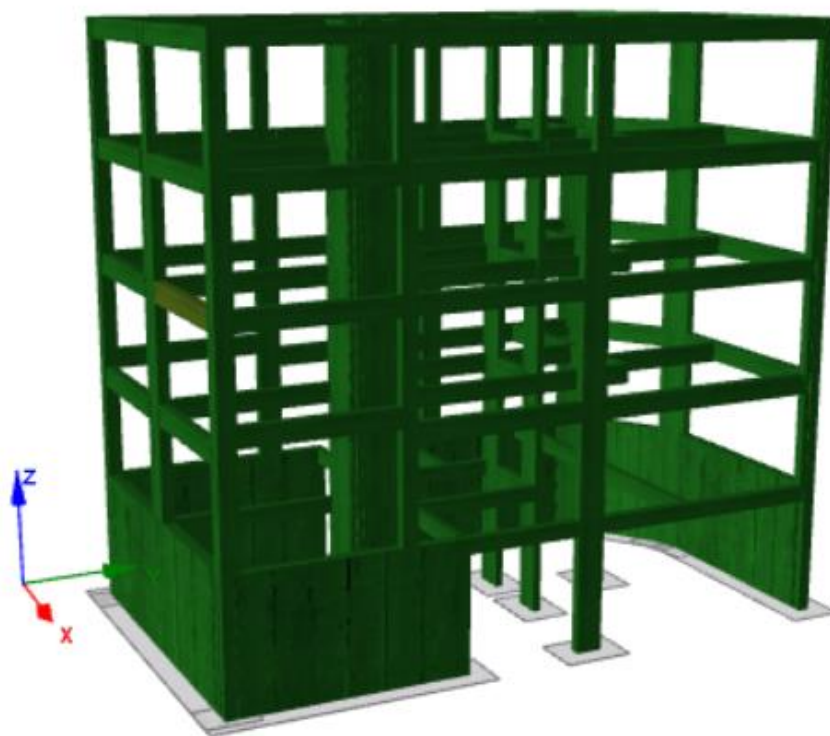
Στα Σχήματα 3.4 έως 3.13, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ενδεικτικών Καμπύλων Ικανότητας και των ελέγχων, ανά διεύθυνση.



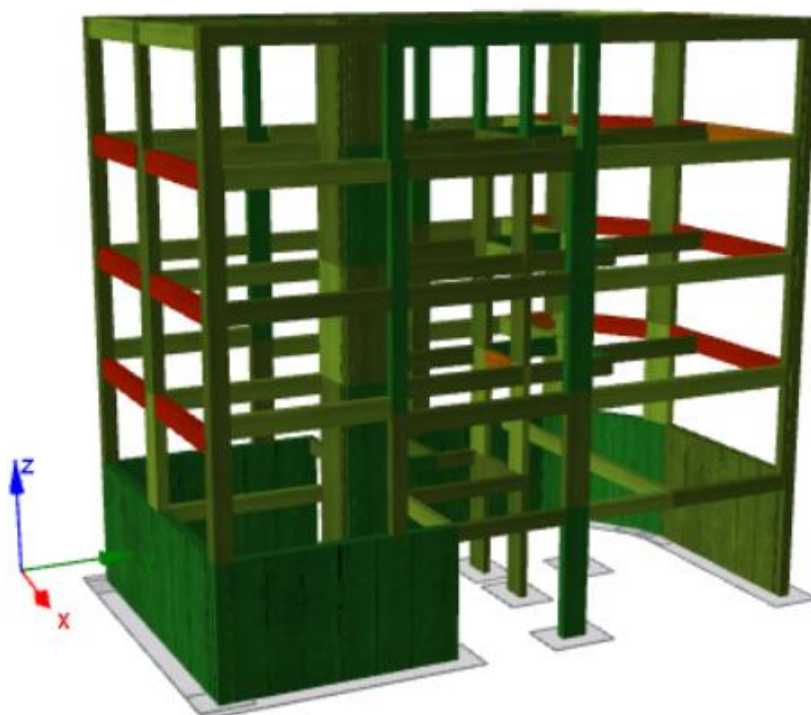
Σχήμα 3.4: Καμπύλη Ικανότητας στη διεύθυνση X ($\text{Modal}+ X+ 0.3Y+ \text{eccX}$)



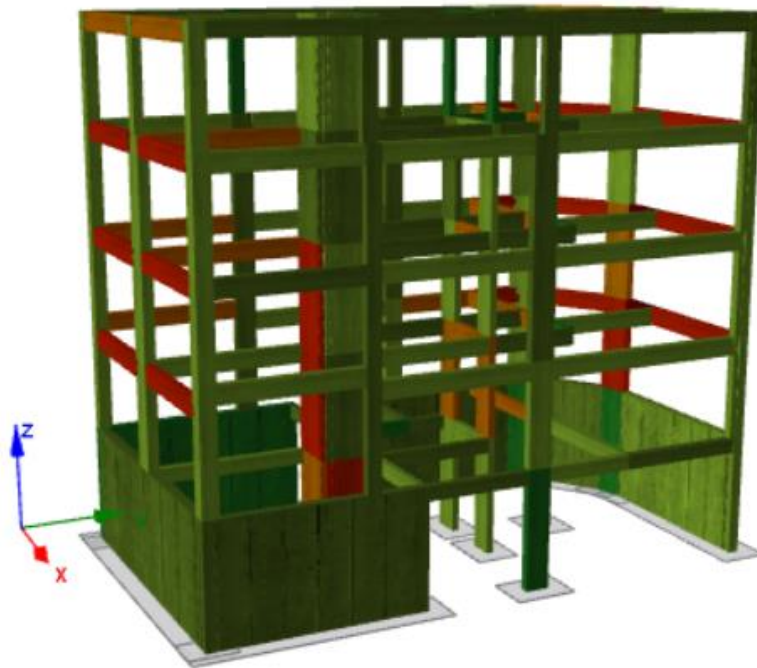
Σχήμα 3.5: Έλεγχος Στροφής Χορδής κατά τη διεύθυνση X για τη Σ.Ε. Β2



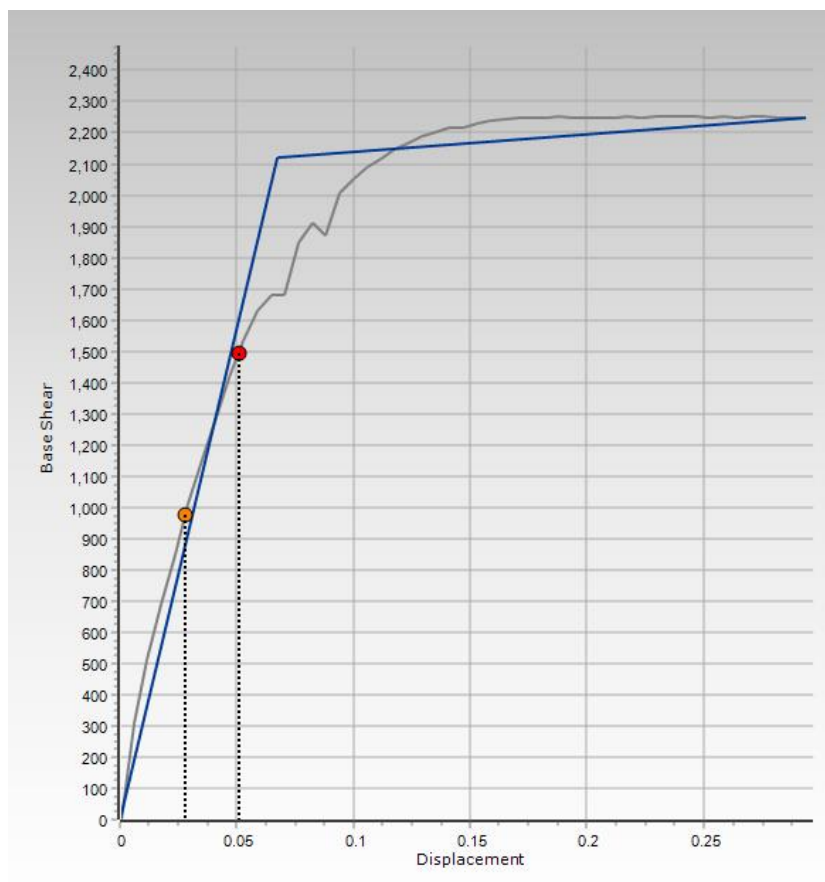
Σχήμα 3.6: Έλεγχος Στροφής Χορδής κατά τη διεύθυνση X για τη Σ.Ε. Γ1



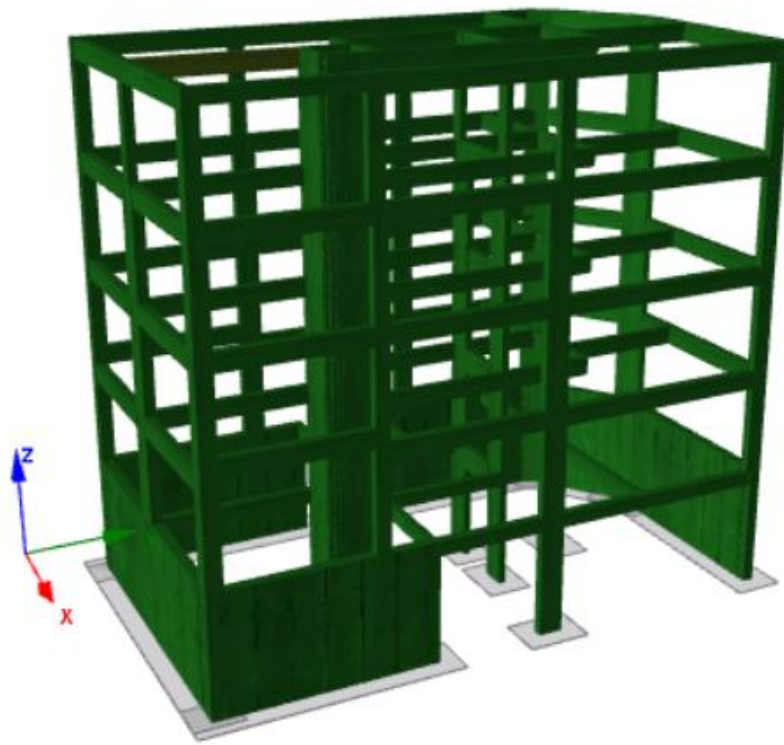
Σχήμα 3.7: Έλεγχος Τέμνουσας Δύναμης κατά τη διεύθυνση X για τη Σ.Ε. Β2



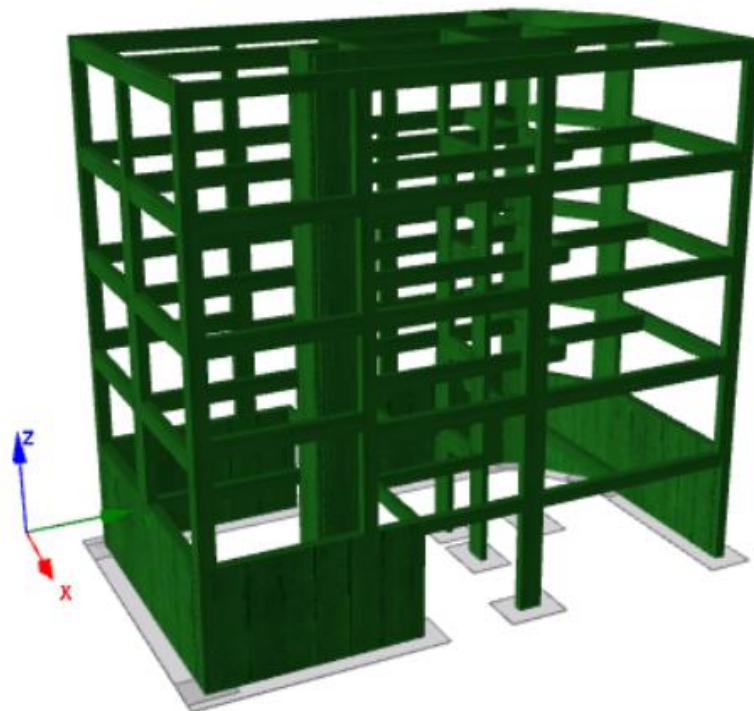
Σχήμα 3.8: Έλεγχος Τέμνουσας Δύναμης κατά τη διεύθυνση X για τη Σ.Ε. Γ1



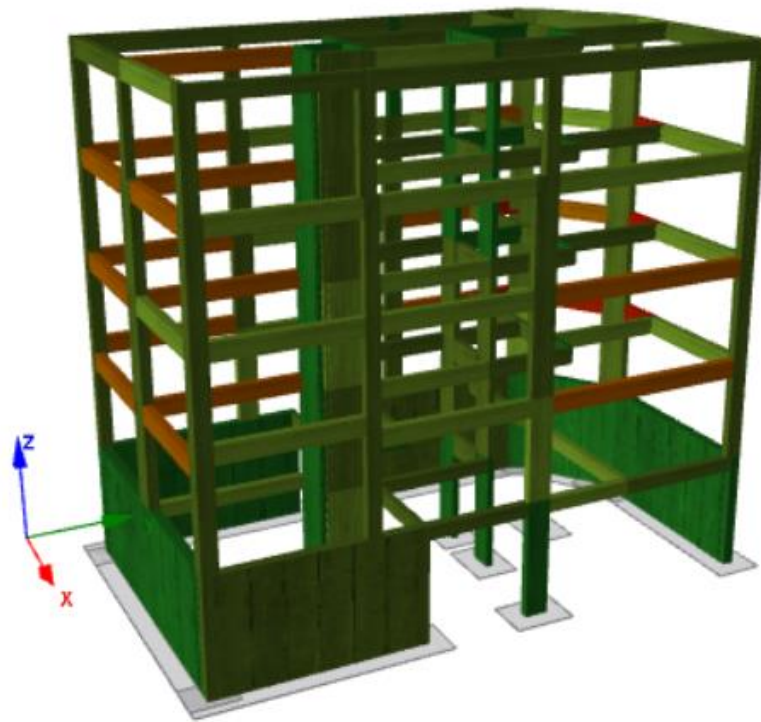
Σχήμα 3.9: Καμπύλη Ικανότητας στη διεύθυνση Y (Modal+ Y +0.3X+ eccY)



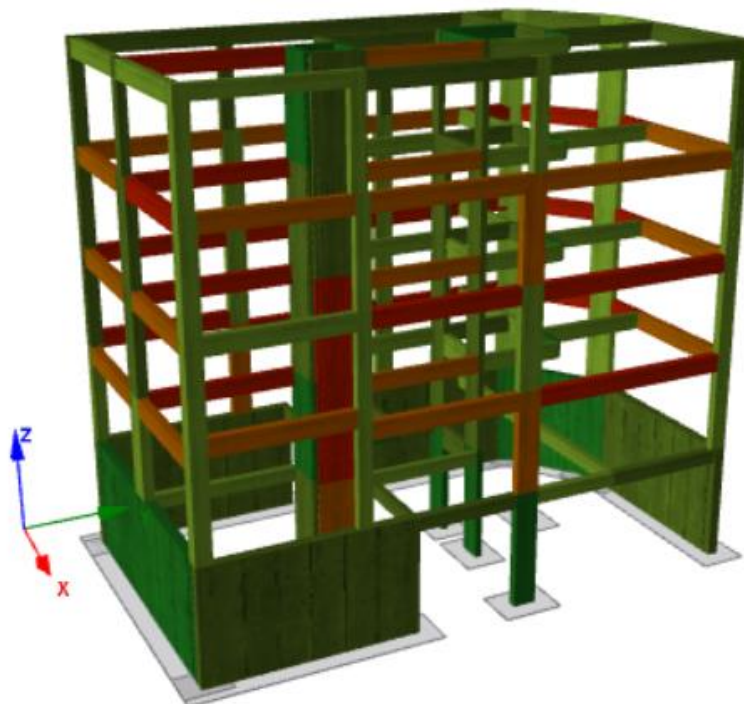
Σχήμα 3.10: Έλεγχος Στροφής Χορδής κατά τη διεύθυνση Y για τη Σ.Ε. Β2



Σχήμα 3.11: Έλεγχος Στροφής Χορδής κατά τη διεύθυνση Y για τη Σ.Ε. Γ1



Σχήμα 3.12: Έλεγχος Τέμνουσας Δύναμης κατά τη διεύθυνση Y για τη Σ.Ε. Β2



Σχήμα 3.13: Έλεγχος Τέμνουσας Δύναμης κατά τη διεύθυνση Y για τη Σ.Ε. Γ1

Από τα αποτελέσματα των ελέγχων για επιτάχυνση εδάφους 0.16g, διαπιστώνεται πως και στις δύο εξεταζόμενες διεύθυνσεις ο έλεγχος στροφής χορδής ικανοποιείται και για τις δύο Στάθμες Επιτελεστικότητας. Όσον αφορά τον έλεγχο διατμητικής αντοχής των μελών, η Στάθμη Επιτελεστικότητας «Σημαντικές Βλάβες» δεν εμφανίζει κάποια αστοχία, ενώ αρκετά μέλη αστοχούν ψαθυρά στην Στάθμη Επιτελεστικότητας «Οιονεί Κατάρρευση». Κάτι τέτοιο είναι αναμενόμενο για τους κανονισμούς που εφαρμόστηκαν την εποχή της μελέτης του κτιρίου.

Για την ολοκληρωμένη αποτίμηση της κατασκευής, είναι απαραίτητο να διερευνηθεί για κάθε διεύθυνση, η εδαφική επιτάχυνση για την οποία θα ικανοποιούνται όλοι οι έλεγχοι του Κανονισμού Επεμβάσεων. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται με δοκιμές, μειώνοντας σταδιακά την επιτάχυνση εδάφους που εισάγεται στο πρόγραμμα και εκτελώντας κάθε φορά τους γνωστούς ελέγχους, μέχρις ότου να μην παρατηρείται καμία αστοχία στα κατακόρυφα στοιχεία. Έτσι, ορίζονται οι τελικές Στάθμες Επιτελεστικότητας σε κάθε διεύθυνση.

Αφού εκτελέστηκαν όλες οι απαραίτητες δοκιμές, προέκυψαν, για κάθε διεύθυνση, οι νέες αποδεκτές εδαφικές επιταχύνσεις και ταυτόχρονα, η τέμνουσα βάση και η μετακίνηση οροφής του κτιρίου στις τελικές Στάθμες Επιτελεστικότητας. Τα αποτελέσματα, διατυπώνονται στους Πίνακες 3.16 και 3.17.

Πίνακας 3.16: Αποτελέσματα επαναληπτικής διαδικασίας για τη διεύθυνση X

| Μέγιστη επιτρεπόμενη επιτάχυνση εδάφους | | |
|---|------------------------|------------------------|
| $a_{g,x}$ (g) | 0.090 | |
| | | |
| | Σημαντικές Βλάβες (B2) | Οιονεί Κατάρρευση (Γ1) |
| V_{base} (kN) | 657.07 | 994.10 |
| δ_{top} (m) | 0.01729 | 0.03144 |

Πίνακας 3.17: Αποτελέσματα επαναληπτικής διαδικασίας για τη διεύθυνση Y

| Μέγιστη επιτρεπόμενη επιτάχυνση εδάφους | | |
|---|------------------------|------------------------|
| $a_{g,y}$ (g) | 0.115 g | |
| | | |
| | Σημαντικές Βλάβες (B2) | Οιονεί Κατάρρευση (Γ1) |
| V_{base} (kN) | 758.62 | 1183.80 |
| δ_{top} (m) | 0.02017 | 0.03667 |

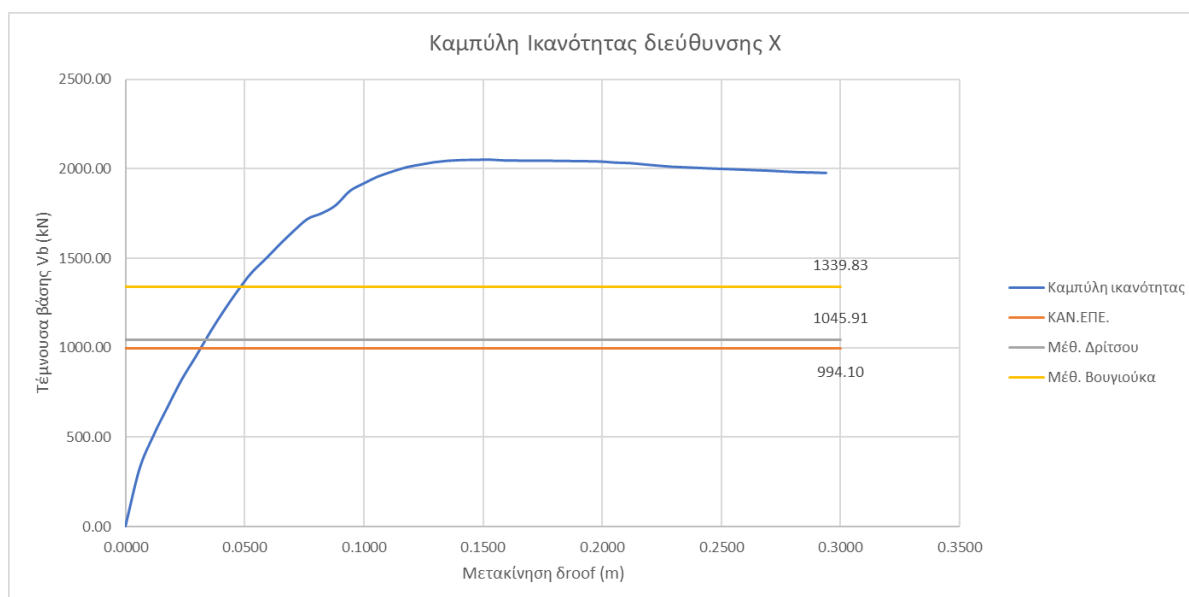
3.4 Σύγκριση μεθόδων – Συμπεράσματα

Από την εφαρμογή της μεθοδολογίας που προτείνει ο Κανονισμός Επεμβάσεων, διαπιστώνεται πως οι αστοχίες και στις δύο διευθύνσεις έχουν ψαθυρό χαρακτήρα, λόγω της τέμνουσας δύναμης. Επίσης, παρατηρείται πως η πρώτη αστοχία κατακόρυφου στην διεύθυνση X, πραγματοποιείται για μικρότερη επιτάχυνση εδάφους σε σχέση με την πρώτη αστοχία στη διεύθυνση Y. Η διάταξη και ο προσανατολισμός των υποστρωμάτων και του πυρήνα, δικαιολογούν αυτή τη διαφορά, ενώ γίνεται αντιληπτό και εκ πρώτης όψεως πως στη διεύθυνση Y παρουσιάζεται μεγαλύτερη αντίσταση συγκριτικά με την X.

