

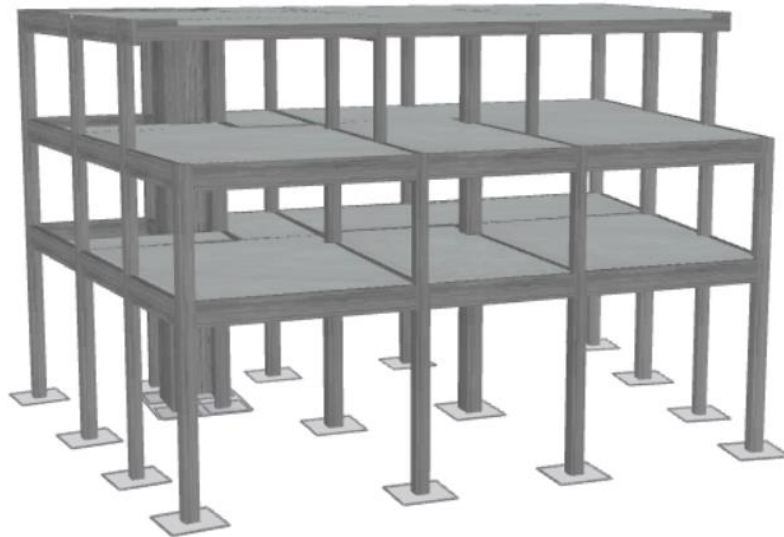


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών

Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

Σεισμική Αποτίμηση και οικονομοτεχνική μελέτη 3-  
όροφης κατασκευής του 1979 στη περιοχή του  
Κεραμεικού



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Βαρβάρα Παππά

Επιβλέπων: Δημήτριος Βαμβάτσικος

Αθήνα, Οκτώβριος 2021

ΕΜΚ ΔΕ 2021/24

Παππά Β. (2021).  
Σεισμική Αποτίμηση και οικονομοτεχνική μελέτη 3-όροφης κατασκευής του 1979 στη  
περιοχή του Κεραμεικού  
Διπλωματική Εργασία ΕΜΚ ΔΕ 2021/24  
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Pappa V. (2021).  
Seismic response and loss assessment of a 3-story building built in 1979 at Kerameikos  
Diploma Thesis ΕΜΚ ΔΕ 2021/24  
Institute of Steel Structures, National Technical University of Athens, Greece

# Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη .....	4
Abstract .....	5
Ευχαριστίες .....	6
1 Εισαγωγή .....	7
1.1 Γενικά .....	7
1.2 Πρωτοβάθμιος προσεισμικός έλεγχος – Ταχύς οπτικός έλεγχος .....	7
1.3 Δευτεροβάθμιος προσεισμικός έλεγχος .....	10
1.3.1 Μέθοδος Δρίτσου Σ. ....	10
1.3.2 Μέθοδος Ταχείας Αποτίμησης Βουγιούκα Ε. ....	12
1.4 Τριτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος – Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.) .....	14
2 Περιγραφή του φορέα .....	16
2.1 Γενικά Χαρακτηριστικά του Φορέα .....	16
2.2 Προσομοίωση Φορέα .....	17
3 Εφαρμογή Προσεισμικών Ελέγχων .....	20
3.1 Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος .....	20
3.2 Δευτεροβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος .....	21
3.2.1 Μέθοδος Δρίτσου Σ. ....	21
3.2.2 Μέθοδος Ταχείας Αποτίμησης Βουγιούκα Ε. ....	27
3.3 Τριτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος – Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.) .....	29
3.3.1 Ιδιομορφική Ανάλυση .....	29
3.3.2 Ανελαστική στατική ανάλυση .....	31
3.4 Συμπεράσματα -Σύγκριση μεθόδων .....	37
4 Οικονομοτεχνική μελέτη της κατασκευής .....	39
4.1 Εκτίμηση Τρωτότητας .....	39
4.2 Επισκευές .....	41
4.2.1 Επισκευή Υποστλωμάτων .....	41
4.2.2 Επισκευή Δοκών .....	47
4.2.3 Εξωτερική Τοιχοποιία και Υαλοπίνακες .....	53
4.3 Εκτίμηση Σεισμικών Απωλειών .....	62
5 Βιβλιογραφία .....	74
Παράρτημα Α. Ευλότυποι -Πίνακες οπλισμών .....	78

**Σεισμική Αποτίμηση και οικονομοτεχνική μελέτη 3-όροφης κατασκευής  
του 1979 στη περιοχή του Κεραμεικού**  
Παππά Β. (Επιβλέπων: Βαμβάτσικος Δ.)

**Περίληψη**

Ο καθορισμός της αντισεισμικής ικανότητας μίας κατασκευής γίνεται κατ' εξοχήν μέσω του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.). Όμως, επειδή η πλήρης εφαρμογή του αποτελεί μία χρονοβόρα και δαπανηρή διαδικασία, μελετάται η διενέργεια ταχέων Προσεισμικών Ελέγχων. Συγκεκριμένα, μελετήθηκε ένα 3-όροφο υφιστάμενο κτίριο, το οποίο αποτελεί εμπορικό χώρο, είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα και κατασκευάστηκε το 1979, στην Αθήνα, Αττικής.

Αρχικά, εφαρμόστηκε ο Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος ή Ταχύς Οπτικός Έλεγχος, όπου προσδιορίζεται η κατηγορία προτεραιότητας ελέγχου για τον φορέα, καθώς και οι δύο Δευτεροβάθμιοι Προσεισμικοί Έλεγχοι (Δρίτσου Σ., Βουγιούκα Ε.). Η πρώτη Δευτεροβάθμια Μέθοδος προσδιορίζει προσεγγιστικά το βαθμό ανεπάρκειας της κατασκευής, καθώς και την ικανότητα σε τέμνουσα βάση, ενώ η δεύτερη προσδιορίζει προσεγγιστικά την ικανότητα σε τέμνουσα βάση. Έπειτα, έγινε πλήρης ανελαστική στατική ανάλυση, όπου εφαρμόστηκε ο Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.) μέσω του λογισμικού SeismoBuild, ως μέτρο σύγκρισης και αξιολόγησης των δύο προηγούμενων μεθόδων.

Επιπρόσθετα, με τα αποτελέσματα της ανελαστικής στατικής ανάλυσης και του λογισμικού SPO2FRAG προσδιορίστηκαν οι καμπύλες τρωτότητάς της κατασκευής. Τέλος, αντλήθηκαν οικονομικά στοιχεία από το περιγραφικό τιμολόγιο εργασιών οικοδομικών έργων (ΥΠΟΜΕΔΙ) όσο και από τιμές εμπορίου, βάσει των απαιτούμενων υλικών, εξοπλισμού και τεχνικών εφαρμογής που προσδιορίζονται στις αντίστοιχες Ελληνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (ΕΤΕΠ). Οι παραπάνω τιμές εισήχθησαν στο λογισμικό PACT FEMA P-58, όπου έγινε εκτίμηση των μέσων ετησίων επισκευαστικών απωλειών που πιθανόν να παρουσιάσει η κατασκευή λόγω σεισμικής διέγερσης.

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

DIPLOMA THESIS  
EMK ΔΕ 2021/24

**Seismic response and loss assessment of a 3-story building built in 1979 at  
Kerameikos**

Pappa V. (supervised by Vamvatsikos D.)

**Abstract**

The assessment of a structure's seismic performance is mainly made with the use of the Greek seismic retrofit code (KAN.EPE.). However, since its full application is a time-consuming and costly process, the introduction of a rapid simplified method for seismic assessment is being considered. Specifically, a 3-storey existing residential building was studied. It is made of reinforced concrete, built in 1979 and located in Athens, Attica.

Initially, the Rapid Visual Inspection method, which defines the “need” for further checking of the building, as well as the two rapid seismic assessment methods were applied (Dritsos S. and Vougioukas E.) The first rapid seismic assessment method determines the approximate degree of inadequacy of the construction, as well as the base shear capacity, while the second one determines the approximate base shear capacity. Afterwards, was performed a complete inelastic static analysis, where the Greek seismic retrofit code (KAN.EPE.) was applied, by the means of the SeismoBuild software, so as to compare and evaluate the two previous methods.

Furthermore, using the results of the inelastic static analysis and the SPO2FRAG software the corresponding fragility curves were estimated. To conclude, financial information was obtained both in accordance with the approved descriptive articles for construction projects by the Ministry of Environment and Public Works, and market prices, based on the required bill of materials, equipment and application techniques specified in the Greek Technical Specifications (ETEP). The aforementioned values were used in the PACT FEMA P-58 software to estimate the average annual repair loss that the structure is likely to experience due to seismic excitation.

## **Ευχαριστίες**

Η ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας θα ήταν αδύνατη χωρίς την υποστήριξη του καθηγητή μου, κ. Δημήτρη Βαμβάτσικου, αναπληρωτής καθηγητής ΕΜΠ. Τον ευχαριστώ θερμά για όλη τη βοήθεια και την εμπιστοσύνη που μου πρόσφερε. Επίσης, ευχαριστώ πολύ την οικογένειά μου για την υποστήριξη που μου προσφέρουν όλα τα χρόνια.

# 1 Εισαγωγή

## 1.1 Γενικά

Πραγματοποιήθηκε μελέτη σεισμικής αποτίμησης για ένα τριώροφο υφιστάμενο κτίριο από οπλισμένο σκυρόδεμα το οποίο κατασκευάστηκε το 1979, στον Κεραμεικό Αττικής. Στο 1ο κεφάλαιο δίνεται το θεωρητικό υπόβαθρο, καθώς και τα αναλυτικά βήματα των μεθόδων που εφαρμόστηκαν. Στο 2ο γίνεται περιγραφή του φορέα και του μοντέλου που χρησιμοποιήθηκε στο λογισμικό. Στο 3ο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν και στο τέλος αποτυπώνεται η σύγκριση των αποτελεσμάτων τους. Για τον Πρωτοβάθμιο και τους Δευτεροβάθμιους Προσεισμικούς Ελέγχους χρησιμοποιήθηκαν απλά υπολογιστικά φύλλα. Για τον Κανονισμό Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.) έγινε η χρήση του λογισμικού SeismoBuild, όπου έγινε η πλήρης στατική ανελαστική ανάλυση του φορέα. Το 4ο Κεφάλαιο αφορά στην οικονομοτεχνική αποτίμηση της κατασκευής. Αρχικά, εισάγονται οι καμπύλες ικανότητας και τα δυναμικά χαρακτηριστικά του φορέα στο λογισμικό SPO2FRAG, με σκοπό τον υπολογισμό των καμπύλων τρωτότητάς του. Στη συνέχεια γίνεται εκτίμηση του κόστους των αναγκαίων επισκευών στα δομικά στοιχεία της κατασκευής για διάφορα επίπεδα βλαβών. Τέλος, με το λογισμικό PACT FEMA P-58, εκτιμάται το ετήσιο πιθανό κόστος επισκευών για την κατασκευή λόγω σεισμικής διέγερσης.

## 1.2 Πρωτοβάθμιος προσεισμικός έλεγχος – Ταχύς οπτικός έλεγχος

Ο προσεισμικός έλεγχος αποσκοπεί στην εκτίμηση της δομικής τρωτότητας του κτιρίου έναντι των μέγιστων πιθανοτικά αναμενόμενων σεισμικών δράσεων στην περιοχή που βρίσκονται. Ο Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός έλεγχος ή Ταχύς Οπτικός Έλεγχος έχει στόχο την αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας του κτιρίου μέσω στοιχείων που συλλέγονται και συμπληρώνονται σε ειδικό Δελτίο Ελέγχου. Τα πεδία συμπλήρωσης του Δελτίου έχουν καθοριστεί έτσι ώστε να εκτιμάτε ένας πρώτος δείκτης σεισμικής ικανότητας. Πολύ σημαντικός παράγοντας για την εξασφάλιση της αξιοπιστίας των στοιχείων που συλλέγονται είναι η εξεύρεση και η χρήση της μελέτης του κτιρίου πριν τη πραγματοποίηση του ελέγχου. Πέρα από τη συμπλήρωση του Δελτίου Ελέγχου οι μηχανικοί που έχουν αναλάβει τον έλεγχο του κτιρίου σχεδιάζουν τη κάτοψη και μία χαρακτηριστική τομή του κτιρίου σε φύλλο Α4 και επισυνάπτουν μια φωτογραφία της όψης του. Τα πεδία συμπλήρωσης του Δελτίου Ελέγχου κατανέμονται σε 5 ενότητες:

Ενότητα Α: Συμπληρώνονται η θέση του κτιρίου (διεύθυνση, δήμος, περιφέρεια και συντεταγμένες), τα στοιχεία του ιδιοκτήτη, η χρήση του και ο μέγιστος αριθμός ατόμων που συναθροίζονται σε αυτό καθώς και ποιος διενεργεί τον έλεγχο.

Ενότητα Β: Περιλαμβάνονται οι όροφοι του κτιρίου, τα τετραγωνικά της κάτοψης και της ολικής δομημένης επιφάνειας, το έτος κατασκευής, τυχόν επεμβάσεις που έχουν πραγματοποιηθεί καθώς και η σπουδαιότητα του κτιρίου κατά Ε.Α.Κ.-2000.

Ενότητα Γ: Συμπληρώνονται γενικά σεισμολογικά και γεωτεχνικά στοιχεία όπως η ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας κατά τον Ε.Α.Κ. -2000 και κατά το χρόνο μελέτης του κτηρίου και η κατηγορία εδάφους κατά Ε.Α.Κ. -2000

Ενότητα Δ: Η συγκεκριμένη ενότητα αφορά στη διάκριση του δομικού τύπου του κτιρίου σύμφωνα με το δομικό σύστημα (αν πρόκειται για φέροντα οργανισμό από Οπλισμένο Σκυρόδεμα ή για Προκατασκευή ή κτίριο με φέρουσα τοιχοποιία ή Μεταλλική Κατασκευή) και τη χρονολογία της κατασκευής η οποία οδηγεί άμεσα στους εφαρμοσθέντες Κανονισμούς της Μελέτης.

Ενότητα Ε: Περιέχονται τα στοιχεία που αφορούν στη γενική τρωτότητα του κτιρίου έναντι σεισμού όπως: εάν η μελέτη του κτιρίου έγινε χωρίς εφαρμογή Αντισεισμικού Κανονισμού, η αλλαγή χρήσης του κτιρίου όπου συνεπάγεται η αλλαγή σπουδαιότητας, η ύπαρξη προηγούμενων σεισμικών επιβαρύνσεων που δεν έχουν αποκατασταθεί με μελέτη κατασκευής, η κακή κατάσταση λόγω έλλειψης συντήρησης, το ενδεχόμενο κρούσης με γειτονικά κτίρια, η ύπαρξη μαλακού ορόφου, η μη κανονική διάταξη των τοιχοπληρώσεων σε κάθε όροφο, το μεγάλο ύψος του κτιρίου, η μη κανονικότητά του οριζοντίως και καθ' ύψος, το ενδεχόμενο σημαντικής στρεπτικής παραμόρφωσης και η ύπαρξη κοντών υποστυλωμάτων.

Για τη παρούσα διπλωματική χρησιμοποιήθηκε τμήμα του πίνακα για την επιλογή Δομικού Τύπου Πίνακας 1.1. που αναφέρεται σε κτίριο με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα. Αφού συμπληρωθεί το Δελτίο πραγματοποιείται η βαθμονόμηση του κτιρίου αθροίζοντας τις γραμμές του Πίνακα 1.2 και κατατάσσεται σε τρεις κατηγορίες προτεραιότητας περαιτέρω ελέγχου: Α, Β, Γ όπου:

Α : Υψηλή προτεραιότητα περαιτέρω ελέγχου για  $\tau.\beta. \leq 4$

Β : Μέση προτεραιότητα περαιτέρω ελέγχου για  $4 < \tau.\beta. < 5.5$

Γ : Χαμηλή προτεραιότητα περαιτέρω ελέγχου για  $\tau.\beta. \geq 5.5$



Πίνακας 1.1: Τμήμα του πίνακα για την συμπλήρωση της ενότητας Δ

ΔΟΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΟΜΙΚΟΥ ΤΥΠΟΥ	ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ
ΟΣα	Κτίρια με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα	Αντισεισμικός Κανονισμός 1959 (Α/Σ '59) Κανονισμός Σκυροδέματος 1954 (Κ/Σ '54)
ΟΣβ	Κτίρια με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα	Α/Σ '59 με πρόσθετα άρθρα 1985 Κ/Σ '54
ΟΣγ	Κτίρια με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα	Α/Σ : ΝΕΑΚ Κ/Σ : ΝΕΚΟΣ

Πίνακας 1.2: Πίνακας τελικής βαθμολόγησης κτιρίου από Ο.Σ

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
Μη Κανονική διάταξη τοιχοπλήρωσης σε	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 ≥ 100	-0.6	-0.6	-0.6

## 1.3 Δευτεροβάθμιος προσεισμικός έλεγχος

### 1.3.1 Μέθοδος Δρίτσου Σ.

Η συγκεκριμένη μέθοδος αποτελεί μία προσεγγιστική διαδικασία σεισμικής αποτίμησης και επάρκειας κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα σε σχέση με τη σεισμική απαίτηση όπως ορίζεται από τους σύγχρονους κανονισμούς. Η μεθοδολογία δεν απαιτεί λεπτομερή προσομοίωση κτιρίου αλλά αποτελείται από προσεγγιστικούς υπολογισμούς. Από αυτή τη διαδικασία προκύπτει ένας νέος δείκτης που ονομάζεται «Δείκτης Προτεραιότητας Ελέγχου λ» του κτιρίου. Για την εφαρμογή της μεθόδου είναι απαραίτητη η εύρεση οποιασδήποτε τεκμηρίωσης για την κατασκευή του κτιρίου και κυρίως η στατική μελέτη, όπου μπορούν να αξιοποιηθούν οι παραδοχές μελέτης, τα γεωμετρικά δεδομένα εφόσον αυτά επαληθευτούν από την επιτόπια επίσκεψη στο χώρο του κτιρίου. Ωστόσο αν δεν υπάρχει σχετική τεκμηρίωση απαιτείται η αποτύπωση του φέροντα οργανισμού και των τοιχοπληρώσεων. Για την αντοχή του σκυροδέματος μπορεί να γίνει δειγματοληπτικός έλεγχος κυρίως στα κατακόρυφα στοιχεία αλλιώς λαμβάνονται σύμφωνα με τις τιμές του ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017. Στη συγκεκριμένη μεθοδολογία ελέγχονται 13 κριτήρια (Πίνακας 1.3) που συνοψίζουν τα στοιχεία τρωτότητας που επηρεάζουν καθοριστικά τη σεισμική συμπεριφορά του κτιρίου. Η βαθμολόγηση του κάθε κριτηρίου γίνεται με έναν αριθμό από το 1 (ένα) για μεγάλη επιρροή στη μείωση της σεισμικής αντίστασης του κτιρίου έως το 5 (πέντε) για μικρή επιρροή. Από τη βαθμολόγηση κάθε κριτηρίου προκύπτει ένας μειωτικός συντελεστής β στη τέμνουσα αντοχής στη βάση του κτιρίου.

Πίνακας 1.3: Κριτήρια Σεισμικής Επιβάρυνσης

α/α	ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗΣ	Βαθμός Επιβάρυνσης						Συντελεστής βαρύτητας σ <sub>i</sub>
		β <sub>i</sub>						
		0	1	2	3	4	5	
1	Βλάβες στατικής ανεπάρκειας							0.1
2	Οξείδωση οπλισμών							0.1
3	Μέγεθος ανηγμένου αξονικού							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 κτίρια							0.05
13	Κακοτεχνίες, Τραυματισμοί							0.05

Ακολουθούν τα βήματα υπολογισμού του δείκτη προτεραιότητας ελέγχου λ.

- Προσδιορισμός Σεισμικής Απαιτήσης  $V_{req}$  ( $V_{req,x}$ ,  $V_{req,y}$ )

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

όπου:

M: η μάζα του κτηρίου

T: ιδιοπερίοδος της κατασκευής

Sd(T): φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού κατά ΕΚ-8

q: συντελεστής συμπεριφοράς

- Υπολογισμός Σεισμικής Αντίστασης -  $V_R$

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

όπου:

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

$$V_{R0} = \alpha_1 \sum V_{Ri}^{Y/\Sigma} + \alpha_2 \sum V_{Ri}^{\text{τοιχώματων}} + \alpha_3 \sum V_{Ri}^{\text{κοντά } Y/\Sigma} \quad (1.4)$$

όπου:

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

$\alpha_i$ : συντελεστές απομείωσης διατμητικής αντοχής – Πίνακας 1.4

$\beta$ : μειωτικός συντελεστής που προκύπτει από τα 13 κριτήρια

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

Πίνακας 1.4: Συντελεστές απομείωσης διατμητικής αντοχής

Κατακόρυφα στοιχεία κατασκευής	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$
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	-	-

Η διατμητική αντοχή των κατακόρυφων στοιχείων  $V_{Ri}$  υπολογίζεται κατά των ΕΚ-2 από τις σχέσεις.

- $V_{Ri} = \min(V_{Rd,s}, V_M)$  (1.5)

όπου:

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

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

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

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

όπου:

$M_R$  η ροπή αντοχής των κατακόρυφων στοιχείων για κάθε διεύθυνση σύμφωνα με τα Διαγράμματα Αλληλεπίδρασης ορθογωνικής διατομής (ΕΚ-2, Μέρος 1, 2004)

Υπολογισμός Δείκτη Προτεραιότητας Ελέγχου λ:

- Χωρίς επίδραση εγκάρσιας διεύθυνσης

$$\lambda_{x/y} = \frac{V_{req,x/y}}{V_{R,x/y}} \quad (1.10)$$

- Με επίδραση εγκάρσιας διεύθυνσης

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

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

### 1.3.2 Μέθοδος Ταχείας Αποτίμησης Βουγιούκα Ε.

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

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

όπου:

$(1/r)_y$  : καμπυλότητα διαρροής

$\xi_y$  : το ύψος της θλιβόμενης ζώνης στη διαρροή

$\delta'$  : είναι ίσο με  $d'/d$

όπου:

$d$ : το στατικό ύψος

$d'$ : η απόσταση από το κέντρο του θλιβόμενου οπλισμού μέχρι την ακραία θλιβόμενη ίνα του σκυροδέματος

$\rho$ ,  $\rho'$ ,  $\rho_v$  : είναι τα ποσοστά του εφελκόμενου, του θλιβόμενου και του μεταξύ τους κατανεμημένου οπλισμού (ανηγμένα στο  $bd$ , όπου  $b$  το πλάτος της θλιβόμενης ζώνης της διατομής)

$E_c$ ,  $E_s$  : μέτρα ελαστικότητας σκυροδέματος, χάλυβα οπλισμού αντίστοιχα

Η συγκεκριμένη σχέση αφορά διατομές με ορθογωνική θλιβόμενη ζώνη ενώ για διατομές τύπου Γ,Τ, Π παρατίθεται μεθοδολογία υπολογισμού μέσω του Κανονισμού Επεμβάσεων. Επιπλέον, για τον υπολογισμό της καμπυλότητας διαρροής πρέπει να ελεγχθούν δύο περιπτώσεις:

- Η διαρροή της διατομής οφείλεται σε διαρροή του εφελκόμενου οπλισμού

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

- Η διαρροή οφείλεται σε μη γραμμικότητα του θλιβόμενου σκυροδέματος

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

Εκ των δύο τιμών που προκύπτουν από τις (1.14) και (1.15) λαμβάνεται η μικρότερη τιμή η οποία καθορίζει το κρίσιμο υλικό. Το ύψος της θλιβόμενης ζώνης  $\xi_y$  υπολογίζεται για το κρίσιμο υλικό από αντίστοιχες σχέσεις σύμφωνα με το Παράρτημα 7Α του ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Έπειτα 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.

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

όπου:

$h$  : ύψος της διατομής

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

$N$  : αξονικό φορτίο

$a_s$  : λόγος διάτμησης

$A_c$  : εμβαδό διατομής σκυροδέματος

$f_c$  : αντοχή σκυροδέματος (MPa)

$\rho_{tot}$  : συνολικό ποσοστό του διαμήκους οπλισμού

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

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

όπου:

$\rho_w$  : ποσοστό εγκάρσιου οπλισμού

$z$  : μοχλοβραχίονας εσωτερικών δυνάμεων

$f_{yw}$  : τάση διαρροής του εγκάρσιου οπλισμού

Επιπλέον ελέγχεται εάν η αστοχία των μελών σε διάτμηση, προηγείται της καμπτικής διαρροής δηλαδή, αν υπάρχει ψαθυρός τρόπος αστοχίας. Τα κτίρια που έχουν κατασκευαστεί με τους παλιούς κανονισμούς λόγω του ότι δεν απαιτούν τον ικανοτικό σχεδιασμό σε τέμνουσα, σε αντίθεση με τα κτίρια που έχουν κατασκευαστεί με τους νέους αντισεισμικούς κανονισμούς, ο κίνδυνος για ψαθυρή αστοχία παραμένει. Οι σύγχρονοι αντισεισμικοί κανονισμοί στοχεύουν σε μεγάλες πλαστιμότητες και ικανότητα μεγάλων παραμορφώσεων ώστε να αποφύγουν την αστοχία σε διάτμηση μελών οπλισμένου σκυροδέματος, εξασφαλίζοντας ότι η καμπτική διαρροή θα προηγηθεί της διατμητικής, προσδίδοντας έτσι υπεραντοχή σε διάτμηση μέσω του ικανοτικού σχεδιασμού σε τέμνουσα. Έτσι υπολογίζεται η τιμή της τέμνουσας κατά την καμπτική διαρροή:

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

όπου:

$M_y$  : ροπή διαρροής

$L_s$  : μήκος διάτμησης

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

#### **1.4 Τριτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος – Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)**

Με την ολοκλήρωση των δευτεροβάθμιων μεθόδων ακολουθεί ο τριτοβάθμιος προσεισμικός έλεγχος με τη χρήση του κανονισμού επεμβάσεων. Ο κανονισμός επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.) αποτελεί την κύρια μέθοδο αποτίμησης της φέρουσας ικανότητας και ελέγχου ικανοποίησης των ελαχίστων υποχρεωτικών απαιτήσεων του σύγχρονου Κανονισμού. Επιπλέον ο Κανονισμός καλύπτει τον έλεγχο, την επισκευή ή ενίσχυση και τον αντισεισμικό ανασχεδιασμό για κτίρια που έχουν υποστεί βλάβες. Η συνηθέστερη μέθοδος που χρησιμοποιείται για την ανάλυση ενός κτιρίου είναι η ανελαστική στατική ανάλυση (pushover) η οποία, πραγματοποιείται υπό την επίδραση των στατικών φορτίων ( $G+\psi_2Q$ ) και βαθμιαία αυξανόμενων οριζόντιων σεισμικών. Από την ανάλυση αυτή προκύπτει η καμπύλη ικανότητας του κτιρίου η οποία κατασκευάζεται σε όρους τέμνουσας βάσης – μετακίνησης του ανώτερου ορόφου. Ως κατανομή των φορτίων καθ' ύψος μπορούν να χρησιμοποιηθούν η τριγωνική, η ομοιόμορφη και η ιδιομορφική κατανομή. Οι στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού Πίνακας 1.5 αποτελούν συνδυασμούς αφενός μιας στάθμης επιτελεσματικότητας, δηλαδή το επιθυμητό επίπεδο βλαβών και αφετέρου μιας σεισμικής δράσης, με δεδομένη ανεκτή πιθανότητα υπέρβασης κατά την τεχνική διάρκεια ζωής του κτιρίου ή τη μέση περίοδο επαναφοράς.

