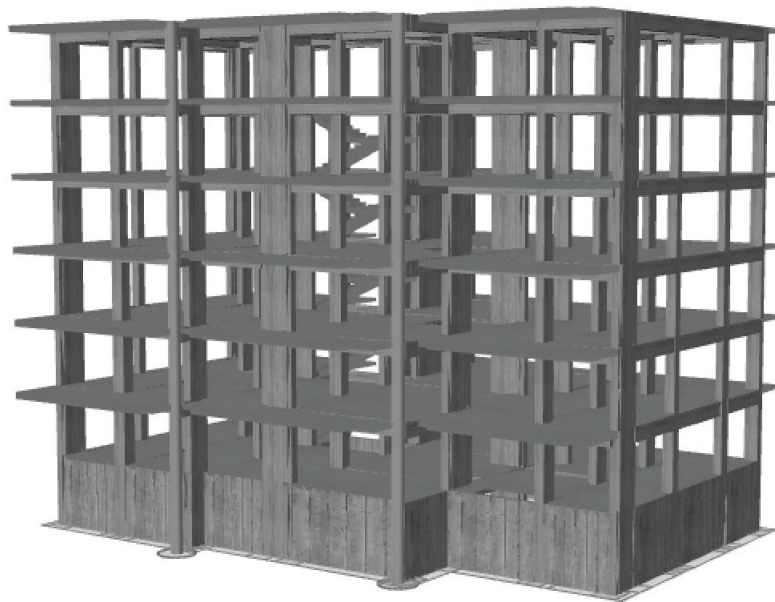




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών  
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών



**Σεισμική αποτίμηση με χρήση δευτεροβάθμιων μεθόδων και ΚΑΝ.ΕΠΕ., ενίσχυση και οικονομοτεχνική μελέτη 6-όροφου υφιστάμενου κτιρίου οπλισμένου σκυροδέματος του 2001 στη Λάρισα**



Μεταπτυχιακή Εργασία  
**Βασιλική Βλαχογιάννη**

EMK ΜΕ 2022 16

Επιβλέπων: Δημήτριος Βαμβάτσικος Αναπληρωτής Καθηγητής

Αθήνα, Οκτώβριος 2022

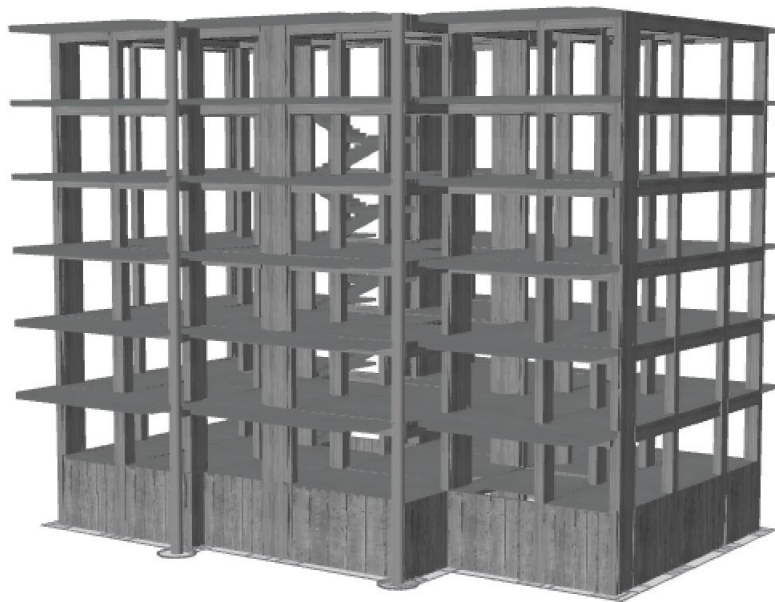




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών  
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών



**Σεισμική αποτίμηση με χρήση δευτεροβάθμιων  
μεθόδων και ΚΑΝ.ΕΠΕ., ενίσχυση και  
οικονομοτεχνική μελέτη 6-όροφου υφιστάμενου  
κτιρίου οπλισμένου σκυροδέματος του 2001 στη  
Λάρισα**