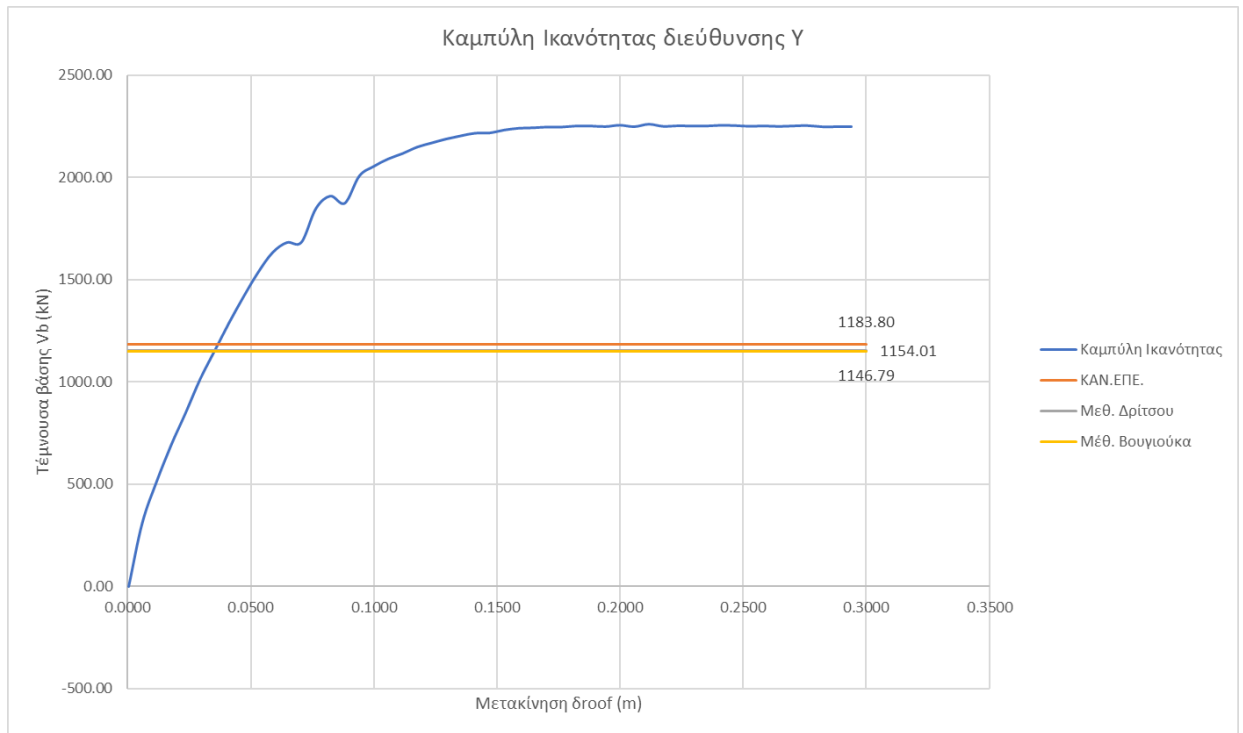
Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα όλων των μεθόδων, προκύπτει πως στη διεύθυνση Y υπάρχει εντυπωσιακή σύγκλιση και οι διαφορές στις τιμές της τέμνουσας βάσης είναι σχεδόν παρόμοιες. Αντίθετα, στη διεύθυνση X, η μέθοδος του Κανονισμού Επεμβάσεων εμφανίζεται ως η πιο συντηρητική, ακολουθεί η μέθοδος Δρίτσου και τέλος, η μέθοδος Βουγιούκα έχει τη μεγαλύτερη διαφορά και φαίνεται να υπερεκτιμά σημαντικά την κατασκευή. Πράγματι, η μέθοδος Βουγιούκα θεωρεί πως όλα τα μέλη εξαντλούν την αντοχή τους ταυτόχρονα με την πρώτη αστοχία, επομένως δικαιολογείται η διαφορά των αποτελεσμάτων στη διεύθυνση X. Η αναλυτική σύγκριση των μεθόδων απεικονίζεται παρακάτω.

Πίνακας 3.18: Τέμνουσες Βάσης για τις δύο διευθύνσεις, ανά εξεταζόμενη μέθοδο

| | Μέθοδος Δρίτσου | Μέθοδος Βουγιούκα | Μέθοδος Καν.Επε. |
|--------------------|-----------------|-------------------|------------------|
| $V_{base, X}$ (kN) | 1045.91 | 1339.83 | 994.10 |
| $V_{base, Y}$ (kN) | 1154.01 | 1146.79 | 1183.80 |



Σχήμα 3.14: Σύγκριση Σεισμικής Ικανότητας μεθόδων πάνω στην Καμπύλη Ικανότητας για τη διεύθυνση X



Σχήμα 3.15: Σύγκριση Σεισμικής Ικανότητας μεθόδων πάνω στην Καμπύλη Ικανότητας για τη διεύθυνση Y

4 Οικονομοτεχνική μελέτη της κατασκευής

4.1 Εκτίμηση Τρωτότητας

Από την εφαρμογή των παραπάνω μεθόδων και κυρίως του τριτοβάθμιου προσεισμικού ελέγχου κατά Καν.Επε., προκύπτει μία αρκετά ικανοποιητική αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας της κατασκευής. Ωστόσο, σε καμία περίπτωση δεν λαμβάνονται υπόψιν τα δυναμικά χαρακτηριστικά του κτιρίου, με αποτέλεσμα να μην αποδίδεται απόλυτα η σεισμική διέγερση που προκαλεί την κατάρρευσή του. Ειδικότερα, μέσω της δυναμικής ανάλυσης, είναι δυνατόν να εκτιμηθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η συμπεριφορά της κατασκευής, όπως και οι ορισμένες στάθμες επιτελεστικότητας.

Η δυναμική ανάλυση μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση του λογισμικού SPO2FRAG, το οποίο βασίζεται στον αλγόριθμο SPO2IDA. Πιο αναλυτικά, ο αλγόριθμος αυτός, χρησιμοποιεί τη θεώρηση ενός μονοβάθμιου ταλαντωτή και την δεδομένη καμπύλη ικανότητας που προέκυψε από την ανελαστική στατική ανάλυση. Έπειτα, εφαρμόζει επαυξητική δυναμική ανάλυση στον ταλαντωτή, υποβάλλοντας 30 διαφορετικές χρονοϊστορίες από παλαιότερους σεισμούς και για κάθε μία δημιουργεί καμπύλες, οι οποίες αφορούν τη διάμεσο της σχέσης στροφής της οροφής του κτιρίου με τη φασματική επιτάχυνση. Τελικά, από τις 30 διαθέσιμες καμπύλες της ανάλυσης, επιλέγονται ως αντιπροσωπευτικές αυτές για απομείωση φασματικής επιτάχυνσης κατά 16%, 50% και 84%. Με τη σειρά του, το λογισμικό SPO2FRAG τροποποιεί τις καμπύλες έτσι ώστε να αφορούν τον αντίστοιχο πολυβάθμιο φορέα και σχεδιάζει τις καμπύλες τρωτότητας κάθε στάθμης επιτελεστικότητας, οι οποίες αποδίδουν την πιθανότητα υπέρβασης κάθε επιπέδου βλάβης για το αντίστοιχο μέτρο έντασης, δηλαδή την φασματική επιτάχυνση.

Στην προκειμένη περίπτωση, εξετάστηκαν οι στάθμες επιτελεστικότητας «Σημαντικές Βλάβες» (B2) και «Οιονεί Κατάρρευση» (Γ1), ενώ ως αστοχία της κατασκευής θεωρήθηκε η πρώτη αστοχία κατακόρυφου στοιχείου, σύμφωνα με τον Κανονισμό Επεμβάσεων και για τις δύο διευθύνσεις. Για κάθε στάθμη τέθηκε ως όριο η μέγιστη στροφή της οροφής του κτιρίου και η διασπορά που χρησιμοποιήθηκε ήταν 20% για τη στάθμη επιτελεστικότητας B2 και 25% για τη στάθμη Γ1.

Στον Πίνακα 4.1 παρουσιάζεται η μέγιστη στροφή της οροφής του κτιρίου για τις δύο εξεταζόμενες στάθμες επιτελεστικότητας, ανά διεύθυνση. Αναλυτικά, τα αποτελέσματα του λογισμικού όσον αφορά τις δύο διευθύνσεις του κτιρίου που εξετάζεται, απεικονίζονται στους Πίνακες 4.2 και 4.3, καθώς και στα Σχήματα 4.1 έως 4.4.

Πίνακας 4.1: Μέγιστη στροφή οροφής κτιρίου για την πρώτη αστοχία κατακόρυφου στοιχείου λόγω διάτμησης

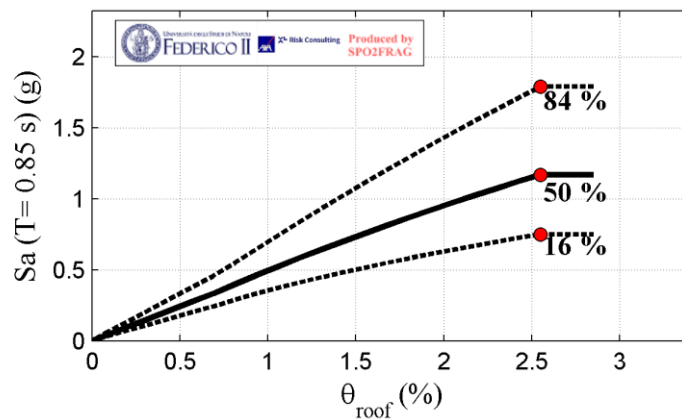
| | θ_{roof} (%) | |
|------------------------|----------------------------|-------|
| | X | Y |
| Σημαντικές Βλάβες - B2 | 0.16% | 0.20% |
| Οιονεί Κατάρρευση - Γ1 | 0.30% | 0.29% |

Πίνακας 4.2: Μέση φασματική επιτάχυνση και τυπική απόκλιση για τη στάθμη επιτελεστικότητας «Σημαντικές Βλάβες» (B2)

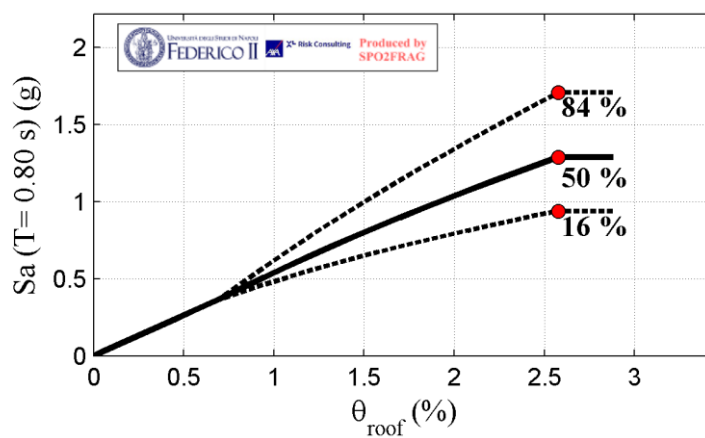
| | X | Y |
|-----------------|-------|-------|
| Μέση Sa(T) (g) | 0.078 | 0.105 |
| Τυπική Απόκλιση | 0.363 | 0.194 |

Πίνακας 4.3: Μέση φασματική επιτάχυνση και τυπική απόκλιση για τη στάθμη επιτελεστικότητας «Οιονεί Κατάρρευση» (Γ1)

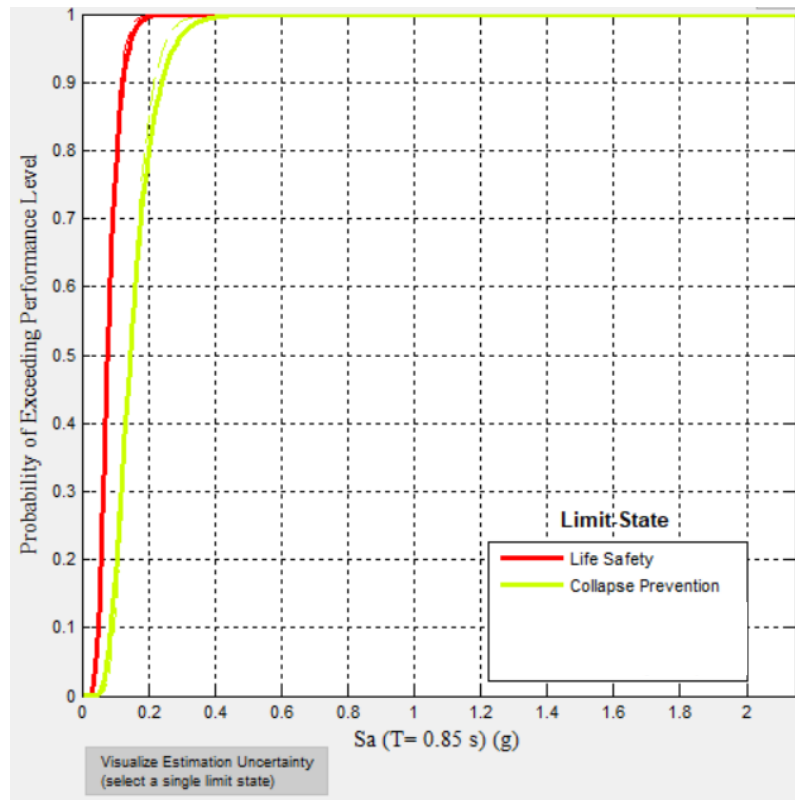
| | X | Y |
|-----------------|-------|-------|
| Μέση Sa(T) (g) | 0.145 | 0.153 |
| Τυπική Απόκλιση | 0.390 | 0.242 |



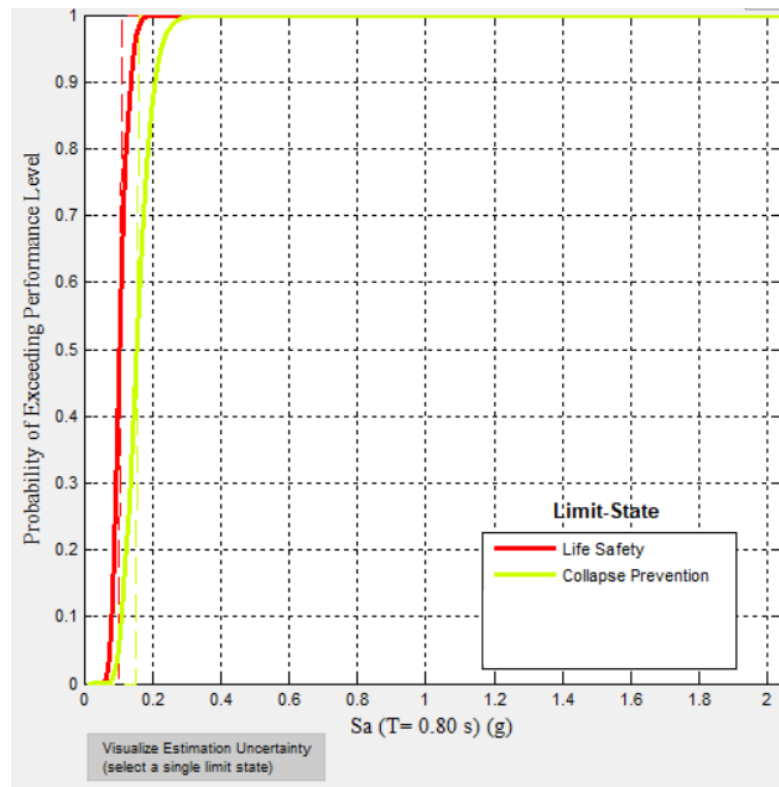
Σχήμα 4.1: Ποσοστιαίες καμπύλες της ανηγμένης παραμόρφωσης οροφής για τη διεύθυνση X



Σχήμα 4.2: Ποσοστιαίες καμπύλες της ανηγμένης παραμόρφωσης οροφής για τη διεύθυνση Y



Σχήμα 4.3: Καμπύλες τρωτότητας κατά τη διεύθυνση X, για την πρώτη αστοχία κατακόρυφου στοιχείου



Σχήμα 4.4: Καμπύλες τρωτότητας κατά τη διεύθυνση Y, για την πρώτη αστοχία κατακόρυφου στοιχείου

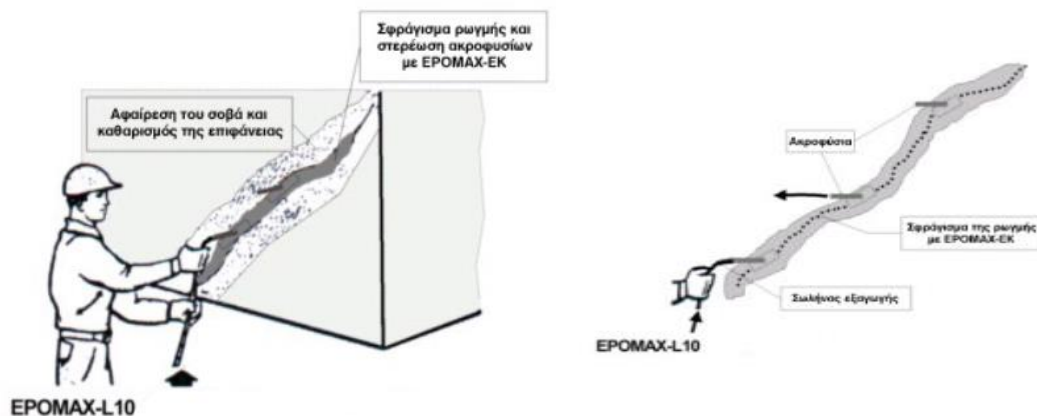
4.2 Αναλύσεις τιμών Επισκευών

Για τον υπολογισμό του κόστους αποκατάστασης βλαβών σε δομικά στοιχεία της κατασκευής έγιναν αναλύσεις τιμών των ενσωματούμενων υλικών, εξοπλισμού και προσωπικού που απαιτούνται για την εκτέλεση των αναγκαίων εργασιών σύμφωνα με τις αντίστοιχες εγκεκριμένες Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (ΕΤΕΠ). Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις τιμών για την αποκατάσταση υποστυλωμάτων, δοκών, εσωτερικής και εξωτερικής τοιχοποιίας για διάφορα επίπεδα βλαβών. Στις ως άνω αναφερόμενες αναλύσεις ελήφθησαν υπόψη τόσο τιμές από τα εγκεκριμένα τιμολόγια οικοδομικών έργων (ΥΠΟΜΕΔΙ) όσο και από τιμές εμπορίου, κατόπιν έρευνας αγοράς.

4.2.1 Επισκευή Υποστυλωμάτων

- Απλή ρηγμάτωση υποστυλώματος

Για την επισκευή-πλήρωση ρωγμών υποστυλώματος εύρους μικρότερο των 3mm χρησιμοποιείται εποξειδική πάστα τύπου EPOMAX-EK της ISOMAT για σφράγιση της ρωγμής και τοποθετούνται ακροφύσια για την εισπίεση ενέσιμης εποξειδικής ρητίνης τύπου EPOMAX-L10 της ISOMAT και κατόπιν επισκευαστικό κονίαμα ισχυρής πρόσφυσης στο σκυρόδεμα τύπου DUROCRET της ISOMAT για την αποκατάσταση του φλοιού του υποστυλώματος. Συμπεριλαμβάνονται, η διάθεση και απασχόληση του απαιτούμενου προσωπικού και εξοπλισμού για την εκτέλεση των εργασιών, η προμήθεια των υλικών και αναλώσιμων, οι εργασίες καθαίρεσης των υπαρχόντων επιχρισμάτων κατά μήκος του ορατού ίχνους της ρωγμής και σε πλάτος 10cm εκατέρωθεν αυτής με καλέμι και σφυρί ή με χρήση ελαφράς αερόσφυρας, ο καθαρισμός της επιφάνειας του σκυροδέματος και η απομάκρυνση των χαλαρών υλικών και της σκόνης με τη χρήση αντλίας κενού και συρματόβουρτσας χειρός (σύμφωνα με την Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-14-01-07-01:2009), η συγκέντρωση των απορριμμάτων πάσης φύσεως που προκύπτουν και η μεταφορά τους προς την οριστική απόθεση.



Σχήμα 4.5: Διαδικασία αποκατάστασης των ρωγμών

Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας (m²)

Ανάλυση τιμής:

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

B) Εποξειδική πάστα τύπου EPOMAX-EK της ISOMAT

Τιμή εμπορίου(kg): 11 €/kg

Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 1.85 kg/m²/mm πάχους στρώσης

Για επίστρωση πάχους 3mm: 11 €/kg x 1.85 kg/m²/mm x 3 mm = **61.05 €/m²**

Γ) Ενέσιμη εποξειδική ρητίνη τύπου EPOMAX-L10 της ISOMAT

Τιμή εμπορίου(kg): 18.57 €/kg

Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 1.10 kg/dm³ => 1100 kg/ m³

Για πάχος ρωγμής 10mm: 18.57 €/kg x 1100 kg/ m³ x 0.01 m = **204.07 €/m²**

Δ) Ρητινούχο επισκευαστικό κονίαμα τύπου DUROCRET της ISOMAT

Τιμή εμπορίου (kg): 0.48 €/kg

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

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

E) Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122): **14.00 €/m²**

ΣΤ) Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών τοίχων για χρωματισμούς

(ΟΙΚ-7735): **1.70 €/m²**

Z) Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων

(ΟΙΚ-7735): **3.40 €/m²**

H) Ακρυλικό μικρομοριακό ή σιλικονούχο υπόστρωμα χρωματισμών (αστάρι)

(ΟΙΚ-7735): **3.35 €/m²**

Θ) Χρωματισμοί επί εσωτερικών επιφανειών επιχρισμάτων με χρώματα υδατικής διασποράς, ακρυλικής, στυρενιοακρυλικής ή πολυβινυλικής βάσεως (ΟΙΚ-7785.1):

9€/m²

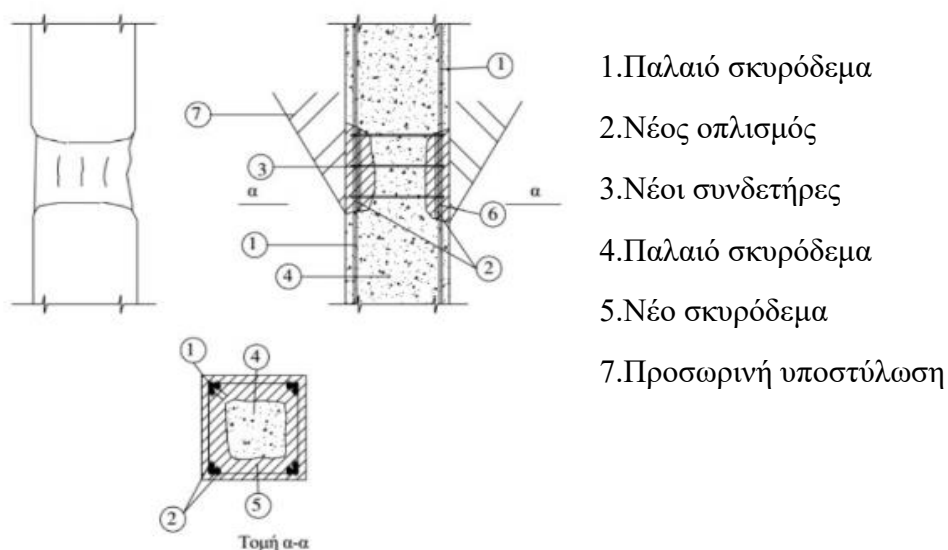
I) Εργασία σε ώρες τεχνίτη (ΕΡΓ ΑΤΟΕ003): 19.86 €/h

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

Τιμή εφαρμογής (ευρώ): 339.17 €/m²

- **Σημαντική τοπική βλάβη – μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστρώματος**

Για την επισκευή υποστρώματος που έχει υποστεί τοπική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος λόγω τοπικού λυγισμού ή θραύσης των ράβδων οπλισμού, αρχικά υποστρώνονται οι δοκοί που συντρέχουν στο στοιχείο, καθαιρείται το αποδιοργανωμένο σκυρόδεμα και αποκαλύπτεται το τμήμα του οπλισμού που έχει βλαφθεί, αφαιρούνται οι υπάρχοντες συνδετήρες στην περιοχή της βλάβης και αποκόπτονται τα τμήματα των ράβδων οπλισμού που έχουν υποστεί λυγισμό ή θραύση. Στη συνέχεια τοποθετείται ο νέος οπλισμός, τοποθετούνται νέοι πυκνοί συνδετήρες και διαστρώνεται το τσιμεντοειδές, προαναμεμιγμένο θιξοτροπικό επισκευαστικό κονίαμα, ινοπλισμένο με εύκαμπτες ανόργανες ίνες, ελεγχόμενης διόγκωσης – μη συρρικνούμενο, τύπου MasterEmaco που είναι κατάλληλο για δομικές επισκευές οπλισμένου σκυροδέματος σε πάχη από 1 έως 5 cm της εταιρείας BASF. Στις εργασίες συμπεριλαμβάνονται, η διάθεση και απασχόληση του απαιτούμενου προσωπικού, εξοπλισμού, η προμήθεια των υλικών και αναλώσιμων, ο καθαρισμός της περιοχής επέμβασης με σκούπισμα, βούρτσισμα, αναρρόφηση ή φύσημα με πεπιεσμένο αέρα, η συγκέντρωση των απορριμμάτων πάσης φύσεως που προκύπτουν και η μεταφορά τους προς την οριστική απόθεση. Η εκτέλεση όλων των παραπάνω εργασιών γίνεται βάσει των απαιτήσεων της Ελληνικής Τεχνικής Προδιαγραφής ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-14-01-06-00:2009.