Πίνακας 1.5: Στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού

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

Αναλυτικότερα για την κάθε στάθμη 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.

Για τον καθορισμό των σημείων επιτελεσματικότητας πάνω στην καμπύλη ικανότητας, δηλαδή την μετακίνηση του ανωτέρου ορόφου για τα αντίστοιχα επίπεδα βλαβών γίνεται χρήση της σχέσης:

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

όπου:

$C_0, C_1, C_2, C_3$  : διορθωτικοί συντελεστές

$T_e$  : ισοδύναμη κυρίαρχη ιδιοπερίοδος

## 2 Περιγραφή του φορέα

### 2.1 Γενικά Χαρακτηριστικά του Φορέα

Πρόκειται για μία υφιστάμενη τριώροφη κατοικία, κατασκευασμένη το 1975 στη περιοχή του Κεραμεικού του δήμου Αθηνών ο οποίος ανήκει στον κεντρικό τομέα Αθηνών της περιφέρειας Αττικής. Η κάτοψη του ισογείου και του 1<sup>ου</sup> ορόφου έχουν εμβαδόν 200.55m<sup>2</sup> ενώ ο τρίτος όροφος έχει εμβαδόν 160.78m<sup>2</sup>. Ο όροφος του Ισογείου έχει ύψος 5m ενώ ο 1<sup>ος</sup> και ο 2<sup>ος</sup> όροφος έχουν ύψος 3m. Η κατασκευή χρησιμοποιήθηκε ως κατάστημα και εξωτερική περίμετρος καλύπτεται από τζάμια. Για τον υπολογισμό των ίδιων βαρών των μελών από οπλισμένο σκυρόδεμα λήφθηκε  $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$ . Το φορτίο των επικαλύψεων είναι  $g' = 1.50 \text{ kN/m}^2$  ενώ τα κινητά φορτία για τους κύριους χώρους και τους εξώστες λήφθηκε  $q = 5 \text{ kN/m}^2$ .

Πίνακας 2.1: Υλικά της κατασκευής

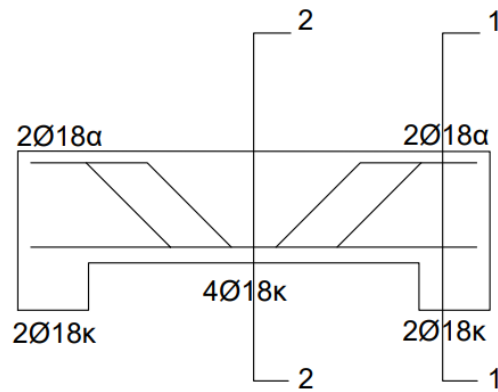
Υλικό	Ποιότητα	Αντοχή	
		$f_{cm}$ (Mpa)	$f_{ck}$ (Mpa)
Σκυρόδεμα	B225	15	10
Χάλυβας οπλισμών	StI	280	240
Χάλυβας συνδετήρων	StI	280	240

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

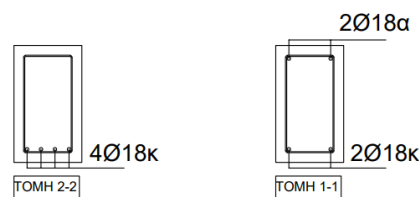
Κατηγορία σπουδαιότητας	II (κατάστημα), $\gamma_{II}=1$
Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας	I Δ. Αθηνών ( $a_g=0.16g$ )
Κατηγορία Εδάφους	C ( $S=1.15, T_B=0.20, T_C=0.60, T_D=2.50$ )

Από τους ξυλότυπους της μελέτης (Παράρτημα Α) λήφθηκαν στοιχεία σχετικά με την όπλιση των μελών. Ειδικότερα η όπλιση των δοκών έγινε λαμβάνοντας υπόψιν τον τρόπο όπλισης της περιόδου κατασκευής, δηλαδή με τη μέθοδο «πάπιας». Όπου στο μέσο κάτω τοποθετείται όλος ο οπλισμός που αναγράφεται στους ξυλότυπους ενώ καθώς κινούμαστε προς τα άκρα της δοκού σπάνε προς τα πάνω σταδιακά ένα μέρος από τα κάτω σίδηρα με αποτέλεσμα στα άκρα να υπάρχει μόνο ένα μέρος του οπλισμού Σχήμα 2.1-2.2.





Σχήμα 2.1: Μηκοτομή δοκού

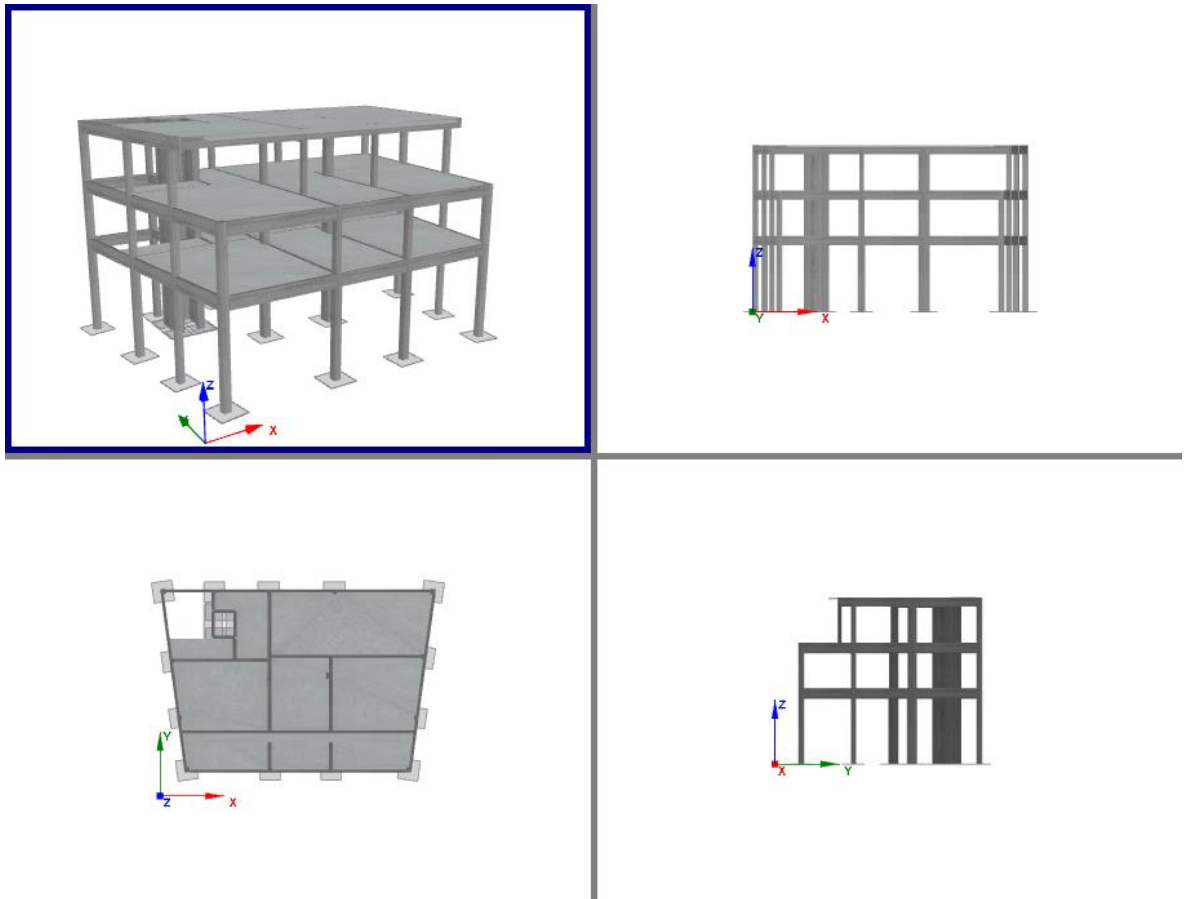


Σχήμα 2.2: Τομές διατομής δοκού στο μέσο και στα άκρα

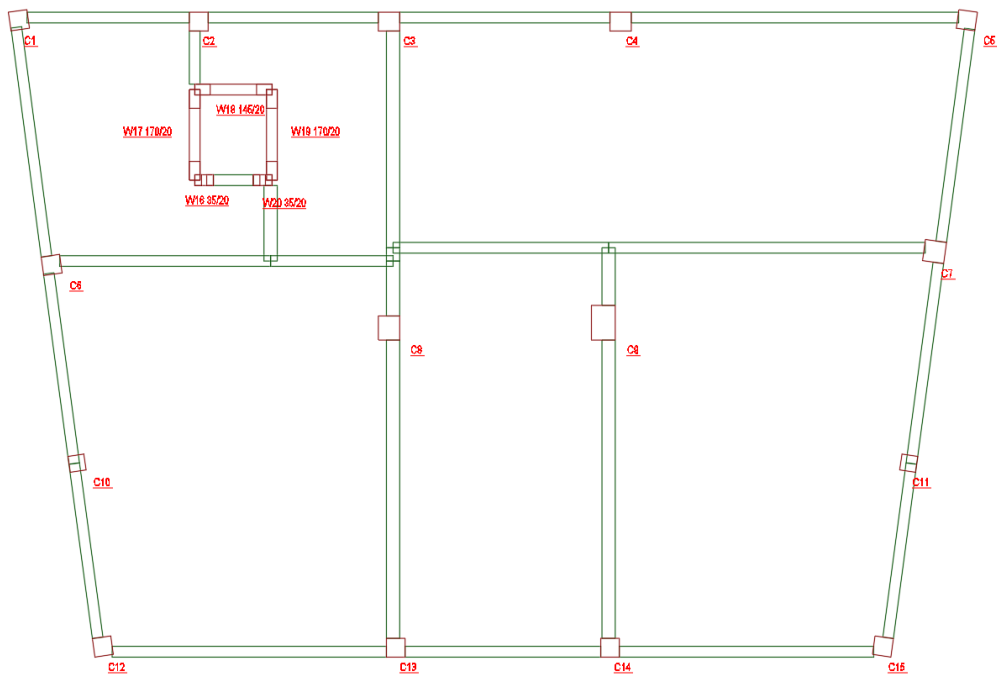
## 2.2 Προσομοίωση Φορέα

Η προσομοίωση του φορέα έγινε με τη χρήση του λογισμικού SeismoBuild (Seismosoft,2021) και παρακάτω παρέχεται το τρισδιάστατο μοντέλο του φορέα στο Σχήμα 2.3. Η προσομοίωση έγινε σύμφωνα με τους ξυλότυπους της κατασκευής και τις υπάρχουσες παραδοχές για τα υλικά της κατασκευής. Μετά την εισαγωγή των υλικών, ακολούθησαν σε πρώτη φάση τα κατακόρυφα στοιχεία του φέροντα οργανισμού (υποστυλώματα και τοιχώματα) και μετά οι δοκοί και τέλος έγινε εισαγωγή των πλακών.

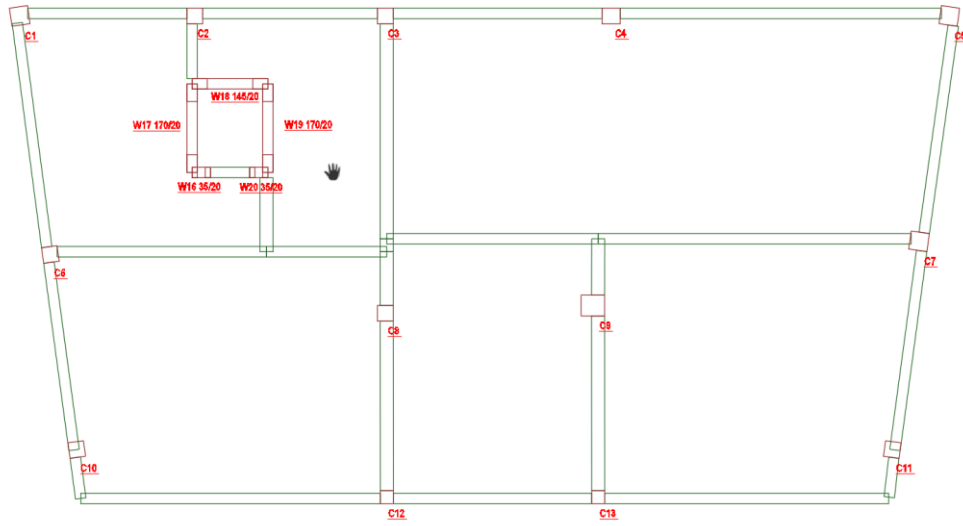
Το λογισμικό χρησιμοποιεί πεπερασμένα στοιχεία για τη μοντελοποίηση των στατικών μελών, για τον προσδιορισμό της απόκρισης της κατασκευής σε μεγάλες παραμορφώσεις λαμβάνοντας υπόψιν την ανελαστικότητα των υλικών και γεωμετρικές μη γραμμικότητες. Επιπλέον, οι ανισοσταθμίες στους κόμβους μεταξύ δοκών-υποστυλωμάτων υπολογίζονται αυτόματα και περιλαμβάνονται στο στατικό μοντέλο.



Σχήμα 2.3: Προσομοίωση φορέα



Σχήμα 2.4: Ευλότυπος Ισογείου και 1<sup>ου</sup> ορόφου



Σχήμα 2.5: Ευλότυπος 2<sup>ου</sup> ορόφου

### 3 Εφαρμογή Προσεισμικών Ελέγχων

#### 3.1 Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος

Όπως αναφέρθηκε στη 1<sup>η</sup> Ενότητα αρχικά συμπληρώνεται το Δελτίο Ελέγχου. Επιλέγεται ο Δομικός Τύπος του κτιρίου σύμφωνα με τον Πίνακα 1.1. Επομένως εφόσον το κτίριο είναι κατασκευασμένο το 1975 και έχουν εφαρμοστεί ο Αντισεισμικός Κανονισμός 1959 (Α/Σ '59) και ο Κανονισμός Σκυροδέματος 1954 (Κ/Σ '54) ο δομικός τύπος του κτιρίου επιλέγεται ΟΣα. Το κτίριο βρίσκεται στον δήμο Αθηνών και ανήκει σε Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας I (0.16g) και κατηγορία εδάφους C. Από τη συμπλήρωση του Πίνακα 1.2 προκύπτει ο Πίνακας 3.1 και αθροίζοντας τους επιμέρους συντελεστές η δομική βαθμολογία είναι ίση με 4.2. Άρα το κτίριο κατατάσσεται στη κατηγορία Μέσης προτεραιότητα περαιτέρω ελέγχου.

Πίνακας 3.1: Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΟΣα
Βασική Βαθμολογία, αναλόγως Δομικού Τύπου	6.0
Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας I	-0.5
Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας II ή III	-
Έδαφος κατηγορίας B (για αποδεδειγμένως A: - 0.1)	-
Έδαφος κατηγορίας Γ ή Δ	-0.6
Έδαφος Γ ή Δ και άνω των 5 ορόφων	-
Έδαφος κατηγορίας X	-
Χωρίς Αντισεισμικό Κανονισμό	-
Προηγούμενες σεισμικές επιβαρύνσεις, προβλήματα	-
Κακή κατάσταση	-
Κρούση με γειτονικά κτίρια	-0.5
Pilotis ή/και Κοντά Υποστυλώματα	-
Μη Κανονική διάταξη τοιχοπλήρωσης σε κάτοψη	0.5
Μεγάλο ύψος	-
Μη κανονικότητα σε τομή	-
Μη κανονικότητα σε κάτοψη	-
Στρέψη (έντονη)	-0.5
Ένταση λειτουργίας	0.2
Αριθμός χρηστών ≤ 9	-
Αριθμός χρηστών 10-99	-0.4
Αριθμός χρηστών ≥ 100	-
Συνολική Βαθμολογία	4.2

## 3.2 Δευτεροβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος

### 3.2.1 Μέθοδος Δρίτσου Σ.

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου του κ. Δρίτσου αρχικά γίνεται η αξιολόγηση επιρροής των δεκατριών (13) κριτηρίων για την εκτίμηση του μειωτικού συντελεστή  $\beta$  της τέμνουσας αντοχής του κτιρίου.

- Κριτήριο 1 – Βλάβες στατικής ανεπάρκειας : Δεν υπάρχουν εμφανής βλάβες σε υποστυλώματα και κόμβους του κτιρίου, επομένως ο βαθμός του κριτηρίου 1 θα είναι ίσος με  $B_1 = 5$
- Κριτήριο 2 – Οξείδωση οπλισμών : Δεν παρουσιάστηκε οξείδωση Οπλισμών, έτσι επιλέχθηκε η ελάχιστη σεισμική επιβάρυνση  $B_2 = 5$
- Κριτήριο 3 – Μέγεθος ανηγμένου αξονικού φορτίου

Πίνακας 3.2: Τιμές του ανηγμένου αξονικού φορτίου των κατακόρυφων μελών του ισογείου

Όνομα Μέλους	Διαστάσεις Διατομής (m)		Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )	Αξονικό φορτίο N (kN)	Ανηγμένο αξονικό φορτίο vd
C1	0.35	0.35	0.12	58.63	0.056
C2	0.35	0.35	0.12	30.68	0.029
C3	0.35	0.40	0.14	217.93	0.183
C4	0.35	0.40	0.14	271.73	0.228
C5	0.35	0.35	0.12	204.56	0.196
C6	0.35	0.35	0.12	215.99	0.207
C7	0.40	0.40	0.16	382.70	0.281
C8	0.45	0.40	0.18	559.39	0.366
C9	0.65	0.45	0.29	796.16	0.320
C10	0.30	0.30	0.09	194.70	0.255
C11	0.30	0.30	0.09	206.33	0.270
C12	0.35	0.35	0.12	147.44	0.142
C13	0.35	0.35	0.12	298.87	0.287
C14	0.35	0.35	0.12	280.77	0.270
C15	0.35	0.35	0.12	134.53	0.129
W16	0.35	0.20	0.07	59.70	0.100
W17	1.70	0.20	0.34	166.09	0.057
W18	1.45	0.20	0.29	112.82	0.046
W19	1.70	0.20	0.34	262.76	0.091
W20	0.35	0.20	0.07	71.91	0.121

Η μέσος όρος ανηγμένου αξονικού φορτίου είναι  $vd = 0.18 < 0.3$ . Άρα, ο βαθμός του κριτηρίου 3 θα είναι ίσος  $B_3 = 5$ .

- Κριτήριο 4 – Κανονικότητα Κάτοψης :  
 $A_{tot} = 200.55 \text{ m}^2$ ,  $A_{E,max} = 9.83 \text{ m}^2$   
 $\Sigma A_E = 19.66 < 0.15 A_{tot}$  άρα κανονικό σε κάτοψη και ο Βαθμός του κριτηρίου είναι ίσος με  $B_4 = 5$ .

- Κριτήριο 5 – Κατανομή Δυσκαμψίας σε Κάτοψη – Στρέψη

Υπολογίστηκαν οι εκκεντρότητες μεταξύ του Κέντρου μάζας και Κέντρου Δυσκαμψίας σε επίπεδο κάτοψης. Συγκεκριμένα, με τη βοήθεια του Πίνακα 3.2 προέκυψε ότι το Κέντρο Μάζας είναι το σημείο με  $X_{CM} = 9.16$  m και  $Y_{CM} = 6.53$  m. Ενώ το Κέντρο Δυσκαμψίας είναι το σημείο  $X_{CR} = 8.56$  m και  $Y_{CR} = 9.03$  m. Στη συνέχεια υπολογίζονται οι εκκεντρότητες ανά διεύθυνση,  $e_x$  και  $e_y$ , και οι ανηγμένες τιμές τους,  $\varepsilon_x$  και  $\varepsilon_y$ , ως ακολούθως:

$$e_x = |x_{CR} - x_{CM}| = |8.56 - 9.16| = 0.59 \text{ m} \quad \varepsilon_x = \frac{e_x}{L_x} = 0.04 < 0.05$$

$$e_y = |y_{CR} - y_{CM}| = |9.03 - 6.53| = 2.49 \text{ m} \quad \varepsilon_y = \frac{e_y}{L_y} = 0.21 > 0.05, < 0.30$$

Επομένως, ο βαθμός επικδυνότητας λαμβάνεται για τη διεύθυνση  $x$  ίσος με  $B_{5x} = 5$  και για τη  $y$ ,  $B_{5y} = 3$  εφόσον η ανηγμένη εκκεντρότητα είναι μικρότερη της επιτρεπόμενης τιμής αλλά μεγαλύτερη από το 0.05 για να αγνοηθεί η στρεπτική απόκριση.

Πίνακας 3.3: Στοιχεία για την εύρεση των κέντρων μάζας και δυσκαμψία

Όνομα Μέλους	$x_i$	$y_i$	$N_i$	$x_i * N_i$	$y_i * N_i$	$K_x$	$K_y$	$x_i * K_x$	$y_i * K_y$
C1	0.18	11.93	58.63	10.26	699.19	157540.92	157540.92	27569.66	1878675.49
C2	3.22	11.93	30.68	98.87	365.80	85555.70	86997.21	275746.02	1037441.72
C3	7.16	11.90	217.93	1560.14	2593.32	568641.31	698652.21	4070903.17	8313961.25
C4	11.47	11.90	271.73	3117.61	3233.64	707190.22	921682.11	8113593.42	10968017.16
C5	18.02	11.73	204.56	3686.84	2398.50	533293.60	533293.60	9611550.49	6252867.42
C6	0.79	7.33	215.99	170.20	1583.64	567508.77	562715.56	447196.91	4125830.49
C7	16.97	7.58	382.70	6493.69	2900.88	1232562.52	1232562.52	20914120.89	9342823.92
C8	7.12	6.20	559.39	3984.50	3468.19	2284748.92	1781516.24	16274266.54	11045400.70
C9	11.17	6.28	796.16	8890.76	4995.93	5798092.85	3059704.72	64747302.84	19199647.12
C10	1.27	3.62	194.70	246.88	704.24	411617.57	393599.18	521931.08	1423648.22
C11	17.23	3.62	206.33	3554.69	746.30	435971.87	416887.37	7510923.37	1507881.64
C12	1.80	0.18	147.44	265.09	25.80	386199.48	386199.48	694386.67	67584.91
C13	7.27	0.18	298.87	2173.71	52.30	776129.99	776129.99	5644793.39	135822.75
C14	16.75	0.18	280.77	4702.40	49.14	729525.68	729525.68	12218096.14	127666.99
C15	6.92	0.18	134.53	931.35	23.54	352969.03	352969.03	2443604.61	61769.58
W16	3.67	9.15	59.70	219.28	546.25	165103.95	88950.86	606426.80	813900.38
W17	3.50	10.00	166.09	580.98	1660.89	60831.53	18584107.29	212788.71	185841072.89
W18	4.22	10.65	112.82	476.45	1201.56	47779.51	9280063.76	201772.87	98832679.05
W19	4.95	10.00	262.76	1300.15	2627.63	6429622.48	392476.16	31813772.02	3924761.56
W20	4.77	9.15	71.91	343.24	658.01	61151.18	326813.34	291874.57	2990342.04
Άθροισμα			4673.71	42807.08	30534.75	21792037.09	40762387.23	186642620.18	367891795.30

- Κριτήριο 6 – Κανονικότητα σε τομή/όψη

Το εμβαδόν του πρώτου ορόφου  $A_1 = 200.55$  m<sup>2</sup> είναι μεγαλύτερο του 75%  $A_2 = 120.585$  m<sup>2</sup>. Άρα ο βαθμός επικινδυνότητας είναι ίσος με  $B_6 = 5$ .

- Κριτήριο 7 – Κατανομή δυσκαμψίας καθ' ύψος – Μαλακός όροφος Από τους υπολογισμούς αγνοείται ο τελευταίος όροφος.

Πίνακας 3.4: Δυσκαμψίες μελών όλων των ορόφων

Όνομα Μέλους	1 <sup>ος</sup> όροφος		2 <sup>ος</sup> όροφος	
	Kx	Ky	Kx	Ky
C1	157540.92	157540.92	75626.60	75626.60
C2	85555.70	86997.21	37000.08	38457.45
C3	568641.31	698652.21	266705.72	261120.05
C4	707190.22	921682.11	359095.93	359095.93
C5	533293.60	533293.60	269377.43	298956.95
C6	567508.77	562715.56	206563.52	202777.31
C7	1232562.52	1232562.52	581590.75	476597.46
C8	2284748.92	1781516.24	979455.98	703182.28
C9	5798092.85	3059704.72	2285430.37	1474742.84
C10	411617.57	393599.18	236228.80	214351.11
C11	435971.87	416887.37	239407.85	217235.74
C12	386199.48	386199.48	143016.11	143016.11
C13	776129.99	776129.99	246126.10	246126.10
C14	729525.68	729525.68	237082.34	237082.34
C15	352969.03	352969.03	135772.81	135772.81
W16	165103.95	88950.86	198438.47	80874.45
W17	60831.53	18584107.29	29400.28	10673270.26
W18	47779.51	9280063.76	3303.97	671682.69
W19	6429622.48	392476.16	2394561.24	206503.18
W20	61151.18	326813.34	62808.04	246452.35
Άθροισμα	21792037.09	40762387.23	8986992.40	16962923.99

$$\Delta K_x = 58.76\%$$

$$\Delta K_y = 58.38\%$$

Με βάση τους παραπάνω υπολογισμούς παρατηρείται  $\Delta K > 50\%$ , άρα ο βαθμός επιβάρυνσης λαμβάνεται ίσος με  $B_7 = 1$  και για τις δύο διευθύνσεις.

- Κριτήριο 8 – Κατανομή μάζας καθ' ύψος  
Υπολογίζεται η ποσοστιαία διαφορά μάζας,  $\Delta M$ , μεταξύ γειτονικών ορόφων

Πίνακας 3.5: Βάρος και μάζα κάθε ορόφου

Όροφος	Βάρος W (kN)	Μάζα (tn)
Ισόγειο	1811.26	184.63
1ος	1654.74	168.68
2ος	1207.71	123.11

Ισόγειο – 1<sup>ος</sup> όροφος:  $\Delta M = 8.04\%$   
1<sup>ος</sup> όροφος – 2<sup>ος</sup> όροφος:  $\Delta M = 27.27\%$

Για  $\Delta M < 20\%$  ο βαθμός επιβάρυνσης λαμβάνεται ίσος με 5 ενώ για  $\Delta M > 50\%$  λαμβάνεται ίσος με 1. Επομένως για αυτό το κτίριο  $B_8=4$ .