Μεταπτυχιακή Εργασία  
**Βασιλική Βλαχογιάννη**

EMK ΜΕ 2022 16

Επιβλέπων: Δημήτριος Βαμβάτσικος Αναπληρωτής Καθηγητής

Αθήνα, Οκτώβριος 2022



Copyright © Βασιλική Βλαχογιάννη, 2022  
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση σε αρχείο πληροφοριών, διανομή, αναπαραγωγή, μετάφραση ή μετάδοση της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό, υπό οποιαδήποτε μορφή και με οποιοδήποτε μέσο επικοινωνίας, ηλεκτρονικό ή μηχανικό, χωρίς την προηγούμενη έγγραφη άδεια της συγγραφέως. Επιτρέπεται η αναπαραγωγή, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν στη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς την συγγραφέα.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από τη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων της συγγραφέως (Ν. 5343/1932, Άρθρο 202).

Copyright © Vasiliki Vlachogianni, 2022  
All Rights Reserved

Neither the whole nor any part of this diploma thesis may be copied, stored in a retrieval system, distributed, reproduced, translated, or transmitted for commercial purposes, in any form or by any means now or hereafter known, electronic or mechanical, without the written permission from the author. Reproducing, storing and distributing this thesis for non-profitable, educational or research purposes is allowed, without prejudice to reference to its source and to inclusion of the present text. Any queries in relation to the use of the present thesis for commercial purposes must be addressed to its author.

Approval of this diploma thesis by the School of Civil Engineering of the National Technical University of Athens (NTUA) does not constitute in any way an acceptance of the views of the author contained herein by the said academic organisation (L. 5343/1932, art. 202).

Βασιλική Βλαχογιάννη (2022)

Σεισμική αποτίμηση με χρήση δευτεροβάθμιων μεθόδων και ΚΑΝ.ΕΠΕ., ενίσχυση και οικονομοτεχνική μελέτη 6-όροφου υφιστάμενου κτιρίου οπλισμένου σκυροδέματος του 2001 στη Λάρισα

Διπλωματική Εργασία ΕΜΚ ΜΕ 2022 16

Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Vasiliki Vlachogianni (2022)

Diploma Thesis ΕΜΚ ΜΕ 2022 16

Seismic assessment with the use of second-order methods and ΚΑΝ.ΕΠΕ., retrofit and technical and financial analysis of an existing 6-storey reinforced concrete building constructed in Larissa in 2001

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

## Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της μεταπτυχιακής εργασίας μου, κ. Δημήτριο Βαμβάτσικο, για την άψογη συνεργασία, συνεχή καθοδήγηση και βοήθεια που μου προσέφερε σε όλα τα στάδια εκπόνησής της.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για τη στήριξη που μου προσφέρει σε κάθε βήμα μου και μου δίνει τη δυνατότητα να υλοποιήσω τα όνειρά μου.







ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
EMK ME 2022 16

**Σεισμική αποτίμηση με χρήση δευτεροβάθμιων μεθόδων και ΚΑΝ.ΕΠΕ.,  
ενίσχυση και οικονομοτεχνική μελέτη 6-όροφου υφιστάμενου κτιρίου  
οπλισμένου σκυροδέματος του 2001 στη Λάρισα**

**Βασιλική Βλαχογιάννη**

Επιβλέπων: Δημήτριος Βαμβάτσικος Αναπληρωτής Καθηγητής

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Στην Ελλάδα, η οποία παρουσιάζει μια από τις υψηλότερες σεισμικές επικινδυνότητες στην Ευρώπη, ο σχεδιασμός και η κατασκευή κτιρίων ικανών να παραλαμβάνουν με ασφάλεια τις σεισμικές καταπονήσεις αποτελεί βασική προτεραιότητα της Πολιτείας. Ωστόσο, με δεδομένο ότι ο πρώτος Αντισεισμικός Κανονισμός θεσπίστηκε στην Ελλάδα το 1959, με την επόμενη σημαντική αναθεώρησή του να γίνεται το 1985, καθίσταται απαραίτητη η εκτίμηση της σεισμικής ικανότητας αυτών των κτιρίων. Έτσι, η αποτίμηση και η ενδεχόμενη ανάγκη ενίσχυσης κατασκευών κρίνονται ιδιαίτερα σημαντικές για τη διαμόρφωση πληρέστερης εικόνας όσον αφορά την σεισμική συμπεριφορά και ικανότητα των δομημάτων της χώρας. Η διαδικασία της αποτίμησης μιας κατασκευής διενεργείται σύμφωνα με τις διατάξεις του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.) αλλά συνιστά μια ιδιαίτερα χρονοβόρα και κοστοβόρα διαδικασία και επειδή κρίνεται αναγκαία η ταχεία γνώση των παθολογιών μιας κατασκευής, θεσπίζονται μέθοδοι Προσεισμικών Ελέγχων που εξυπηρετούν αυτό το σκοπό.