Σχήμα 4.6: Διαδικασία επισκευής του υποστρώματος

Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας (m²)

Ανάλυση τιμής:

A) Ικριώματα σιδηρά σωληνωτά (άρθρο ΟΙΚ-2303):

5.60 €/m²

B) Καθαίρεση στοιχείων κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα με χρήση συνήθους κρουστικού εξοπλισμού (άρθρο ΟΙΚ-2226) : 56 €/ m³

| | |
|--|------------------------------|
| Για βάθος καθαίρεσης 5 cm: | 2.80 €/m² |
| Γ) Χαλύβδινοι οπλισμοί (άρθρο ΟΙΚ-3873): 1.07 €/kg | |
| Για 50kg/m ² πρόσθετο χαλύβδινο οπλισμό (διαμήκης και συνδετήρες): | 53.5 €/m² |
| Δ) Τσιμεντοειδές, προαναμεμιγμένο θιξοτροπικό επισκευαστικό κονίαμα τύπου MasterEmaco | |
| Τιμή εμπορίου(kg): 1.05 €/kg | |
| Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 18.5 kg/m ² /cm πάχους στρώσης | |
| Για 5cm: 1.05 €/kg x 18.5 kg/m ² x 5 cm = | 97.13 €/m² |
| Ε) Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122): | 14.00 €/m² |
| ΣΤ) Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών για χρωματισμούς (ΟΙΚ-7735): | 1.70 €/m² |
| Ζ) Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων (ΟΙΚ-7735): | 3.40 €/m² |
| Η) Ακρυλικό μικρομοριακό ή σιλικονούχο υπόστρωμα χρωματισμών (αστάρι) (ΟΙΚ-7735): | 3.35 €/m² |
| Θ) Χρωματισμοί επί εσωτερικών επιφανειών επιχρισμάτων με χρώματα υδατικής διασποράς, ακρυλικής, στυρενιοακρυλικής ή πολυβινυλικής βάσεως (ΟΙΚ-7785.1): | 9€/m² |
| Ι) Εργασία σε ώρες τεχνίτη (ΕΡΓ ΑΤΟΕ003): 19.86 €/h | |
| Για εργασία 3 h: 3 h x 19.86 €/h = | 59.58 €/m² |

Τιμή εφαρμογής (ευρώ): 250.06 €/m²

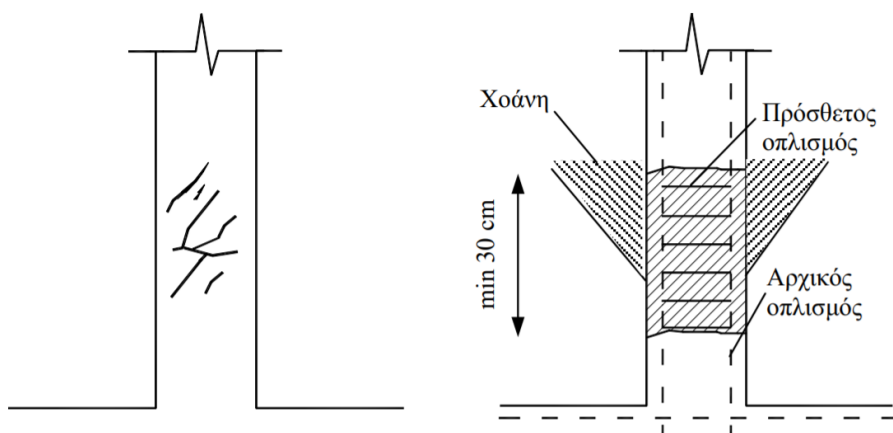
- **Σοβαρή βλάβη με πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστρώματος**

Όταν η βλάβη είναι σοβαρή, όταν δηλαδή εμφανίζεται πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστρώματος που συνοδεύεται από διάρρηξη των συνδετήρων και λυγισμό των θλιβόμενων ράβδων του διαμήκους οπλισμού, η επισκευή του βλαμμένου υποστρώματος γίνεται ως εξής (Κ.Σπυράκος 2004):

- Υποστύλωση των δοκών που συντρέχουν στο υπόψη υποστύλωμα.
- Πλήρης καθαίρεση του αποδιοργανωμένου τμήματος του υποστρώματος σε ύψος τουλάχιστον 30 cm (Σχήμα 3.13).

- Έλεγχος και ενίσχυση του διαμήκουσ οπλισμού, όπου αυτό απαιτείται.
- Προσθήκη πυκνών συνδετήρων.
- Τοποθέτηση ξυλότυπου.
- Διάστρωση έγχυτου σκυροδέματος ή ετοιμού κονιάματος.

Στις εργασίες συμπεριλαμβάνονται, η διάθεση και απασχόληση του απαιτούμενου προσωπικού, εξοπλισμού, η προμήθεια των υλικών και αναλώσιμων, ο καθαρισμός της περιοχής επέμβασης με σκούπισμα, βούρτσισμα, αναρρόφηση ή φύσημα με πεπιεσμένο αέρα, η συγκέντρωση των απορριμμάτων πάσης φύσεως που προκύπτουν και η μεταφορά τους προς την οριστική απόθεση. Η εκτέλεση όλων των παραπάνω εργασιών γίνεται βάσει των απαιτήσεων της Ελληνικής Τεχνικής Προδιαγραφής ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-14-01-06-00:2009.



Σχήμα 4.7: Αποκατάσταση υποστύλωματος με πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος της βλαμμένης περιοχής

Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας (m²)

Ανάλυση τιμής:

| | |
|---|-------------------------------|
| A) Ικριώματα σιδηρά σωληνωτά (άρθρο ΟΙΚ-2303): | 5.60 €/m² |
| B) Καθαίρεση στοιχείων κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα με χρήση συνήθους κρουστικού εξοπλισμού (άρθρο ΟΙΚ-2226) : 56 €/ m ³ | |
| Για βάθος καθαίρεσης 35 cm: | 19.60 €/m² |
| Γ) Χαλύβδινοι οπλισμοί κατηγορίας (άρθρο ΟΙΚ-3873): 1.07 €/kg | |
| Για 100kg/m ² πρόσθετο χαλύβδινο οπλισμό (διαμήκης και συνδετήρες): | 107.00 €/m² |
| Δ) Τοποθέτηση ξυλότυπου (ΟΙΚ-3811): | 22.50 €/m² |
| Ε) Διάστρωση έγχυτου σκυροδέματος (ΟΙΚ-3215): 101€/m ³ | |
| Για 35cm: 101 €/m ³ x 0.35 m = | 35.35 €/m² |

| | |
|--|------------------------------|
| ΣΤ) Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122): | 14.00 €/m² |
| Z) Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών για χρωματισμούς (ΟΙΚ-7735): | 1.70 €/m² |
| H) Σπατουλάρισμα 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 |
| K) Εργασία σε ώρες τεχνίτη (ΕΡΓ ΑΤΟΕ003): 19.86 €/h | |
| Για εργασία 3.5 h: 3.5 h x 19.86 €/h = | 69.51 €/m² |

Τιμή εφαρμογής(ευρώ): 291.01 €/m²

4.2.2 Επισκευή Δοκών

Η διαδικασία επισκευής μίας δοκού έχει ως στόχο την αποκατάσταση των χαρακτηριστικών που είχε πριν υποστεί τις βλάβες όσον αφορά τόσο στην αντοχή όσο και στη δυσκαμψία της. Η επιλογή της μεθόδου επισκευής εξαρτάται από το βαθμό της βλάβης που έχει υποστεί η δοκός.

- **Απλή ρηγμάτωση δοκού**

Στην περίπτωση ελαφρών βλαβών, η επισκευή της δοκού γίνεται με συγκόλληση των ρωγμών με εποξική ρητίνη. Εάν επιπλέον της ρηγμάτωσης παρατηρείται επιφανειακή αποφλοιώση του σκυροδέματος χωρίς όμως αποδιοργάνωση του σκυροδέματος της διατομής του πυρήνα, ο φλοιός αποκαθίσταται με χρήση επισκευαστικού κονιάματος. Το κονίαμα που επιλέγεται έχει συνήθως ως βάση κάποιο είδος ρητίνης, εκτός εάν το βάθος της αποφλοιώσης είναι μεγαλύτερο, οπότε προτιμώνται μη συρρικνούμενα κονιάματα με βάση το τσιμέντο (Κ. Σπυράκος 2004).

Σε αυτή την περίπτωση, χρησιμοποιείται εποξειδική πάστα τύπου EPOMAX-EK της ISOMAT για σφράγιση της ρωγμής και τοποθετούνται ακροφύσια για την εισπίεση ενέσιμης εποξειδικής ρητίνης τύπου EPOMAX-L10 της ISOMAT και κατόπιν επισκευαστικό κονίαμα ισχυρής πρόσφυσης στο σκυρόδεμα τύπου DUROCRET της ISOMAT για την αποκατάσταση του φλοιού της δοκού. Συμπεριλαμβάνονται, η διάθεση και απασχόληση του απαιτούμενου προσωπικού, εξοπλισμού για την εκτέλεση των εργασιών, η προμήθεια των υλικών και αναλώσιμων, οι εργασίες καθαίρεσης των υπαρχόντων επιχρισμάτων κατά μήκος του ορατού ίχνους της ρωγμής και σε πλάτος 10cm

εκατέρωθεν αυτής με καλέμι και σφυρί ή με χρήση ελαφράς αερόσφυρας, ο καθαρισμός της επιφάνειας του σκυροδέματος και η απομάκρυνση των χαλαρών υλικών και της σκόνης με τη χρήση αντλίας κενού και συρματόβουρτσας χειρός (σύμφωνα με την Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή ΕΛΟΤ ΤΟ 1501-14-01-07-01:2009), η συγκέντρωση των απορριμμάτων πάσης φύσεως που προκύπτουν και η μεταφορά τους προς την οριστική απόθεση.

Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας (m²)

Ανάλυση τιμής:

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

B) Εποξειδική πάστα τύπου EPOMAX-EK της ISOMAT

Τιμή εμπορίου (kg): 11 €/kg

Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 1.85 kg/m²/mm πάχους στρώσης

Για επίστρωση πάχους 3mm: 11 €/kg x 1.85 kg/m²/mm x 3 mm = **61.05 €/m²**

Γ) Ενέσιμη εποξειδική ρητίνη τύπου EPOMAX-L10 της ISOMAT

Τιμή εμπορίου(kg): 18.57 €/kg

Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 1.10 kg/dm³ => 1100 kg/ m³

Για πάχος ρωγμής 10 mm: 18.57 €/kg x 1100 kg/ m³ x 0.01 m = **204.07 €/m²**

Δ) 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 1 cm : 0.48 €/kg x 15 kg/m² = **7.20 €/m²**

E) Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122): **14.00 €/m²**

ΣΤ) Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών για χρωματισμούς (ΟΙΚ-7735): **1.70 €/m²**

Z) Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων (ΟΙΚ-7735): **3.40 €/m²**

H) Ακρυλικό μικρομοριακό ή σιλικονούχο υπόστρωμα χρωματισμών (αστάρι) (ΟΙΚ-7735): **3.35 €/m²**

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

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

Για εργασία 1.5 h: 1.5 h x 19.86 €/h =

29.80 €/m²

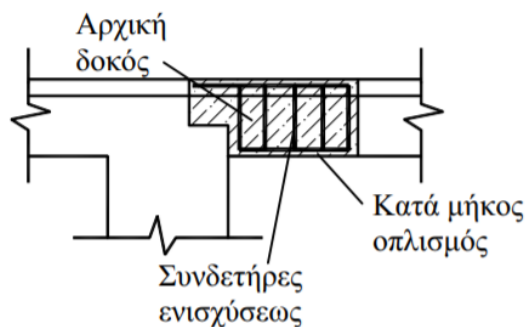
Τιμή εφαρμογής (ευρώ): 339.17 €/m²

- **Σημαντική βλάβη της δοκού με τοπική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος σε περιορισμένη έκταση**

Εάν η δοκός έχει υποστεί τοπική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος σε περιορισμένη έκταση, η διαδικασία που υιοθετείται για την επισκευή της περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα (Κ. Σπυράκος 2004):

- Υποστύλωση της δοκού.
- Καθαίρεση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος.
- Τοποθέτηση στην εξωτερική παρειά της δοκού ελαφρού δομικού πλέγματος
- Τοποθέτηση ξυλοτύπου
- Διάστρωση έγχυτου σκυροδέματος.

Συμπεριλαμβάνονται, η διάθεση και απασχόληση του απαιτούμενου προσωπικού, εξοπλισμού για την εκτέλεση των εργασιών, η προμήθεια των υλικών και αναλώσιμων, οι εργασίες καθαίρεσης στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος με χρήση συνήθους κρουστικού εξοπλισμού, ο καθαρισμός της επιφάνειας του σκυροδέματος και η απομάκρυνση των χαλαρών υλικών και της σκόνης με τη χρήση αντλίας κενού και συρματόβουρτσας χειρός (σύμφωνα με την Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή ΕΛΟΤ ΤΟ 1501-14-01-07-01:2009), η συγκέντρωση των απορριμμάτων πάσης φύσεως που προκύπτουν και η μεταφορά τους προς την οριστική απόθεση.



Σχήμα 4.8: Επισκευή δοκού με τοπική αποδιοργάνωση σκυροδέματος σε περιορισμένη έκταση

Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας (m²)

Ανάλυση τιμής:

| | |
|--|------------------------------|
| A) Ικριώματα σιδηρά σωληνωτά (άρθρο ΟΙΚ-2303): | 5.60 €/m² |
| B) Καθαίρεση στοιχείων κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα με χρήση συνήθους κρουστικού εξοπλισμού (άρθρο ΟΙΚ-2226) : 56 €/ m ³ | |
| Για βάθος καθαίρεσης 5 cm: | 2.80 €/m² |
| Γ) Δομικό πλέγμα ή συνδετήρες ενισχύσεως (ΟΙΚ-3873): 1.01 €/kg | |
| Για 50 kg/m ² : | 50.50 €/m² |
| Δ) Τοποθέτηση ξυλοτύπου (ΟΙΚ-3811): | 22.50 €/m² |
| E) Διάστρωση έγχυτου σκυροδέματος (ΟΙΚ-3215): 101 €/m ³ | |
| Για 10cm: 101 €/m ³ x 0.10 m = | 10.10 €/m² |
| ΣΤ) Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122): | 14.00 €/m² |
| Z) Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών για χρωματισμούς (ΟΙΚ-7735): | 1.70 €/m² |
| H) Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων (ΟΙΚ-7735): | 3.40 €/m² |
| Θ) Ακριλικό 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 |
| K) Εργασία σε ώρες τεχνίτη (ΕΡΓ ΑΤΟΕ003): 19.86 €/h | |
| Για εργασία 3 h: 3 h x 19.86 €/h = | 59.58 €/m² |

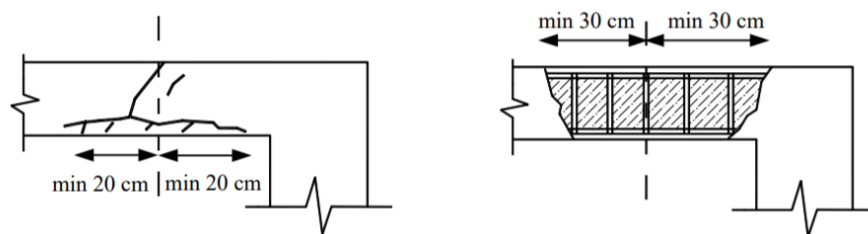
Τιμή εφαρμογής (ευρώ): 182.53 €/m²

- **Πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος τμήματος της δοκού που συνοδεύεται από βλάβες τόσο του διαμήκους, όσο και του εγκάρσιου οπλισμού**

Όταν εμφανίζεται πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος τμήματος της δοκού που συνοδεύεται από βλάβες τόσο του διαμήκους, όσο και του εγκάρσιου οπλισμού, η τεχνική που εφαρμόζεται είναι η εξής (Κ. Σπυράκος 2004):

- Υποστύλωση της δοκού.
- Καθαίρεση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος σε ολόκληρο το βλαμμένο τμήμα της δοκού και προσεκτικός καθαρισμός της εναπομένουσας διατομής.

- Έλεγχος του υπάρχοντος διαμήκους οπλισμού και ενίσχυση αυτού εάν απαιτείται.
- Απομάκρυνση των διαρρηγμένων και τοποθέτηση νέων πυκνών συνδετήρων.
- Τοποθέτηση ξυλότυπου.
- Σκυροδέτηση του καθαιρεθέντος τμήματος με έγχυτο σκυρόδεμα



Σχήμα 4.9: Επισκευή δοκού με πλήρη αποδιοργάνωση σκυροδέματος

Συμπεριλαμβάνονται, η διάθεση και απασχόληση του απαιτούμενου προσωπικού, εξοπλισμού για την εκτέλεση των εργασιών, η προμήθεια των υλικών και αναλώσιμων, οι εργασίες καθαίρεσης στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος με χρήση συνήθους κρουστικού εξοπλισμού, ο καθαρισμός της επιφάνειας του σκυροδέματος και η απομάκρυνση των χαλαρών υλικών και της σκόνης με τη χρήση αντλίας κενού και συρματόβουρτσας χειρός (σύμφωνα με την Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή ΕΛΟΤ ΤΟ 1501-14-01-07-01:2009), η συγκέντρωση των απορριμμάτων πάσης φύσεως που προκύπτουν και η μεταφορά τους προς την οριστική απόθεση.

Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας (m²)

Ανάλυση τιμής:

| | |
|---|-------------------------------|
| A) Ικριώματα σιδηρά σωληνωτά (άρθρο ΟΙΚ-2303): | 5.60 €/m² |
| B) Καθαίρεση στοιχείων κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα με χρήση συνήθους κρουστικού εξοπλισμού (άρθρο ΟΙΚ-2226) : 56 €/ m ³ | |
| Για βάθος καθαίρεσης 30 cm: | 16.80 €/m² |
| Γ) Χαλύβδινοι οπλισμοί κατηγορίας (άρθρο ΟΙΚ-3873): 1.07 €/kg | |
| Για 100kg/m ² πρόσθετο χαλύβδινο οπλισμό (διαμήκης και συνδετήρες): | 107.00 €/m² |
| Δ) Τοποθέτηση ξυλοτύπου (ΟΙΚ-3811): | 22.50 €/m² |
| Ε) Διάστρωση έγχυτου σκυροδέματος (ΟΙΚ-3215): 101 €/m ³ | |
| Για 30cm: 101 €/m ³ x 0.30 m = | 30.30 €/m² |
| ΣΤ) Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122): | 14.00 €/m² |
| Z) Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών 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

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

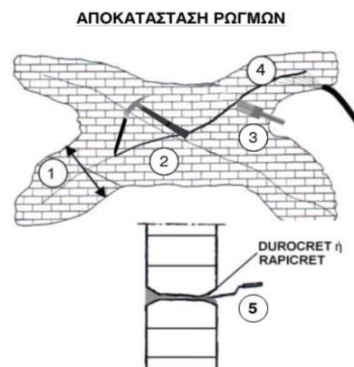
Για εργασία 3.5 h: 3.5 h x 19.86 €/h = **69.51 €/m²**

Τιμή εφαρμογής (ευρώ): 291.01 €/m²

4.2.3 Εσωτερική Τοιχοποιία

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

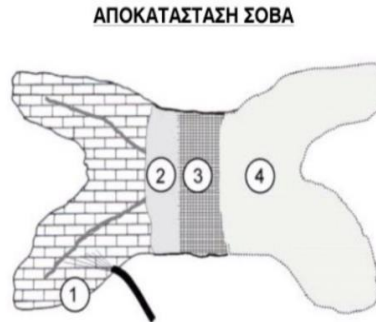
Για την αποκατάσταση ενός τετραγωνικού μέτρου ρηγματωμένης τοιχοποιίας για εύρος ρωγμών μικρότερο από 1cm, χρησιμοποιείται ρητινούχο επισκευαστικό τσιμεντοκονίαμα τύπου DUROCRET της ISOMAT. Για την αποκατάσταση του σοβά γίνεται χρήση έτοιμου κονιάματος τύπου UNICRET της ISOMAT, ενισχυμένο με οικοδομική ρητίνη τύπου ADIPLAST της ISOMAT και λωρίδα υαλοπλέγματος, πλάτους όσο και του καθαιρεθέντος σοβά. Συμπεριλαμβάνεται η διάθεση και απασχόληση του απαιτούμενου προσωπικού, εξοπλισμού για την εκτέλεση των εργασιών, η προμήθεια των υλικών και αναλώσιμων, η προετοιμασία των υλικών αν απαιτείται, οι εργασίες καθαίρεσης του επιχρίσματος και καθαρισμού της ρωγμής με πεπιεσμένο αέρα ή βούρτσα, η συγκέντρωση των απορριμμάτων πάσης φύσεως που προκύπτουν και η μεταφορά τους προς την οριστική απόθεση.



Σχήμα 4.10: Διαδικασία αποκατάστασης των ρωγμών

1. Καθαίρεση του επιχρίσματος γύρω από τη ρωγμή

2. Διευρύνονται τα χείλη των ρωγμών στην τοιχοποιία με τοπικό σπάσιμο των πλίνθων.
3. Καθαρίζονται καλά οι ρωγμές με πεπιεσμένο αέρα ή βούρτσα.
4. Διαβροχή του υποστρώματος.
5. Εισαγωγή του ρητινούχου τσιμεντοκονιάματος DUROCRET.



Σχήμα 4.11: Διαδικασία αποκατάστασης του σοβά

1. Καθαρισμός του υποστρώματος από χαλαρά υλικά, σκόνες κλπ. και διαβροχή με νερό.
2. Εφαρμογή της πρώτης στρώσης του σοβά με το έτοιμο κονίαμα UNICRET, ενισχυμένο με την οικοδομική ρητίνη ADIPLAST.
3. Τοποθέτηση λωρίδας ναλοπλέγματος στο νωπό το κονίαμα της πρώτης στρώσης.
4. Τελική στρώση του σοβά μετά την πήξη της πρώτης στρώσης, με το έτοιμο κονίαμα UNICRET.