- Κριτήριο 9 – Κοντά υποστυλώματα  
Αποδίδεται σε κάθε υποστύλωμα ένας βαθμός β1 σύμφωνα με το λόγο του καθαρού ελεύθερου ύψους του προς το ύψος της διατομής του. Η συμβολή στην συνολική σεισμική επιβάρυνση της κατασκευής λαμβάνεται υπόψη μέσω αντίστοιχων συντελεστών βαρύτητας. Στην προκειμένη περίπτωση υπολογίστηκαν για κάθε διεύθυνση οι εξής βαθμοί:  $B_{9x} = 5$  και  $B_{9y} = 4.91$ .
- Κριτήριο 10 – Κατακόρυφες ασυνέχειες  
Στο κτίριο εντοπίζονται εκκεντρότητες καθ' ύψος του άξονα των κατακόρυφων στοιχείων καθώς και φυτευτά σε δοκούς με άμεση στήριξη. Από τον υπολογισμό της εκκεντρότητας καθ' ύψος των κατακόρυφων στοιχείων προκύπτει  $\beta_{x/y} = 4$  ενώ λόγω της ύπαρξης του φυτευτού υποστυλώματος  $\beta=2$ . Επομένως ο βαθμός βαρύτητας λαμβάνει τη μικρότερη τιμή  $B_{10} = 2$ .
- Κριτήριο 11 – Διαδρομή και μεταφορά δυνάμεων  
Στο κτίριο περιμετρικά υπάρχουν δομικά πλαίσια ωστόσο στο κέντρο εμφανίζονται ατάκτως τοποθετημένοι στύλοι. Άρα ο βαθμός που επιλέγεται σε αυτή την περίπτωση είναι:  $B_{11}=3$ .
- Κριτήριο 12 – Γειτονικά κτίρια  
Στο κτίριο που εξετάζεται είναι γωνιακό, κατά τη διεύθυνση  $\chi$  δεν υπάρχει αρμός μεταξύ αυτού και του διπλανού κτιρίου, ενώ παρατηρείται ανισοσταθμία πλακών και μεγάλη διαφορά ύψους. Στη διεύθυνση  $y$  δεν υπάρχει πρόβλημα με όμορα κτίρια. Επομένως κατά τη διεύθυνση  $\chi$  ο βαθμός επιβάρυνσης είναι  $B_{12,\chi} = 1$  ενώ για τη διεύθυνση  $y$   $B_{12,y} = 5$ .
- Κριτήριο 13 – Κακοτεχνίες – Τραυματισμοί  
Το κτίριο βρίσκεται σε σχετικά καλή κατάσταση, μικρή εμφάνιση υγρασίας. Επίσης δεν παρατηρείται καμία προσβολή στο σκυρόδεμα από φυσικές ή χημικές δράσεις. Άρα ο βαθμός που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο κριτήριο είναι:  $B_{13}=4$

Στον Πίνακα 3.6 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά ο βαθμοί επιβάρυνσης για κάθε διεύθυνση και ο συντελεστής βαρύτητας για κάθε κριτήριο.



Πίνακας 3.6: Πίνακας κριτηρίων

α/α	Περιγραφή Κριτηρίου	Βαθμός επιβάρυνσης		Συντελεστής βαρύτητας $\sigma_i$
		$\chi$	$y$	
1	Βλάβες από στατική επάρκεια	5	5	0.10
2	Οξειδωση οπλισμού	5	5	0.10
3	Μέγεθος ανηγμένων αξονικών φορτίων	5	5	0.05
4	Κανονικότητα κάτοψης	5	5	0.05
5	Κατανομή δυσκαμψίας-στρέψης	5	3	0.10
6	Κανονικότητα σε τομή/όψη	5	5	0.05
7	Κατανομή δυσκαμψίας καθ' ύψος	1	1	0.15
8	Κατανομή μάζας καθ' ύψος	4	4	0.05
9	Κοντά υποστυλώματα	5	4.91	0.15
10	Κατακόρυφες ασυνέχειες	2	2	0.05
11	Διαδρομή και μεταφορά δυνάμεων	3	3	0.05
12	Γειτονικά κτήρια	1	5	0.05
13	Κακοτεχνίες-Τραυματισμοί	4	4	0.05

Για τον υπολογισμό του μειωτικού συντελεστή επιρροής των κριτηρίων στην τέμνουσα αντοχής στη βάση του κτιρίου, χρησιμοποιείται η σχέση 1.3, προκύπτουν:

Για τη  $\chi$  διεύθυνση:  $\beta_\chi = 0.77$

Για τη  $y$  διεύθυνση :  $\beta_y = 0.77$

Στον πίνακα 3.7 παρουσιάζονται οι μέγιστες τέμνουσες που μπορεί να αναλάβει κάθε κατακόρυφο στοιχείο, οι οποίες υπολογίστηκαν με τη χρήση των σχέσεων 1.5 έως 1.9 για κάθε διεύθυνση του κτιρίου.

Πίνακας 3.7: Τέμνουσες αντοχής των κατακόρυφων μελών

Όνομα Μέλους	V <sub>x</sub>	V <sub>y</sub>	V <sub>rdsx</sub>	V <sub>rdsy</sub>	V <sub>Rix</sub>	V <sub>Riy</sub>
C1	19.49	19.49	31.94	31.94	19.49	19.49
C2	15.59	18.64	30.23	30.14	15.59	18.64
C3	30.55	27.35	48.67	42.03	30.55	27.35
C4	40.73	31.36	52.52	43.02	40.73	31.36
C5	27.28	27.28	40.90	40.90	27.28	27.28
C6	29.22	29.88	41.30	41.60	29.22	29.88
C7	34.91	34.91	60.46	60.46	34.91	34.91
C8	42.24	55.26	68.31	84.62	42.24	55.26
C9	70.20	117.91	95.11	156.67	70.20	117.91
C10	15.84	18.00	32.38	33.58	15.84	18.00
C11	15.12	17.18	32.90	34.17	15.12	17.18
C12	20.79	20.79	37.39	37.39	20.79	20.79
C13	22.09	22.09	46.68	46.68	22.09	22.09
C14	27.28	27.28	45.57	45.57	27.28	27.28
C15	23.39	23.39	36.60	36.60	23.39	23.39
W16	10.45	21.27	28.34	14.17	10.45	14.17
W17	150.78	17.74	14.17	155.89	14.17	17.74
W18	15.13	109.70	132.27	14.17	15.13	14.17
W19	215.07	25.30	14.17	155.89	14.17	25.30
W20	9.55	16.71	28.34	23.62	9.55	16.71

Στη συνέχεια υπολογίζεται η τέμνουσα αντοχής στη βάση του κτιρίου  $V_{R0}$ , η οποία προκύπτει μέσω της σχέσης 1.4 και τη χρήση του πίνακα 1.4 όπου για την ύπαρξη υποστλωμάτων και τοιχωμάτων έχουμε  $\alpha_1=0.7$  και  $\alpha_2=0.9$ . Ύστερα, με τη χρήση της σχέσης 1.2 υπολογίζεται η μειωμένη σεισμική αντίσταση  $V_R$  του κτιρίου.

$$V_{R0,x} = 361.43 \text{ kN}$$

$$V_{R,x} = 278.30 \text{ kN}$$

$$V_{R0,y} = 422.85 \text{ kN}$$

$$V_{R,y} = 324.43 \text{ kN}$$

Για τον προσδιορισμό της σεισμικής απαίτησης  $V_{req}$  γίνεται χρήση της σχέσης 1.1 για την εμπειρική ιδιοπερίοδο και για την ακριβή ιδιοπερίοδο που προέκυψε για την ιδιομορφική ανάλυση. Ο συντελεστής συμπεριφοράς  $q$  ίσος με  $q = 1.7$  σύμφωνα με τον πίνακα Σ4.4 του ΚΑΝ.ΕΠΕ για δυσμενή παρουσία τοιχωμάτων και τη χρονολογία κατασκευής. Οι τιμή της ιδιοπεριόδου από την ιδιομορφική ανάλυση για τη διεύθυνση  $x$  είναι  $T_x = 0.73 \text{ sec}$  και για τη διεύθυνση  $y$  είναι  $T_y = 0.465 \text{ sec}$ , ενώ εμπειρική είναι ίση με  $T_{exp} = 0.30 \text{ sec}$ . Η σεισμική απαίτηση για κάθε περίπτωση είναι η εξής:

- Για τη διεύθυνση  $x$ :  $V_{req,x} = 1039.44 \text{ kN}$
- Για τη διεύθυνση  $y$  και την εμπειρική περίοδο:  $V_{req, y/exp} = 1264.65 \text{ kN}$

Τέλος υπολογίζεται από τη σχέση 1.10 ο δείκτης προτεραιότητας ελέγχου  $\lambda$ , όπου προκύπτει:

$$\lambda_x = 3.74$$

$$\lambda_y = 3.90$$

### 3.2.2 Μέθοδος Ταχείας Αποτίμησης Βουγιούκα Ε.

Για την εφαρμογή της μεθόδου ταχείας αποτίμησης εισάγονται σε υπολογιστικό πρόγραμμα τα γεωμετρικά στοιχεία για κάθε κατακόρυφο στοιχείο καθώς επίσης οι αντοχές του σκυροδέματος και του χάλυβα οπλισμού και τέλος το αξονικό φορτίο. Σύμφωνα με τις απαιτήσεις των σχέσεων που αναπτύχθηκαν στην παράγραφο 1.3.2. προέκυψε ότι κρίσιμο υλικό είναι το σκυρόδεμα δηλαδή, προηγείται η αστοχία του σκυροδέματος έναντι του εφελκόμενου οπλισμού. Για όλα τα κατακόρυφα στοιχεία του ισογείου προέκυψε ότι η τιμή της τέμνουσας κατά την καμπτική διαρροή  $V_{mu}$  βρέθηκε μικρότερη της αντίστοιχης διατμητικής αντοχής τους  $V_R$ , επομένως αστόχησαν πλάστιμα. Έτσι για κάθε υποστύλωμα και για κάθε διεύθυνση της σεισμικής δράσης προσδιορίστηκαν οι τελικές τιμές της ροπής διαρροής  $M_y$  και της διατμητικής αντοχής τους  $V_R$ . Στους πίνακες 3.8 – 3.9 απεικονίζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα της μεθόδου.

Πίνακας 3.8: Τέμνουσες αντοχής των κατακόρυφων μελών κατά X

Μέλος	$M_y$	$V_{mu}$	$V_R$	$V_T$
C1	53.50	24.32	43.30	24.32
C2	41.87	18.20	36.82	18.20
C3	75.00	34.88	60.54	34.88
C4	75.85	30.34	57.99	30.34
C5	58.44	23.38	43.92	23.38
C6	60.10	27.32	54.10	27.32
C7	89.72	40.78	62.19	40.78
C8	100.55	43.72	62.19	43.72
C9	170.14	73.97	71.53	71.53
C10	34.50	15.68	29.50	15.68
C11	34.75	15.79	29.90	15.79
C12	57.88	26.31	47.28	26.31
C13	56.43	25.65	49.33	25.65
C14	56.00	25.45	48.73	25.45
C15	57.79	26.27	46.70	26.27
W16	45.04	18.01	37.40	18.01
W17	69.58	30.25	48.30	30.25
W18	447.82	194.71	357.68	194.71
W19	70.86	32.96	52.68	32.96
W20	44.69	20.78	43.76	20.78

Πίνακας 3.9: Τέμνουσες αντοχής των κατακόρυφων μελών κατά Υ

Μέλος	$M_y$	$V_{mu}$	$V_R$	$V_r$
C1	53.50	24.32	43.30	24.32
C2	41.87	19.03	38.48	19.03
C3	63.49	28.86	53.11	28.86
C4	64.42	29.28	52.25	29.28
C5	58.44	26.56	49.84	26.56
C6	58.58	26.04	49.25	26.04
C7	89.72	40.78	62.19	40.78
C8	115.03	46.01	70.06	46.01
C9	239.66	95.86	117.80	95.86
C10	34.50	13.80	25.99	13.80
C11	34.75	13.90	26.34	13.90
C12	57.88	26.31	47.28	26.31
C13	56.43	25.65	49.33	25.65
C14	56.00	25.45	48.73	25.45
C15	57.79	26.27	46.70	26.27
W16	23.20	9.28	19.16	9.28
W17	473.16	189.27	368.48	189.27
W18	56.39	24.52	38.26	25.65
W19	533.04	213.22	373.11	213.22
W20	23.18	10.78	22.74	10.78

Η συνολική σεισμική αντίσταση του κτιρίου για τις δύο διευθύνσεις είναι:

$$V_{r,y} = 746.35 \text{ kN}$$

$$V_{r,x} = 916.32 \text{ kN}$$

### 3.3 Τριτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος – Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)

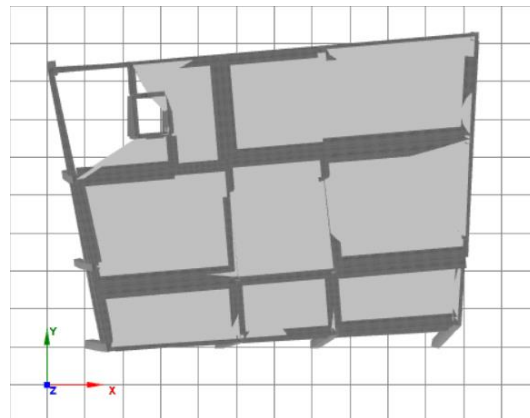
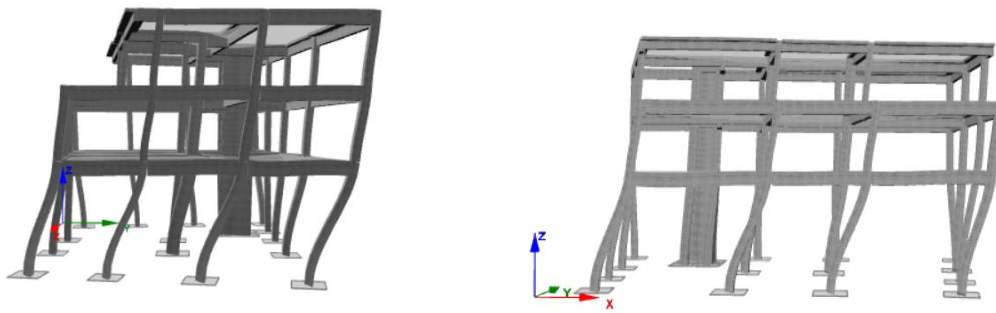
Μετά τους δευτεροβάθμιους προσεισμικούς ελέγχους πραγματοποιείται η ανελαστική στατική ανάλυση με τη χρήση του λογισμικού SeismoBuild (Seismosoft,2021), για την ιδιομορφική και ομοιόμορφη κατανομή των οριζόντιων δυνάμεων, για κάθε διεύθυνση φόρτισης. Οι στάθμες επιτελεστικότητας που τέθηκαν είναι οι εξής: Σημαντικές Βλάβες (B2) με πιθανότητα υπέρβασης της σεισμικής δράσης 50% μέσα σε 50 έτη και περίοδο επαναφοράς τα 72 έτη και Οιονεί Κατάρρευση (Γ1) με αντίστοιχη πιθανότητα υπέρβασης της σεισμικής δράσης 10% στα 50 έτη και περίοδο επαναφοράς 475 έτη. Η Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων θεωρήθηκε «Ικανοποιητική». Επιπλέον, οι τοιχοπληρώσεις λήφθηκαν υπόψη για το βάρος και όχι για τη δυσκαμψία του φορέα. Για την τελική αποτίμηση της κατασκευής έγινε σε όλα τα μέλη έλεγχος της ικανότητας διαθέσιμης στροφής χορδής (7B. ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017) και της αντοχής τους σε διάτμηση (7Γ. ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2017).

#### 3.3.1 Ιδιομορφική Ανάλυση

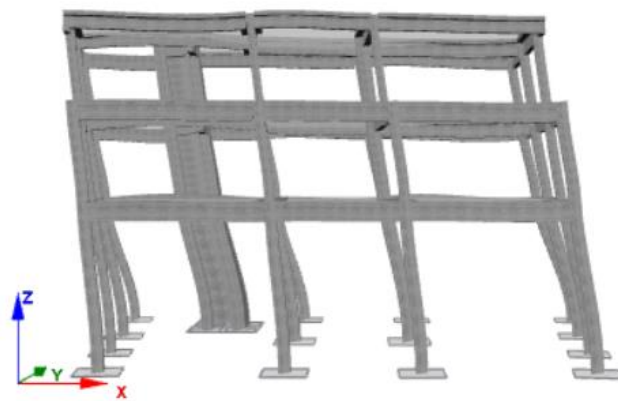
Αρχικά πραγματοποιείται η Ιδιομορφική Ανάλυση για να δούμε την απόκριση του κτιρίου. Κατά την ιδιομορφική ανάλυση αναλύεται η συνολική μετακίνηση σε ένα άθροισμα ιδιομορφικών αποκρίσεων μονοβάθμιων ταλαντωτών. Για κάθε διεύθυνση του σεισμού και μία δεδομένη ιδιομορφή ενεργοποιείται ένα ποσοστό της συνολικής μάζας η οποία αποτελεί την ενεργό ιδιομορφική μάζα. Η ιδιομορφή με τη μεγαλύτερη ιδιομορφική μάζα αποτελεί τη δεσπόζουσα ιδιομορφή του κτιρίου. Από την ανάλυση προέκυψαν ως κυρίαρχες οι δύο πρώτες ιδιομορφές για τη διεύθυνση x και οι 3 πρώτες για τη διεύθυνση y, οι οποίες παρουσιάζονται στον πίνακα 3.9 καθώς και η ενεργός ιδιομορφική μάζα για κάθε ιδιομορφή για τις δύο διεθύνσεις.

Πίνακας 3.10: Ιδιοπερίοδοι και Ενεργές Ιδιομορφικές Μάζες

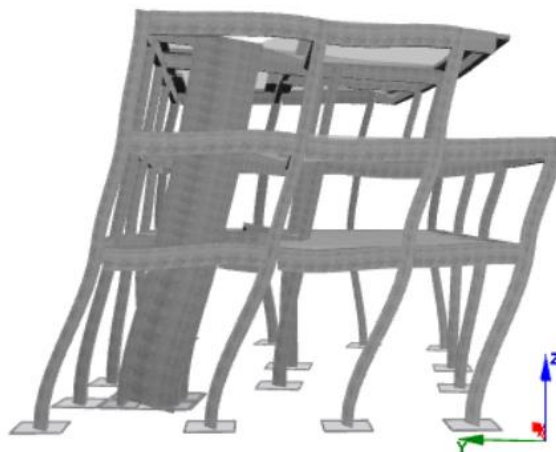
Ιδιομορφή	Ιδιοπερίοδος (sec)	Ενεργός Ιδιομορφική Μάζα		
		x	y	rz
1	0.633243	31.44%	27.74%	40.12%
2	0.424133	62.13%	21.11%	11.34%
3	0.270602	0.76%	41.86%	44.74%
	Άθροισμα	93,57%	90.71%	96.20%



Σχήμα 3.1: Παραμόρφωση κατά την 1<sup>η</sup> ιδιομορφή



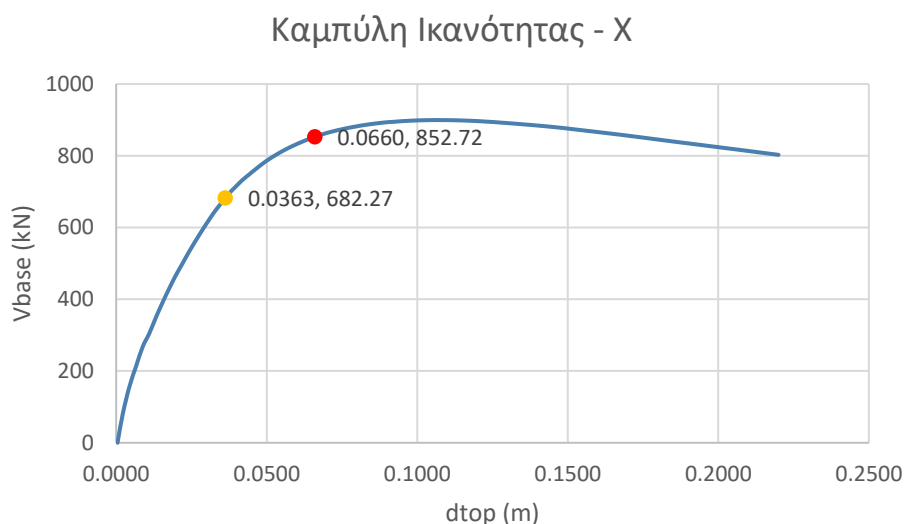
Σχήμα 3.2: Παραμόρφωση κατά την 2<sup>η</sup> ιδιομορφή – μεταφορική κατά X



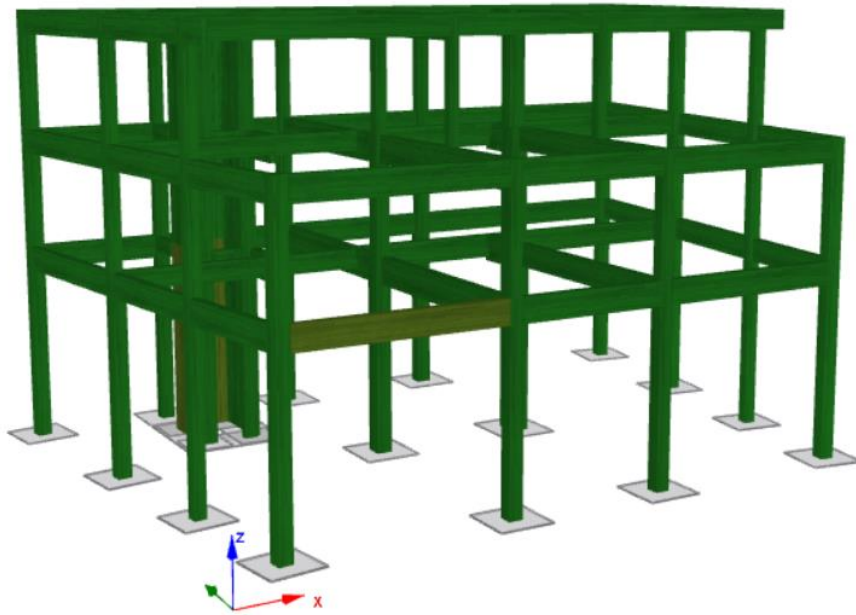
Σχήμα 3.3: Παραμόρφωση κατά την 3<sup>η</sup> ιδιομορφή – μεταφορική κατά Y

### 3.3.2 Ανελαστική στατική ανάλυση

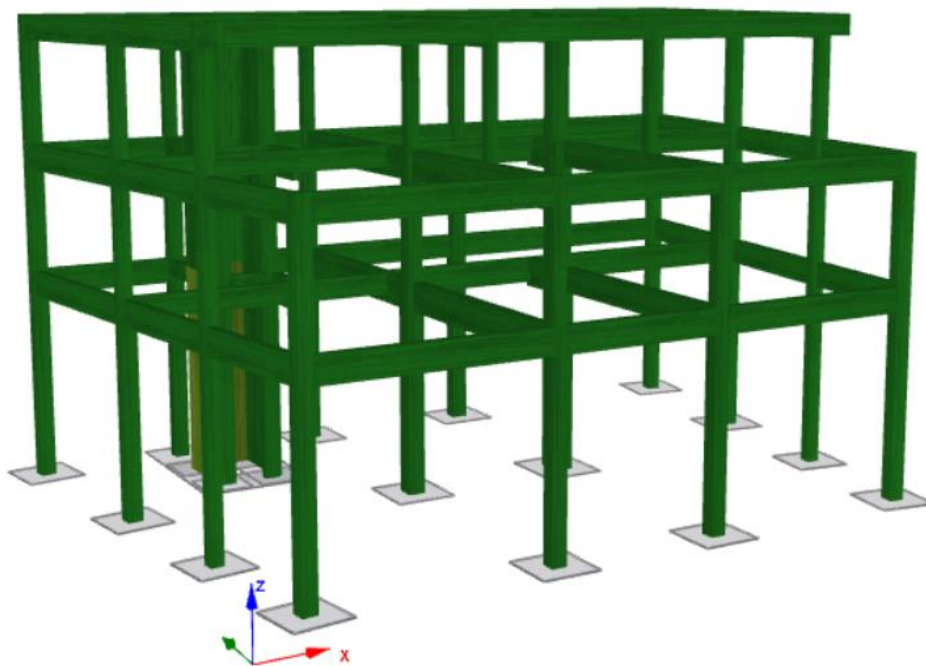
Εφόσον ολοκληρωθεί η ιδιομορφική ανάλυση και εισαχθούν στο πρόγραμμα οι στάθμες επιτελεστικότητας  $B_2$  και  $\Gamma_1$ , η εδαφική επιτάχυνση και η κατηγορία του εδάφους, όπου για τον Δήμο Αθηνών είναι  $0.16g$  και τύπος C, και η στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων πραγματοποιείται η ανελαστική στατική ανάλυση. Με την ολοκλήρωση της ανάλυσης προκύπτουν οι καμπύλες Ικανότητας του φορέα για τις δύο διευθύνσεις x και y. Έπειτα γίνεται έλεγχος στρωφής χορδής και διατμητικής δύναμης σε κάθε μέλος. Στα σχήματα 3.4-3.8 φαίνονται η καμπύλη ικανότητας και οι έλεγχοι για τη διεύθυνση x και στα σχήματα 3.9-3.13 αντίστοιχα για τη διεύθυνση y.