Για τη μελέτη αυτών των μεθόδων αλλά και της πολυπλοκότερης διαδικασίας αποτίμησης μιας κατασκευής μέσω του ΚΑΝ.ΕΠΕ., εξετάζεται ένα εξάωρο υφιστάμενο κτίριο οπλισμένου σκυροδέματος, κατασκευασμένο το 2001 στην πόλη της Λάρισας. Αρχικά, πραγματοποιείται Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος ή Ταχύς Οπτικός Έλεγχος, που κατατάσσει το κτίριο σε κατηγορία προτεραιότητας περαιτέρω ελέγχου. Ο περαιτέρω έλεγχος συνιστά το Δευτεροβάθμιο Προσεισμικό Έλεγχο, όπως αναπτύχθηκε από τον Σ. Δρίτσο, ενώ στην ίδια κατηγορία ελέγχου ανήκει και η μέθοδος ταχείας αποτίμησης του Ε. Βουγιούκα. Αφού εξεταστούν αυτές οι μέθοδοι, διενεργείται ο Τριτοβάθμιος Έλεγχος, κατά τον οποίον εκτελείται ανελαστική στατική ανάλυση (ανάλυση pushover) με χρήση του λογισμικού SeismoBuild και γίνεται σύγκριση των μεθόδων. Κατά τον Τριτοβάθμιο Έλεγχο γίνονται και έλεγχοι στρωφών χορδής μελών και διατμητικών δυνάμεων, από όπου προκύπτουν οι αστοχίες της κατασκευής, σύμφωνα με τις οποίες προτείνεται, εν συνεχεία, ενίσχυση του φορέα με υφάσματα FRP και μανδύα σκυροδέματος. Επιπλέον, επειδή ο σεισμός αποτελεί φαινόμενο δυναμικό, γίνεται χρήση του λογισμικού SPO2FRAG προκειμένου να ληφθεί υπόψιν και η πιθανοτική διάσταση του προβλήματος και παράγονται οι καμπύλες τρωτότητας της υπό μελέτη κατασκευής. Τελικά, γίνεται εκτίμηση του κόστους επισκευής υποστυλωμάτων/τοιχωμάτων, δοκών και εξωτερικής τοιχοποιίας, και οι τιμές αυτές εισάγονται στο λογισμικό PACT FEMA P-58, με σκοπό την εκτίμηση των μέσων ετήσιων επισκευαστικών απωλειών λόγω πιθανής σεισμικής δράσης.





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



DIPLOMA THESIS  
EMK ME 2022 16

**Seismic assessment with the use of second-order methods and KAN.EPE.,  
retrofit and technical and financial analysis of an existing 6-storey  
reinforced concrete building constructed in Larissa in 2001**

**Vasiliki Vlachogianni**

Supervisor: Dimitrios Vamvatsikos Associate Professor

**ABSTRACT**

The country of Greece exhibits one of the highest seismic hazards in Europe and thus the design and construction of buildings capable of carrying the seismic loads with safety constitutes a priority of the state. However, considering that the first Greek Seismic Code was established in 1959, with its first significant revision being enacted in 1985, the estimation of the seismic capacity of those buildings is crucial. In this way, the assessment and probable retrofit of buildings are essential to form a clearer opinion concerning the seismic behavior and capacity of the building stock of Greece. The assessment of an existing structure is carried out according to the regulations of KAN.EPE., which is a very time and cost consuming procedure and because a more direct method of knowing the weaknesses of a structure is needed, methods for pre-seismic assessment are established.