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): 15 kg/m²/cm πάχους στρώσης

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

Γ) Κονίαμα για σοβάτισμα τύπου UNICRET της ISOMAT

Τιμή εμπορίου(kg): 0.29 €/kg

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

Για πάχος στρώσης 1cm : 0.29 €/kg x 15.5 kg/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): 1 kg/m²/cm πάχους στρώσης

Για πάχος στρώσης 1cm : $4.40 \text{ €/kg} \times 1 \text{ kg/m}^2 =$ **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**

Τριφτά: Είναι το είδος που συναντάμε περισσότερο στα οικοδομικά έργα. Η επίστρωση, γίνεται σε τρεις στρώσεις, οι οποίες δουλεύονται διαδοχικά έτσι ώστε να έχουν το χρόνο να σκληρύνουν.

Πατητά: Εκτελούνται σε περιπτώσεις όπου απαιτείται να δοθεί στα επιχρίσματα εντελώς λεία επιφάνεια και στις περιπτώσεις όπου χρειάζεται στεγανοποίηση της επιφάνειας. Η τελευταία στρώση δεν τρίβεται με το τριβίδι αλλά συμπιέζεται με το μυστρί, μέχρις ότου η επιφάνεια γίνει απολύτως λεία.

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

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

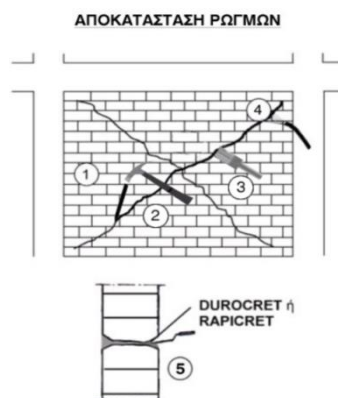
Για εργασία 1.5 h: $1.5 \text{ h} \times 19.86 \text{ €/h} =$ **29.80 €/m²**

Τιμή εφαρμογής (ευρώ): 84.05 €/m²

- **Αποκατάσταση έντονης ρηγμάτωσης 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 τύπου DUROCRET της ISOMAT. Για την αποκατάσταση του σοβά γίνεται χρήση έτοιμου κονιάματος τύπου UNICRET της ISOMAT, ενισχυμένο με οικοδομική ρητίνη τύπου ADIPLAST της ISOMAT 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 προμήθεια των υλικών και αναλώσιμων, η προετοιμασία των υλικών αν απαιτείται, οι εργασίες καθαίρεσης του επιχρίσματος και καθαρισμού της ρωγμής με πεπιεσμένο αέρα ή βούρτσα,

η συγκέντρωση των απορριμμάτων πάσης φύσεως που προκύπτουν και η μεταφορά τους προς την οριστική απόθεση.



Σχήμα 4.12: Διαδικασία αποκατάστασης των ρωγμών

1. Καθαίρεση του επιχρίσματος σε όλη την επιφάνεια της τοιχοποιίας.
2. Διευρύνονται τα χείλη των ρωγμών στην τοιχοποιία με τοπικό σπάσιμο των πλίνθων.
3. Καθαρίζονται καλά οι ρωγμές με πεπιεσμένο αέρα ή βούρτσα.
4. Διαβροχή του υποστρώματος.
5. Εισαγωγή του ρητινούχου τσιμεντοκονιάματος DUROCRET.



Σχήμα 4.13: Διαδικασία αποκατάστασης του σοβά

1. Καθαρισμός του υποστρώματος από χαλαρά υλικά, σκόνες κλπ. και διαβροχή με νερό.
2. Εφαρμογή της πρώτης στρώσης του σοβά με το έτοιμο κονίαμα UNICRET, ενισχυμένο με την οικοδομική ρητίνη ADIPLAST.
3. Τοποθέτηση υαλοπλέγματος στο νωπό κονίαμα της πρώτης στρώσης σε όλη την επιφάνεια του σοβά.
4. Τελική στρώση του σοβά μετά την πήξη της πρώτης στρώσης, με το έτοιμο κονίαμα UNICRET.

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): 15 kg/m ² /cm πάχους στρώσης | |
| Για ρωγμή 4 cm : 0.48 €/kg x 15 kg/m ² x 4 cm = | 28.8 €/m² |
| Γ) Κονίαμα για σοβάτισμα τύπου UNICRET της ISOMAT | |
| Τιμή εμπορίου(kg): 0.29 €/kg | |
| Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 15.5 kg/m ² /cm πάχους στρώσης | |
| Για ρωγμή 4 cm: 0.29 €/kg x 15.5 kg/m ² x 4 cm = | 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): 1 kg/m ² /cm πάχους στρώσης | |
| Για ρωγμή 4 cm: 4.40 €/kg x 1 kg/m ² x 4 cm = | 17.60 €/m² |
| Ε) 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 |
| 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 |
| K) Εργασία σε ώρες τεχνίτη (ΕΡΓ ΑΤΟΕ003): 19.86 €/h | |
| Για εργασία 2 h: 2 h x 19.86 €/h = | 39.72 €/m² |

Τιμή εφαρμογής (ευρώ): 142.25 €/m²

- **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 €/m³

Για πάχος εσωτερικής τοιχοποιίας 20 cm: **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**

Z) Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών τοίχων για χρωματισμούς

(ΟΙΚ-7735): **1.70 €/m²**

H) Σπατουλάρισμα 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

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

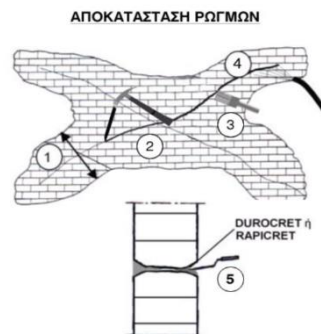
Για εργασία 3 h: 3 h x 19.86 €/h = **59.58 €/m²**

Τιμή εφαρμογής (ευρώ):155.33 €/m²

4.2.4 Εξωτερική Τοιχοποιία

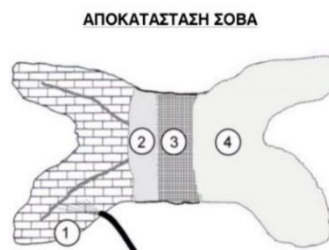
- Αποκατάσταση απλής ρηγμάτωσης στην εξωτερική τοιχοποιία (εύρος ρωγμών μικρότερο από 1 cm)

Για την αποκατάσταση ενός τετραγωνικού μέτρου ρηγματωμένης τοιχοποιίας για εύρος ρωγμών μικρότερο από 1cm, χρησιμοποιείται ρητινούχο επισκευαστικό τσιμεντοκονίαμα τύπου DUROCRET της ISOMAT. Για την αποκατάσταση του σοβά γίνεται χρήση έτοιμου κονιάματος τύπου UNICRET της ISOMAT, ενισχυμένο με οικοδομική ρητίνη τύπου ADIPLAST της ISOMAT και λωρίδα υαλοπλέγματος, πλάτους όσο και του καθαιρεθέντος σοβά. Συμπεριλαμβάνεται η διάθεση και απασχόληση του απαιτούμενου προσωπικού, εξοπλισμού και μέσων για την εκτέλεση των εργασιών, η προμήθεια των υλικών και αναλώσιμων, η προετοιμασία των υλικών αν απαιτείται, οι εργασίες καθαίρεσης του επιχρίσματος και καθαρισμού της ρωγμής με πεπιεσμένο αέρα ή βούρτσα, η συγκέντρωση των απορριμμάτων πάσης φύσεως που προκύπτουν και η μεταφορά τους προς την οριστική απόθεση.



Σχήμα 4.14: Διαδικασία αποκατάστασης των ρωγμών

- 1.Καθαίρεση του επιχρίσματος γύρω από τη ρωγμή
- 2.Διευρύνονται τα χείλη των ρωγμών στην τοιχοποιία με τοπικό σπάσιμο των πλίνθων.
- 3.Καθαρίζονται καλά οι ρωγμές με πεπιεσμένο αέρα ή βούρτσα.
- 4.Διαβροχή του υποστρώματος.
- 5.Εισαγωγή του ρητινούχου τσιμεντοκονιάματος DUROCRET.



Σχήμα 4.15: Διαδικασία αποκατάστασης του σοβά

- 1.Καθαρισμός του υποστρώματος από χαλαρά υλικά, σκόνες κλπ. και διαβροχή με νερό.
- 2.Εφαρμογή της πρώτης στρώσης του σοβά με το έτοιμο κονίαμα UNICRET, ενισχυμένο με την οικοδομική ρητίνη ADIPLAST.
- 3.Τοποθέτηση λωρίδας υαλοπλέγματος στο νωπό το κονίαμα της πρώτης στρώσης.

4.Τελική στρώση του σοβά μετά την πήξη της πρώτης στρώσης, με το έτοιμο κονίαμα UNICRET.

Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας (m²)

Ανάλυση τιμής:

A) Ικρίωματα 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): 15 kg/m²/cm πάχους στρώσης

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

Δ) Κονίαμα για σοβάτισμα τύπου UNICRET της ISOMAT

Τιμή εμπορίου(kg): 0.29 €/kg

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

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

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

ΣΤ) Υαλόπλεγμα οπλισμού σοβάδων (πλέγμα από fiberglass για ενίσχυση σοβάδων)

Τιμή εμπορίου: **1.10 €/ m²**

Z) Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122): **14.00 €/m²**

Η) Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών τοίχων για χρωματισμούς

(ΟΙΚ-7735): **1.70 €/m²**

Θ) Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων

(ΟΙΚ-7735): **3.40 €/m²**

Ι) Ακρυλικό μικρομοριακό ή σιλικονούχο υπόστρωμα χρωματισμών (αστάρι)

(ΟΙΚ-7735): **3.35 €/m²**

Κ) Χρωματισμοί επιφανειών επιχρισμάτων με χρώματα υδατικής διασποράς, ακρυλικής, στυρενιοακρυλικής βάσεως (ΟΙΚ-7785.1): **10.10 €/m²**

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

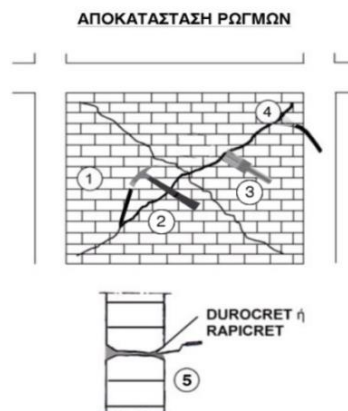
Για εργασία 2 h: 2 h x 19.86 €/h =

39.72 €/m²

Τιμή εφαρμογής (ευρώ): 100.67 €/m²

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

Για την αποκατάσταση ενός τετραγωνικού μέτρου έντονα ρηγματωμένης τοιχοποιίας, για εύρος ρωγμών μεγαλύτερο από 1cm, χρησιμοποιείται ρητινούχο επισκευαστικό τσιμεντοκονίαμα τύπου DUROCRET της ISOMAT. Για την αποκατάσταση του σοβά γίνεται χρήση έτοιμου κονιάματος τύπου UNICRET της ISOMAT, ενισχυμένο με οικοδομική ρητίνη τύπου ADIPLAST της ISOMAT και λωρίδα υαλοπλέγματος σε όλη την επιφάνεια του σοβά. Συμπεριλαμβάνεται η διάθεση και απασχόληση του απαιτούμενου προσωπικού, εξοπλισμού και μέσων για την εκτέλεση των εργασιών, η προμήθεια των υλικών και αναλώσιμων, η προετοιμασία των υλικών αν απαιτείται, οι εργασίες καθαίρεσης του επιχρίσματος και καθαρισμού της ρωγμής με πεπιεσμένο αέρα ή βούρτσα, η συγκέντρωση των απορριμμάτων πάσης φύσεως που προκύπτουν και η μεταφορά τους προς την οριστική απόθεση.



Σχήμα 4.16: Διαδικασία αποκατάστασης των ρωγμών

- 1.Καθαίρεση του επιχρίσματος σε όλη την επιφάνεια της τοιχοποιίας.
- 2.Διευρύνονται τα χείλη των ρωγμών στην τοιχοποιία με τοπικό σπάσιμο των πλίνθων.
- 3.Καθαρίζονται καλά οι ρωγμές με πεπιεσμένο αέρα ή βούρτσα.
- 4.Διαβροχή του υποστρώματος.
- 5.Εισαγωγή του ρητινούχου τσιμεντοκονιάματος DUROCRET.



Σχήμα 4.17: Διαδικασία αποκατάστασης των ρωγμών

1. Καθαρισμός του υποστρώματος από χαλαρά υλικά, σκόνες κλπ. και διαβροχή με νερό.
2. Εφαρμογή της πρώτης στρώσης του σοβά με το έτοιμο κονίαμα UNICRET, ενισχυμένο με την οικοδομική ρητίνη ADIPLAST.
3. Τοποθέτηση υαλοπλέγματος στο νωπό κονίαμα της πρώτης στρώσης σε όλη την επιφάνεια του σοβά.
4. Τελική στρώση του σοβά μετά την πήξη της πρώτης στρώσης, με το έτοιμο κονίαμα UNICRET.

Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας (m²)

Ανάλυση τιμής:

A) Ικρίωματα 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): 15 kg/m²/cm πάχους στρώσης

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

Δ) Κονίαμα για σοβάτισμα τύπου UNICRET της ISOMAT

Τιμή εμπορίου(kg): 0.29 €/kg

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

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

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

Τιμή εμπορίου(kg): 4.40 €/kg

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

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

| | |
|--|------------------------------|
| ΣΤ) Υαλόπλεγμα οπλισμού σοβάδων (πλέγμα από fiberglass για ενίσχυση σοβάδων) | |
| Τιμή εμπορίου: | 1.10 €/m² |
| Z) Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122): | 14.00 €/m² |
| H). Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών τοίχων για χρωματισμούς (ΟΙΚ-7735): | 1.70 €/m² |
| Θ). Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων (ΟΙΚ-7735): | 3.40 €/m² |
| I). Ακρυλικό μικρομοριακό ή σιλικονούχο υπόστρωμα χρωματισμών (αστάρι) (ΟΙΚ-7735): | 3.35 €/m² |
| K). Χρωματισμοί επιφανειών επιχρισμάτων με χρώματα υδατικής διασποράς, ακρυλικής, στυρενιοακρυλικής βάσεως (ΟΙΚ-7785.1): | 10.10 €/m² |
| Λ). Εργασία σε ώρες τεχνίτη (ΕΡΓ ΑΤΟΕ003): | 19.86 €/h |
| Για εργασία 2.5 h: 2.5 h x 19.86 €/h = | 49.65 €/m² |

Τιμή εφαρμογής (ευρώ): 158.88€/m²

- **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 (ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-03-02-02-00). 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 |
| B) Καθαίρεση πλινθοδομών με χρήση συνήθους κρουστικού εξοπλισμού (ΟΙΚ-2226): | 2 8€/m ³ |
| Για πάχος εξωτερικής τοιχοποιίας 30 cm: | 8.40 €/m² |

| | |
|---|------------------------------|
| Γ) Οπτοπλινθοδομές με διακένους τυποποιημένους οπτόπλινθους 9x12x19 cm πάχους 1 πλίνθου, μπατικοί τοίχοι (ΟΙΚ-4664.1): | 33.50 €/m² |
| Δ) Γραμμικά διαζώματα (σενάζ) μπατικών τοίχων (ΟΙΚ-3213): | 19.70 €/m² |
| Ε) Ενισχύσεις τοιχοδομών με συνδετικό πλέγμα (ΥΔΡ-6630.1): | 2.60 €/m² |
| ΣΤ) Αρμολογήματα όψεων πλινθοδομών παντός τύπου (ΟΙΚ-7104): | 16.80 €/m² |
| Ζ) Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122): | 14.00 €/m² |
| Η) Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών τοίχων για χρωματισμούς (ΟΙΚ-7735): | 1.70 €/m² |
| Θ) Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων (ΟΙΚ-7735): | 3.40 €/m² |
| Ι) Ακρυλικό μικρομοριακό ή σιλικονούχο υπόστρωμα χρωματισμών (αστάρι) (ΟΙΚ-7735): | 3.35 €/m² |
| Κ) Χρωματισμοί επιφανειών επιχρισμάτων με χρώματα υδατικής διασποράς, ακρυλικής, στυρενιοακρυλικής βάσεως (ΟΙΚ-7785.1): | 10.10 €/m² |
| Λ) Εργασία σε ώρες τεχνίτη (ΕΡΓ ΑΤΟΕ003): 19.86 €/h | |
| Για εργασία 3.5 h: 3.5 h x 19.86 €/h = | 69.51 €/m² |

Τιμή εφαρμογής (ευρώ): 197.66 €/m²

4.3 Εκτίμηση Σεισμικών Απωλειών

Αφού προσδιορισθεί η τρωτότητα της κατασκευής, μπορεί να γίνει η εκτίμηση των χρηματοοικονομικών απωλειών που είναι πιθανό να εμφανιστούν κατά τη διάρκεια ζωής της κατασκευής, εξαιτίας των διάφορων σεισμικών δράσεων. Η εκτίμηση αυτή πραγματοποιείται με τη βοήθεια του προγράμματος «Performance Assessment Calculation Tool» (PACT) που αναπτύχθηκε με βάση το FEMA P-58.

Αρχικά, αφού ορισθεί μέσω των ρυθμίσεων η χρήση μετρικού συστήματος, εισάγονται στο πρόγραμμα δεδομένα σχετικά με τον αριθμό, το ύψος και το εμβαδόν κάτοψης των ορόφων. Επιπλέον, ορίζεται το κόστος αντικατάστασης της κατασκευής που εκτιμάται ίσο με 1200 €/m², δηλαδή 806,700 € για όλο το κτίριο, όπως και το κόστος επισκευής που ισούται με περίπου το 40% του κόστους αντικατάστασης, επομένως 322,680 €. Θεωρείται πως σε περίπτωση που οι βλάβες λόγω σεισμού ξεπεράσουν το 60% του συνολικού κόστους αντικατάστασης, το κτίριο είναι προτιμότερο να κατεδαφιστεί με σκοπό να χτιστεί καινούργιο, παρά να επισκευαστεί το υπάρχον.

Στη συνέχεια, εντάσσονται από την βιβλιοθήκη του λογισμικού και μετά εισάγονται αναλυτικά οι ποσότητες των δομικών και μη δομικών στοιχείων της κατασκευής, για κάθε διεύθυνση ξεχωριστά. Συγκεκριμένα, εντάχθηκαν όλοι οι κόμβοι των ορόφων, η τοιχοποιία, οι σωληνώσεις ζεστού και κρύου νερού, οι ηλεκτρικές καλωδιώσεις και ο ανεγκυστήρας. Όσον αφορά τους κόμβους, θεωρήθηκαν σχεδιασμένοι χωρίς κάποιον αντισεισμικό κανονισμό με ασθενή υποστυλώματα, ενώ χρησιμοποιήθηκαν δεκαεννέα (19) διαφορετικές κατηγορίες, με κάθε μία να αφορά τις διαφορετικές διαστάσεις τους και την ύπαρξη συντρεχουσών δοκών σε αυτούς.

Είναι άξιο αναφοράς πως μιας και πρόκειται για αμερικάνικο πρόγραμμα, οι βιβλιοθήκες περιέχουν κόστη επισκευών των διάφορων στοιχείων με βάση τα δεδομένα των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής. Επομένως, όλες οι παραπάνω βιβλιοθήκες τροποποιήθηκαν και τα κόστη επισκευών αντικαταστάθηκαν με αυτά που υπολογίστηκαν αναλυτικά στην προηγούμενη παράγραφο (4.2), έτσι ώστε τα τελικά αποτελέσματα να προσεγγίζουν καλύτερα τα ελληνικά δεδομένα. Τα κόστη που εισήχθησαν στο πρόγραμμα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.4.

Πίνακας 4.4: Τιμές ανά επίπεδο βλάβης για τα δομικά στοιχεία που εισάγονται στο PACT

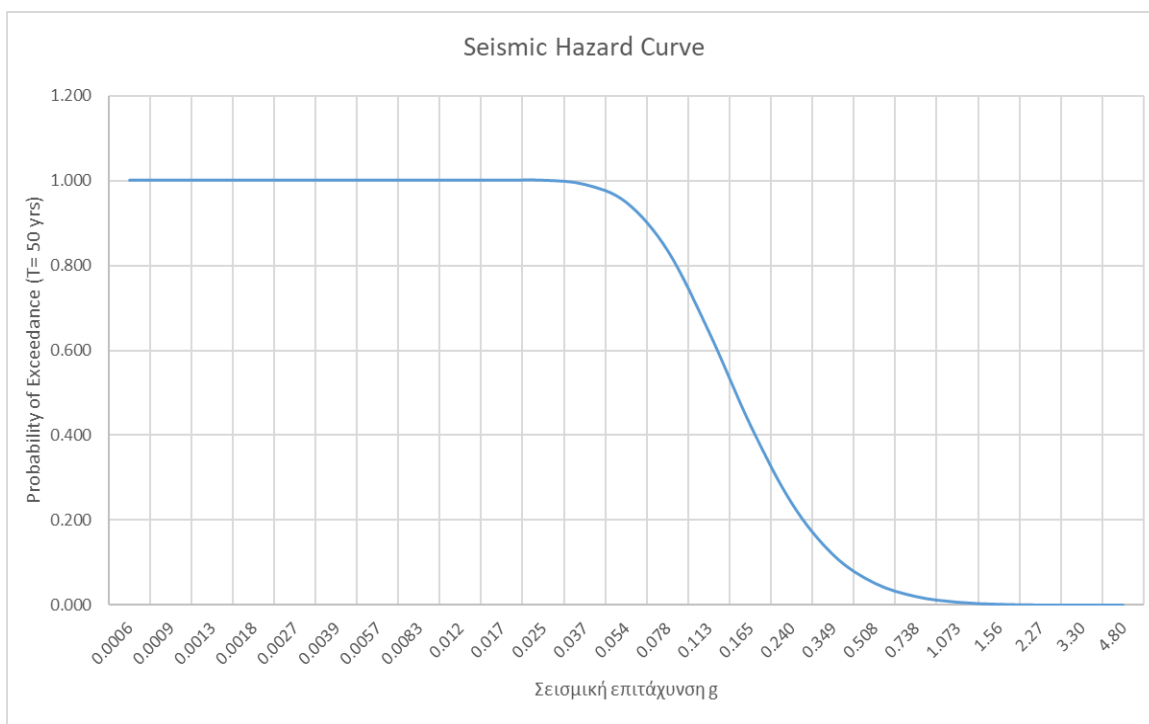
| | AVERAGE REPAIR COST FOR LOWER QUANTITY OF REPAIRS (€) | AVERAGE REPAIR COST FOR UPPER QUANTITY OF REPAIRS (€) |
|---|---|---|
| Επισκευή υποστυλώματος 40x40x25 Απλή ρηγμάτωση - πλήρωση ρωγμών εύρους μικρότερο των 3mm | 463.98 | 371.19 |
| Επισκευή υποστυλώματος 40x40x25 Σημαντική τοπική βλάβη - μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος | 342.08 | 273.67 |
| Επισκευή υποστυλώματος 40x40x25 Σοβαρή βλάβη - πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος | 398.10 | 318.48 |
| Επισκευή υποστυλώματος 75x30 Απλή ρηγμάτωση - πλήρωση ρωγμών εύρους μικρότερο των 3mm | 608.98 | 487.18 |
| Επισκευή υποστυλώματος 75x30 Σημαντική τοπική βλάβη - μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος | 448.98 | 359.19 |
| Επισκευή υποστυλώματος 75x30 Σοβαρή βλάβη - πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος | 522.51 | 418.01 |
| Επισκευή υποστυλώματος 45x45x25 Απλή ρηγμάτωση - πλήρωση ρωγμών εύρους μικρότερο των 3mm | 521.98 | 417.59 |
| Επισκευή υποστυλώματος 45x45x25 Σημαντική τοπική βλάβη - μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος | 384.84 | 307.87 |