Σχήμα 3.4: Καμπύλη Ικανότητας στη διεύθυνση X

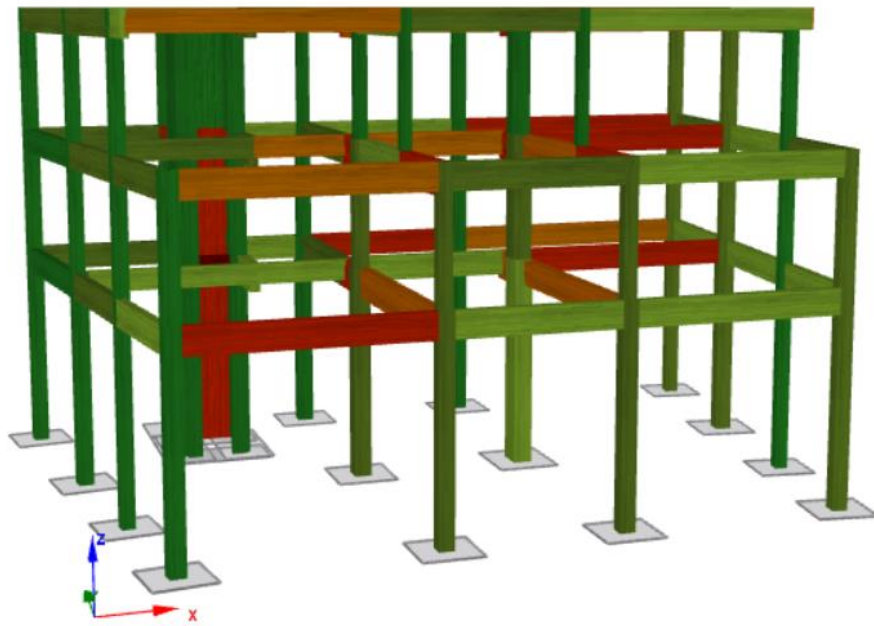


Σχήμα 3.5: Έλεγχος Στροφής-Χορδής για Στάθμη B<sub>2</sub> – Καμία Αστοχία

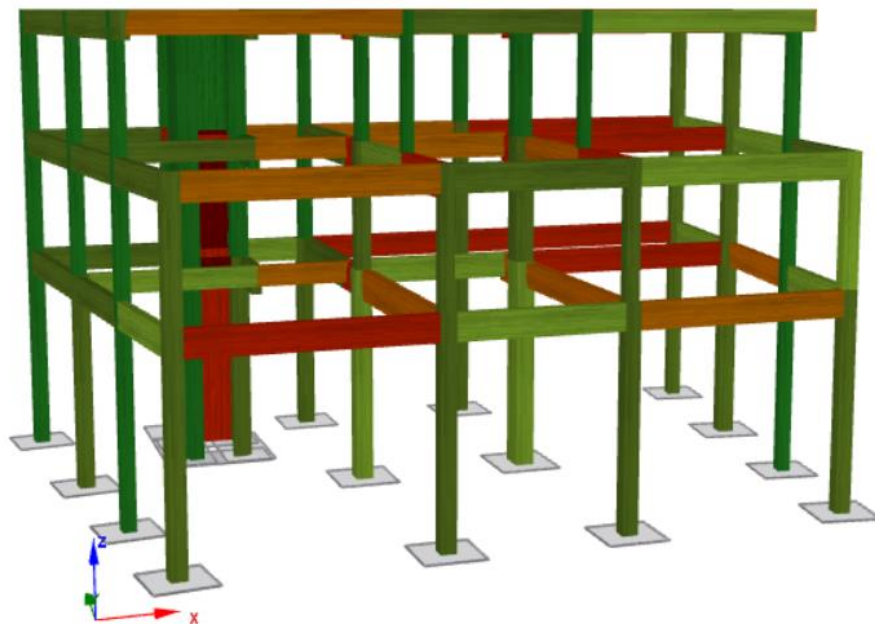


Σχήμα 3.6: Έλεγχος Στροφής-Χορδής για Στάθμη Γ<sub>1</sub> – Καμία Αστοχία

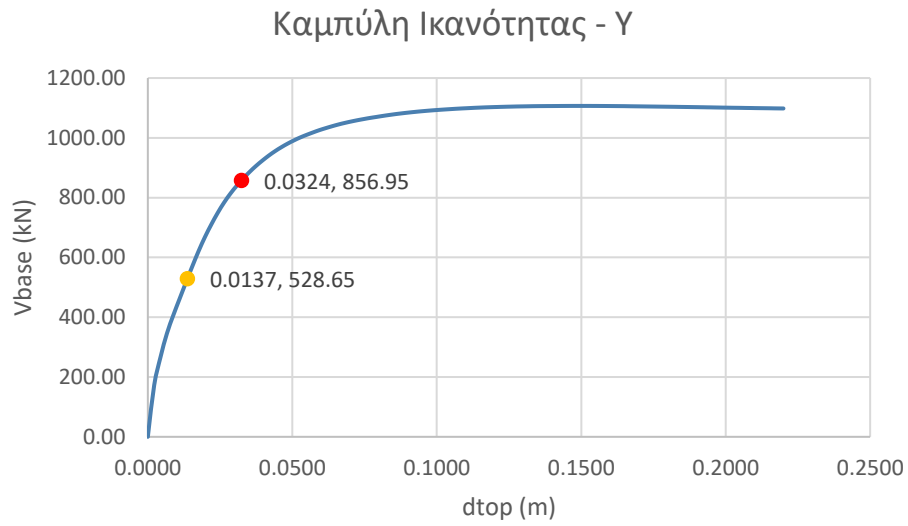




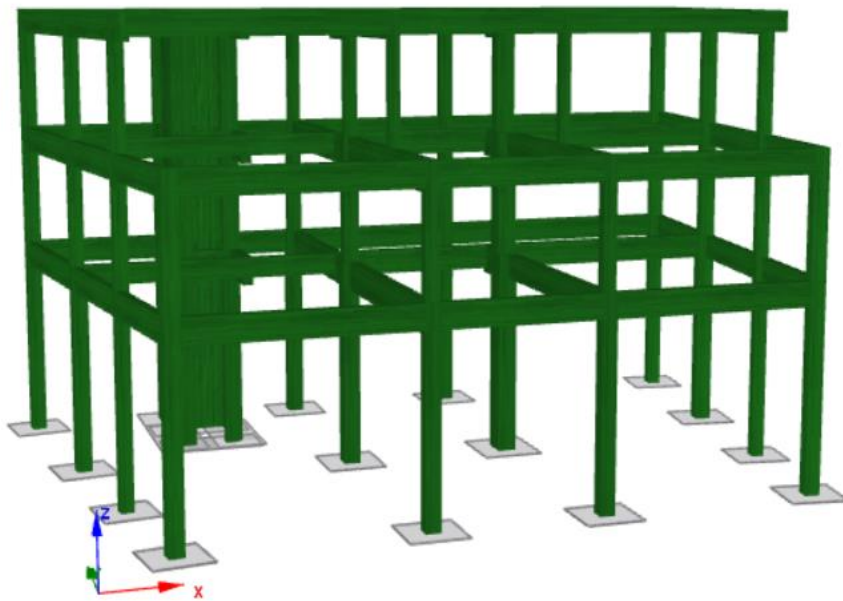
Σχήμα 3.7: Έλεγχος Τέμνουσας Δύναμης για Στάθμη B<sub>2</sub>



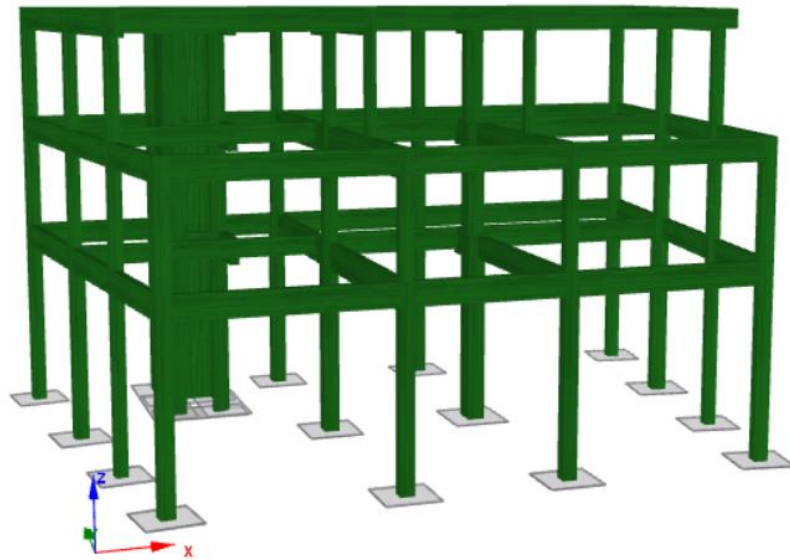
Σχήμα 3.8: Έλεγχος Τέμνουσας Δύναμης για Στάθμη Γ<sub>1</sub>



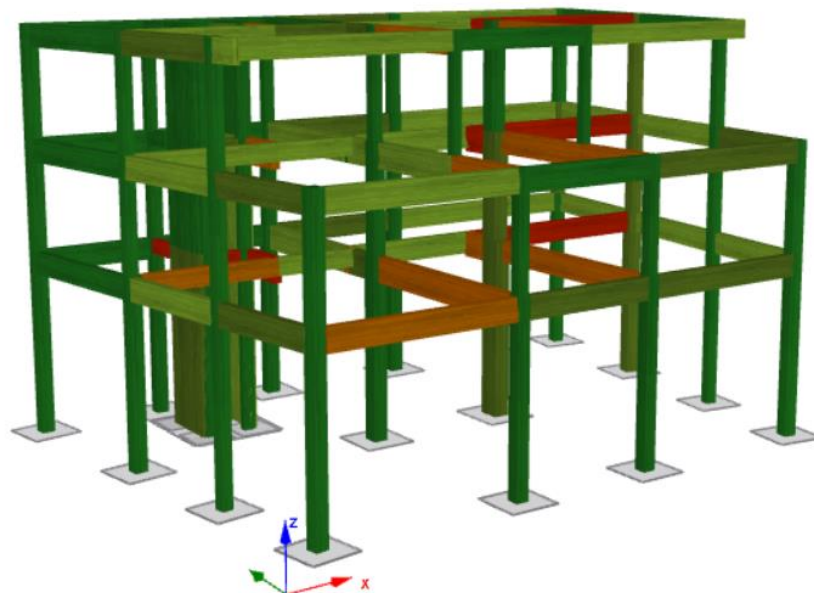
Σχήμα 3.9: Καμπύλη Ικανότητας στη διεύθυνση Y



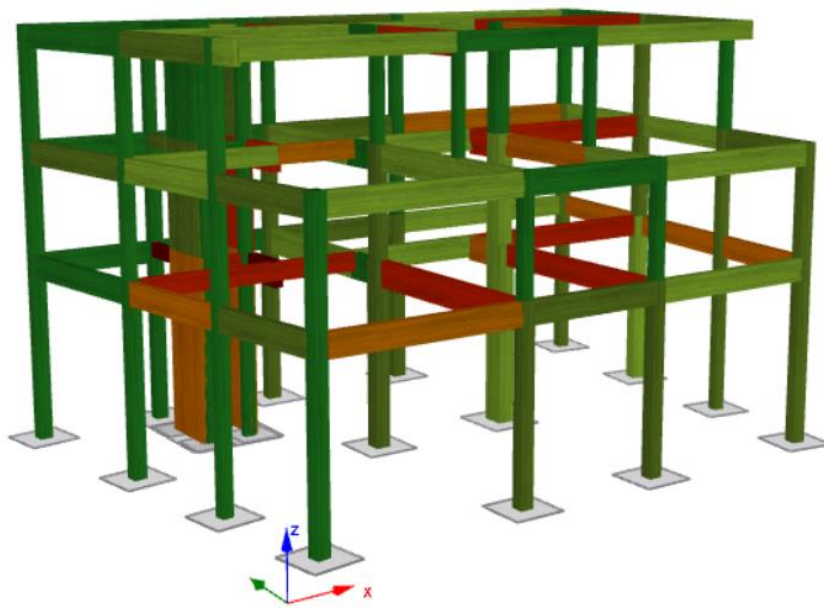
Σχήμα 3.10: Έλεγχος Στροφής-Χορδής για Στάθμη B<sub>2</sub> – Καμία Αστοχία



Σχήμα 3.11: Έλεγχος Στροφής-Χορδής για Στάθμη  $\Gamma_1$  – Καμία Αστοχία



Σχήμα 3.12: Έλεγχος Τέμνουσας Δύναμης για Στάθμη  $B_2$



Σχήμα 3.13: Έλεγχος Τέμνουσας Δύναμης για Στάθμη Γ<sub>1</sub>

Από τα σχήματα 3.5-3.8 και 3.10-3.13 παρατηρείται πως και στις δύο διευθύνσεις ικανοποιείται ο έλεγχος στροφής και για τις δύο στάθμες επιτελεσματικότητας για επιτάχυνση εδάφους ίση με 0.16g. Αντιθέτως με τη στροφή δεν συμβαίνει το ίδιο κατά τον έλεγχο των τεμνουσών δυνάμεων καθώς παρατηρείται ότι κάποια μέλη αστοχούν ψαθυρά, ωστόσο ήταν αναμενόμενο λόγω ότι είναι κατασκευασμένο με τους παλιούς κανονισμούς. Επομένως διενεργείται μία διαδικασία εντοπισμού για ποια εδαφική επιτάχυνση ικανοποιούνται οριακά όλοι οι έλεγχοι του κανονισμού. Αυτό πραγματοποιείται μειώνοντας σταδιακά την επιτάχυνση εδάφους που καταχωρούμε στο πρόγραμμα ώστε να φτάσουμε ένα βήμα πριν την αστοχία. Εφόσον προσδιορίσουμε τις εδαφικές επιταχύνσεις ορίζονται οι νέες στάθμες επιτελεσματικότητας για κάθε διεύθυνση. Σημειώνεται ότι για τον προσδιορισμό των νέων εδαφικών επιταχύνσεων αγνοήθηκαν οι αστοχίες στις δοκούς διότι το πρόγραμμα δεν συνυπολογίζει τους λοξούς θλιπτήρες, οι οποίοι λαμβάνουν μεγάλο μέρος της τέμνουσας δύναμης. Στους πίνακες παρουσιάζονται η τέμνουσα βάση και η μετακίνηση της οροφής του κτιρίου στις νέες στάθμες επιτελεσματικότητας B<sub>2</sub> και Γ<sub>1</sub> για κάθε διεύθυνση αντίστοιχα.

Πίνακας 3.11: Αποτελέσματα επαναληπτικής διαδικασίας για τη διεύθυνση X  
a<sub>g</sub>=0.061g

	Σημαντικές βλάβες B <sub>2</sub>	Οιονεί Κατάρρευση Γ <sub>1</sub>
V <sub>base</sub>	361.29	545.62
δ <sub>top</sub>	0.0138	0.0252

Πίνακας 3.12: Αποτελέσματα επαναληπτικής διαδικασίας για τη διεύθυνση Y  
ag=0.112g

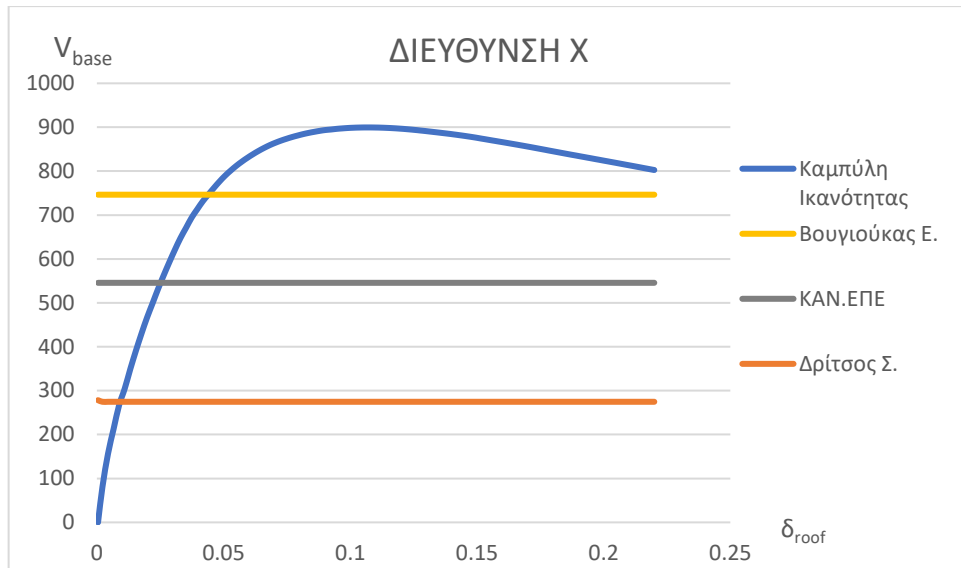
	Σημαντικές βλάβες B <sub>2</sub>	Οιονεί Κατάρρευση Γ <sub>1</sub>
V <sub>base</sub>	419.19	665.40
δ <sub>top</sub>	0.0093	0.0196

### 3.4 Συμπεράσματα -Σύγκριση μεθόδων

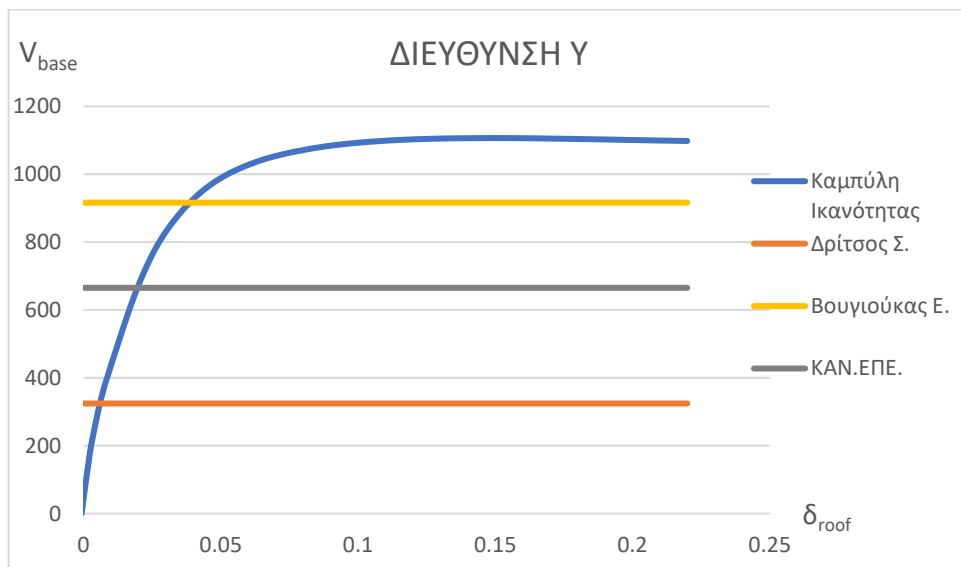
Από την εφαρμογή του Κανονισμού Επεμβάσεων, παρατηρείται ότι οι αστοχίες είναι ψαθυρές και στις δύο διευθύνσεις X και Y, λόγω της τέμνουσας δύναμης. Παρατηρείται ακόμη ότι η πρώτη αστοχία για κατακόρυφο μέλος κατά τη διεύθυνση X πραγματοποιείται για πολύ μικρότερη εδαφική επιτάχυνση εδάφους απ' ό,τι για τη Y διεύθυνση. Οι δευτεροβάθμιοι μέθοδοι βρίσκουν τη πρώτη αστοχία σε όρους τέμνουσας βάσης. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τη μέθοδο του Δρίτσου Σ. είναι αρκετά συντηρητικότερα σε σχέση με αυτά της Ανελαστικής Στατικής Ανάλυσης. Αντίθετα η μέθοδος του Βουγιούκα Ε. φαίνεται να υπερεκτιμά τη κατασκευή κατά τη διεύθυνση X, καθώς υποθέτει ότι όλα τα κατακόρυφα μέλη εξαντλούν όλη την αντοχή τους ταυτόχρονα, ωστόσο προσεγγίζει καλύτερα τη τέμνουσα βάση που προκύπτει από τον Κανονισμό Επεμβάσεων. Επομένως, η σύγκριση των μεθόδων γίνεται σε όρους τέμνουσας βάσης V<sub>base</sub> (πίνακας 3.13). Η σύγκριση απεικονίζεται στα σχήματα 3.14-3.15.

Πίνακας 3.13: Τιμές Τέμνουσας Βάσης για τις δύο διευθύνσεις

	X	Y
Κανονισμός Επεμβάσεων	545.62	665.40
Δρίτσος Σ.	278.30	324.43
Βουγιούκας Ε.	746.35	916.32



Σχήμα 3.14: Απεικόνιση Σεισμικής Ικανότητας σε όρους Τέμνουσας Βάσης για τη Διεύθυνση Χ



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

## 4 Οικονομοτεχνική μελέτη της κατασκευής

### 4.1 Εκτίμηση Τρωτότητας

Για να εκτιμηθεί καλύτερα η σεισμική δράση του φορέα θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν και τα δυναμικά χαρακτηριστικά τα οποία δεν λήφθηκαν κατά τη στατική ανελαστική ανάλυση. Από την δυναμική ανάλυση μπορούν να εκτιμηθούν ακριβέστερα και οι στάθμες επιτελεστικότητας επομένως και τη πραγματική συμπεριφορά της κατασκευής. Μια βασική συνιστώσα για τον υπολογισμό του κόστους της κατασκευής είναι η εκτίμηση της τρωτότητας των στοιχείων από τα οποία αποτελείται. Η εκτίμηση αυτή βασίζεται στις καμπύλη τρωτότητας. Οι καμπύλες τρωτότητας περιγράφουν την πιθανότητα υπέρβασης οριακών καταστάσεων μιας κατασκευής για δεδομένο μέτρο έντασης. Στην παρούσα εργασία ως τρωτότητα της κατασκευής ορίζεται η πιθανότητα αστοχίας δεδομένης της φασματικής επιτάχυνσης για  $T_1$ . Η καμπύλη τρωτότητας ορίζεται από μια λογαριθμοκανονική αθροιστική συνάρτηση πιθανότητας με την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$P(C|IM=x) = \Phi(\ln(x/\theta)/\beta) \quad (4.1)$$

Η σχέση  $P(C|IM=x)$  εκφράζει την πιθανότητα να αστοχήσει η κατασκευή όταν το μέτρο έντασης, δηλαδή η φασματική επιτάχυνση στην συγκεκριμένη μελέτη λαμβάνει την τιμή  $x$ . Η σχέση  $\Phi(\cdot)$  αναπαριστά τη συνάρτηση αθροιστικής κανονικής κατανομής (cumulative distribution function, CDF), η τιμή  $\theta$  τη διάμεσο της καμπύλης τρωτότητας δηλαδή την τιμή της φασματικής επιτάχυνσης που αντιστοιχεί σε 50% πιθανότητα υπέρβασης της στάθμης επιτελεστικότητας και η τιμή  $\beta$  αναπαριστά την τυπική απόκλιση του φυσικού λογάριθμου της φασματικής επιτάχυνσης ή όπως αλλιώς ονομάζεται τη διασπορά της φασματικής επιτάχυνσης.

Η δυναμική ανάλυση πραγματοποιείται με τη χρήση του προγράμματος SPO2FRAG (2017, Vamvatsikos D., Iervolino I., Baraschino R., Baltzopoulos G.) το οποίο χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο SPO2IDA και τη θεώρηση μονοβάθμιου ταλαντωτή. Από τη θεώρηση του μονοβάθμιου ταλαντωτή προκύπτουν οι καμπύλες της αυξανόμενης δυναμικής ανάλυσης για τα ποσοστημόρια 16%, 50% και 84% λαμβάνοντας υπόψιν και τη μέγιστη σχετική στροφή ορόφου κατά τη πρώτη αστοχία σύμφωνα με τον Κανονισμό Επεμβάσεων. Στη συνέχεια μετατρέπονται σε αντίστοιχες για πολυβάθμιο ταλαντωτή και σχηματίζονται οι καμπύλες τρωτότητας για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας, όπου αποδίδουν την πιθανότητας υπέρβασης κάθε επιπέδου βλάβης.

Στον πίνακα 4.1 παρουσιάζονται οι μέγιστες στροφές ορόφου για τη στάθμη  $B_2$  (προστασία ζωής) και  $\Gamma_1$  (οιονεί κατάρρευση) για κάθε διεύθυνση. Τα αποτελέσματα από τη δυναμική ανάλυση παρουσιάζονται στους πίνακες 4.2-4.3, όπου παρουσιάζονται οι μέσες τιμές φασματικών επιταχύνσεων και οι αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις, ενώ στα σχήματα 4.1 και 4.2 εμφανίζονται οι καμπύλες τρωτότητας για τη κάθε διεύθυνση.

Πίνακας 4.1: Μέγιστη στροφή ορόφου για την πρώτη διατημητική αστοχία κατακόρυφου στοιχείου

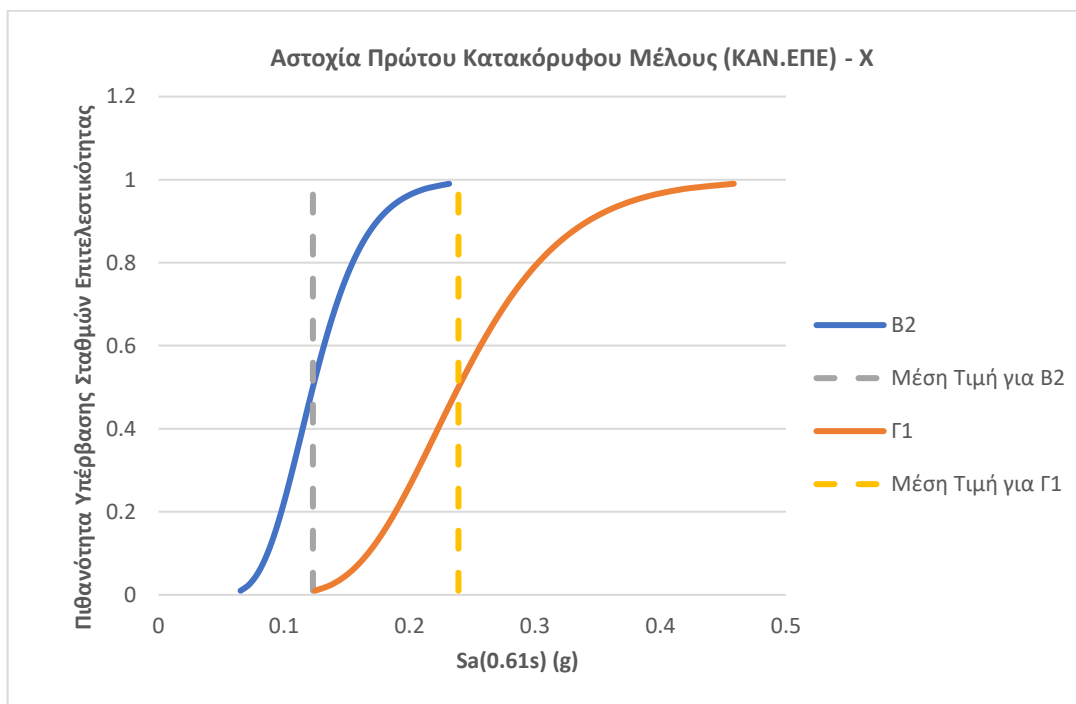
$\theta_{max}$	X	Y
$B_2$	0.169%	0.047%
$\Gamma_1$	0.327%	0.104%

Πίνακας 4.2: Μέση φασματική επιτάχυνση και τυπική απόκλιση για τη στάθμη B<sub>2</sub>

	X	Y
Μέση Sa(T) (g)	0.123	0.171
Τυπική απόκλιση	0.272	0.291

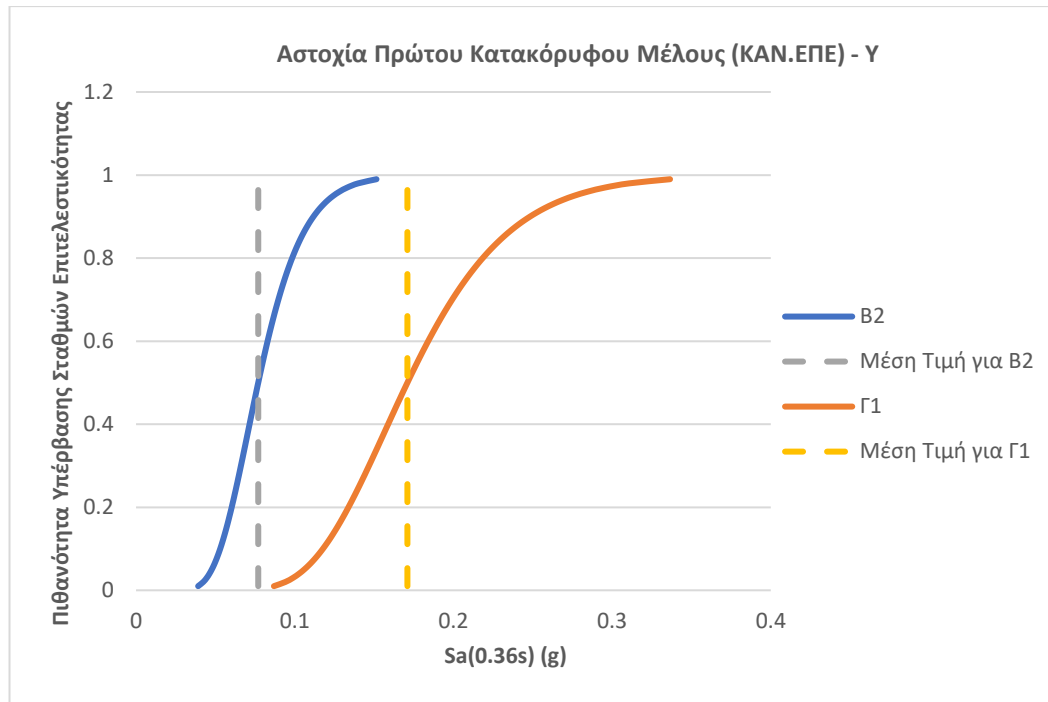
Πίνακας 4.3: Μέση φασματική επιτάχυνση και τυπική απόκλιση για τη στάθμη Γ<sub>1</sub>

	X	Y
Μέση Sa(T) (g)	0.239	0.832
Τυπική απόκλιση	0.280	0.370



Σχήμα 4.1: Καμπύλες Τρωτότητας για την 1η αστοχία κατακόρυφου στοιχείου – X





Σχήμα 4.2: Καμπύλες Τρωτότητας για την 1η αστοχία κατακόρυφου στοιχείου – Υ

## 4.2 Επισκευές

Για τον υπολογισμό του κόστους αποκατάστασης βλαβών σε δομικά στοιχεία της κατασκευής έγιναν αναλύσεις τιμών των ενσωματώμενων 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 και δοκών 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 έρευνα αγοράς.