In order to study those methods along with the more complex procedure of assessment of buildings with the use of KAN.EPE., an existing 6-story reinforced concrete building, built in 2001 in the city of Larisa, is under consideration. Firstly, a First-Order Assessment or Rapid Visual Check, that categorizes the building for further investigation, is realized. Further investigation is constituted by a Second-Order Assessment, developed by S. Dritsos, whereas in the same category of assessment belongs the method of rapid assessment of E. Vougioukas. After the study of those methods, a Third-Order Assessment takes place, where an inelastic static analysis (pushover analysis) is realized with the help of SeismoBuild software and the results of the methods are compared. The procedure of the Third-Order Assessment includes member chord rotation and shear forces checks and thus building failures appear. Taking those failures into consideration, a probable retrofit of the structure with the use of FRP wrapping and the application of jacket is proposed. Moreover, the SPO2FRAG software is used for the incorporation of the probabilistic aspect of the dynamic seismic problem and the fragility curves of the structures are produced. Finally, the repair cost of columns/walls, beams and exterior non-structural walls is estimated and those values are inputted in PACT FEMA P-58 software for the estimation of mean annual repair losses due to seismic activity.



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1</b>	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>1</b>
1.1	Γενικά	1
1.2	Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος – Ταχύς Οπτικός Έλεγχος	2
1.3	Δευτεροβάθμιοι Προσεισμικοί Έλεγχοι	4
1.3.1	Μέθοδος Σ. Δρίτσου	4
1.3.2	Μέθοδος Ταχείας Αποτίμησης Ε. Βουγιούκα	7
1.4	Τριτοβάθμιος Έλεγχος – Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)	10
<b>2</b>	<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΟΡΕΑ</b>	<b>13</b>
2.1	Γενικά Χαρακτηριστικά	13
2.2	Προσομοίωση Φορέα (SeismoBuild)	14
<b>3</b>	<b>ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ ΚΑΙ ΚΑΝ.ΕΠΕ.</b>	<b>17</b>
3.1	Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος – Ταχύς Οπτικός Έλεγχος	17
3.2	Δευτεροβάθμιοι Προσεισμικοί Έλεγχοι	18
3.2.1	Μέθοδος Σ. Δρίτσου	18
3.2.2	Μέθοδος Ταχείας Αποτίμησης Ε. Βουγιούκα	26
3.3	Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)	28
3.3.1	Ιδιομορφική Ανάλυση	28
3.3.2	Ανελαστική Στατική Ανάλυση	30
3.3.3	Έλεγχοι μελών	33
3.4	Συμπεράσματα – Σύγκριση μεθόδων	39
<b>4</b>	<b>ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ</b>	<b>41</b>
4.1	Γενικά	41
4.2	Ενίσχυση με υφάσματα FRP	42
4.3	Πρόσθετη ενίσχυση με μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος	47
<b>5</b>	<b>ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ</b>	<b>51</b>
5.1	Εκτίμηση τρωτότητας φορέα (SPO2FRAG)	51
5.2	Ανάλυση τιμών επισκευών	53
5.2.1	Επισκευή υποστυλωμάτων	53
5.2.1.1	1 <sup>ο</sup> επίπεδο βλαβών – Απλή ρηγμάτωση υποστυλώματος	53
5.2.1.2	2 <sup>ο</sup> επίπεδο βλαβών – Σημαντική τοπική βλάβη, μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος	55
5.2.1.3	3 <sup>ο</sup> επίπεδο βλαβών – Σοβαρή βλάβη με πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστυλώματος	56
5.2.2	Επισκευή δοκών	57
5.2.2.1	1 <sup>ο</sup> επίπεδο βλαβών – Απλή ρηγμάτωση δοκού	57

5.2.2.2	2 <sup>ο</sup> επίπεδο βλαβών – Σημαντική βλάβη της δοκού με τοπική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος σε περιορισμένη έκταση.....	58
5.2.2.3	3 <sup>ο</sup> επίπεδο βλαβών – Πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος τμήματος της δοκού που συνοδεύεται από βλάβες τόσο του διαμήκους όσο και του εγκάρσιου οπλισμού.....	60
5.2.3	Επισκευή εξωτερικής τοιχοποιίας.....	61
5.2.3.1	1 <sup>ο</sup> επίπεδο βλαβών – Αποκατάσταση απλής ρηγμάτωσης στην εξωτερική τοιχοποιία (εύρος ρωγμών μικρότερο από 1cm).....	61
5.2.3.2	2 <sup>ο</sup> επίπεδο βλαβών – Αποκατάσταση έντονης ρηγμάτωσης στην εξωτερική τοιχοποιία (εύρος ρωγμών μεγαλύτερο από 1cm), αποδιοργάνωση τοιχοποιίας .....	62
5.2.3.3	3 <sup>ο</sup> επίπεδο βλαβών – Ανακατασκευή εξωτερικής τοιχοποιίας που έχει χάσει τη δομική της λειτουργία λόγω πολύ μεγάλου μεγέθους ρωγμών .....	64
5.3	Εκτίμηση απωλειών (PACT).....	65
<b>6</b>	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>75</b>
<b>7</b>	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>77</b>
	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΣΧΕΔΙΑ ΞΥΛΟΥΤΥΠΩΝ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΕΣ ΟΠΛΙΣΜΩΝ .....</b>	<b>79</b>