| | | |
|--|--------|--------|
| Επισκευή υποστυλώματος 45x45x25 Σοβαρή βλάβη - πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος | 447.86 | 358.29 |
| Επισκευή υποστυλώματος 25x60 Απλή ρηγμάτωση - πλήρωση ρωγμών εύρους μικρότερο των 3mm | 492.98 | 394.39 |
| Επισκευή υποστυλώματος 25x60 Σημαντική τοπική βλάβη - μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος | 363.46 | 290.77 |
| Επισκευή υποστυλώματος 25x60 Σοβαρή βλάβη - πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος | 422.98 | 338.39 |
| Επισκευή υποστυλώματος 25x40 Απλή ρηγμάτωση - πλήρωση ρωγμών εύρους μικρότερο των 3mm | 376.99 | 301.59 |
| Επισκευή υποστυλώματος 25x40 Σημαντική τοπική βλάβη - μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος | 277.94 | 222.35 |
| Επισκευή υποστυλώματος 25x40 Σοβαρή βλάβη - πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος | 323.46 | 258.77 |
| Επισκευή υποστυλώματος 25x55 Απλή ρηγμάτωση - πλήρωση ρωγμών εύρους μικρότερο των 3mm | 463.98 | 371.19 |
| Επισκευή υποστυλώματος 25x55 Σημαντική τοπική βλάβη - μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος | 342.08 | 273.67 |
| Επισκευή υποστυλώματος 25x55 Σοβαρή βλάβη - πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος | 398.10 | 318.48 |
| Επισκευή υποστυλώματος 25x65 Απλή ρηγμάτωση - πλήρωση ρωγμών εύρους μικρότερο των 3mm | 521.98 | 417.59 |
| Επισκευή υποστυλώματος 25x65 Σημαντική τοπική βλάβη - μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος | 384.84 | 307.87 |
| Επισκευή υποστυλώματος 25x65 Σοβαρή βλάβη - πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος | 447.86 | 358.29 |
| Επισκευή υποστυλώματος 80x20 Απλή ρηγμάτωση - πλήρωση ρωγμών εύρους μικρότερο των 3mm | 579.98 | 463.98 |

| | | |
|---|--------|--------|
| Επισκευή υποστυλώματος 80x20 Σημαντική τοπική βλάβη - μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος | 427.60 | 342.08 |
| Επισκευή υποστυλώματος 80x20 Σοβαρή βλάβη - πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος | 497.63 | 398.10 |
| Επισκευή υποστυλώματος 70x20 Απλή ρηγμάτωση - πλήρωση ρωγμών εύρους μικρότερο των 3mm | 521.98 | 417.59 |
| Επισκευή υποστυλώματος 70x20 Σημαντική τοπική βλάβη - μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος | 384.84 | 307.87 |
| Επισκευή υποστυλώματος 70x20 Σοβαρή βλάβη - πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος | 447.86 | 358.29 |
| Επισκευή υποστυλώματος 40x55x25 Απλή ρηγμάτωση - πλήρωση ρωγμών εύρους μικρότερο των 3mm | 550.98 | 440.79 |
| Επισκευή υποστυλώματος 40x55x25 Σημαντική τοπική βλάβη - μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος | 406.22 | 324.98 |
| Επισκευή υποστυλώματος 40x55x25 Σοβαρή βλάβη - πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος | 472.75 | 378.20 |
| Επισκευή υποστυλώματος 40x20 Απλή ρηγμάτωση - πλήρωση ρωγμών εύρους μικρότερο των 3mm | 347.99 | 278.39 |
| Επισκευή υποστυλώματος 40x20 Σημαντική τοπική βλάβη - μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος | 256.56 | 205.25 |
| Επισκευή υποστυλώματος 40x20 Σοβαρή βλάβη - πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος | 298.58 | 238.86 |
| Επισκευή τοιχώματος 160x20 Απλή ρηγμάτωση - πλήρωση ρωγμών εύρους μικρότερο των 3mm | 695.98 | 556.78 |
| Επισκευή τοιχώματος 160x20 Σημαντική τοπική βλάβη - μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος | 513.12 | 410.50 |
| Επισκευή τοιχώματος 160x20 Σοβαρή βλάβη - πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος | 597.15 | 477.72 |

Έπειτα, εισάγεται η Τρωτότητα Κατάρρευσης (Collapse Fragility) και η αντίστοιχη τυπική απόκλιση, όπως υπολογίστηκαν στον Πίνακα 4.3 για την περίπτωση πρώτης αστοχίας κατακόρυφου μέλους λόγω διάτμησης. Στο λογισμικό γίνεται απευθείας η εισαγωγή μόνο των στοιχείων της δυσμενέστερης διεύθυνσης, διότι αυτά είναι που καθορίζουν το αποτέλεσμα.

Ακολούθησε η επιλογή των σεναρίων σεισμικών διεγέρσεων που πρέπει να αξιολογηθούν, σύμφωνα με την κρίση του μελετητή αλλά και τον Κανονισμό Επεμβάσεων. Ειδικότερα, επιλέγονται σεισμικές δράσεις με πιθανότητα υπέρβασης 50%, 10% και 2% στα 50 χρόνια, καθώς και η δράση που εκτιμήθηκε ότι επιφέρει την αστοχία, όπως προέκυψε από την ανάλυση της παραγράφου 3.3.2.. Η φασματική επιτάχυνση που αντιστοιχεί στα σενάρια αυτά, προσδιορίζεται από τις Καμπύλες Σεισμικής Επικινδυνότητας για το Νέο Ψυχικό Αττικής, από τα δεδομένα βάσης των European Facilities for Earthquake Hazard and Risk (EFEHR), προσαρμοσμένες στην ιδιοπερίοδο του κτιρίου. Η ιστοσελίδα προσφέρει στοιχεία που αφορούν αποκλειστικά έδαφος τύπου Α, επομένως αναπροσαρμόζονται αναλόγως για να αφορούν έδαφος τύπου Β, όπως αυτό του εξεταζόμενου κτιρίου και προκύπτει η Καμπύλη Επικινδυνότητας του φορέα, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 4.18. Στη συνέχεια, υπολογίστηκαν μέσω του SeismoBuild οι σχετικές στροφές και οι επιταχύνσεις των ορόφων για κάθε ένα σενάριο σεισμικής έντασης και εισήχθησαν στο πρόγραμμα. Αναλυτικά, στους Πίνακες 4.5 και 4.6 παρουσιάζονται τα τέσσερα σενάρια που περιεγράφηκαν, μαζί με τις τιμές της φασματικής επιτάχυνσης και της μέσης ετήσιας συχνότητας που τους αντιστοιχούν.



Σχήμα 4.18: Καμπύλη Σεισμικής Επικινδυνότητας για $T=0.42$ sec και έδαφος Β

Πίνακας 4.5: Φασματική Επιτάχυνση και Μέση Ετήσια Συχνότητα Υπέρβασης σεναρίων για τη διεύθυνση X

| Σενάρια | Πιθανότητα υπέρβασης / 50 χρόνια | Φασματική επιτάχυνση g | Μέση ετήσια συχνότητα υπέρβασης (MAFE) |
|---------|----------------------------------|------------------------|--|
| 1 | 50% | 0.147 | 0.013863 |
| 2 | 26% | 0.231 | 0.006060 |
| 3 | 10% | 0.392 | 0.002107 |
| 4 | 2% | 0.746 | 0.000404 |

Πίνακας 4.6: Φασματική Επιτάχυνση και Μέση Ετήσια Συχνότητα Υπέρβασης σεναρίων για τη διεύθυνση Y

| Σενάρια | Πιθανότητα υπέρβασης / 50 χρόνια | Φασματική επιτάχυνση g | Μέση ετήσια συχνότητα υπέρβασης (MAFE) |
|---------|----------------------------------|------------------------|--|
| 1 | 50% | 0.147 | 0.013863 |
| 2 | 19% | 0.283 | 0.004239 |
| 3 | 10% | 0.392 | 0.002107 |
| 4 | 2% | 0.746 | 0.000404 |

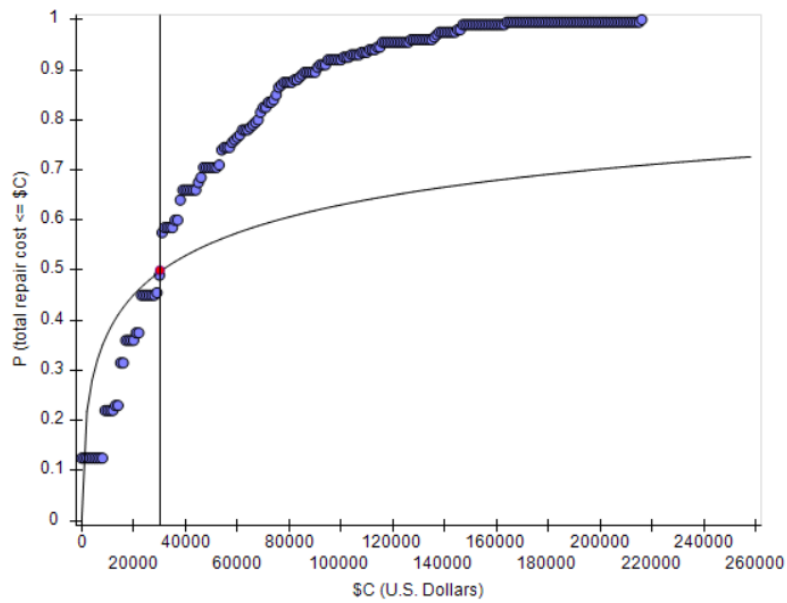
Αφού ολοκληρωθεί η εισαγωγή των απαραίτητων δεδομένων, γίνεται εξέταση των αποτελεσμάτων του προγράμματος, όσον αφορά το κόστος αποκατάστασης, το οποίο αναφέρεται στην επαναφορά του κτιρίου στην κατάσταση που βρισκόταν πριν την σεισμική διέγερση. Το πρόγραμμα έχει οριστεί να εκτελεί 200 επιλύσεις, όπου σε κάθε μία υπολογίζεται ένα κόστος αποκατάστασης και η αντίστοιχη πιθανότητα εμφάνισης.

Σε πρώτη φάση, προκύπτουν οι καμπύλες επιτελεστικότητας που σχετίζονται με το μέσο κόστος αποκατάστασης του κάθε σεναρίου. Προσεγγιστικά, από την λογαριθμική καμπύλη που εφαρμόζεται στα αποτελέσματα της κάθε επίλυσης, επιλέγεται η τιμή που αφορά πυκνότητα πιθανότητας ίση με 50%. Ειδικότερα:

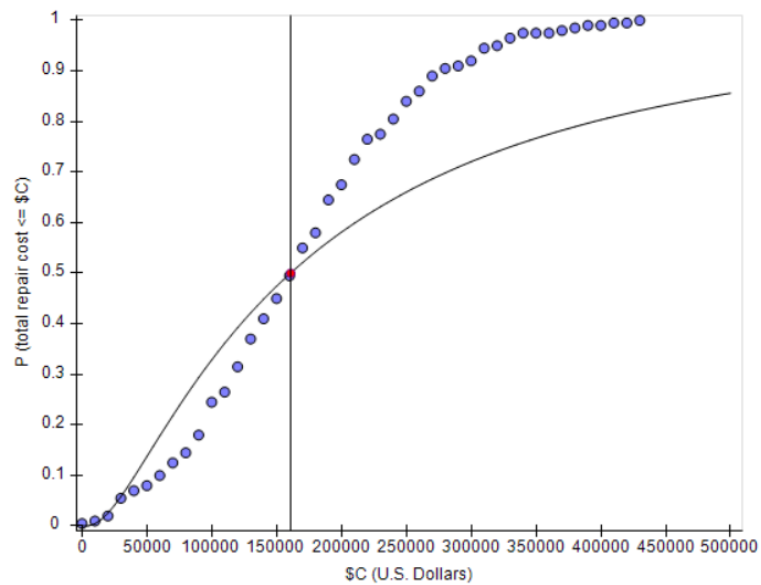
- Για το πρώτο σενάριο (πιθανότητα υπέρβασης 50%/50 χρόνια) το μέσο κόστος υπολογίζεται στα 30,117.65 €, δηλαδή το 3.73% του κόστους αντικατάστασης.
- Για το δεύτερο σενάριο (πιθανότητα υπέρβασης 26%/50 χρόνια) το μέσο κόστος υπολογίζεται στα 160,909.09 €, δηλαδή το 19.95% του κόστους αντικατάστασης.
- Για το τρίτο σενάριο (πιθανότητα υπέρβασης 10%/50 χρόνια) το μέσο κόστος υπολογίζεται στα 286,363.64 €, δηλαδή το 35.50% του κόστους αντικατάστασης.
- Για το τέταρτο σενάριο (πιθανότητα υπέρβασης 2%/50 χρόνια) το μέσο κόστος υπολογίζεται στα 453,333.33 €, δηλαδή το 56.20% του κόστους αντικατάστασης.

Στα τρία πρώτα σενάρια, η ζημιά δεν υπερβαίνει το ποσοστό του κόστους αντικατάστασης που θεωρήθηκε κρίσιμο, ενώ το μέσο κόστος του τέταρτου σεναρίου, βρίσκεται αρκετά κοντά στο όριο του 60% του κόστους αντικατάστασης. Κάτι τέτοιο, υποδηλώνει πως για ενδεχόμενο σεισμό με ένταση που αντιστοιχεί σε πιθανότητα υπέρβασης 2% στα 50 χρόνια, είναι πιθανό να ξεπεραστεί το όριο, και να ακολουθήσει η

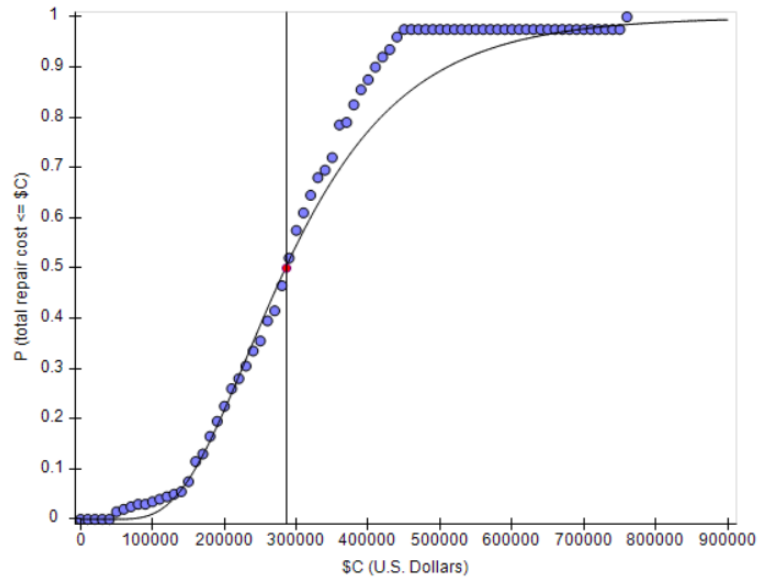
κατεδάφιση του κτιρίου για την κατασκευή νέου. Οι καμπύλες επιτελεστικότητας αποτυπώνονται στα Σχήματα 4.19 έως 4.22.



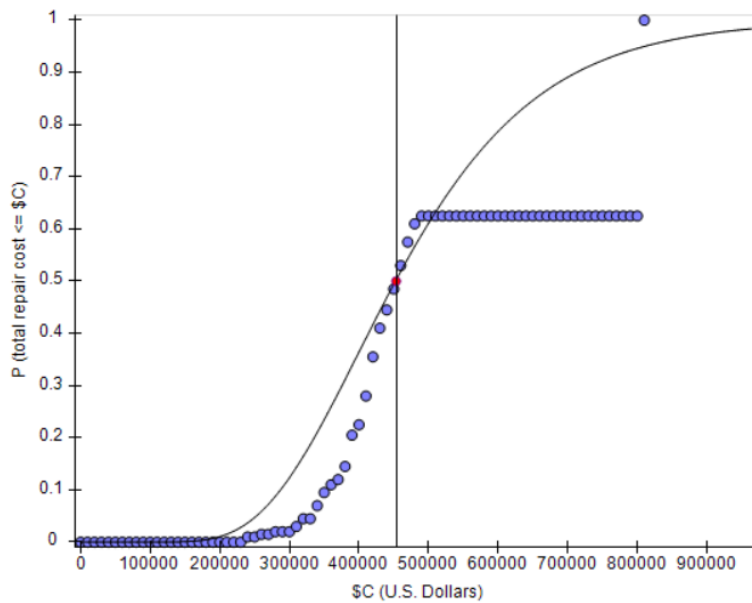
Σχήμα 4.19: Καμπύλη επιτελεστικότητας μέσω κόστους για το σενάριο 1



Σχήμα 4.20: Καμπύλη επιτελεστικότητας μέσω κόστους για το σενάριο 2

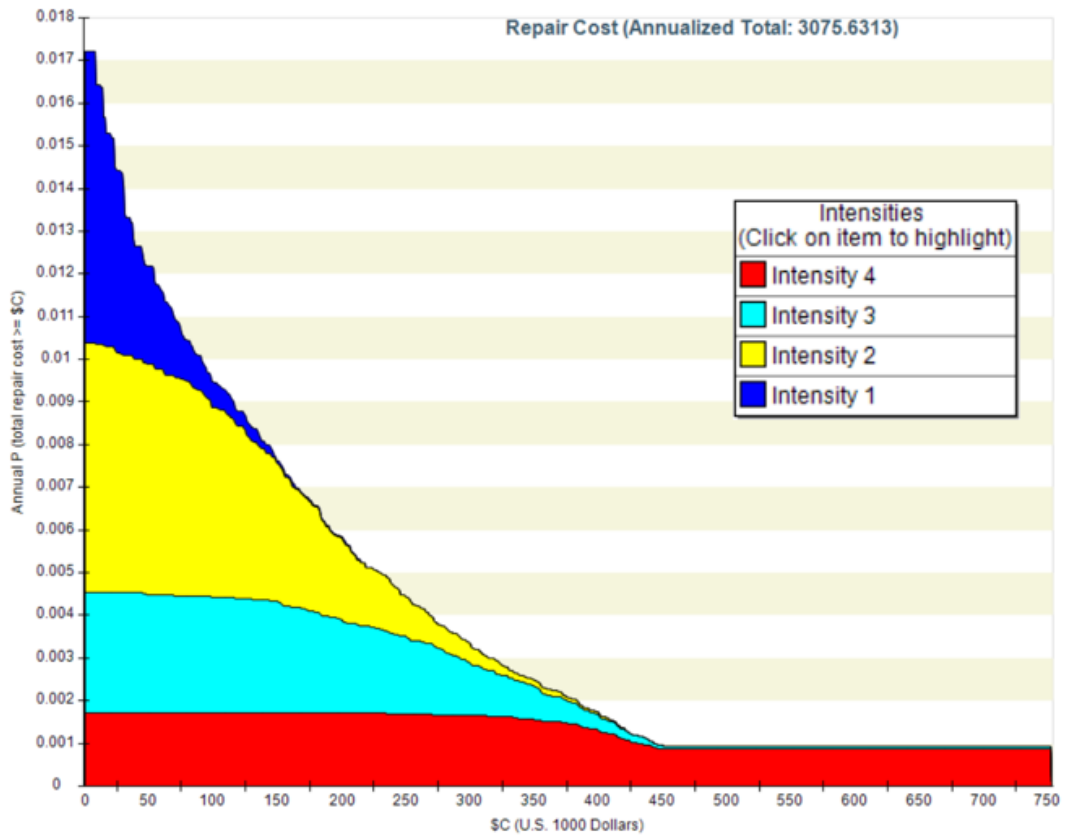


Σχήμα 4.21: Καμπύλη επιτελεσματικότητας μέσου κόστους για το σενάριο 3



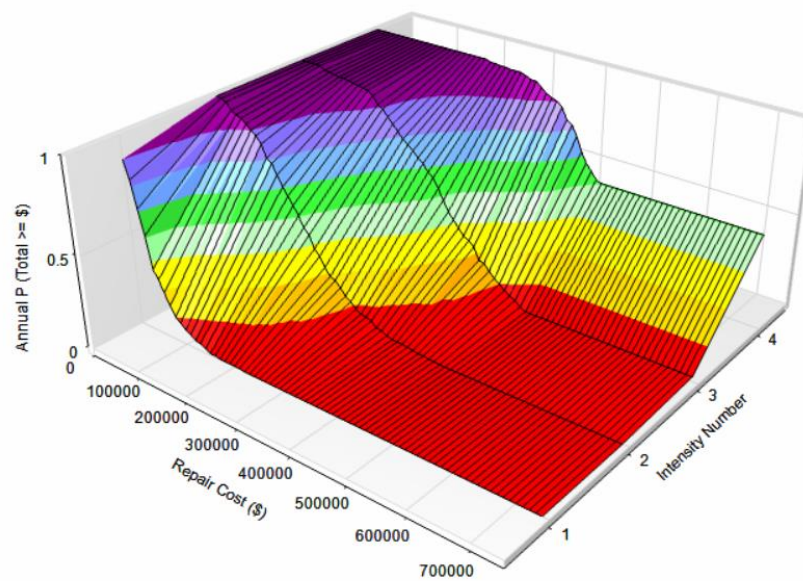
Σχήμα 4.22: Καμπύλη επιτελεσματικότητας μέσου κόστους για το σενάριο 4

Μία ακόμα χρήσιμη πληροφορία που εξάγεται από τα αποτελέσματα του προγράμματος είναι το μέσο ετήσιο επισκευαστικό κόστος. Όπως παρουσιάζεται και στα παρακάτω σχήματα, η τιμή του κόστους αυτού ανέρχεται στα 3,075.63 €, η οποία αντιστοιχεί στο 0.38 % της συνολικής αξίας της κατασκευής. Η περίοδος κατασκευής του κτιρίου δικαιολογεί απόλυτα αυτό το ποσοστό, το οποίο δεν θεωρείται ανησυχητικό.