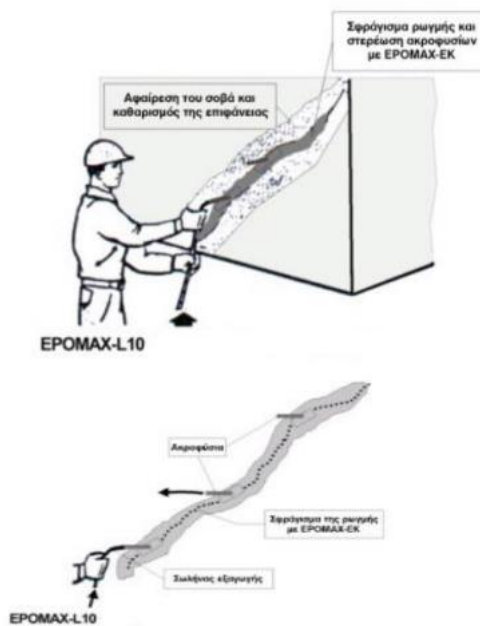
### 4.2.1 Επισκευή Υποστυλωμάτων

Τα υποστυλώματα, αλλά και τα κατακόρυφα στοιχεία γενικότερα, λόγω της ιδιαίτερης σημασίας που έχουν για τον αντισεισμικό σχεδιασμό μιας υφιστάμενης κατασκευής, είναι τα μέλη που συγκεντρώνουν το μεγαλύτερο ποσοστό βλαβών λόγω σεισμού, εξαιτίας κυρίως των μεγάλων επιβαλλόμενων παραμορφώσεων και των αυξημένων απαιτήσεων πλαστιμότητας. Οι επεμβάσεις που πραγματοποιούνται και αναλύονται παρακάτω για τα υποστυλώματα πραγματοποιούνται και στα τοιχώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα, ωστόσο απαιτείται πιο ακριβή μελέτη επέμβασης.

#### Απλή ρηγμάτωση υποστυλώματος

Για την επισκευή-πλήρωση ρωγμών υποστυλώματος εύρους μικρότερο των 3mm χρησιμοποιείται εποξειδική πάστα για σφράγιση της ρωγμής και τοποθετούνται ακροφύσια για την εισπίεση ενέσιμης εποξειδικής ρητίνης και κατόπιν επισκευαστικό κονίαμα ισχυρής πρόσφυσης στο σκυρόδεμα 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 4.3: Διαδικασία αποκατάστασης των ρωγμών

**Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας (m<sup>2</sup>)**

**Ανάλυση τιμής:**

A). Καθαίρεση επιχρισμάτων (ΟΙΚ-2552) : **5.60€/m<sup>2</sup>**

B). Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122): **14.00€/m<sup>2</sup>**

Γ). Εποξειδική πάστα τύπου EPOMAX-EK της ISOMAT

Τιμή εμπορίου(kg): 11€/kg

Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 1.85kg/m<sup>2</sup>/mm πάχους στρώσης

Για επίστρωση πάχους 3mm:  $11€/kg \times 1.85kg/m^2/mm \times 3mm =$  **61.05€/m<sup>2</sup>**

Δ). Ενεσίσιμη εποξειδική ρητίνη τύπου EPOMAX-L10 της ISOMAT

Τιμή εμπορίου(kg): 18.57€/kg

Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού):  $1.10kg/dm^3 \Rightarrow 1100kg/m^3$

Για πάχος ρωγμής 10mm:  $18.57€/kg \times 1100kg/m^3 \times 0.01m =$  **204.07€/m<sup>2</sup>**

Ε). Ρητινούχο επισκευαστικό κονίαμα τύπου DUROCRET της ISOMAT

Τιμή εμπορίου(kg): 0.48€/kg

Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 15kg/m<sup>2</sup>/cm πάχους στρώσης

Για πάχος στρώσης 1cm :  $0.48€/kg \times 15kg/m^2 =$  **7.20€/m<sup>2</sup>**

ΣΤ). Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών τοίχων για χρωματισμούς (ΟΙΚ7735):

**1.70€/m<sup>2</sup>**

Ζ). Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων (ΟΙΚ-7735):

**3.40€/m<sup>2</sup>**

Η). Ακρυλικό μικρομοριακό ή σιλικονούχο υπόστρωμα χρωματισμών (αστάρι) (ΟΙΚ-7735):

**3.35€/m<sup>2</sup>**

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

**9€/m<sup>2</sup>**

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

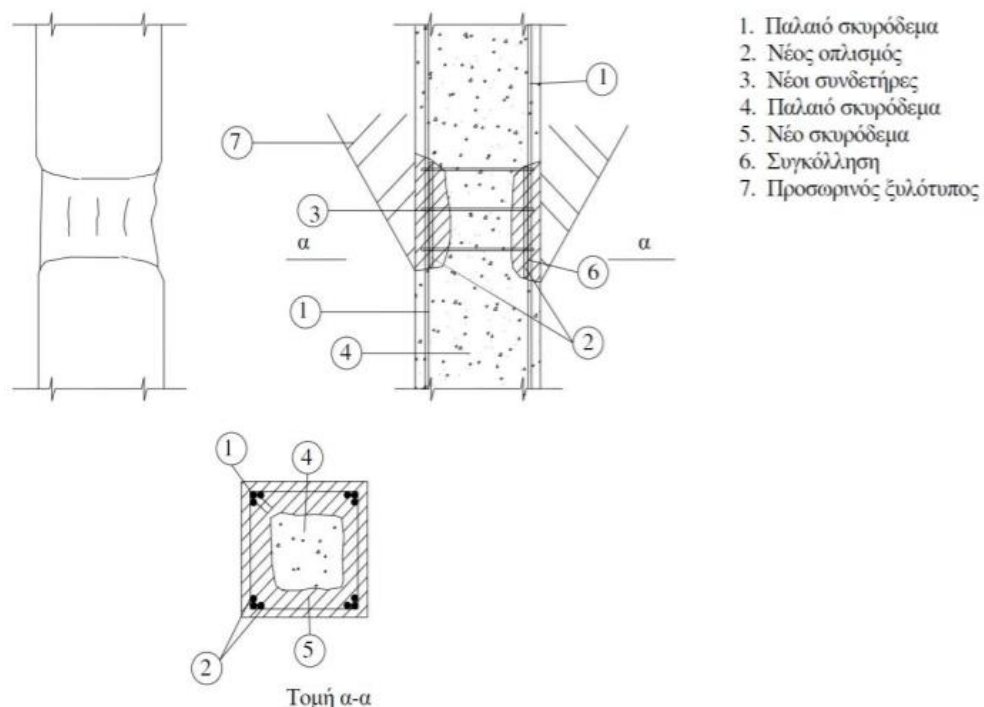
Για εργασία 1.5h:  $1.5h \times 19.86€/h =$  **29.80€/m<sup>2</sup>**

**Τιμή εφαρμογής (ευρώ): 339.17€/m<sup>2</sup>**

**Σημαντική τοπική βλάβη – μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος**

Για την επισκευή υποστυλώματος που έχει υποστεί τοπική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος λόγω τοπικού λυγισμού ή θραύσης των ράβδων οπλισμού, αρχικά υποστυλώνονται 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 4.4: Διαδικασία επισκευής του υποστύλωματος

### Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας (m<sup>2</sup>)

#### Ανάλυση τιμής:

A). Ικριώματα σιδηρά σωληνωτά (άρθρο ΟΙΚ-2303): **5.60€/m<sup>2</sup>**

B). Καθαίρεση στοιχείων κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα με χρήση συνήθους κρουστικού εξοπλισμού (άρθρο ΟΙΚ-2226) : 56€/ m<sup>3</sup>

Για βάθος καθαίρεσης 5cm: **2.80€/m<sup>2</sup>**

Γ). Χαλύβδινοι οπλισμοί (άρθρο ΟΙΚ-3873): 1,07€/kg

Για 50kg/m<sup>2</sup> πρόσθετο χαλύβδινο οπλισμό (διαμήκης και συνδετήρες): **53.5€/m<sup>2</sup>**

Δ). Τσιμεντοειδές, προαναμεμιγμένο θιξοτροπικό επισκευαστικό κονίαμα τύπου MasterEmaco

Τιμή εμπορίου(kg): 1.05€/kg

Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 18.5kg/m<sup>2</sup>/cm πάχους στρώσης

Για 5cm: 1.05€/kg x 18.5kg/m<sup>2</sup> x 5cm = **97.13€/m<sup>2</sup>**

Ε). Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122): **14.00€/m<sup>2</sup>**

ΣΤ). Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών για χρωματισμούς

(ΟΙΚ-7735): **1.70€/m<sup>2</sup>**

Ζ). Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων

(ΟΙΚ-7735): **3.40€/m<sup>2</sup>**

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

(ΟΙΚ-7735): **3.35€/m<sup>2</sup>**

Θ). Χρωματισμοί επί εσωτερικών επιφανειών επιχρισμάτων με χρώματα υδατικής διασποράς, ακρυλικής, στυρενιοακρυλικής ή πολυβινυλικής βάσεως

(ΟΙΚ-7785.1): **9€/m<sup>2</sup>**

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

Για εργασία 3h: 3h x 19.86€/h = **59.58€/m<sup>2</sup>**

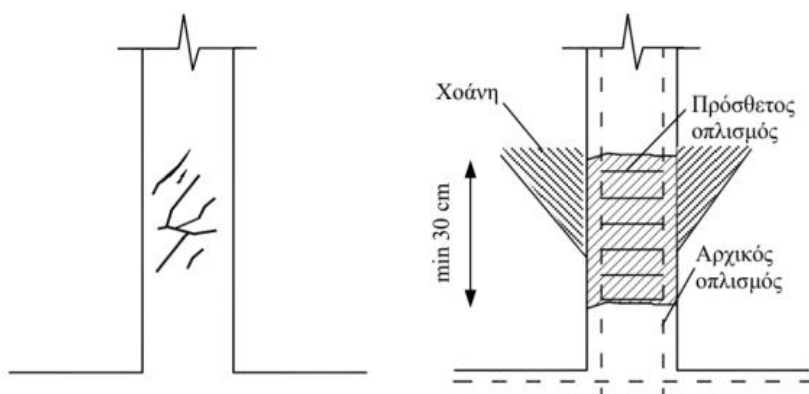
**Τιμή εφαρμογής (ευρώ): 250.06€/m<sup>2</sup>**

### **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 υποστυλώμα.
- Πλήρης καθαίρεση του αποδιοργανωμένου τμήματος του υποστυλώματος 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 4.5: Αποκατάσταση υποστυλώματος με πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος της βλαμμένης περιοχής

#### Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας (m<sup>2</sup>)

#### Ανάλυση τιμής:

- A). Ικρίωματα σιδηρά σωληνωτά (άρθρο ΟΙΚ-2303): **5.60€/m<sup>2</sup>**
- B). Καθαίρεση στοιχείων κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα με χρήση συνήθους κρουστικού εξοπλισμού (άρθρο ΟΙΚ-2226) : 56€/ m<sup>3</sup>

Για βάθος καθαίρεσης 35cm:	<b>19.60€/m<sup>2</sup></b>
Γ). Χαλύβδινοι οπλισμοί κατηγορίας (άρθρο ΟΙΚ-3873): 1,07€/kg	
Για 100kg/m <sup>2</sup> πρόσθετο χαλύβδινο οπλισμό (διαμήκης και συνδετήρες):	<b>107.00€/m<sup>2</sup></b>
Δ). Τοποθέτηση ξυλοτύπου (ΟΙΚ-3811):	<b>22.50€/m<sup>2</sup></b>
Ε). Διάστρωση έγχυτου σκυροδέματος (ΟΙΚ-3215): 101€/m <sup>3</sup>	
Για 35cm: 101€/m <sup>3</sup> x 0.35m =	<b>35.35€/m<sup>2</sup></b>
ΣΤ). Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122):	<b>14.00€/m<sup>2</sup></b>
Ζ). Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών για χρωματισμούς (ΟΙΚ-7735):	<b>1.70€/m<sup>2</sup></b>
Η). Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων (ΟΙΚ-7735):	<b>3.40€/m<sup>2</sup></b>
Θ). Ακρυλικό μικρομοριακό ή σιλικονούχο υπόστρωμα χρωματισμών (αστάρι) (ΟΙΚ-7735):	<b>3.35€/m<sup>2</sup></b>
Ι). Χρωματισμοί επί εσωτερικών επιφανειών επιχρισμάτων με χρώματα υδατικής διασποράς, ακρυλικής, στυρενιοακρυλικής ή πολυβινυλικής βάσεως (ΟΙΚ-7785.1):	<b>9€/m<sup>2</sup></b>
ΙΑ). Εργασία σε ώρες τεχνίτη (ΕΡΓ ΑΤΟΕ003): 19.86€/h	
Για εργασία 3.5h: 3.5h x 19.86€/h =	<b>69.51€/m<sup>2</sup></b>

**Τιμή εφαρμογής(ευρώ): 291.01€/m<sup>2</sup>**

#### **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 για σφράγιση της ρωγμής και τοποθετούνται ακροφύσια για την εισπίεση ενέσιμης εποξειδικής ρητίνης τύπου και κατόπιν επισκευαστικό κονίαμα ισχυρής πρόσφυσης στο σκυρόδεμα τύπου 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 (m<sup>2</sup>)**

#### **Ανάλυση τιμής:**

A). Καθαίρεση επιχρισμάτων (ΟΙΚ-2552) : **5.60€/m<sup>2</sup>**

B). Εποξειδική πάστα τύπου EPOMAX-EK της ISOMAT

Τιμή εμπορίου(kg): 11€/kg

Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 1.85kg/m<sup>2</sup>/mm πάχους στρώσης

Για επίστρωση πάχους 3mm: 11€/kg x 1.85kg/m<sup>2</sup>/mm x 3mm = **61.05€/m<sup>2</sup>**

Γ). Ενέσιμη εποξειδική ρητίνη τύπου EPOMAX-L10 της ISOMAT

Τιμή εμπορίου(kg): 18.57€/kg

Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 1.10kg/dm<sup>3</sup> => 1100kg/ m<sup>3</sup>

Για πάχος ρωγμής 10mm: 18.57€/kg x 1100kg/ m<sup>3</sup> x 0.01m = **204.07€/m<sup>2</sup>**

Δ). Ρητινούχο επισκευαστικό κονίαμα τύπου DUROCRET της ISOMAT

Τιμή εμπορίου(kg): 0.48€/kg

Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 15kg/m<sup>2</sup>/cm πάχους στρώσης

Για πάχος στρώσης 1cm : 0.48€/kg x 15kg/m<sup>2</sup> = **7.20€/m<sup>2</sup>**



E). Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122):	<b>14.00€/m<sup>2</sup></b>
ΣΤ). Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών για χρωματισμούς (ΟΙΚ-7735):	<b>1.70€/m<sup>2</sup></b>
Z). Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων (ΟΙΚ-7735):	<b>3.40€/m<sup>2</sup></b>
H). Ακρυλικό μικρομοριακό ή σιλικονούχο υπόστρωμα χρωματισμών (αστάρι) (ΟΙΚ-7735):	<b>3.35€/m<sup>2</sup></b>
Θ). Χρωματισμοί επί εσωτερικών επιφανειών επιχρισμάτων με χρώματα υδατικής διασποράς, ακρυλικής, στυρενιοακρυλικής ή πολυβινυλικής βάσεως (ΟΙΚ-7785.1):	<b>9€/m<sup>2</sup></b>
D). Εργασία σε ώρες τεχνίτη (ΕΡΓ ΑΤΟΕ003): 19.86€/h	
Για εργασία 1.5h: 1.5h x 19.86€/h =	<b>29.80€/m<sup>2</sup></b>

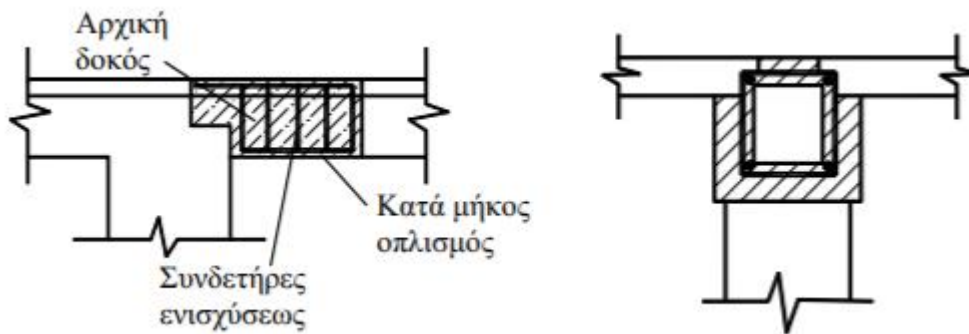
**Τιμή εφαρμογής (ευρώ): 339.17€/m<sup>2</sup>**

**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 συρματοβουρτσας 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 4.6: Επισκευή δοκού με τοπική αποδιοργάνωση σκυροδέματος σε περιορισμένη έκταση

#### Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας (m<sup>2</sup>)

##### Ανάλυση τιμής:

- |   |                             |
|---|-----------------------------|
| A). Ικριώματα σιδηρά σωληνωτά (άρθρο ΟΙΚ-2303):   | <b>5.60€/m<sup>2</sup></b>  |
| B). Καθαίρεση στοιχείων κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα με χρήση συνήθους κρουστικού εξοπλισμού (άρθρο ΟΙΚ-2226) : 56€/ m <sup>3</sup> |                             |
| Για βάθος καθαίρεσης 5cm:   | <b>2.80€/m<sup>2</sup></b>  |
| Γ). Δομικό πλέγμα ή συνδετήρες ενισχύσεως (ΟΙΚ-3873): 1.01€/kg  |                             |
| Για 50kg/m <sup>2</sup> : 50.50€/m <sup>2</sup>   |                             |
| Δ). Τοποθέτηση ξυλοτύπου (ΟΙΚ-3811):  | <b>22.50€/m<sup>2</sup></b> |
| E). Διάστρωση έγχυτου σκυροδέματος (ΟΙΚ-3215): 101€/m <sup>3</sup>  |                             |
| Για 10cm: 101€/m <sup>3</sup> x 0.10m =   | <b>10.10€/m<sup>2</sup></b> |
| ΣΤ). Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122):   | <b>14.00€/m<sup>2</sup></b> |

Z). Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών για χρωματισμούς

(ΟΙΚ-7735): 1.70€/m<sup>2</sup>

H). Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων

(ΟΙΚ-7735): 3.40€/m<sup>2</sup>

Θ). Ακρυλικό μικρομοριακό ή σιλικονούχο υπόστρωμα χρωματισμών (αστάρι) (ΟΙΚ-7735): 3.35€/m<sup>2</sup>

I). Χρωματισμοί επί εσωτερικών επιφανειών επιχρισμάτων με χρώματα υδατικής διασποράς, ακρυλικής, στυρενιοακρυλικής ή πολυβινυλικής βάσεως

(ΟΙΚ-7785.1): 9€/m<sup>2</sup>

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

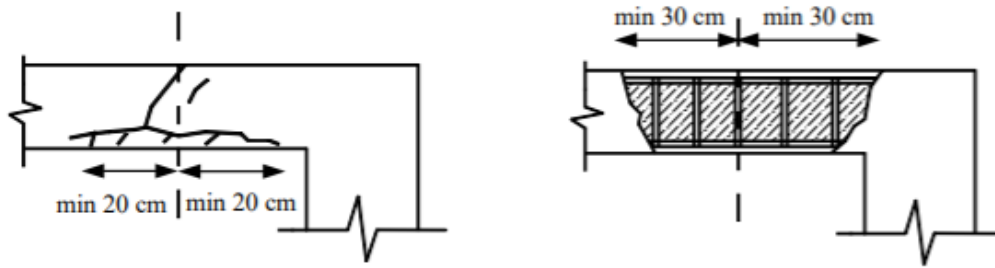
Για εργασία 3h: 3h x 19.86€/h = 59.58€/m<sup>2</sup>

**Τιμή εφαρμογής (ευρώ): 182.53€/m<sup>2</sup>**

**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 4.7: 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 συρματοβουρτσας 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 (m<sup>2</sup>)

##### Ανάλυση τιμής:

A). Ικρίωματα σιδηρά σωληνωτά (άρθρο ΟΙΚ-2303):	<b>5.60€/m<sup>2</sup></b>
B). Καθαίρεση στοιχείων κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα με χρήση συνήθους κρουστικού εξοπλισμού (άρθρο ΟΙΚ-2226) : 56€/ m <sup>3</sup>	
Για βάθος καθαίρεσης 30cm:	<b>16.80€/m<sup>2</sup></b>
Γ). Χαλύβδινοι οπλισμοί κατηγορίας (άρθρο ΟΙΚ-3873): 1,07€/kg	
Για 100kg/m <sup>2</sup> πρόσθετο χαλύβδινο οπλισμό (διαμήκης και συνδετήρες):	<b>107.00€/m<sup>2</sup></b>
Δ). Τοποθέτηση ξυλοτύπου (ΟΙΚ-3811):	<b>22.50€/m<sup>2</sup></b>
E). Διάστρωση έγχυτου σκυροδέματος (ΟΙΚ-3215): 101€/m <sup>3</sup>	
Για 30cm: 101€/m <sup>3</sup> x 0.30m =	<b>30.30€/m<sup>2</sup></b>
ΣΤ). Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122):	<b>14.00€/m<sup>2</sup></b>
Z). Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών για χρωματισμούς (ΟΙΚ-7735):	<b>1.70€/m<sup>2</sup></b>

Η). Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων

(ΟΙΚ-7735): **3.40€/m<sup>2</sup>**

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

(ΟΙΚ-7735): **3.35€/m<sup>2</sup>**

Ι). Χρωματισμοί επί εσωτερικών επιφανειών επιχρισμάτων με χρώματα υδατικής διασποράς, ακρυλικής, στυρενιοακρυλικής ή πολυβινυλικής βάσεως

(ΟΙΚ-7785.1): **9€/m<sup>2</sup>**

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

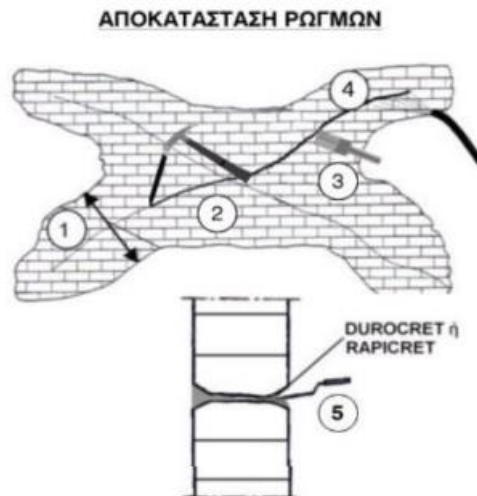
Για εργασία 3.5h: 3.5h x 19.86€/h = **69.51€/m<sup>2</sup>**

**Τιμή εφαρμογής (ευρώ): 291.01€/m<sup>2</sup>.**

#### **4.2.3 Εξωτερική Τοιχοποιία και Υαλοπίνακες**

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

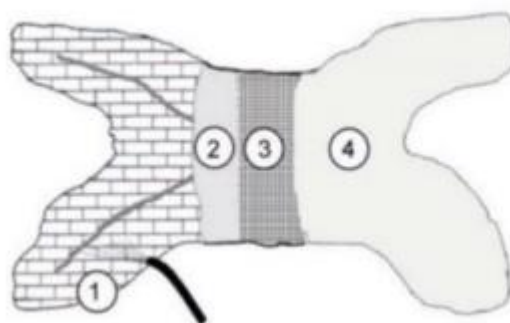
Για την αποκατάσταση ενός τετραγωνικού μέτρου ρηγματωμένης τοιχοποιίας για εύρος ρωγμών μικρότερο από 1cm, χρησιμοποιείται ρητινούχο επισκευαστικό τσιμεντοκονίαμα. Για την αποκατάσταση του σοβά γίνεται χρήση έτοιμου κονιάματος, ενισχυμένο με οικοδομική ρητίνη και λωρίδα υαλοπλέγματος, πλάτους όσο και του καθαιρεθέντος σοβά. Συμπεριλαμβάνεται η διάθεση και απασχόληση του απαιτούμενου προσωπικού, εξοπλισμού 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 4.8: 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.

#### ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΟΒΑ



Σχήμα 4.9: 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, ενισχυμένο με την οικοδομική ρητίνη.
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.

#### Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας (m<sup>2</sup>)

##### Ανάλυση τιμής:

A). Ικριώματα σιδηρά σωληνωτά (άρθρο ΟΙΚ-2303): **5.60€/m<sup>2</sup>**

B). Καθαίρεση επιχρισμάτων (ΟΙΚ-2552) : **5.60€/m<sup>2</sup>**

Γ). Ρητινούχο επισκευαστικό κονίαμα τύπου DUROCRET της ISOMAT

Τιμή εμπορίου(kg): 0.48€/kg

Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 15kg/m<sup>2</sup>/cm πάχους στρώσης

Για πάχος στρώσης 1cm : 0.48€/kg x 15kg/m<sup>2</sup> = **7.20€/ m<sup>2</sup>**

Δ). Κονίαμα για σοβάτισμα τύπου UNICRET της ISOMAT

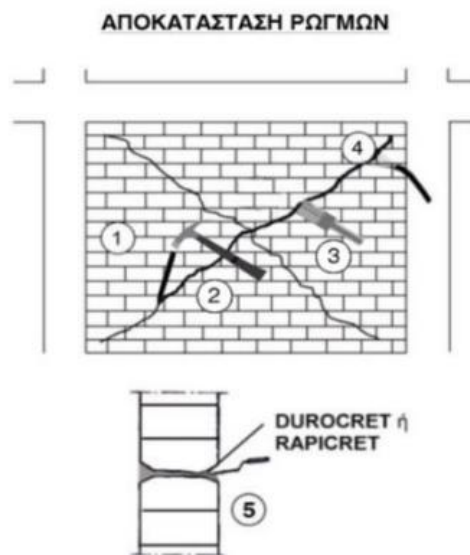
Τιμή εμπορίου(kg): 0.29€/kg

- Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 15.5kg/m<sup>2</sup>/cm πάχους στρώσης
- Για πάχος στρώσης 1cm : 0.29€/kg x 15.5kg/m<sup>2</sup> = **4.50€/ m<sup>2</sup>**
- E). Οικοδομική ρητίνη για πολλαπλές βελτιώσεις των κονιαμάτων τύπου ADIPLAST της ISOMAT
- Τιμή εμπορίου(kg): 4.40€/kg
- Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 1kg/m<sup>2</sup>/cm πάχους στρώσης
- Για πάχος στρώσης 1cm : 4.40€/kg x 1kg/m<sup>2</sup> = **4.40€/ m<sup>2</sup>**
- ΣΤ). Υαλόπλεγμα οπλισμού σοβάδων (πλέγμα από fiberglass για ενίσχυση σοβάδων)
- Τιμή εμπορίου: **1.10€/ m<sup>2</sup>**
- Z). Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122): **14.00€/m<sup>2</sup>**
- H). Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών τοίχων για χρωματισμούς
- (ΟΙΚ-7735): **1.70€/m<sup>2</sup>**
- Θ). Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων
- (ΟΙΚ-7735): **3.40€/m<sup>2</sup>**
- I). Ακρυλικό μικρομοριακό ή σιλικονούχο υπόστρωμα χρωματισμών (αστάρι)
- (ΟΙΚ-7735): **3.35€/m<sup>2</sup>**
- ΙΑ). Χρωματισμοί επιφανειών επιχρισμάτων με χρώματα υδατικής διασποράς, ακρυλικής, στυρενιοακρυλικής βάσεως
- (ΟΙΚ-7785.1): **10.10€/m<sup>2</sup>**
- ΙΒ). Εργασία σε ώρες τεχνίτη (ΕΡΓ ΑΤΟΕ003): 19.86€/h
- Για εργασία 2h: 2h x 19.86€/h = **39.72€/m<sup>2</sup>**
- Τιμή εφαρμογής(ευρώ):100.67€/m<sup>2</sup>**



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

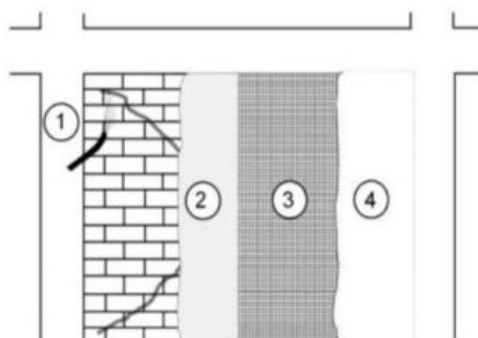
Για την αποκατάσταση ενός τετραγωνικού μέτρου έντονα ρηγματωμένης τοιχοποιίας, για εύρος ρωγμών μεγαλύτερο από 1cm, χρησιμοποιείται ρητινούχο επισκευαστικό τσιμεντοκονίαμα. Για την αποκατάσταση του σοβά γίνεται χρήση έτοιμου κονιάματος, ενισχυμένο με οικοδομική ρητίνη και λωρίδα υαλοπλέγματος σε όλη 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 4.10: 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.

#### ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΟΒΑ



Σχήμα 4.11: 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, ενισχυμένο με την οικοδομική ρητίνη.
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.

#### Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας (m<sup>2</sup>)

##### Ανάλυση τιμής:

A). Ικριώματα σιδηρά σωληνωτά (άρθρο ΟΙΚ-2303): **5.60€/m<sup>2</sup>**

B). Καθαίρεση επιχρισμάτων (ΟΙΚ-2552) : **5.60€/m<sup>2</sup>**

Γ). Ρητινούχο επισκευαστικό κονίαμα τύπου DUROCRET της ISOMAT

Τιμή εμπορίου(kg): 0.48€/kg

Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 15kg/m<sup>2</sup>/cm πάχους στρώσης

Για ρωγμή 4cm : 0.48€/kg x 15kg/m<sup>2</sup>x 4cm = **28.8€/ m<sup>2</sup>**

Δ). Κονίαμα για σοβάτισμα τύπου UNICRET της ISOMAT

Τιμή εμπορίου(kg): 0.29€/kg

Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 15.5kg/m<sup>2</sup>/cm πάχους στρώσης

Για ρωγμή 4cm: 0.29€/kg x 15.5kg/m<sup>2</sup>x 4cm = **17.98€/ m<sup>2</sup>**

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

Τιμή εμπορίου(kg): 4.40€/kg

Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 1kg/m<sup>2</sup>/cm πάχους στρώσης

Για ρωγμής 4cm: 4.40€/kg x 1kg/m<sup>2</sup>x 4cm = **17.60€/ m<sup>2</sup>**

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

Τιμή εμπορίου: **1.10€/ m<sup>2</sup>**

Ζ). Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122): **14.00€/m<sup>2</sup>**

Η). Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών τοίχων για χρωματισμούς

(ΟΙΚ-7735): **1.70€/m<sup>2</sup>**

Θ). Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων

(ΟΙΚ-7735): **3.40€/m<sup>2</sup>**

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

(ΟΙΚ-7735): **3.35€/m<sup>2</sup>**

ΙΑ). Χρωματισμοί επιφανειών επιχρισμάτων με χρώματα υδατικής διασποράς, ακρυλικής, στυρενιοακρυλικής βάσεως

(ΟΙΚ-7785.1): **10.10€/m<sup>2</sup>**

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

Για εργασία 2,5h: 2,5h x 19.86€/h =

**49.65€/m<sup>2</sup>**

**Τιμή εφαρμογής (ευρώ): 158.88€/m<sup>2</sup>**

## **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 (m<sup>2</sup>)**

#### **Ανάλυση τιμής:**

A). Ικριώματα σιδηρά σωληνωτά (άρθρο ΟΙΚ-2303):	<b>5.60€/m<sup>2</sup></b>
B). Καθαίρεση πλινθοδομών με χρήση συνήθους κρουστικού εξοπλισμού (ΟΙΚ-2226):28€/m <sup>3</sup>	
Για πάχος εξωτερικής τοιχοποιίας 30cm:	<b>8.40€/m<sup>2</sup></b>
Γ). Οπτοπλινθοδομές με διακένους τυποποιημένους οπτόπλινθους 9x12x19 cm πάχους 1 πλίνθου, μπατικοί τοίχοι	
(ΟΙΚ-4664.1):	<b>33.50€/m<sup>2</sup></b>
Δ). Γραμμικά διαζώματα (σενάζ) μπατικών τοίχων (ΟΙΚ-3213):	<b>19.70€/m<sup>2</sup></b>
E). Ενισχύσεις τοιχοδομών με συνδετικό πλέγμα (ΥΔΡ-6630.1):	<b>2.60€/m<sup>2</sup></b>
ΣΤ). Αρμολογήματα όψεων πλινθοδομών παντός τύπου (ΟΙΚ-7104):	<b>16.80€/m<sup>2</sup></b>
Z). Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122):	<b>14.00€/m<sup>2</sup></b>
H). Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών τοίχων για χρωματισμούς	
(ΟΙΚ-7735):	<b>1.70€/m<sup>2</sup></b>
Θ). Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων	
(ΟΙΚ-7735):	<b>3.40€/m<sup>2</sup></b>

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

(ΟΙΚ-7735): **3.35€/m<sup>2</sup>**

ΙΑ). Χρωματισμοί επιφανειών επιχρισμάτων με χρώματα υδατικής διασποράς, ακρυλικής, στυρενιοακρυλικής βάσεως (ΟΙΚ-7785.1): **10.10€/m<sup>2</sup>**

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

Για εργασία 3.5h: 3.5h x 19.86€/h = **69.51€/m<sup>2</sup>**

**Τιμή εφαρμογής (ευρώ): 197.66€/ m<sup>2</sup>**

### **Επανατοποθέτηση Υαλοπινάκων**

Για να τοποθετηθούν οι νέοι υαλοπίνακες πρέπει αρχικά να ελεγχθούν τα υαλοστάσια ότι δεν παρουσιάζουν παραμορφώσεις κυρτώσεις και αποκλίσεις από τις γωνίες. Ύστερα, ελέγχονται αν οι πατούρες τοποθέτησης των υαλοπινάκων είναι καθαρές και οι διαστάσεις αυτών επαρκούν για το σωστό τακάρισμα και τοποθέτηση παρεμβυσμάτων (σύμφωνα με την Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή ΕΛΟΤ ΤΟ 1501-03-08-07-01:2009), η συγκέντρωση των απορριμμάτων πάσης φύσεως που προκύπτουν και η μεταφορά τους προς την οριστική απόθεση.

### **Τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας (m<sup>2</sup>)**

#### **Ανάλυση τιμής:**

A). Υαλοπίνακας

Τιμή εμπορίου: **150€/ m<sup>2</sup>**

B). Εξοπλισμός και εργατικά χέρια **90€/ m<sup>2</sup>**

**Τιμή εφαρμογής (ευρώ): 240€/ m<sup>2</sup>**

### 4.3 Εκτίμηση Σεισμικών Απωλειών

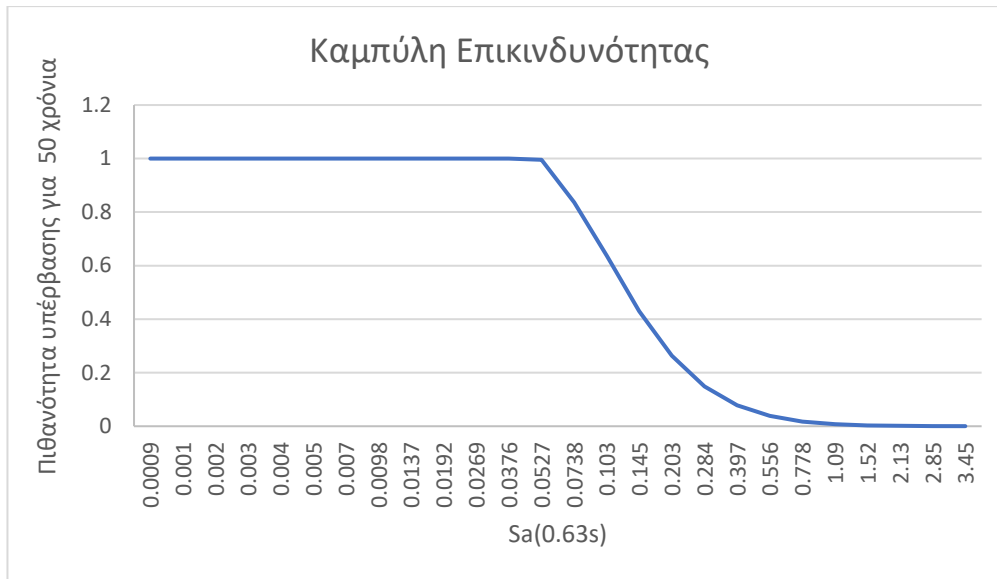
Μετά την ολοκλήρωση της δυναμικής ανάλυσης τα αποτελέσματα θα χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση των χρηματοοικονομικών απωλειών που είναι πιθανόν να εμφανιστούν στην κατασκευή εξαιτίας της σεισμικής δράσης. Η ανάλυση αυτή γίνεται με τη χρήση του λογισμικού «Performance Assessment Calculation Tool» (PACT) που ανέπτυξε η «FEMA P-58». Σε πρώτη φάση, εισάγονται ο αριθμός των ορόφων, το ύψος τους σε μέτρα (m) όπως και το εμβαδόν τους σε τετραγωνικά μέτρα (m<sup>2</sup>). Επίσης εισάγεται, το κόστος αντικατάστασης της κατασκευής που εκτιμάται ίσο με 1100\$/m<sup>2</sup> το οποίο πολλαπλασιασμένο με τη συνολική επιφάνεια των ορόφων δίνει την τιμή 530.346€, αλλά και το κόστος επισκευής που είναι ίσο με το 40% του συνολικού κόστους αντικατάστασης δηλαδή, 212.139€. Στη συνέχεια, εισάγονται οι ποσότητες των δομικών και μη δομικών στοιχείων της κατασκευής για τις δύο διευθύνσεις. Από τις «βιβλιοθήκες» του προγράμματος έγινε η ένταξη των κόμβων των ορόφων, της τοιχοποιίας, των σωληνώσεων ζεστού και κρύου νερού και των ηλεκτρικών καλωδιώσεων. Για τους κόμβους χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικές κατηγορίες με βάση τις διαστάσεις τους και την ύπαρξη συντρεχουσών δοκών σε αυτούς. Θεωρήθηκαν σχεδιασμένοι χωρίς κάποιο αντισεισμικό κανονισμό, με ασθενείς κόμβους και πλαστικές δοκούς αλλά και με ασθενή υποστυλώματα. Καθότι πρόκειται για αμερικάνικο πρόγραμμα, το οποίο εμπεριέχει δεδομένα για στοιχεία κατασκευών και κόστη με βάσει στοιχεία των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής, όλες οι παραπάνω βιβλιοθήκες τροποποιήθηκαν ως προς τα κόστη επισκευών και εισήχθησαν οι τιμές που υπολογίστηκαν αναλυτικά στην προηγούμενη παράγραφο με σκοπό το συνολικό πιθανό κόστος επισκευών που θα προκύψει να προσεγγίζει καλύτερα τα ελληνικά δεδομένα. Τα κόστη που εισήχθησαν στο πρόγραμμα παρουσιάζονται παρακάτω στον Πίνακα 4.4.

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

		AVERAGE REPAIR COST FOR LOWER QUANTITY OF REPAIRS(€)	AVERAGE REPAIR COST FOR UPPER QUANTITY OF REPAIRS(€)
<b>Υποστυλώματα</b>			
25x25	Απλή ρηγμάτωση	407.00	325.60
	Σημαντική τοπική βλάβη	300.07	240.06
	Σοβαρή βλάβη	349.21	279.37
30x30	Απλή ρηγμάτωση	488.40	390.72
	Σημαντική τοπική βλάβη	360.09	288.07
	Σοβαρή βλάβη	419.05	335.24
35x35	Απλή ρηγμάτωση	569.81	455.84
	Σημαντική τοπική βλάβη	420.10	336.08
	Σοβαρή βλάβη	488.90	391.12
35x40	Απλή ρηγμάτωση	915.76	732.61
	Σημαντική τοπική βλάβη	675.16	540.13
	Σοβαρή βλάβη	785.73	628.58
40x40	Απλή ρηγμάτωση	976.81	781.45
	Σημαντική τοπική βλάβη	720.17	576.14
	Σοβαρή βλάβη	838.11	670.49
45x40	Απλή ρηγμάτωση	1037.86	830.29
	Σημαντική τοπική βλάβη	765.18	612.15
	Σοβαρή βλάβη	890.49	712.39

45x55	Απλή ρηγμάτωση	1221.01	976.81
	Σημαντική τοπική βλάβη	900.22	720.17
	Σοβαρή βλάβη	1047.64	838.11
45x65	Απλή ρηγμάτωση	1343.11	1074.49
	Σημαντική τοπική βλάβη	990.24	792.19
	Σοβαρή βλάβη	1152.40	921.92
<b>Τοιχώματα</b>		671.56	537.25
25x35	Απλή ρηγμάτωση	495.12	396.10
	Σημαντική τοπική βλάβη	576.20	460.96
	Σοβαρή βλάβη	2014.67	1611.74
25x145	Απλή ρηγμάτωση	1485.36	1188.29
	Σημαντική τοπική βλάβη	1728.60	1382.88
	Σοβαρή βλάβη	2319.92	1855.94
25x170	Απλή ρηγμάτωση	1710.41	1368.33
	Σημαντική τοπική βλάβη	1990.51	1592.41
	Σοβαρή βλάβη	407.00	325.60
<b>Δοκού</b>			
20x60	Απλή ρηγμάτωση	976.81	781.45
	Σημαντική τοπική βλάβη	720.17	576.14
	Σοβαρή βλάβη	838.11	670.49

Στη συνέχεια, έγινε εισαγωγή της Τρωτότητας Κατάρρευσης (Collapse Fragility) και της τυπικής απόκλισης, όπως υπολογίστηκαν στον Πίνακα 4.3 για την περίπτωση της πρώτης αστοχίας κατακόρυφου μέλους σε τέμνουσα δύναμη. Στο λογισμικό έγινε η εισαγωγή των στοιχείων και για τις δύο διευθύνσεις, όμως τα αποτελέσματα προκύπτουν μόνο για τη δυσμενέστερη. Ακολούθησε ο υπολογισμός των στροφών κάθε ορόφου για συγκεκριμένα επίπεδα σεισμικής έντασης. Συγκεκριμένα, για τις φασματικές επιταχύνσεις που αντιστοιχούν σε πιθανότητες υπέρβασης 50%, 10% και 2% στα 50 χρόνια. Για να προσδιοριστούν οι τιμές αυτές, χρησιμοποιήθηκαν Καμπύλες Σεισμικής Επικινδυνότητας για την Πετρούπολη Αττικής, από τα δεδομένα βάσης των European Facilities for Earthquake Hazard and Risk (EFEHR), προσαρμοσμένες στην ιδιοπερίοδο του κτιρίου. Τα στοιχεία από την ιστοσελίδα δίνονται μόνο για τύπο εδάφους Α, ενώ ο τύπος εδάφους για την κατασκευή που εξετάζεται είναι C οπότε έγινε αναπροσαρμογή. Έτσι, προέκυψε η Καμπύλη Επικινδυνότητας του φορέα που παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.12. Για τη δεδομένη περίπτωση αστοχίας, λαμβάνονται τέσσερα σενάρια σεισμικής διέγερσης που περιλαμβάνουν τις πιθανότητες υπέρβασης 50%, 10% και 2% στα 50 χρόνια, καθώς και την αντίστοιχη αστοχία. Στον Πίνακα 4.5-4.6 παρουσιάζονται οι τιμές της φασματικής επιτάχυνσης και της μέσης ετήσιας συχνότητας υπέρβασης για τα τέσσερα σενάρια που περιεγράφηκαν παραπάνω.



Σχήμα 4.12: Καμπύλη επικινδυνότητας του φορέα για  $T=0.63\text{sec}$  και έδαφος C

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

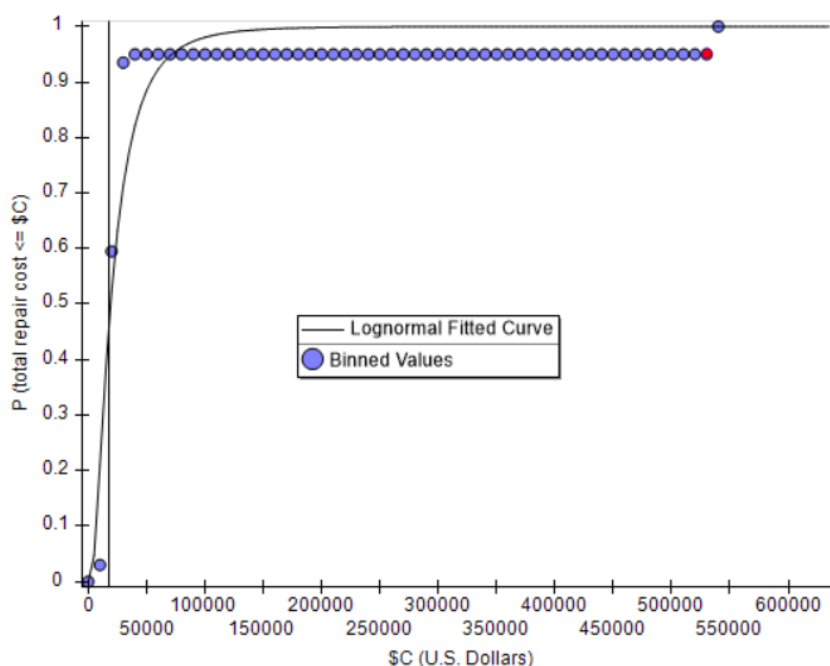
Πρώτη Αστοχία Υποστυλώματος σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.		
Σενάρια	Φασματική Επιτάχυνση	Μέση Ετήσια Συχνότητα Υπέρβασης
1 - 50%/50χρ.	0.131	0.01386
2 - 41.5%/50χρ	0.150	0.01073
3 - 10%/50χρ.	0.362	0.00211
4 - 2%/50χρ.	0.754	0.00040

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

Πρώτη Αστοχία Υποστυλώματος σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.		
Σενάρια	Φασματική Επιτάχυνση	Μέση Ετήσια Συχνότητα Υπέρβασης
1 - 50%/50χρ.	0.131	0.01386
2 - 14.5%/50χρ	0.293	0.01073
3 - 10%/50χρ.	0.362	0.00211
4 - 2%/50χρ.	0.754	0.00040

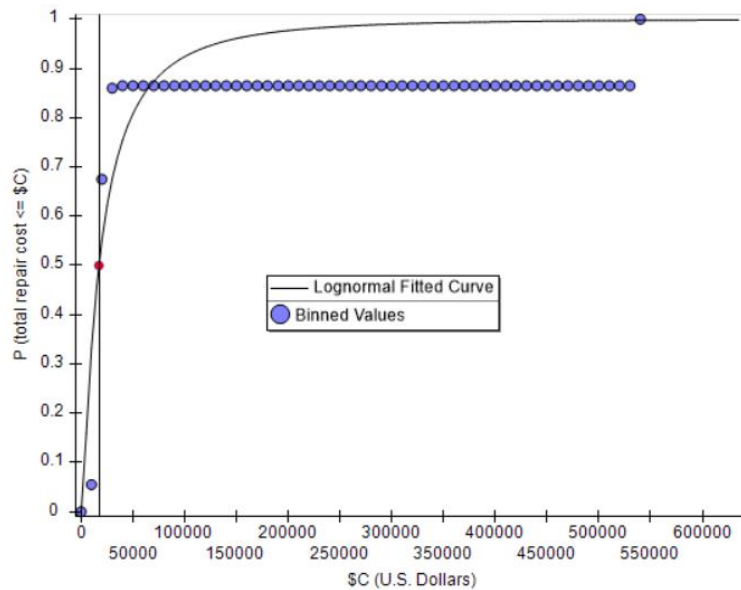


Στο Σχήμα 4.13. παρατίθεται η καμπύλη επιτελεστικότητας για το κόστος επισκευής του κτιρίου για το σενάριο 1. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι για πιθανότητα μη υπέρβασης 50%, το κόστος επισκευής της κατασκευής είναι 19095.44€ δηλαδή 3.60% του κόστους της αντικατάστασης του κτιρίου. Αυτό σημαίνει ότι, στατιστικά, τις μισές φορές που το κτίριο θα δονείται από έναν σεισμό με μέγιστη φασματική επιτάχυνση  $S_a(T1) \approx 0.131g$  το κτίριο είτε θα καταρρέει είτε το κόστος επισκευής θα είναι μικρότερο από 19095.44€.



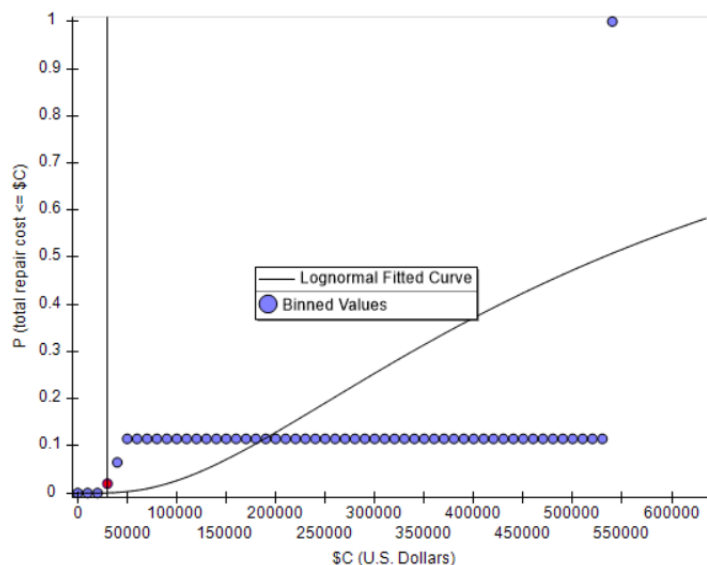
Σχήμα 4.13: Η καμπύλη επιτελεστικότητας για το κόστος επισκευής του κτιρίου για το σεισμικό σενάριο 1

Στο Σχήμα 4.14. παρατίθεται η καμπύλη επιτελεστικότητας για το κόστος επισκευής του κτιρίου για το σενάριο 2. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι για πιθανότητα μη υπέρβασης 50%, το κόστος επισκευής της κατασκευής είναι 17092.87€ δηλαδή 3.22% του κόστους της αντικατάστασης του κτιρίου. Αυτό σημαίνει ότι, στατιστικά, τις μισές φορές που το κτίριο θα δονείται από έναν σεισμό με μέγιστη φασματική επιτάχυνση  $S_a(T1) \approx 0.150g$  το κτίριο είτε θα καταρρέει είτε το κόστος επισκευής θα είναι ίσο 17092.87€ .