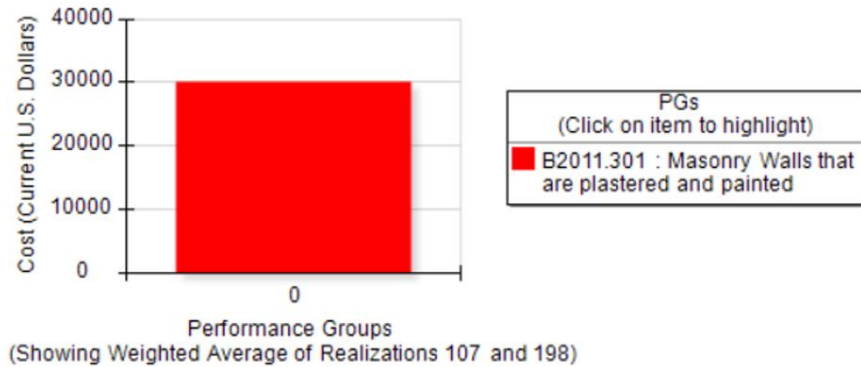
Σχήμα 4.23: Μέσο ετήσιο επισκευαστικό κόστος

Repair Cost Curves

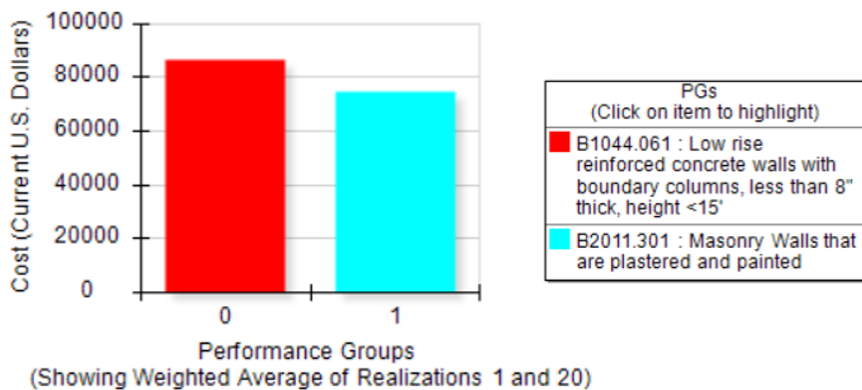


Σχήμα 4.24: Τρισδιάστατη απεικόνιση μέσου ετήσιου επισκευαστικού κόστους

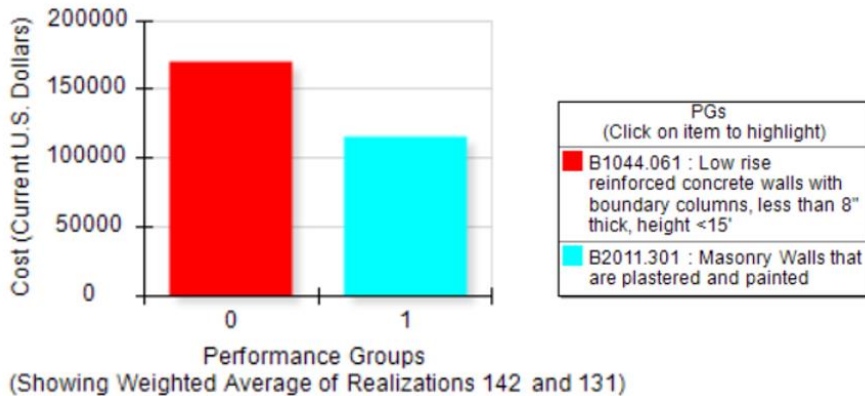
Ταυτόχρονα, αντλούνται πληροφορίες όσον αφορά τη συνεισφορά των ομάδων τρωτότητας της κατασκευής στο συνολικό επισκευαστικό κόστος του κάθε σεναρίου. Συγκεκριμένα, από τα Σχήματα 4.25 έως 4.28, παρατηρείται πως στο σενάριο 1, όλο το κόστος προέρχεται από βλάβες της τοιχοποιίας. Αντίστοιχα, στο σενάριο 2 και 3 η τιμή του κόστους οφείλεται σε βλάβες στην τοιχοποιία και στα τοιχώματα του πυρήνα. Τελικά, στο σενάριο 4, εμφανίζονται βλάβες σε πολλά μέλη αλλά πάλι το μεγαλύτερο μέρος του κόστους προέρχεται από βλάβες τοιχοποιίας και τοιχωμάτων.



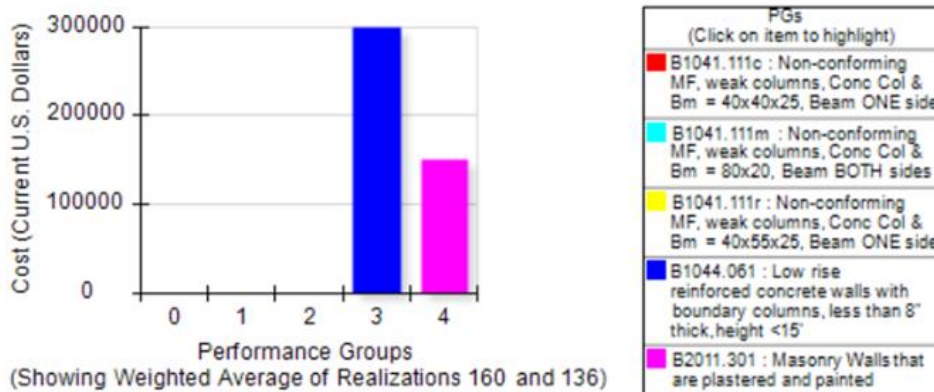
Σχήμα 4.25: Συνεισφορά μελών στο κόστος επισκευής για το σενάριο 1



Σχήμα 4.26: Συνεισφορά μελών στο κόστος επισκευής για το σενάριο 2



Σχήμα 4.27: Συνεισφορά μελών στο κόστος επισκευής για το σενάριο 3



Σχήμα 4.28: Συνεισφορά μελών στο κόστος επισκευής για το σενάριο 4

5 Ενίσχυση του φορέα

5.1 Διερεύνηση μεθόδου ενίσχυσης

Όπως αποδείχθηκε κατά την αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας της κατασκευής μέσω της ανελαστικής στατικής και της ανελαστικής δυναμικής ανάλυσης, ο φορέας εμφανίζει αστοχίες στα κατακόρυφα στοιχεία και στις δύο διευθύνσεις, λόγω διάτμησης, για την εδαφική επιτάχυνση (0.16g) που αντιστοιχεί στην περιοχή. Επομένως, είναι σκόπιμο να γίνει ενίσχυση της κατασκευής με στόχο να μην αστοχεί κανένα κατακόρυφο μέλος για την επιτάχυνση αυτή.

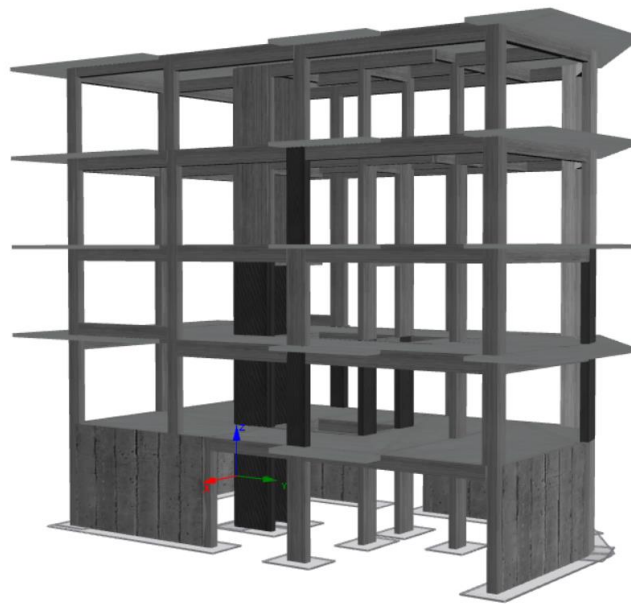
Η μελέτη ενίσχυσης πραγματοποιείται σύμφωνα με τις διατάξεις του Κανονισμού Επεμβάσεων, με τη χρήση του προγράμματος SeismoBuild, το οποίο προσφέρει τη δυνατότητα ενίσχυσης μελών με όλες τις διαδεδομένες μεθόδους. Συγκεκριμένα, ακολουθείται μία επαναληπτική διαδικασία βελτιστοποίησης, κατά την οποία δοκιμάζονται διάφορες περιπτώσεις ενίσχυσης, έτσι ώστε ο φορέας να μην αστοχεί για την εξεταζόμενη εδαφική επιτάχυνση.

Σε πρώτη φάση, είναι απαραίτητο να εντοπιστούν τα μέλη που χρειάζονται ενίσχυση. Για τον λόγο αυτό, εκτελούνται οι έλεγχοι αντοχής σε διάτμηση για το κτίριο χωρίς ενίσχυση, για επιτάχυνση 0.16g και στο Σχήμα 5.1 παρουσιάζονται τα στοιχεία που εμφανίζουν αστοχία, σύμφωνα με το πρόγραμμα. Ειδικότερα, η αστοχία παρατηρείται στον πυρήνα σκυροδέματος στη στάθμη υπογείου, 1^{ου} και 2^{ου} ορόφου, στα υποστυλώματα K15, K4, K12, K11 στον 1^ο όροφο, στο υποστύλωμα K15 στον 2^ο όροφο και στο υποστύλωμα K12 στον 3^ο όροφο.

| Member | Floor | Edge | Local Axis | Demand | Capacity | Perf. Ratio | Analysis |
|------------|-------|-------|------------|------------|------------|-------------|---------------------------|
| wall W7 | 2 | Start | (3) | 371.227747 | 267.638959 | 1.387047 | Uniform + X - eccY + 0.3Y |
| wall W8 | 2 | Start | (3) | 403.358755 | 301.295652 | 1.338747 | Uniform + 0.3X + eccY - Y |
| wall W7 | 3 | Start | (3) | 395.879507 | 297.440929 | 1.330952 | Modal + X - eccY + 0.3Y |
| wall W8 | 1 | End | (3) | 743.308159 | 564.678135 | 1.316340 | Modal - X - 0.3Y + eccX |
| wall W6 | 3 | Start | (3) | 345.607534 | 267.815580 | 1.290468 | Modal - 0.3X + Y - eccX |
| wall W6 | 2 | Start | (3) | 377.051745 | 293.765974 | 1.283511 | Uniform - 0.3X - Y - eccX |
| wall W8 | 3 | Start | (3) | 318.044746 | 252.834545 | 1.257917 | Modal + 0.3X + Y + eccX |
| column C15 | 2 | Start | (2) | 296.947292 | 247.193811 | 1.201273 | Uniform - X + eccY - 0.3Y |
| wall W8 | 1 | Start | (3) | 743.308159 | 624.032189 | 1.191138 | Modal - X - 0.3Y + eccX |
| wall W8 | 3 | End | (3) | 268.441758 | 235.742734 | 1.138706 | Uniform + 0.3X + eccY - Y |
| wall W7 | 3 | End | (3) | 395.879507 | 354.481060 | 1.116786 | Modal + X - eccY + 0.3Y |
| wall W6 | 1 | End | (3) | 661.755732 | 593.638959 | 1.114744 | Uniform + X - 0.3Y - eccX |
| column C15 | 2 | End | (2) | 296.947292 | 266.706016 | 1.113388 | Uniform - X + eccY - 0.3Y |
| column C4 | 2 | Start | (3) | 164.931811 | 152.959017 | 1.078275 | Uniform - 0.3X - Y - eccX |
| column C12 | 2 | Start | (3) | 193.265553 | 179.617692 | 1.075983 | Uniform + 0.3X + eccY - Y |
| column C4 | 2 | End | (3) | 164.931811 | 156.514564 | 1.053779 | Uniform - 0.3X - Y - eccX |
| column C11 | 2 | Start | (2) | 238.146908 | 226.716885 | 1.050415 | Uniform + X + eccY + 0.3Y |
| wall W6 | 1 | Start | (3) | 514.489694 | 489.980778 | 1.050020 | Uniform - 0.3X + Y - eccX |
| column C12 | 4 | End | (3) | 150.343755 | 144.454961 | 1.040766 | Modal - 0.3X - Y + eccX |
| wall W7 | 1 | Start | (3) | 361.209708 | 347.894805 | 1.038273 | Uniform + X - 0.3Y - eccX |
| column C15 | 3 | End | (2) | 244.112646 | 240.713219 | 1.014122 | Uniform - X + eccY - 0.3Y |
| column C10 | 2 | Start | (2) | 294.592761 | 290.946651 | 1.012532 | Uniform - X + eccY + 0.3Y |
| column C11 | 2 | End | (2) | 238.146908 | 235.727283 | 1.010265 | Uniform + X + eccY + 0.3Y |
| wall W7 | 2 | End | (3) | 371.227747 | 367.788666 | 1.009351 | Uniform + X - eccY + 0.3Y |
| column C12 | 2 | End | (3) | 193.265553 | 191.648142 | 1.008439 | Uniform + 0.3X + eccY - Y |

Σχήμα 5.1: Μέλη που αστοχούν σε διάτμηση για εδαφική επιτάχυνση 0.16g, σε μη ενισχυμένο φορέα

Η μέθοδος ενίσχυσης που επιλέγεται αρχικά είναι η χρήση σύνθετου υλικού ινών άνθρακα, FRP, το οποίο ενισχύει σημαντικά την διατμητική αντοχή των μελών και είναι σχετικά εύκολο στην εφαρμογή. Εκτελείται η πρώτη δοκιμή, ενισχύοντας τα μέλη που αστόχησαν παραπάνω και γίνονται εκ νέου οι έλεγχοι. Κάθε φορά που προκύπτει καινούργια αστοχία, ενισχύεται το μέλος και γίνεται νέα δοκιμή. Έπειτα από πολυάριθμες δοκιμές και επεμβάσεις κατά τις οποίες τα υποστυλώματα δεν εμφάνισαν προβλήματα διάτμησης, διαπιστώθηκε πως ο πυρήνας στη στάθμη του ισογείου δεν αυξάνει σε καμία περίπτωση την διατμητική του αντοχή και δεν είναι δυνατόν να ικανοποιήσει τους ελέγχους. Συμπερασματικά, η ενίσχυση με αποκλειστική χρήση υλικού FRP δεν είναι δυνατή και είναι ανάγκη να βρεθούν άλλες λύσεις, αφού βέβαια, προσδιορισθεί ο λόγος που εμφανίζεται τέτοιο πρόβλημα.



Σχήμα 5.2: Ενισχυμένος φορέας με αποκλειστική χρήση FRP

| Member | Floor | Edge ▲ | Local Axis ▼ | Demand ⚡ | Capacity ⚡ | Perf. Ratio ⚡ | Analysis ⚡ |
|---------|-------|--------|--------------|------------|------------|---------------|---------------------------|
| wall W7 | 2 | Start | (3) | 354.549953 | 265.045248 | 1.337696 | Uniform + X - eccY + 0.3Y |
| wall W8 | 2 | Start | (3) | 402.526590 | 303.625353 | 1.325734 | Uniform + 0.3X + eccY - Y |
| wall W6 | 2 | Start | (3) | 377.083882 | 293.818885 | 1.283389 | Uniform - 0.3X - Y - eccX |

Σχήμα 5.3: Μέλη που αστοχούν σε διάτμηση για εδαφική επιτάχυνση 0.16g, σε ενισχυμένο φορέα μόνο με FRP

Μετά από διερεύνηση στο τεύχος υπολογισμών του προγράμματος, κατέστη σαφές πως η αστοχία των τοιχωμάτων του πυρήνα οφείλεται σε ολίσθηση στη βάση τους, η οποία προηγείται της αστοχίας σε τέμνουσα δύναμη. Έτσι, δικαιολογείται απόλυτα το πρόβλημα, μιας και το FRP ενίσχυσε την διατμητική συμπεριφορά και όχι την καμπτική. Αναλυτικά, ο υπολογισμός της ικανότητας σε τέμνουσα των τοιχίων πραγματοποιείται με τον εξής τύπο:

$$V_R = \min (V_{R,τοιχ}, V_{R,SLS}) \quad (5.1)$$

όπου,

V_R : η διατμητική αντοχή του τοιχώματος που υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση (1.16)

$V_{R,SLS}$: η πιθανότητα ολίσθησης στη βάση του τοιχώματος που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$V_{R,SLS} = V_i + V_f + V_d \quad (5.2)$$

με

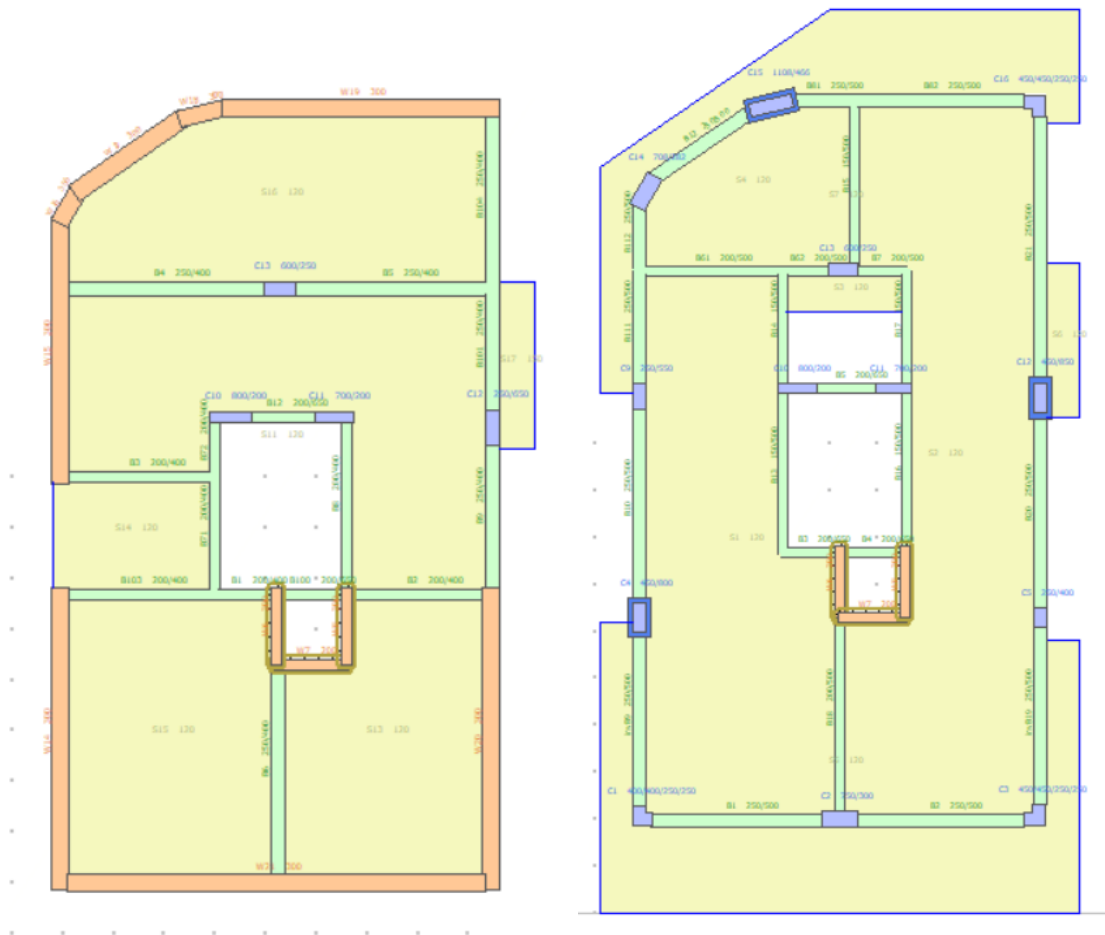
$$V_i = \sum A_{si} f_{yi} \cos \varphi \quad (5.3)$$

$$V_f = \min (\mu [(\sum A_{sv} f_{yv} + N) \xi + M_y / z] ; 0.3 f_c A_{compr}) \quad (5.4)$$

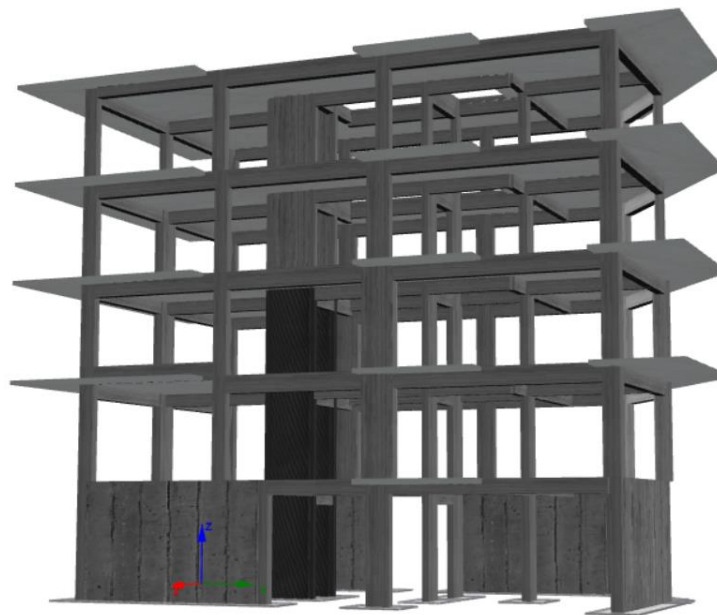
$$V_d = 1.6 \sum A_{sv} \sqrt{f_c} f_{yv} \leq \sum A_{sv} f_{yv} / \sqrt{3} \quad (5.5)$$

Με βάση τις σχέσεις, γίνεται αντιληπτό πως για να βρεθεί λύση στο πρόβλημα και να υπάρξει αύξηση αντίστασης σε ολίσθηση στη βάση, πρέπει αποκλειστικά να αυξηθεί είτε το εμβαδόν, είτε η ροπή διαρροής της διατομής. Η αύξηση στο εμβαδόν της διατομής του τοιχώματος πραγματοποιείται μόνο μέσω της τοποθέτησης μανδύα, κάτι που είναι ιδιαίτερα δύσκολο σε αυτή την περίπτωση. Επομένως, το μόνο μέγεθος που μπορεί να τροποποιηθεί χωρίς να χρειαστεί να αλλάξει το εμβαδόν διατομής, είναι η ροπή διαρροής M_y της διατομής του τοιχώματος.

Αν αλλάξει η κατανομή δυσκαμψίας στον όροφο, θα μπορέσει να μειωθεί η ροπή που λαμβάνει το τοίχωμα. Παράλληλα, όπως είναι γνωστό, ήδη κάποια υποστυλώματα θέλουν ενίσχυση, οπότε είναι βέλτιστο να ενισχυθούν με μανδύα, έτσι ώστε να επιτευχθεί ταυτόχρονα και ενίσχυση και αλλαγή δυσκαμψίας. Μετά από αρκετές δοκιμές προέκυψε η λύση τοποθέτησης μανδύα σκυροδέματος στα υποστυλώματα K4, K12 και K15 καθ' ύψος ισόγειο και 1^{ου} ορόφου αλλά και ενίσχυσης του πυρήνα με FRP στο υπόγειο, το ισόγειο και τον 1^ο όροφο. Έτσι, τα τοιχώματα λαμβάνουν μικρότερη καμπτική ροπή και η κατασκευή περνάει όλους τους ελέγχους, με ενισχύσεις που δεν είναι περίπλοκες στην εφαρμογή. Ωστόσο, πάντα είναι προτιμητέα μία τυποποιημένη επέμβαση για όλα τα μέλη, η οποία δυστυχώς δεν είναι δυνατή. Στα Σχήματα 5.4 έως 5.6, παρουσιάζεται αναλυτικά η ενίσχυση που επιλέχθηκε, μαζί με τους ελέγχους των μελών σε διάτμηση, που ικανοποιούνται.