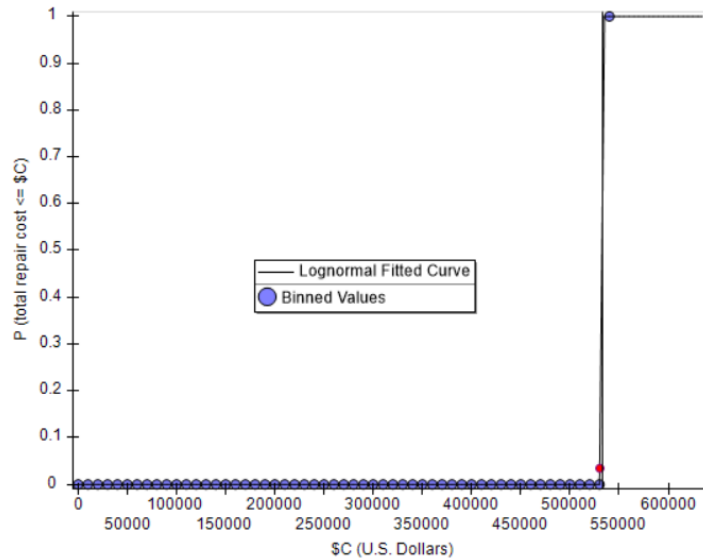
Σχήμα 4.14: Η καμπύλη επιτελεστικότητας για το κόστος επισκευής του κτιρίου για το σεισμικό σενάριο 2

Στο Σχήμα 4.15. παρατίθεται η καμπύλη επιτελεστικότητας για το κόστος επισκευής του κτιρίου για την Ένταση 1. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι για πιθανότητα μη υπέρβασης 50%, το κόστος επισκευής της κατασκευής είναι λίγο λιγότερο από 5.000.000\$, δηλαδή όσο το κόστος της αντικατάστασης του κτιρίου. Αυτό σημαίνει ότι, στατιστικά, τις μισές φορές που το κτίριο θα δονείται από έναν σεισμό με μέγιστη φασματική επιτάχυνση  $S_a(T1) \approx 0,362g$  το κτίριο είτε θα καταρρέει είτε το κόστος επισκευής θα είναι τόσο μεγάλο που θα είναι ασύμφορο να επισκευαστεί. Επίσης από την μορφή της καμπύλης φαίνεται ότι η διασπορά του κόστους επισκευής είναι αρκετά μεγάλη. Αυτό σημαίνει πως υπάρχουν μεγάλες αποκλίσεις του υπολογισμένου κόστους κατασκευής ανά προσομοίωση και άρα η ακρίβεια των προβλέψεων είναι μειωμένη.



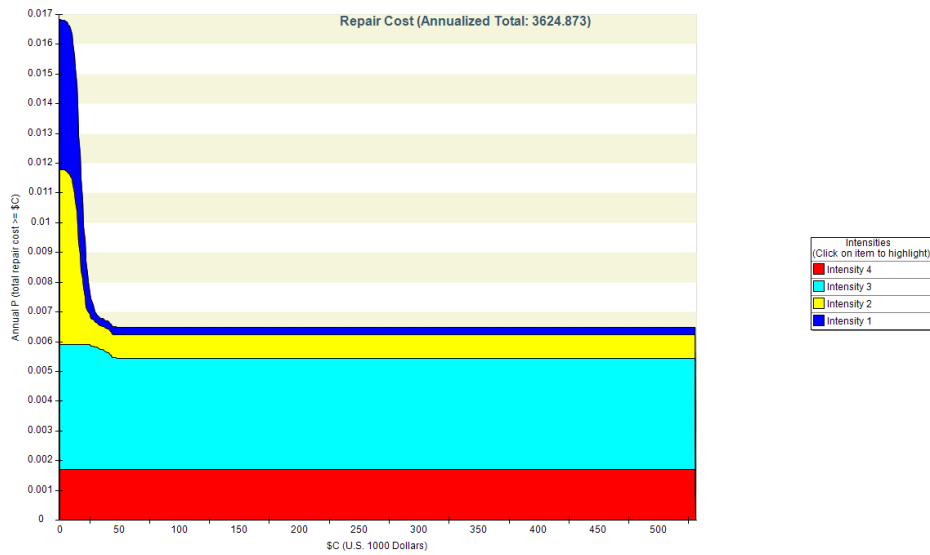
Σχήμα 4.15: Η καμπύλη επιτελεστικότητας για το κόστος επισκευής του κτιρίου για το σεισμικό σενάριο 3

Στο Σχήμα 4.16. παρατίθεται η καμπύλη επιτελεστικότητας για το κόστος επισκευής του κτιρίου για το σενάριο 4. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι για πιθανότητα μη υπέρβασης 50%, το κόστος επισκευής της κατασκευής είναι 530,346€, δηλαδή όσο το κόστος της αντικατάστασης του κτιρίου. Αυτό σημαίνει ότι, στατιστικά, τις μισές φορές που το κτίριο θα δονείται από έναν σεισμό με μέγιστη φασματική επιτάχυνση  $Sa(T1) \approx 0.754g$  το κτίριο είτε θα καταρρέει είτε το κόστος επισκευής θα είναι τόσο μεγάλο που θα είναι ασύμφορο να επισκευαστεί. Από αυτή την καμπύλη φαίνεται πως η διασπορά του κόστους επισκευής του κτιρίου είναι πάρα πολύ μικρή. Αυτό σημαίνει πως είναι πρακτικά βέβαιο πως αν η κατασκευή υποβληθεί σε ένα σεισμό με αυτή την ένταση είτε θα καταρρεύσει είτε θα χρειαστεί να αντικατασταθεί.

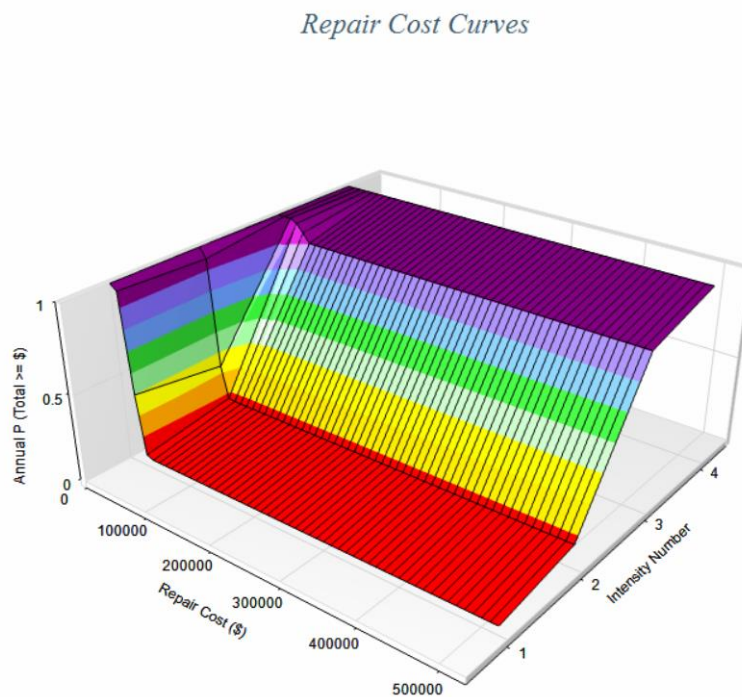


Σχήμα 4.16: Η καμπύλη επιτελεστικότητας για το κόστος επισκευής του κτιρίου για το σεισμικό σενάριο 4

Το Σχήμα 4.17. δείχνει την ετήσια πιθανότητα υπέρβασης του κόστους επισκευής του κτιρίου για τα σενάρια 1 έως 4. Η πιθανότητα για το σενάριο 4 είναι σταθερή το οποίο είναι αναμενόμενο διότι πρακτικά όλοι αυτοί οι σεισμοί οδηγούν σε ανάγκη αντικατάστασης της κατασκευής και άρα το κόστος επιδιόρθωσης είναι σταθερό και ίσο με το κόστος αντικατάστασης. Φαίνεται επίσης πως η ετήσια πιθανότητα υπέρβασης για το σενάριο 1 είναι μεγαλύτερη από αυτή για το σενάριο 4. Αυτό συμβαίνει διότι είναι πολύ πιο πιθανό μέσα σε έναν χρόνο να εμφανιστεί ένας σεισμός με φασματική επιτάχυνση ίση με αυτή του σεναρίου 1 από ότι ένας σεισμός με φασματική επιτάχυνση ίση με αυτή του σεναρίου 4. Από αυτές τις καμπύλες προκύπτει το ετήσιο κόστος επισκευών για την κατασκευή το οποίο είναι ίσο με 3624.87€. Στο Σχήμα 4.18. και στο Σχήμα 4.19. παρουσιάζονται τρισδιάστατες καμπύλες πιθανότητας μη υπέρβασης κόστους επισκευής. Η πρώτη είναι αστάθμιστη ενώ η δεύτερη είναι προσαρμοσμένη στην καμπύλη σεισμικής επικινδυνότητας της περιοχής της κατασκευής. Οι καμπύλες αυτές δείχνουν την διακύμανση τις πιθανότητας μη υπέρβασης του κόστους για τα σενάρια 1 έως 4.

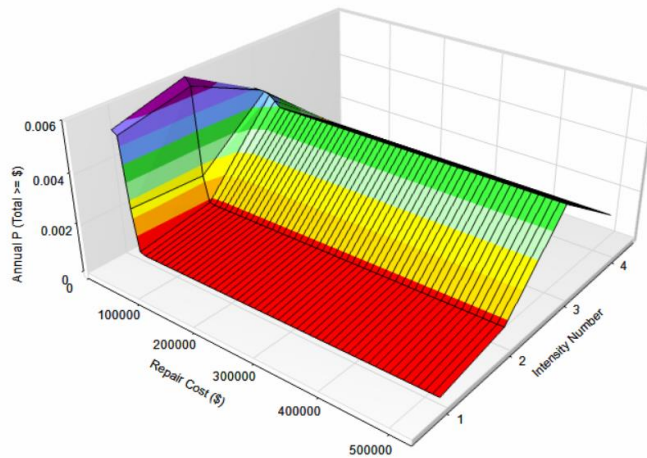


Σχήμα 4.17: Η ετήσια πιθανότητα μη υπέρβασης κόστους επισκευής του κτιρίου κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ.



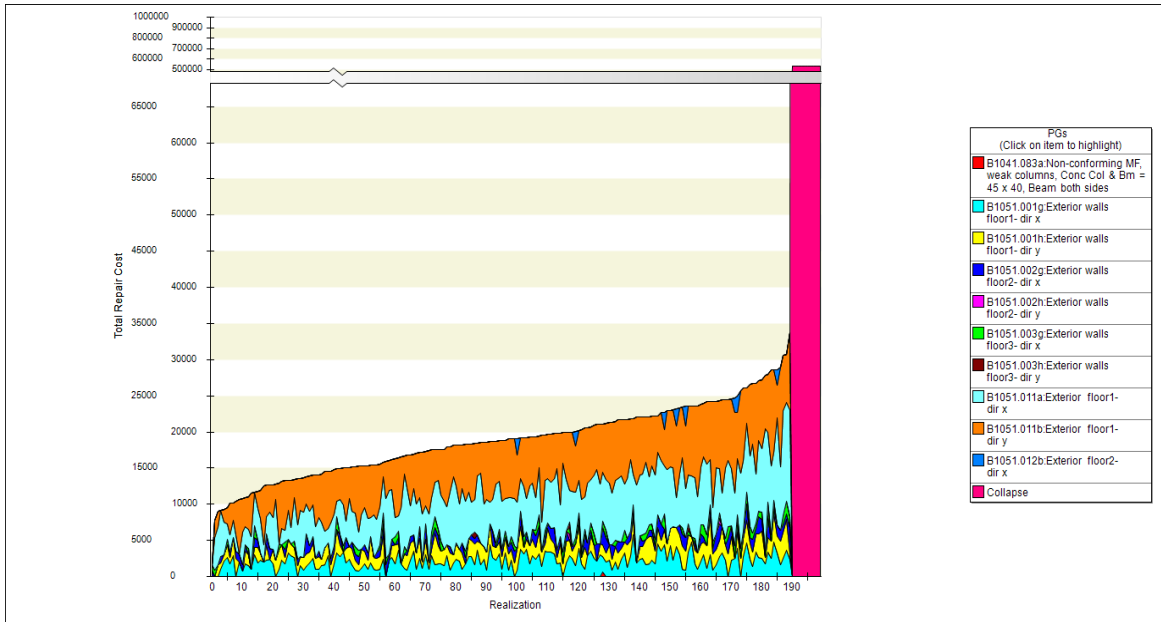
Σχήμα 4.18: Μη προσαρμοσμένη καμπύλη επιτελεστικότητας για το κόστος επισκευής του κτιρίου για τα σενάρια 1 έως 4.

### Repair Cost Curves

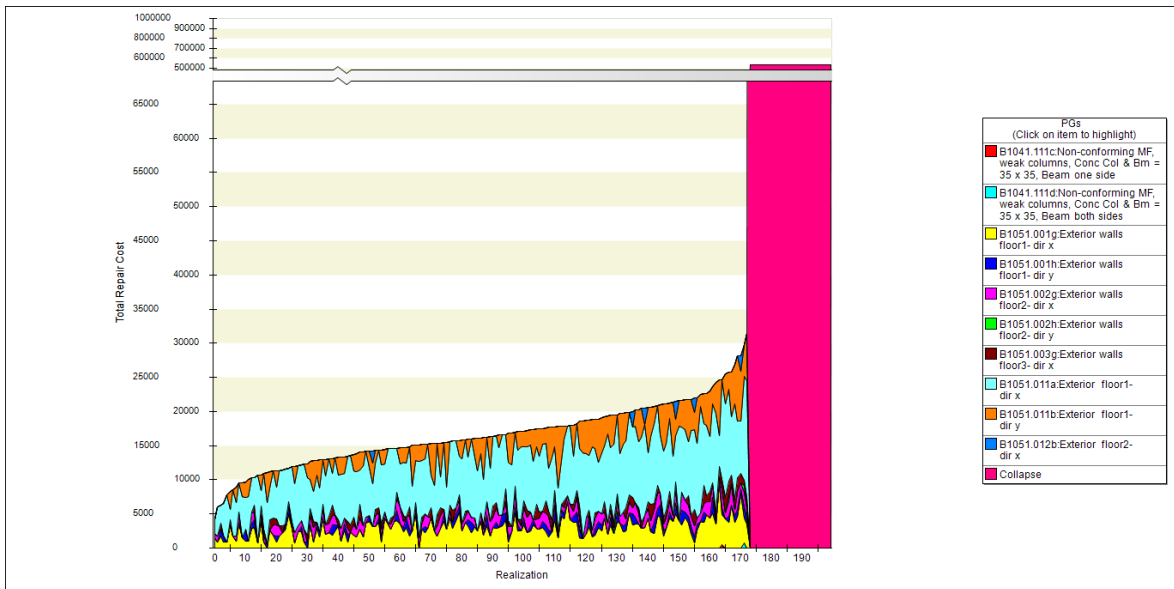


Σχήμα 4.19: Καμπύλη επιτελεστικότητας για το κόστος επισκευής του κτιρίου για τιμές έντασης ανάμεσα στα σενάρια 1 έως 4 προσαρμοσμένη στην καμπύλη σεισμικής επικινδυνότητας

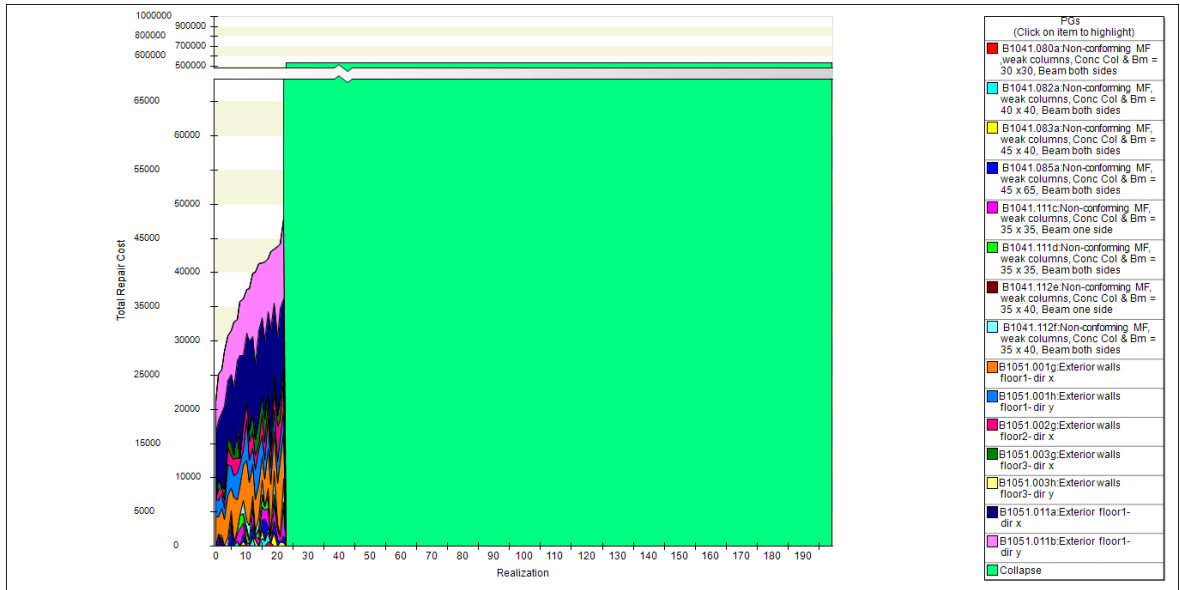
Στο Σχήμα 4.20-4.21. παρουσιάζεται η συνεισφορά κάθε ομάδας τρωτότητας στο συνολικό κόστος επισκευής ανά προσομοίωση και σε αύξουσα σειρά για το σενάριο 1. Παρατηρείται ότι σε ένα σημαντικό αριθμό από προσομοιώσεις το κτίριο καταρρέει. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα για τις περισσότερες προσομοιώσεις το τελικό κόστος για την επισκευή του κτιρίου να είναι ίσο με το κόστος της αντικατάστασής του. Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο μέρος του κόστους επισκευών οφείλεται σε επισκευές στους υαλοπίνακες.. Στα Σχήματα 4.22-4.23. παρουσιάζεται η συνεισφορά κάθε ομάδας τρωτότητας στο συνολικό κόστος επισκευής ανά προσομοίωση και σε αύξουσα σειρά για τα σενάρια 3 και 4 αντίστοιχα. Παρατηρείται ότι σε πάνω από τις μισές προσομοιώσεις το κτίριο καταρρέει, ο αριθμός των δομικών στοιχείων που έχει αστοχήσει είναι τόσο μεγάλος ώστε αυτό να μη είναι επισκευάσιμο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα για σχεδόν όλες τις προσομοιώσεις το τελικό κόστος για την επισκευή του κτιρίου να είναι ίσο με το κόστος της αντικατάστασής του. Ακόμα προκύπτει ότι το μεγαλύτερο μέρος του κόστους επισκευών οφείλεται σε επισκευές στους υαλοπίνακες. Ως αποτέλεσμα ενός σεισμού, το κτίριο μπορεί να χαρακτηριστεί ως μη ασφαλές λόγω αστοχιών που έχουν συμβεί σε κάποιο δομικό ή μη δομικό στοιχείο του. Έτσι όλο το κτίριο ή μέρος του μπορεί να μη είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί μέχρι να γίνουν οι κατάλληλες επισκευές. Εκτός όλων των άλλων αποτελεσμάτων εξάγονται και ραβδογράμματα τα οποία παρουσιάζουν την πιθανότητα να χαρακτηριστεί το κτίριο ως μη ασφαλές λόγω βλαβών σε κάποιο στοιχείο, για κάθε στοιχείο ξεχωριστά. Στα Σχήματα 4.24-4.27. φαίνονται τα ραβδόγραμμα για κάθε ένα σενάριο.



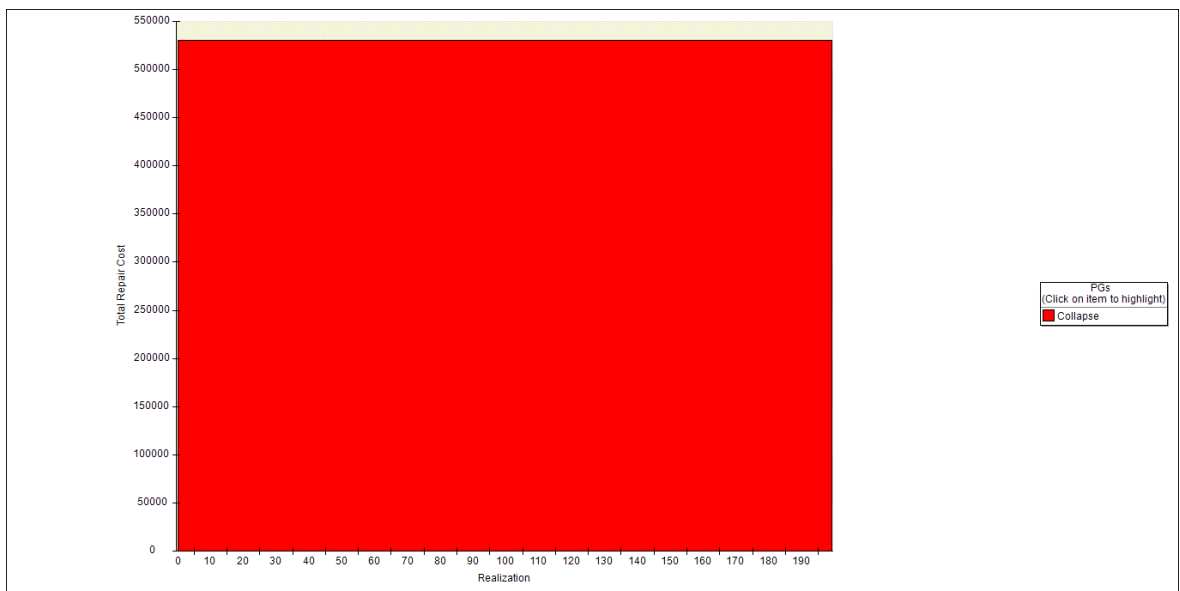
Σχήμα 4.20: Η συνεισφορά στο κόστος επισκευής του κτιρίων ανά ομάδα δομικών και μη δομικών στοιχείων ανά προσομοίωση για το σενάριο 1



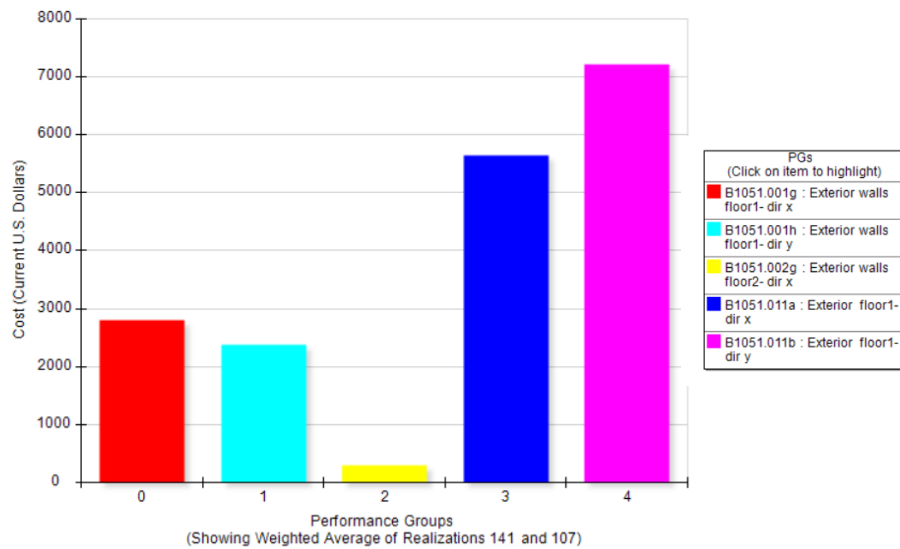
Σχήμα 4.21: Η συνεισφορά στο κόστος επισκευής του κτιρίων ανά ομάδα δομικών και μη δομικών στοιχείων ανά προσομοίωση για το σενάριο 2



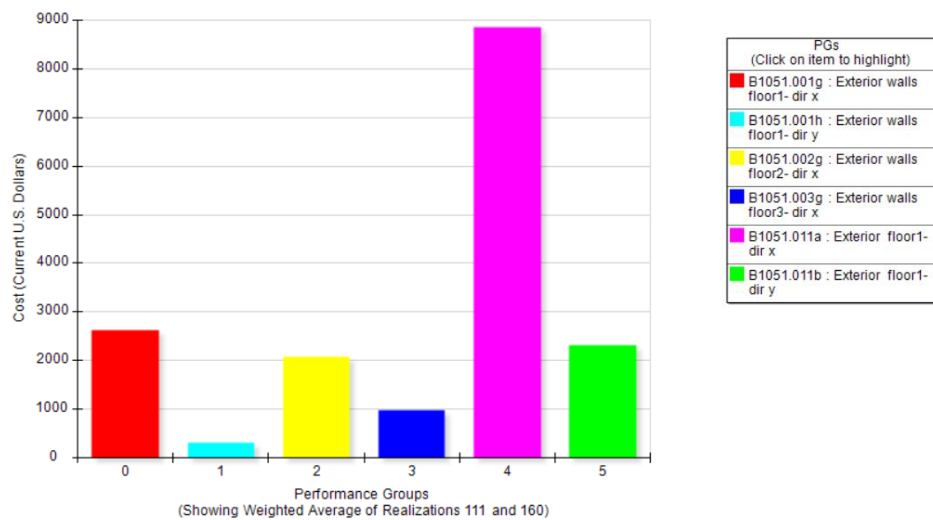
Σχήμα 4.22: Η συνεισφορά στο κόστος επισκευής του κτιρίων ανά ομάδα δομικών και μη δομικών στοιχείων ανά προσομοίωση για το σενάριο 3



Σχήμα 4.23: Η συνεισφορά στο κόστος επισκευής του κτιρίων ανά ομάδα δομικών και μη δομικών στοιχείων ανά προσομοίωση για το σενάριο 4

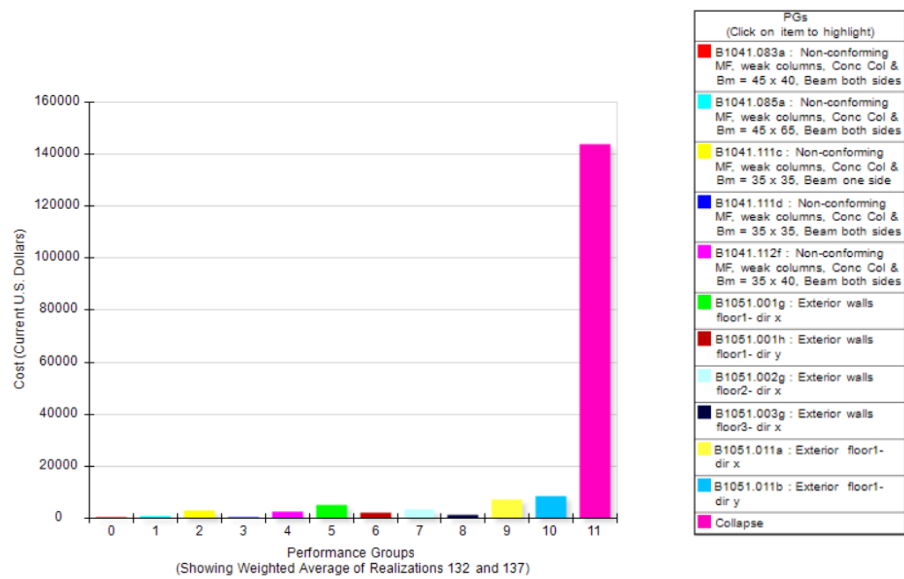


Σχήμα 4.24: Η πιθανότητα ανά στοιχείο να κριθεί η κατασκευή μη ασφαλής λόγω βλάβης σε αυτό για το σενάριο 1.