Σχήμα 5.4: Ξυλότυπος υπογείου (αριστερά) και ξυλότυπος ισογείου και 1^{ου} ορόφου (δεξιά) ενισχυμένου φορέα



Σχήμα 5.5: Τελικός ενισχυμένος φορέας με χρήση μανδύα και FRP

| Member | Floor | Edge | Local Axis | Demand | Capacity | Perf. Ratio | Analysis |
|------------|-------|-------|------------|------------|------------|-------------|---------------------------|
| column C12 | 4 | End | (3) | 135.625593 | 140.773747 | 0.963430 | Modal - 0.3X - Y + eccX |
| column C9 | 4 | End | (3) | 98.663787 | 106.731905 | 0.924408 | Uniform + 0.3X + eccY + Y |
| column C1 | 5 | End | (2) | 66.882565 | 73.682514 | 0.907713 | Modal - X - eccY - 0.3Y |
| column C4 | 4 | End | (3) | 109.392121 | 121.021586 | 0.903906 | Uniform - 0.3X + Y - eccX |
| column C2 | 4 | End | (2) | 268.828997 | 297.838568 | 0.902600 | Modal - X - eccY - 0.3Y |
| column C11 | 2 | Start | (2) | 194.097393 | 216.369224 | 0.897066 | Uniform + X + eccY + 0.3Y |
| column C9 | 2 | Start | (3) | 114.609561 | 128.644349 | 0.890902 | Uniform - 0.3X + Y - eccX |
| column C15 | 4 | End | (2) | 190.008032 | 215.933136 | 0.879939 | Uniform - X + eccY - 0.3Y |
| column C10 | 2 | Start | (2) | 227.784182 | 259.373536 | 0.878209 | Uniform - X + eccY - 0.3Y |
| column C2 | 4 | Start | (2) | 268.828997 | 306.134777 | 0.878139 | Modal - X - eccY - 0.3Y |
| column C3 | 4 | End | (3) | 85.163222 | 97.626624 | 0.872336 | Modal + X - eccY + 0.3Y |
| column C9 | 4 | Start | (3) | 98.663787 | 113.263368 | 0.871101 | Uniform + 0.3X + eccY + Y |
| column C14 | 2 | Start | (3) | 59.290770 | 68.407911 | 0.866724 | Uniform - X + 0.3Y + eccX |
| column C3 | 3 | End | (3) | 97.210106 | 112.473404 | 0.864294 | Modal + X - eccY + 0.3Y |
| column C12 | 4 | Start | (3) | 135.625593 | 157.050688 | 0.863578 | Modal - 0.3X - Y + eccX |
| wall W8 | 5 | End | (3) | 133.614160 | 155.096640 | 0.861490 | Modal - X - 0.3Y + eccX |
| column C3 | 5 | End | (3) | 61.414461 | 71.524698 | 0.858647 | Modal + X - eccY + 0.3Y |
| wall W7 | 5 | End | (3) | 164.962944 | 192.230315 | 0.858153 | Modal + X - eccY + 0.3Y |
| column C11 | 2 | End | (2) | 194.097393 | 227.473390 | 0.853275 | Uniform + X + eccY + 0.3Y |
| column C14 | 3 | End | (3) | 49.637610 | 58.548448 | 0.847804 | Uniform - X + eccY - 0.3Y |
| column C14 | 3 | Start | (3) | 49.637610 | 58.548448 | 0.847804 | Uniform - X + eccY - 0.3Y |
| column C1 | 4 | End | (2) | 73.721991 | 87.148834 | 0.845932 | Modal - X - eccY + 0.3Y |
| column C2 | 2 | Start | (2) | 289.774502 | 342.634342 | 0.845725 | Uniform - X - eccY + 0.3Y |
| wall W6 | 4 | End | (3) | 191.416077 | 227.236573 | 0.842365 | Uniform - 0.3X + Y - eccX |
| column C14 | 2 | End | (3) | 46.315134 | 55.092241 | 0.840683 | Uniform - X + eccY - 0.3Y |

Σχήμα 5.6: Έλεγχοι μελών σε διάτμηση για εδαφική επιτάχυνση 0.16g, σε ενισχυμένο φορέα με μανδύα και FRP

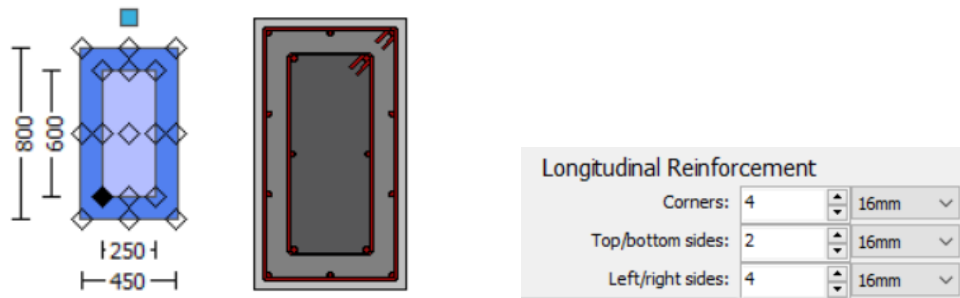
5.2 Τεχνικά Χαρακτηριστικά Ενίσχυσης

Όσον αφορά τα τεχνικά χαρακτηριστικά της ενίσχυσης, για τον πυρήνα σκυροδέματος επιλέχθηκε καθ' ύψος ύφασμα ινών άνθρακα της εταιρίας Sika τύπου SikaWrapB-230C, το οποίο είναι πλεκτό, μονής διεύθυνσης, σχεδιασμένο για εφαρμογές δομητικής ενίσχυσης. Επιπλέον, έχει χαμηλή πυκνότητα, για αποφυγή επιπρόσθετου ιδίου βάρους και είναι εύκαμπτο. Στο Σχήμα 5.7 εμφανίζονται αναλυτικά τα τεχνικά του χαρακτηριστικά.

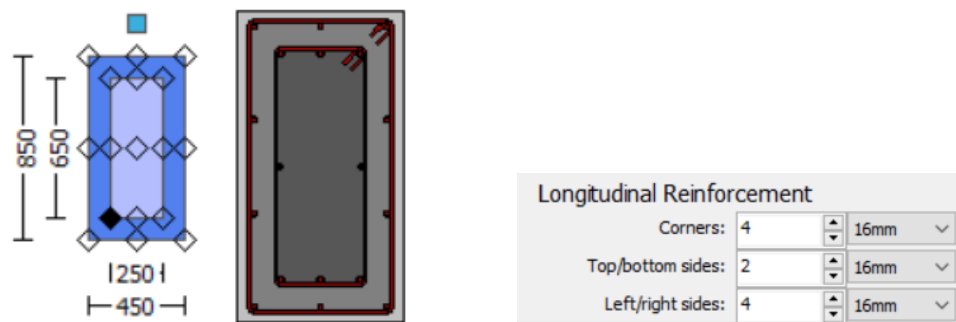
| SikaWrapB®-230 C | |
|---|---------------|
| Company Name: | Sika |
| Type: | Carbon |
| Fiber Orientation: | 0° (uniaxial) |
| Application: | Dry/Wet |
| Resin: | Sikadur®-330 |
| Typical Fiber Properties (nominal values) | |
| Fiber Thickness (mm) | 0.1290 |
| Tensile Strength (MPa) | 3200.0 |
| Tensile Modulus (MPa) | 220000.0 |
| Elongation (%) | 1.70 |
| Weight (gr/m ²) | 235.0 |

Σχήμα 5.7: Τεχνικά χαρακτηριστικά υλικού FRP τύπου SikaWrapB-230C

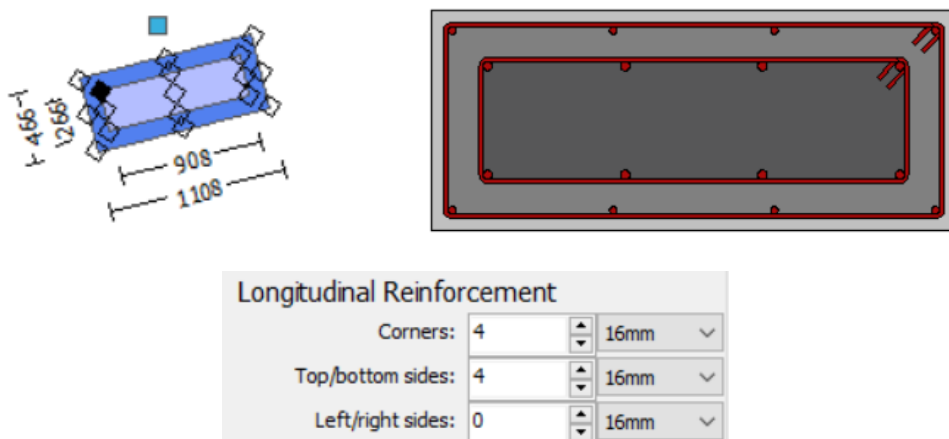
Κάθε μανδύας σκυροδέματος εφαρμόζεται σε κάθε πλευρά του αντίστοιχου υποστυλώματος και έχει πάχος 10 cm. Επιλέγεται εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ποιότητας C25/30, ενώ τοποθετείται ο κατάλληλος οπλισμός ανά περίπτωση και στα Σχήματα 5.8 έως 5.10, παρουσιάζονται αναλυτικά οι νέες διατομές που εισήχθησαν στο πρόγραμμα.



Σχήμα 5.8: Μανδύας σκυροδέματος και επιπλέον οπλισμός υποστυλώματος K4



Σχήμα 5.9: Μανδύας σκυροδέματος και επιπλέον οπλισμός υποστυλώματος K12



Σχήμα 5.10: Μανδύας σκυροδέματος και επιπλέον οπλισμός υποστυλώματος K15

5.3 Εκτίμηση Κόστους Ενίσχυσης – Συμπεράσματα

Μετά από έρευνα αγοράς στο εμπόριο, όσον αφορά τις τιμές των υλικών και των εργασιών που απαιτούνται για την υλοποίηση της επέμβασης, εκτιμήθηκαν τα ακόλουθα κόστη ενίσχυσης μελών, με προσεγγιστικούς υπολογισμούς.

Πίνακας 5.1: Κόστη υλικών ενίσχυσης

| Μέθοδος ενίσχυσης | Μονάδα Μέτρησης | Τιμή (€) |
|---|-----------------|----------|
| Μανδύας εκτοξευόμενου σκυροδέματος, πάχους 10 cm, C25/30 σε υποστρώματα (οπλισμοί, σκυρόδεμα, προετοιμασία, βλήτρα κλπ) | m ³ | 1400 |
| SikaWrapB-230C - μία στρώση | m ² | 80 |

Εφαρμόζοντας τα παραπάνω δεδομένα στην εξεταζόμενη περίπτωση ενίσχυσης του κτιρίου, προκύπτει το συνολικό κόστος. Στην τελική τιμή γίνεται μία προσαύξηση της τάξης του 25%, για να ληφθούν υπόψη τα απρόβλεπτα των εργασιών.

Πίνακας 5.2: Κόστος ενίσχυσης κτιρίου

| Ενίσχυση μελών | Μονάδα Μέτρησης | Τιμή (€) | Ποσότητα | Κόστος (€) |
|--|-----------------|----------|----------|------------|
| Μανδύας υποστρωμάτων ισόγειου και 1ου ορόφου | m ³ | 1400 | 4.02 | 5624.30 |
| SikaWrapB-230C πυρήνα σε υπόγειο, ισόγειο και 1ο όροφο | m ² | 80 | 92.34 | 7387.2 |

| | |
|---------------------------------------|---------------|
| Συνολικό Κόστος Ενίσχυσης Κτιρίου (€) | 16,264 |
|---------------------------------------|---------------|

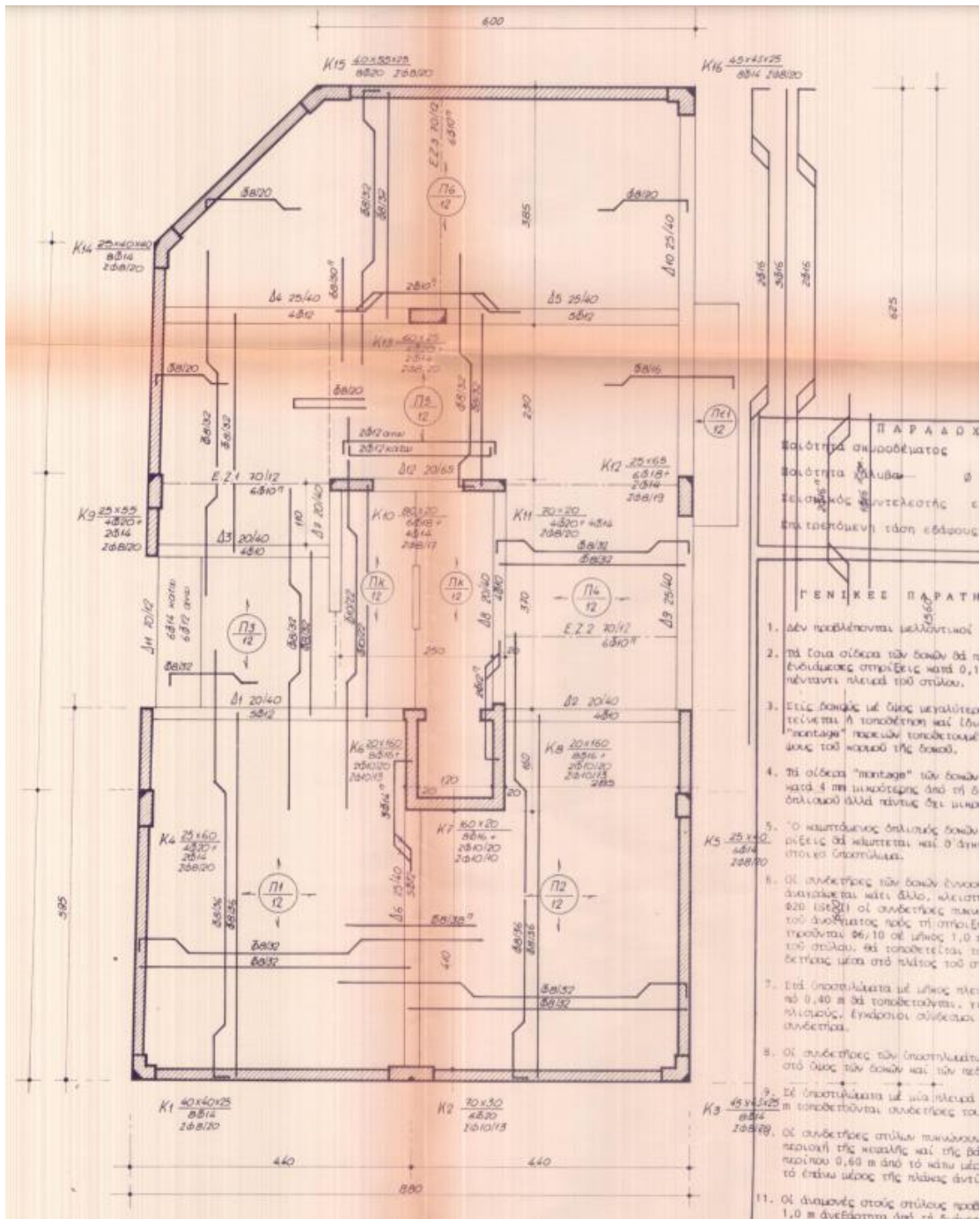
Όπως παρουσιάστηκε και στο κεφάλαιο 4.3, το μέσο ετήσιο επισκευαστικό κόστος ανέρχεται στα 3,075.63 €. Επομένως, το κόστος ενίσχυσης ισοδυναμεί περίπου με το κόστος που θα επιφέρουν 6 χρόνια ζωής του κτιρίου. Είναι άξιο αναφοράς, βέβαια, πως δεν έχει αναλυθεί η χρονική διάρκεια της κάθε εργασίας, μαζί με τα έξοδα που μπορεί να επιφέρει, κάτι που ευνοεί τις επισκευές στην περίπτωση του σεισμού, διότι προκαλούν μεγαλύτερη αναστάτωση σε σχέση με την προγραμματισμένη και ελεγχόμενη επέμβαση ενίσχυσης. Συμπερασματικά, φαίνεται πως η επιλογή της ενίσχυσης της κατασκευής είναι προτιμότερη και πιο συμφέρουσα, σε σχέση με την αναμονή του σεισμού και των ζημιών που θα προκαλέσει, καθώς θα επιφέρει μεγαλύτερη ασφάλεια, θα παρατείνει τη διάρκεια ζωής του κτιρίου και η απόσβεση των χρημάτων που θα δαπανηθούν θα γίνει σε σύντομο χρονικό διάστημα.

6 Βιβλιογραφία

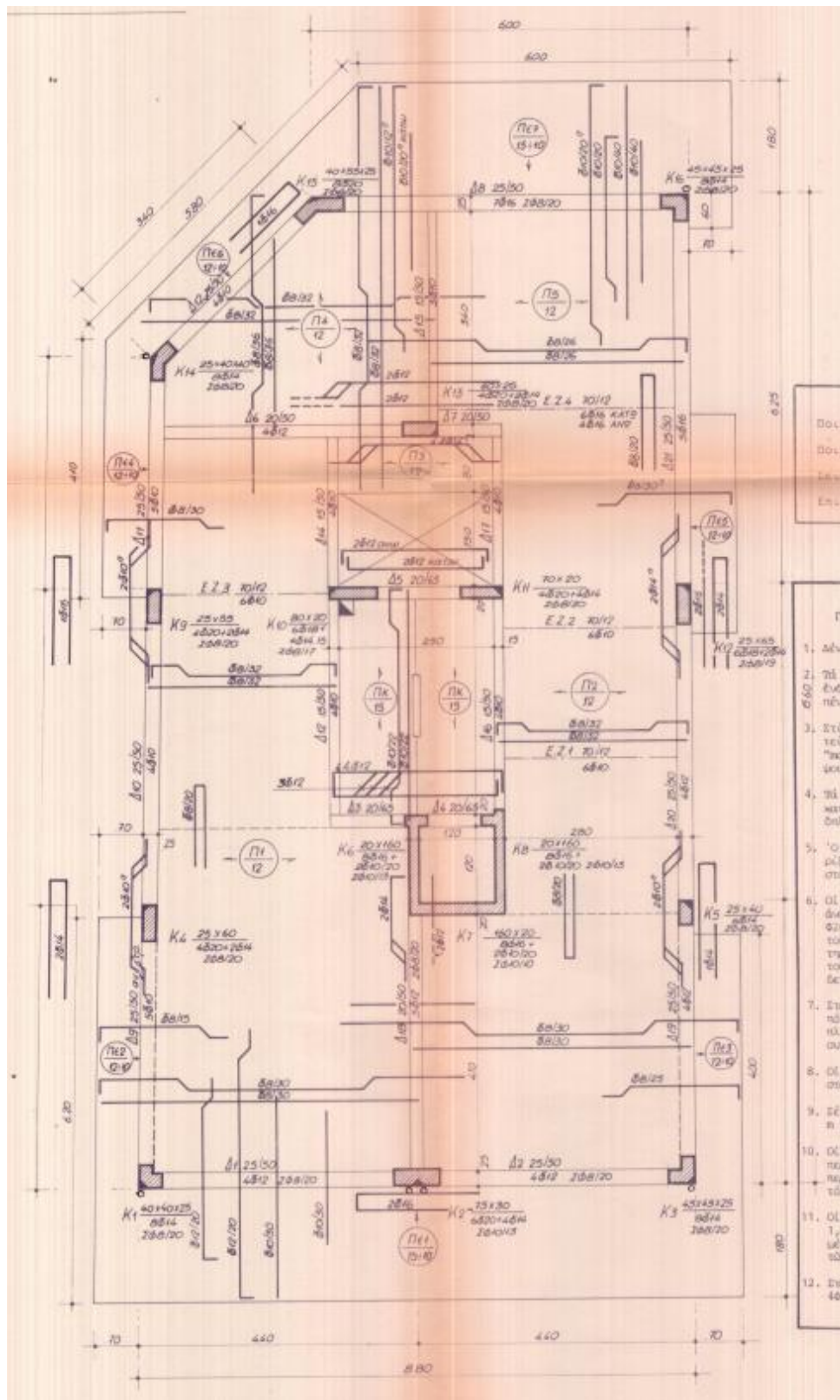
1. Δρίτσος Σ. (2018), «Πρόταση-Δευτεροβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος Κτιρίων από Οπλισμένο Σκυρόδεμα», Ο.Α.Σ.Π, Αθήνα.
2. ΕΛΟΤ (2004), Ευρωκώδικας 2, «Σχεδιασμός Κατασκευών από Σκυρόδεμα», EN 1992-1-1 (2004).
3. ΕΛΟΤ (2004), Ευρωκώδικας 8, «Αντσεισμικός Σχεδιασμός Κατασκευών», EN 1998-1 (2004)
4. ΕΛΟΤ (2009α), «Πλήρης αποκατάσταση διατομής στοιχείου από οπλισμένο σκυρόδεμα που έχει αποδιοργανωθεί τοπικά», ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-14-01-06-00:2009.
5. ΕΛΟΤ (2009β), «Χρωματισμοί επιφανειών επιχρισμάτων», ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-03-10-02-00:2009.
6. ΕΛΟΤ (2009γ), «Πλήρωση ρωγμών στοιχείων σκυροδέματος μικρού εύρους», ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-14-01-07-01:2009.
7. ΕΛΟΤ (2009δ), «Πλήρωση ρωγμών στοιχείων σκυροδέματος μεγάλου εύρους», ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-14-01-07-02:2009.
8. ΕΛΟΤ (2009ε), «Τοπική καθαίρεση σκυροδέματος με διατήρηση του οπλισμού», ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-14-01-02-01:2009.
9. ΕΛΟΤ (2009στ), «Τοπική καθαίρεση σκυροδέματος χωρίς διατήρηση του οπλισμού», ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-14-01-02-02:2009.
10. ΕΛΟΤ (2009ζ), «Αποκατάσταση ρηγματώσεων τοίχων πλήρωσης», ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-14-03-02-00:2009.
11. ΕΛΟΤ (2009η), «Τοίχοι από οπτόπλινθος», ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-03-02-02-00:2009
12. Ζήση Ε. (2021), «Αποτίμηση σεισμικής επάρκειας και οικονομοτεχνική διερεύνηση επισκευών δώροφου κτιρίου οπλισμένου σκυροδέματος», Διπλωματική Εργασία ΕΜΚ ΔΕ 2021/13
13. Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
14. ΚΑΝ.ΕΠΕ (2017). (Κανονισμός Επεμβάσεων), ΦΕΚ 2984/Β’/30-08-2017, 2^η Αναθεώρηση
15. Ο.Α.Σ.Π (2017), «Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)», ΦΕΚ 2984/Β’/30-08-2017, 2^η Αναθεώρηση.
16. Ο.Α.Σ.Π (2014), «Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος», ΦΕΚ 405/Β’/05-09-2013
17. Σπυράκος Κ. (2004), «Ενίσχυση Κατασκευών για Σεισμικά Φορτία». Εκδόσεις Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Αθήνα.
18. Τεχνικό φυλλάδιο ADIPLAST, Οικοδομική ρητίνη για πολλαπλές βελτιώσεις των κονιαμάτων, <http://www.isomat.gr/product/adiplast/>
19. Τεχνικό φυλλάδιο DUROCRET, Ρητινούχο επισκευαστικό τσιμεντοκονίαμα, <http://www.isomat.gr/product/durocret/>
20. Τεχνικό φυλλάδιο EPOMAX-EK, Εποξειδική πάστα 2 συστατικών για επισκευές, σφραγίσεις και συγκολλήσεις, <https://www.isomat.gr/product/epomax-ek/>
21. Τεχνικό φυλλάδιο EPOMAX-L10, Ενέσιμη εποξειδική ρητίνη 2 συστατικών, χωρίς διαλύτες, για ρωγμές εύρους 0,5-3,0mm, <https://www.isomat.gr/product/epomax-l10/>
22. Τεχνικό φυλλάδιο MasterEmaco S 498 FR της εταιρείας Basf, Τσιμεντοειδές, προαναμεμιγμένο θιξοτροπικό επισκευαστικό κονίαμα, ινοπλισμένο με εύκαμπτες ανόργανες ίνες, ελεγχόμενης διάγκωσης – μη συρρικνούμενο, κατάλληλο για δομικές

- επισκευές οπλισμένου σκυροδέματος σε πάχη από 1 έως 5 cm., <https://www.master-builders-solutions.com/it-it/lineeprodotti/masteremaco/masteremaco-s-498-fr>
23. Τεχνικό φυλλάδιο ιδιοτήτων SikaWrap – 230 C, Πλεκτό, μονής διεύθυνσης ύφασμα ινών άνθρακα, <https://grc.sika.com/content/dam/dms/gr01/u/sikawrap-230-c.pdf>
 24. Τεχνικό φυλλάδιο UNICRET, Κονίαμα για σοβάτισμα και κτίσιμο, <http://www.isomat.gr/product/unicret/>
 25. Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1954), «Κανονισμός Οπλισμένου Σκυροδέματος», ΦΕΚ 160/Α/26-07-1954.
 26. Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1959) «Αντισεισμικός Κανονισμός», ΦΕΚ 36/Α/26-02-1959.
 27. Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1984), «Τροποποίηση Αντισεισμικού Κανονισμού», ΦΕΚ 239/Β/16-04-1984.
 28. Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (2017), «Κανονισμός Περιγραφικών Τιμολογίων Εργασιών για δημόσιες συμβάσεις έργων», ΦΕΚ 1746/Β'/19-05-2017.
 29. Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (2019), «Έγκριση εβδομήντα (70) Ελληνικών Τεχνικών Προδιαγραφών (ΕΤΕΠ)», ΦΕΚ 4607/Β'/13-12-2019.
 30. 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.
 31. EFEHR, Hazard Curves: <http://www.efehr.org/en/hazard-data-access/hazardcurves> [Accessed 2020].
 32. FEMA, (2018a), Seismic performance assessment of buildings. FEMA P-58-1, Volume 1-methodology, Federal Emergency Management Agency Washington, DC, 2012.
 33. FEMA, (2018b), Seismic performance assessment of buildings. FEMA P-58-2, Volume 2-Implementation Guide, Federal Emergency Management Agency Washington, DC, 2012.
 34. FEMA, (2018c), Seismic performance assessment of buildings. Volume 3-Supporting Electronic Materials, Federal Emergency Management Agency Washington, DC, 2012.
 35. ISOMAT, Συστήματα Λύσεων/Επισκευές, <http://www.isomat.gr/solution/>
 36. Seismosoft (2022). "SeismoBuild 2022 – A computer program for seismic assessment and retrofitting of RC structures.," available from <https://seismosoft.com/>.
 37. Vamvatsikos D., Cornell C.A. (2004). “Applied Incremental Dynamic Analysis.” Earthquake Spectra, 20(2), 523–553.