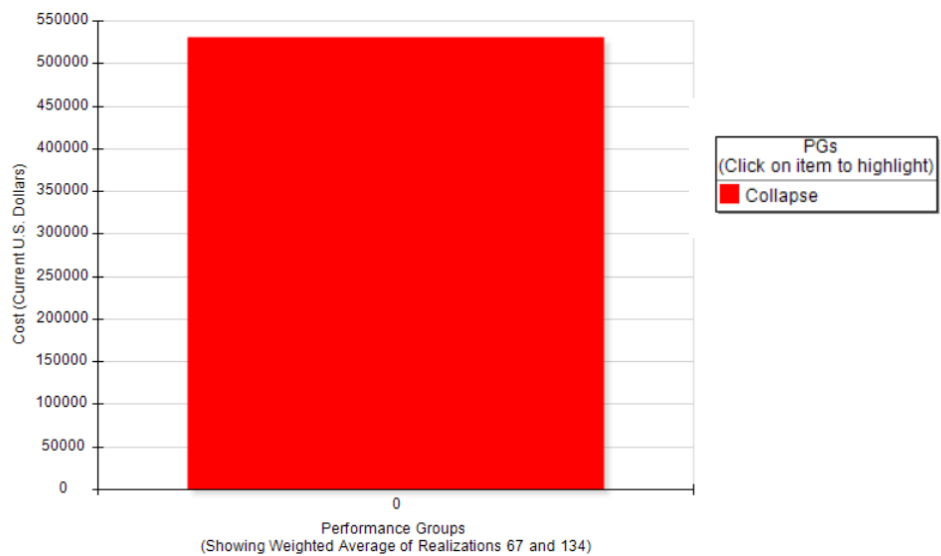


Σχήμα 4.25: Η πιθανότητα ανά στοιχείο να κριθεί η κατασκευή μη ασφαλής λόγω βλάβης σε αυτό για το σενάριο 2.





Σχήμα 4.26: Η πιθανότητα ανά στοιχείο να κριθεί η κατασκευή μη ασφαλής λόγω βλάβης σε αυτό για το σενάριο 3.



Σχήμα 4.27: Η πιθανότητα ανά στοιχείο να κριθεί η κατασκευή μη ασφαλής λόγω βλάβης σε αυτό για το σενάριο 4.

## 5 Βιβλιογραφία

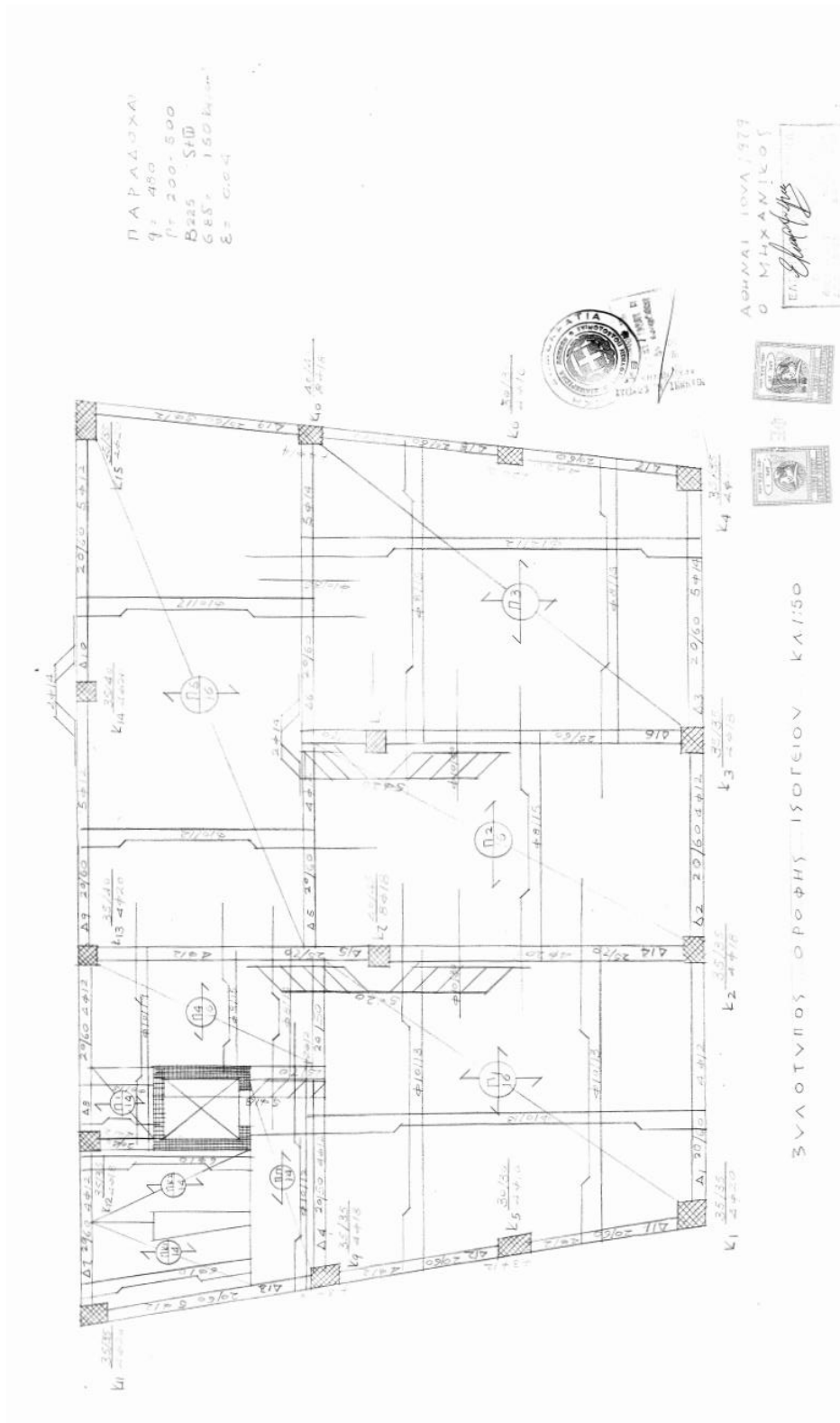
1. Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1959) «Αντισεισμικός Κανονισμός», ΦΕΚ 36/Α/26-02-1959.
2. Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1954), «Κανονισμός Οπλισμένου Σκυροδέματος», ΦΕΚ 160/Α/26-07-1954.
3. Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1984), «Τροποποίηση Αντισεισμικού Κανονισμού», ΦΕΚ 239/Β/16-04-1984.
4. McKenna F., Fenves G.L., Scott M.H. (2000). “Open system for earthquake engineering simulation”, Pacific Earthquake Engineering Research Center, Berkeley, CA, <http://opensees.berkeley.edu>.
5. SAC Joint Venture (2000a). “Recommended seismic design criteria for new steel moment-frame buildings.” Report No. FEMA-350, prepared for the Federal Emergency Management Agency, Washington DC.
6. SAC Joint Venture (2000b). “Recommended seismic evaluation and upgrade criteria for existing welded steel moment-frame buildings.” Report No. FEMA-351, prepared for the Federal Emergency Management Agency, Washington DC.
7. Vamvatsikos D., Cornell C.A. (2002). “Incremental Dynamic Analysis.” Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 31(3), 491–514.
8. Cornell C.A., Jalayer F., Hamburger R.O., Foutch D.A. (2002). “The probabilistic basis for the 2000 SAC/FEMA steel moment frame guidelines.” ASCE Journal of Structural Engineering, 128(4), 526–533.
9. Vamvatsikos D., Cornell C.A. (2002). “The Incremental Dynamic Analysis and its application to Performance-Based earthquake engineering”, 12th European Conference on Earthquake Engineering, Paper Reference
10. Jalayer F. (2003). “Direct Probabilistic Seismic Analysis: Implementing Non-linear Dynamic Assessments.” PhD Thesis, Stanford University, Stanford, CA.
11. Vamvatsikos D., Cornell C.A. (2004). “Applied Incremental Dynamic Analysis.” Earthquake Spectra, 20(2), 523–553.
12. EN 1992-1-1 (2004), Ευρωκώδικας 2, «Σχεδιασμός Κατασκευών από Σκυρόδεμα».
13. EN 1998-1 (2004), Ευρωκώδικας 8, «Αντισεισμικός Σχεδιασμός Κατασκευών».

14. Σπυράκος Κ. (2004), «Ενίσχυση Κατασκευών για Σεισμικά Φορτία». Εκδόσεις Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Αθήνα
15. Aslani H., Miranda E. (2005). “Probabilistic earthquake loss estimation and loss disaggregation in buildings.” Report No. 157, John A. Blume Earthquake Engineering Center, Stanford University, Stanford, CA.
16. PEER (2005). “PEER NGA Database.” Pacific Earthquake Engineering Research Center, Berkeley, CA, <http://peer.berkeley.edu/nga/>
17. Haselton C.B. (2006). “Assessing seismic collapse safety of modern reinforced concrete moment frame buildings.” PhD Thesis, Stanford University, Stanford, CA.
18. Bazzurro P., and Luco N. (2007). “Does amplitude scaling of ground motion records result in biased nonlinear structural drift responses?” Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 36(13), 1813–1835.
19. Luco N., Cornell C.A. (2007). “Structure-specific scalar intensity measures for near-source and ordinary earthquake ground motions.” Earthquake Spectra, 23(2), 357–392
20. Dolsek M., Fajfar, P. (2008). “The effect of masonry infills on the seismic response of a four storey reinforced concrete frame – A probabilistic assessment.” Engineering Structures, 30(11), 3186–3192.
21. Dolsek M. (2009). “Incremental dynamic analysis with consideration of modelling uncertainties.” Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 38(6), 805–825.
22. Jalayer F., Cornell, C.A. (2009). “Alternative non-linear demand estimation methods for probability-based seismic assessments.” Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 38(8), 951–1052.
23. Liel A.B., Haselton C.B., Deierlein G.G., Baker J.W. (2009). “Incorporating modeling uncertainties in the assessment of seismic collapse risk of buildings.” Structural Safety, 31(2), 197–211.
24. ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-14-01-06-00:2009, «Πλήρης αποκατάσταση διατομής στοιχείου από σπλισμένο σκυρόδεμα που έχει αποδιοργανωθεί τοπικά».
25. ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-03-10-02-00:2009, «Χρωματισμοί επιφανειών επιχρισμάτων».
26. ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-14-01-07-01:2009, «Πλήρωση ρωγμών στοιχείων σκυροδέματος μικρού εύρους».
27. ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-14-01-07-02:2009, «Πλήρωση ρωγμών στοιχείων σκυροδέματος μεγάλου εύρους».

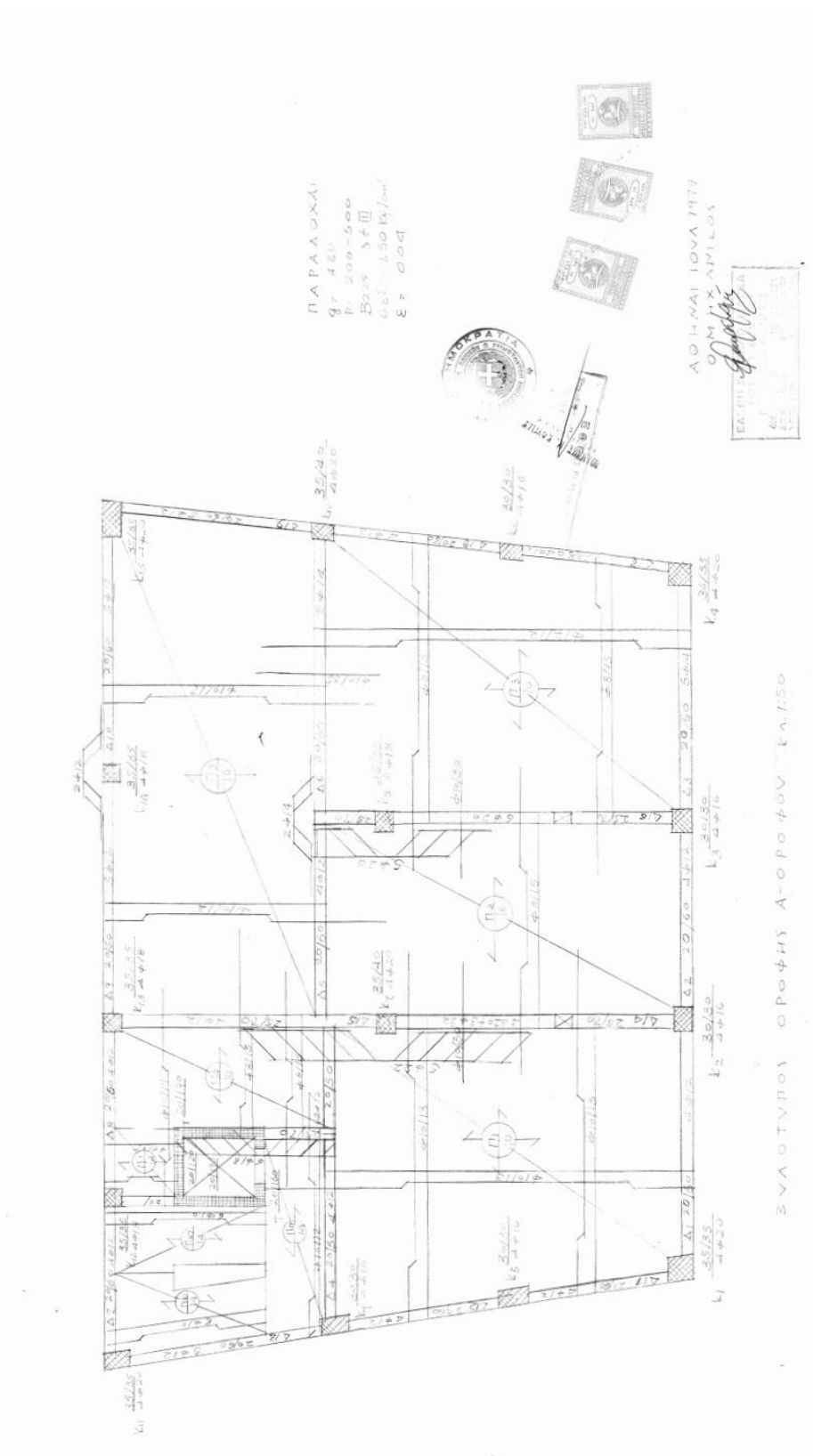
28. ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-14-01-02-01:2009, «Τοπική καθαίρεση σκυροδέματος με διατήρηση του οπλισμού».
29. ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-14-01-02-02:2009, «Τοπική καθαίρεση σκυροδέματος χωρίς διατήρηση του οπλισμού».
30. ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-14-03-02-00:2009, «Αποκατάσταση ρηγματώσεων τοίχων πλήρωσης».
31. ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-03-02-02-00, «Τοίχοι από οπτόπλινθους»
32. NIST (2010). “Applicability of Nonlinear Multiple-Degree-of-Freedom Modeling for Design.” Report No NIST GCR 10-917-9, prepared for the National Institute of Standards by the NEHRP Consultants Joint Venture, CA.
33. Vamvatsikos D., Fragiadakis M. (2010). “Incremental Dynamic Analysis for seismic performance uncertainty estimation.” *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 39(2), 141–163.
34. Celarec D., Vamvatsikos D., Dolsek M. (2011). “Simplified estimation of seismic risk for buildings with consideration of the structural ageing process.” In: Dolsek M. (ed), *Protection of Built Environment Against Earthquakes*. Springer: Dordrecht.
35. De Luca F., Vamvatsikos D., Iervolino I. (2011). “Near-optimal bilinear fit of capacity curves for equivalent SDOF analysis.” *Proceedings of the COMPDYN2011 Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering*, Corfu, Greece.
36. CUNY (2012). “Avoiding and detecting plagiarism.” The City University of New York, New York, NY, [http://www.gc.cuny.edu/CUNY\\_GC/media/CUNY-Graduate-Center/PDF/Policies/General/AvoidingPlagiarism.pdf](http://www.gc.cuny.edu/CUNY_GC/media/CUNY-Graduate-Center/PDF/Policies/General/AvoidingPlagiarism.pdf).
37. Ο.Α.Σ.Π (2014), «Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος», ΦΕΚ 405/Β’/05- 09-2013
38. Ο.Α.Σ.Π (2017), «Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)», ΦΕΚ 2984/Β’/30- 08-2017, 2η Αναθεώρηση.
39. 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.
40. Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (2017), «Κανονισμός Περιγραφικών Τιμολογίων Εργασιών για δημόσιες συμβάσεις έργων», ΦΕΚ 1746/Β’/19-05- 2017.
41. Δρίτσος Σ. (2018), «Πρόταση-Δευτεροβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος Κτιρίων από Οπλισμένο Σκυρόδεμα», Ο.Α.Σ.Π, Αθήνα.

42. FEMA, (2018a), Seismic performance assessment of buildings. FEMA P-58-1, Volume 1-methodology, Federal Emergency Management Agency Washington, DC, 2012.
43. FEMA, (2018b), Seismic performance assessment of buildings. FEMA P-58-2, Volume 2-Implementation Guide, Federal Emergency Management Agency Washington, DC, 2012.
44. FEMA, (2018c), Seismic performance assessment of buildings. Volume 3- Supporting Electronic Materials, Federal Emergency Management Agency Washington, DC, 2012.
45. EFEHR, Hazard Curves: <http://www.efehr.org/en/hazard-data-access/hazardcurves> [Accessed 2020].
46. Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (2019), «Έγκριση εβδομήντα (70) Ελληνικών Τεχνικών Προδιαγραφών (ΕΤΕΠ)», ΦΕΚ 4607/Β'/13-12-2019.
47. Seismosoft (2021) "Seismobuild - A computer program for Analyses of Structures Subjected to Seismic Actions ". Available from URL: [www.seismosoft.com](http://www.seismosoft.com)
48. Συστήματα Λύσεων/Επισκευές ISOMAT, <http://www.isomat.gr/solution/>
49. Τεχνικό φυλλάδιο DUROCRET, Ρητινούχο επισκευαστικό τσιμεντοκονίαμα, <http://www.isomat.gr/product/durocret/>
50. Τεχνικό φυλλάδιο UNICRET, Κονίαμα για σοβάτισμα και κτίσιμο, <http://www.isomat.gr/product/unicret/>
51. Τεχνικό φυλλάδιο ADIPLAST, Οικοδομική ρητίνη για πολλαπλές βελτιώσεις των κονιαμάτων, <http://www.isomat.gr/product/adiplast/>
52. Τεχνικό φυλλάδιο Υαλοπλέγματα οπλισμού σοβάδων, Πλέγματα από fiberglass για την ενίσχυση σοβάδων, <http://www.isomat.gr/product/υαλοπλεγματαοπλισμου-σοβαδων/> 73
53. Τεχνικό φυλλάδιο EPOMAX-EK, Εποξειδική πάστα 2 συστατικών για επισκευές, σφραγίσεις και συγκολλήσεις, <https://www.isomat.gr/product/epomax-ek/>
54. 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/>
55. 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/linee-prodotti/masteremaco/masteremaco-s-498-fr>

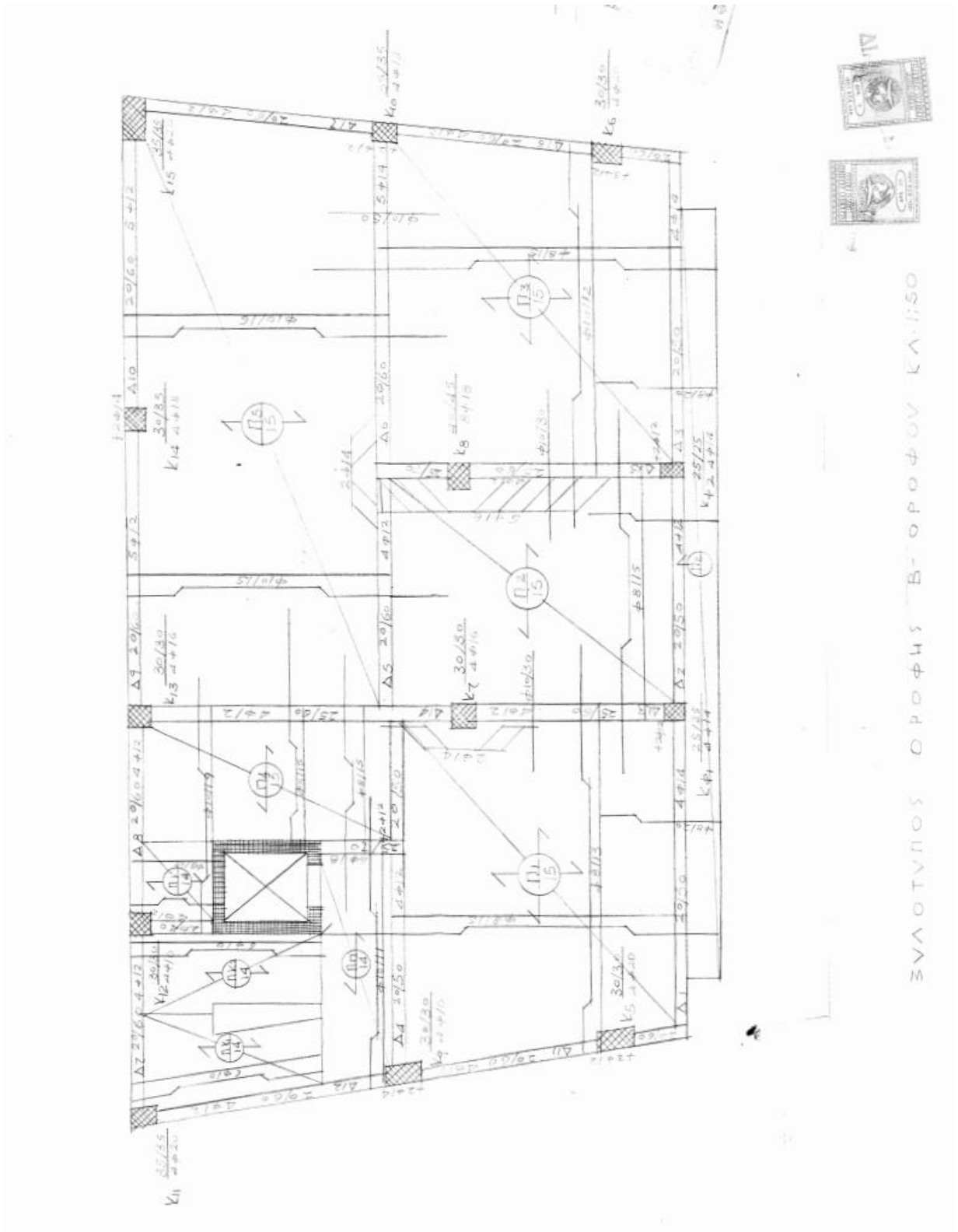
# Παράρτημα Α. Ευλότυποι -Πίνακες οπλισμών



Σχήμα Α.1: Ευλότυπος οροφής Ισογείου



Σχήμα Α.2: Ευλότυπος οροφής 1<sup>ου</sup> ορόφου



Σχήμα Α.3: Ευλότυπος οροφής 2<sup>ου</sup> ορόφου



Πίνακας Α.1: Οπλισμοί υποστυλωμάτων Ισογείου

Όνομα Μέλους	Διαστάσεις Διατομής	Διατάξεις Διαμήκους Οπλισμού	Διατάξεις Εγκάρσιου Οπλισμού
C1	350 X 350	4Ø20	Ø8/20
C2	350 X 350	4Ø18	Ø8/20
C3	350 X 400	4Ø20	Ø8/20
C4	350 X 400	4Ø20	Ø8/20
C5	350 X 350	4Ø20	Ø8/20
C6	350 X 350	4Ø18	Ø8/20
C7	400 X 400	6Ø18	Ø8/20
C8	450 X 400	8Ø18	Ø8/20
C9	650 X 450	6Ø20	Ø8/20
C10	300 X 300	4Ø16	Ø8/20
C11	300 X 300	4Ø16	Ø8/20
C12	350 X 350	4Ø20	Ø8/20
C13	350 X 350	4Ø18	Ø8/20
C14	350 X 350	4Ø18	Ø8/20
C15	350 X 350	4Ø20	Ø8/20

Πίνακας Α.2: Οπλισμοί υποστυλωμάτων 1<sup>ου</sup> ορόφου

Όνομα Μέλους	Διαστάσεις Διατομής	Διατάξεις Διαμήκους Οπλισμού	Διατάξεις Εγκάρσιου Οπλισμού
C1	350 X 350	4Ø20	Ø8/20
C2	350 X 350	4Ø18	Ø8/20
C3	350 X 350	4Ø18	Ø8/20
C4	350 X 350	4Ø18	Ø8/20
C5	350 X 350	4Ø20	Ø8/20
C6	300 X 300	4Ø16	Ø8/20
C7	400 X 350	4Ø20	Ø8/20
C8	400 X 350	4Ø20	Ø8/20
C9	550 X 450	8Ø18	Ø8/20
C10	300 X 300	4Ø16	Ø8/20
C11	300 X 300	4Ø16	Ø8/20
C12	350 X 350	4Ø20	Ø8/20
C13	300 X 300	4Ø16	Ø8/20
C14	300 X 300	4Ø16	Ø8/20
C15	350 X 350	4Ø20	Ø8/20

Πίνακας Α.3: Οπλισμοί υποστυλωμάτων 2<sup>ου</sup> ορόφου

Όνομα Μέλους	Διαστάσεις Διατομής	Διατάξεις	
		Διαμήκους Οπλισμού	Εγκάρσιου Οπλισμού
C1	350 X 350	4Ø20	Ø8/20
C2	300 X 300	4Ø16	Ø8/20
C3	300 X 300	4Ø16	Ø8/20
C4	300 X 350	4Ø18	Ø8/20
C5	350 X 350	4Ø20	Ø8/20
C6	300 X 300	4Ø16	Ø8/20
C7	350 X 350	4Ø18	Ø8/20
C8	300 X 300	4Ø16	Ø8/20
C9	400 X 450	8Ø18	Ø8/20
C10	300 X 300	4Ø20	Ø8/20
C11	300 X 300	4Ø20	Ø8/20
C12	250 X 250	4Ø14	Ø8/20
C13	250 X 250	4Ø14	Ø8/20

Πίνακας Α.4: Οπλισμοί τοιχωμάτων

Όνομα Μέλους	Διαστάσεις Διατομής	Διατάξεις		
		Διαμήκους Οπλισμού		Εγκάρσιου Οπλισμού
		Γωνιά	Μέσο	
W16	350 X 200 X 125	8Ø20mm	2Ø8mm	Ø8mm/20
W17	1700 X 200 X 350	8Ø20mm	10Ø8mm	Ø8mm/20
W18	1450 X 200 X 290	8Ø20mm	8Ø8mm	Ø8mm/20
W19	1700 X 200 X 350	8Ø20mm	10Ø8mm	Ø8mm/20
W20	350 X 200 X 125	8Ø20mm	2Ø8mm	Ø8mm/20