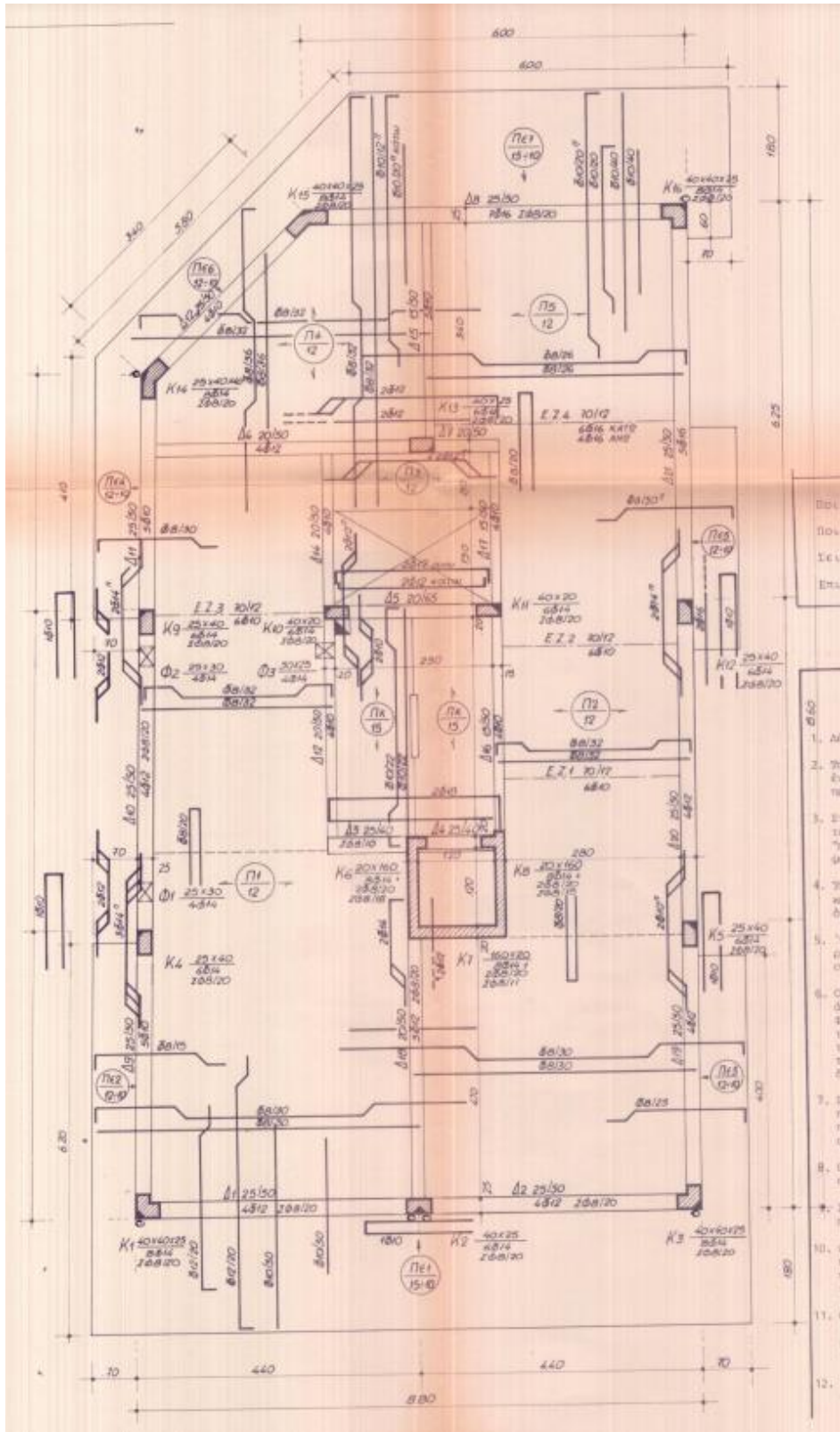
Παράρτημα Α. Ξυλότυποι – Πίνακες Οπλισμών



Σχήμα Α1: Ξυλότυπος οροφής υπογείου



Σχήμα Α2: Ευλόγυπος οροφής ισογείου, α' ορόφου και β' ορόφου



Σχήμα Α3: Ευλότυπος οροφής γ' ορόφου

Πίνακας Α4: Πίνακας οπλισμού μελών στάθμης υπογείου

| Columns Reinforcement Details | | |
|-------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Column Name | Longitudinal Reinforcement | Transverse Reinforcement |
| C10 80/20 | 6Ø18mm+4Ø14mm | (2/2)Ø8mm/17 |
| C11 70/20 | 4Ø20mm+4Ø14mm | (2/2)Ø8mm/20 |
| C12 25/65 | 6Ø18mm+2Ø14mm | (2/2)Ø8mm/19 |
| C13 60/25 | 4Ø20mm+2Ø14mm | (2/2)Ø8mm/20 |

| Walls Reinforcement Details | | |
|-----------------------------|----------------------------|---|
| Wall Name | Longitudinal Reinforcement | Transverse Reinforcement |
| W6 150/20 | 8Ø16mm+6Ø10mm | Edge 1: (2/2)Ø10mm/13 - Edge 2: (2/2)Ø10mm/13 - Middle: (0/2)Ø10mm/13 |
| W7 140/20 | 8Ø16mm+6Ø10mm | Edge 1: (2/2)Ø10mm/10 - Edge 2: (2/2)Ø10mm/10 - Middle: (0/2)Ø10mm/10 |
| W8 150/20 | 8Ø16mm+6Ø10mm | Edge 1: (2/2)Ø10mm/13 - Edge 2: (2/2)Ø10mm/13 - Middle: (0/2)Ø10mm/13 |

| Beams Reinforcement Details | | |
|-----------------------------|--|--------------------------|
| Beam Name | Longitudinal Reinforcement | Transverse Reinforcement |
| B1 20/40 | u(2Ø8mm)2Ø8mm(3Ø12mm), l(5)5(2)Ø12mm | Ø6mm/(10)20(10) |
| B2 20/40 | u(2Ø10mm)2Ø8mm(2Ø10mm), l(2)4(2)Ø10mm | Ø6mm/(10)20(10) |
| B3 20/40 | u(2Ø10mm)2Ø8mm(2Ø10mm), l(2)4(2)Ø10mm | Ø6mm/(10)20(10) |
| B4 25/40 | u(2Ø12mm)2Ø8mm(2Ø10mm+2Ø12mm), l(2)4(2)Ø12mm | Ø6mm/(10)20(10) |
| B5 25/40 | u(2Ø10mm+3Ø12mm)2Ø8mm(3Ø12mm), l(2)5(2)Ø12mm | Ø6mm/(10)20(10) |
| B6 25/40 | u(3Ø12mm)2Ø8mm(3Ø12mm+3Ø14mm), l(2)5(2)Ø12mm | Ø6mm/(10)20(10) |
| B8 20/40 | u(2Ø10mm+2Ø12mm)2Ø8mm(2Ø10mm), l(2)4(2)Ø10mm | Ø6mm/(10)20(10) |
| B9 25/40 | u(5)5(5)Ø16mm, l(3)3(4)Ø16mm | Ø6mm/(10)20(10) |
| B12 20/65 | u(2)2(2)Ø12mm, l(2)2(2)Ø12mm | Ø6mm/(10)20(10) |
| B71 20/40 | u(2Ø10mm)2Ø8mm(2Ø8mm), l(2)4(4)Ø10mm | Ø6mm/(10)20(20) |
| B72 20/40 | u(2Ø8mm)2Ø8mm(2Ø10mm), l(4)4(2)Ø10mm | Ø6mm/(20)20(10) |
| B100 20/65 | u(4)4(4)Ø12mm, l(4)4(4)Ø12mm | Ø12mm/20 |
| B101 25/40 | u(6Ø16mm)2Ø12mm(2Ø12mm), l(4)7(7)Ø16mm | Ø6mm/(10)20(20) |
| B103 20/40 | u(3Ø12mm)2Ø8mm(2Ø8mm), l(2)5(5)Ø12mm | Ø6mm/(10)20(10) |
| B104 25/40 | u(2Ø12mm)2Ø12mm(4Ø16mm), l(7)7(3)Ø16mm | Ø10mm/15 |

Πίνακας Α5: Πίνακας οπλισμού μελών στάθμης ισογείου, α' ορόφου και β' ορόφου

| Columns Reinforcement Details | | |
|-------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Column Name | Longitudinal Reinforcement | Transverse Reinforcement |
| C1 40/40/25/25 | 8Ø14mm | (2/2)Ø8mm/20 |
| C2 75/30 | 6Ø20mm+4Ø14mm | (2/2)Ø10mm/13 |
| C3 45/45/25/25 | 8Ø14mm | (2/2)Ø8mm/20 |
| C4 25/60 | 4Ø20mm+2Ø14mm | (2/2)Ø8mm/20 |
| C5 25/40 | 6Ø14mm | (2/2)Ø8mm/20 |
| C9 25/55 | 4Ø20mm+2Ø14mm | (2/2)Ø8mm/20 |
| C10 80/20 | 6Ø18mm+4Ø14mm | (2/2)Ø8mm/17 |
| C11 70/20 | 4Ø20mm+4Ø14mm | (2/2)Ø8mm/20 |
| C12 25/65 | 6Ø18mm+2Ø14mm | (2/2)Ø8mm/19 |
| C13 60/25 | 4Ø20mm+2Ø14mm | (2/2)Ø8mm/20 |
| C14 71/28 | 8Ø14mm | (2/2)Ø8mm/20 |
| C15 91/27 | 8Ø20mm | (2/2)Ø8mm/20 |
| C16 45/45/25/25 | 8Ø14mm | (2/2)Ø8mm/20 |

| Walls Reinforcement Details | | |
|-----------------------------|----------------------------|---|
| Wall Name | Longitudinal Reinforcement | Transverse Reinforcement |
| W6 150/20 | 8Ø16mm+6Ø10mm | Edge 1: (2/2)Ø10mm/13 - Edge 2: (2/2)Ø10mm/13 - Middle: (0/2)Ø10mm/13 |
| W7 140/20 | 8Ø16mm+6Ø10mm | Edge 1: (2/2)Ø10mm/10 - Edge 2: (2/2)Ø10mm/10 - Middle: (0/2)Ø10mm/10 |
| W8 150/20 | 8Ø16mm+6Ø10mm | Edge 1: (2/2)Ø10mm/13 - Edge 2: (2/2)Ø10mm/13 - Middle: (0/2)Ø10mm/13 |

| Beams Reinforcement Details | | |
|-----------------------------|--|--------------------------|
| Beam Name | Longitudinal Reinforcement | Transverse Reinforcement |
| B1 25/50 | u(2Ø12mm)2Ø8mm(2Ø12mm+2Ø16mm), l(2Ø12mm)4Ø12mm(2Ø12mm+2Ø16mm) | Ø8mm/20 |
| B2 25/50 | u(2Ø12mm+2Ø16mm)2Ø8mm(2Ø12mm), l(2Ø12mm+2Ø16mm)4Ø12mm(2Ø12mm) | Ø8mm/20 |
| B3 20/65 | u(4)4(4)Ø12mm, l(4)4(4)Ø12mm | Ø12mm/20 |
| B4 20/65 | u(4)4(4)Ø12mm, l(4)4(4)Ø12mm | Ø12mm/20 |
| B5 20/65 | u(2)2(2)Ø12mm, l(2)2(2)Ø12mm | Ø6mm/(10)20(10) |
| B7 20/50 | u(4)4(4)Ø12mm, l(4)4(4)Ø12mm | Ø10mm/15 |
| invB9 25/50 | lrv(3Ø10mm)2Ø8mm(5Ø10mm+2Ø14mm), l(2Ø10mm)5Ø10mm(2Ø10mm+2Ø14mm) | invØ6mm/(10)20(10) |
| B10 25/50 | u(4Ø10mm+2Ø14mm)2Ø8mm(4Ø10mm+1Ø16mm), l(2Ø10mm+2Ø14mm)4Ø10mm(2Ø10mm+1Ø16mm) | Ø6mm/(10)20(10) |
| B12 25/50 | u(2Ø10mm)2Ø8mm(2Ø10mm+1Ø16mm), l(2Ø10mm)4Ø10mm(2Ø10mm+1Ø16mm) | Ø6mm/(10)20(10) |
| B13 15/50 | u(2Ø10mm)2Ø8mm(2Ø10mm), l(2)4(2)Ø10mm | Ø6mm/(10)20(10) |
| B14 15/50 | u(2Ø10mm)2Ø8mm(2Ø10mm), l(2)4(2)Ø10mm | Ø6mm/(10)20(10) |
| B15 15/50 | u(3Ø10mm)2Ø8mm(3Ø10mm), l(2)5(2)Ø10mm | Ø6mm/(10)20(10) |
| B16 15/50 | u(2Ø10mm)2Ø8mm(2Ø10mm), l(2)4(2)Ø10mm | Ø6mm/(10)20(10) |
| B17 15/50 | u(2Ø10mm)2Ø8mm(2Ø10mm), l(2)4(2)Ø10mm | Ø6mm/(10)20(10) |
| B18 20/50 | u(3Ø12mm)2Ø8mm(3Ø12mm+2Ø14mm), l(2)5(2)Ø12mm | Ø8mm/20 |
| invB19 25/50 | lrv(2Ø12mm)2Ø8mm(2Ø10mm+2Ø12mm+1Ø14mm), l(2Ø12mm)4Ø12mm(2Ø12mm+1Ø14mm) | invØ6mm/(10)20(10) |
| B20 25/50 | u(2Ø10mm+2Ø12mm+1Ø14mm)2Ø8mm(2Ø12mm+4Ø14mm), l(2Ø12mm+1Ø14mm)4Ø12mm(2Ø12mm+2Ø14mm) | Ø6mm/(10)20(10) |
| B21 25/50 | u(4Ø14mm+3Ø16mm)2Ø12mm(3Ø16mm), l(2Ø14mm+2Ø16mm)5Ø16mm(2Ø16mm) | Ø6mm/(10)20(10) |
| B61 20/50 | u(2Ø12mm)2Ø8mm(2Ø8mm), l(2)4(4)Ø12mm | Ø6mm/(10)20(20) |
| B62 20/50 | u(2)2(4)Ø12mm, l(6)6(4)Ø12mm | Ø6mm/(20)20(10) |
| B81 25/50 | u(4Ø16mm)2Ø12mm(2Ø12mm), l(3)7(7)Ø16mm | Ø8mm/20 |
| B82 25/50 | u(2Ø12mm)2Ø12mm(4Ø16mm), l(7)7(3)Ø16mm | Ø8mm/20 |
| B111 25/50 | u(5Ø10mm+1Ø16mm)2Ø8mm(2Ø8mm), l(2Ø10mm+1Ø16mm)5Ø10mm(5Ø10mm) | Ø6mm/(10)20(20) |
| B112 25/50 | u(2Ø8mm)2Ø8mm(3Ø10mm), l(5)5(2)Ø10mm | Ø6mm/(20)20(10) |

Πίνακας Α6: Πίνακας οπλισμού μελών στάθμης γ' ορόφου

| Columns Reinforcement Details | | |
|-------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Column Name | Longitudinal Reinforcement | Transverse Reinforcement |
| C1 40/40/25/25 | 8Ø14mm | (2/2)Ø8mm/20 |
| C2 40/25 | 6Ø14mm | (2/2)Ø8mm/20 |
| C3 40/40/25/25 | 8Ø14mm | (2/2)Ø8mm/20 |
| C4 25/40 | 6Ø14mm | (2/2)Ø8mm/20 |
| C5 25/40 | 6Ø14mm | (2/2)Ø8mm/20 |
| C9 25/40 | 6Ø14mm | (2/2)Ø8mm/20 |
| C10 40/20 | 6Ø14mm | (2/2)Ø8mm/20 |
| C11 40/20 | 6Ø14mm | (2/2)Ø8mm/20 |
| C12 25/40 | 6Ø14mm | (2/2)Ø8mm/20 |
| C13 40/25 | 6Ø14mm | (2/2)Ø8mm/20 |
| C14 71/28 | 8Ø14mm | (2/2)Ø8mm/20 |
| C15 91/27 | 8Ø14mm | (2/2)Ø8mm/20 |
| C16 40/40/25/25 | 8Ø14mm | (2/2)Ø8mm/20 |

| Walls Reinforcement Details | | |
|-----------------------------|----------------------------|--|
| Wall Name | Longitudinal Reinforcement | Transverse Reinforcement |
| W6 150/20 | 8Ø14mm+6Ø8mm | Edge 1: (2/2)Ø8mm/18 - Edge 2: (2/2)Ø8mm/18 - Middle: (0/2)Ø8mm/18 |
| W7 140/20 | 8Ø14mm+6Ø8mm | Edge 1: (2/2)Ø8mm/11 - Edge 2: (2/2)Ø8mm/11 - Middle: (0/2)Ø8mm/11 |
| W8 150/20 | 8Ø14mm+6Ø10mm | Edge 1: (2/2)Ø8mm/18 - Edge 2: (2/2)Ø8mm/18 - Middle: (0/2)Ø8mm/18 |

| Beams Reinforcement Details | | |
|-----------------------------|---|--------------------------|
| Beam Name | Longitudinal Reinforcement | Transverse Reinforcement |
| B1 25/50 | u(2Ø12mm)2Ø8mm(1Ø10mm+2Ø12mm), l(2Ø12mm)4Ø12mm(1Ø10mm+2Ø12mm) | Ø8mm/20 |
| B2 25/50 | u(1Ø16mm+2Ø12mm)2Ø8mm(2Ø12mm), l(1Ø10mm+2Ø12mm)4Ø12mm(2Ø12mm) | Ø8mm/20 |
| B3 25/40 | u(2)2(2)Ø18mm, l(2)2(2)Ø18mm | Ø8mm/10 |
| B4 25/40 | u(2)2(2)Ø18mm, l(2)2(2)Ø18mm | Ø8mm/10 |
| B5 20/65 | u(2)2(2)Ø12mm, l(2)2(2)Ø12mm | Ø6mm/(10)20(10) |
| B6 20/50 | u(3Ø12mm)2Ø8mm(3Ø12mm+2Ø14mm), l(2)5(2)Ø12mm | Ø8mm/20 |
| B7 20/40 | u(4)4(4)Ø12mm, l(4)4(4)Ø12mm | Ø10mm/15 |
| B9 25/50 | u(3Ø10mm)2Ø8mm(4Ø10mm+3Ø14mm), l(2Ø10mm)5Ø10mm(3Ø10mm+2Ø12mm) | Ø6mm/(10)20(10) |
| B10 25/50 | u(1Ø10mm+2Ø12mm+3Ø14mm)2Ø8mm(1Ø10mm+2Ø12mm+2Ø14mm), l(1Ø10mm+4Ø12mm)4Ø12mm(1Ø10mm+4Ø12mm) | Ø8mm/20 |
| B12 25/50 | u(2Ø10mm)2Ø8mm(2Ø10mm), l(2)4(2)Ø10mm | Ø6mm/(10)20(10) |
| B13 20/50 | u(2Ø10mm)2Ø8mm(4Ø10mm), l(2)4(4)Ø10mm | Ø6mm/(10)20(10) |
| B14 20/50 | u(4Ø10mm)2Ø8mm(2Ø10mm), l(6)4(2)Ø10mm | Ø6mm/(10)20(10) |
| B15 15/50 | u(3Ø10mm)2Ø8mm(3Ø10mm), l(2)5(2)Ø10mm | Ø6mm/(10)20(10) |
| B16 15/50 | u(2Ø10mm)2Ø8mm(2Ø10mm), l(2)4(2)Ø10mm | Ø6mm/(10)20(10) |
| B17 15/50 | u(2Ø10mm)2Ø8mm(2Ø10mm), l(2)4(2)Ø10mm | Ø6mm/(10)20(10) |
| B19 25/40 | u(2Ø12mm)2Ø8mm(3Ø10mm+2Ø12mm), l(2Ø12mm)4Ø12mm(1Ø10mm+2Ø12mm) | Ø6mm/(10)20(10) |
| B20 25/50 | u(3Ø10mm+2Ø12mm)2Ø8mm(1Ø10mm+2Ø12mm+2Ø14mm), l(1Ø10mm+2Ø12mm)4Ø12mm(1Ø10mm+2Ø12mm) | Ø6mm/(10)20(10) |
| B21 25/50 | u(1Ø10mm+2Ø14mm+3Ø16mm)2Ø12mm(3Ø16mm), l(1Ø10mm+2Ø16mm)5Ø16mm(2Ø16mm) | Ø6mm/(10)20(10) |
| B61 20/50 | u(2Ø12mm)2Ø8mm(2Ø8mm), l(2)4(4)Ø12mm | Ø6mm/(10)20(20) |
| B62 20/50 | u(2Ø8mm)2Ø8mm(4Ø12mm), l(4)4(4)Ø12mm | Ø6mm/(20)20(10) |
| B81 25/50 | u(4Ø16mm)2Ø12mm(2Ø12mm), l(3)7(7)Ø16mm | Ø8mm/20 |
| B82 25/50 | u(2Ø12mm)2Ø12mm(4Ø16mm), l(7)7(3)Ø16mm | Ø8mm/20 |
| B111 25/50 | u(4Ø10mm+2Ø14mm)2Ø8mm(2Ø8mm), l(3Ø10mm+2Ø12mm)5Ø10mm(5Ø10mm) | Ø6mm/(10)20(20) |
| B112 25/50 | u(2Ø8mm)2Ø8mm(3Ø10mm), l(5)5(2)Ø10mm | Ø6mm/(20)20(10) |