# 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Γενικά

Το μεγαλύτερο μέρος του δομικού ιστού της Ελλάδας αποτελείται κατά κύριο λόγο από κτίρια οπλισμένου σκυροδέματος τα οποία μελετήθηκαν και κατασκευάστηκαν σύμφωνα με παλαιότερους Κανονισμούς Οπλισμένου Σκυροδέματος και Αντισεισμικούς Κανονισμούς, ή ακόμη και απουσία Αντισεισμικών Κανονισμών, όπως στην περίπτωση κτιρίων με έτος κατασκευής πριν το 1959, τότε που θεσπίστηκε και τέθηκε σε εφαρμογή ο πρώτος Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός. Έτσι, η απογραφή και αποτίμηση των κτιρίων κρίνονται ιδιαίτερα σημαντικές ώστε να είναι δυνατή η διαμόρφωση πληρέστερης εικόνας όσον αφορά τα προβλήματα και την αναγκαιότητα ενίσχυσης των κατασκευών αυτών. Σύμφωνα με τη διεθνή πρακτική, αυτές πραγματοποιούνται σε τρεις διαδοχικές φάσεις, οι οποίες έχει επικρατήσει να λέγονται: (α) Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος ή Ταχύς Οπτικός Έλεγχος, (β) Δευτεροβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος και (γ) Τριτοβάθμιος Έλεγχος.

Ο Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (Ο.Α.Σ.Π.) ανέπτυξε τέτοιες μεθόδους για την άμεση, αξιόπιστη και οικονομική αξιολόγηση και ιεραρχική κατάταξη των κτιρίων σε κατηγορίες προτεραιότητας αποτίμησής τους. Στην παρούσα εργασία, οι μέθοδοι αυτοί παρουσιάζονται και εφαρμόζονται για ένα 6-όροφο κτίριο οπλισμένου σκυροδέματος του 2001 που βρίσκεται στην πόλη της Λάρισας. Παράλληλα με το δευτεροβάθμιο έλεγχο που προτείνει ο Ο.Α.Σ.Π., διενεργείται και μια εναλλακτική μέθοδος δευτεροβάθμιου προσεισμικού ελέγχου, η οποία αποτελεί μέθοδο ταχείας αποτίμησης της σεισμικής ικανότητας του υπό μελέτη κτιρίου. Έπειτα, με εφαρμογή των διατάξεων του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.) και τη βοήθεια του λογισμικού SeismoBuild, διενεργείται ο – αναλυτικότερος όλων – τριτοβάθμιος έλεγχος μέσω ανελαστικής στατικής ανάλυσης και τα αποτελέσματα συγκρίνονται με αυτά των απλούστερων ελέγχων πρώτου και δεύτερου βαθμού. Βέβαια, επειδή ο σεισμός αποτελεί φαινόμενο δυναμικό, και τα αποτελέσματα που παράγονται από την ανελαστική στατική ανάλυση είναι ντετερμινιστικά, γίνεται χρήση του λογισμικού SPO2FRAG, με το οποίο εισάγεται στο πρόβλημα και η πιθανοτική πλευρά του, παράγοντας τις καμπύλες τρωτότητας της κατασκευής. Επιπλέον, μέσω του τριτοβάθμιου ελέγχου εντοπίζονται και πιθανές αστοχίες στην κατασκευή λόγω της σεισμικής διέγερσης, κι έτσι σε επόμενα Κεφάλαια προτείνεται μέθοδος ενίσχυσης της κατασκευής με υφάσματα FRP και μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος. Τελικά, η εργασία ολοκληρώνεται με την οικονομοτεχνική μελέτη της κατασκευής, με χρήση του λογισμικού PACT FEMA P-58, όπου εκτιμάται το ετήσιο πιθανό κόστος επισκευών στην κατασκευή εξαιτίας των σεισμικών φορτίων.

## 1.2 Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος – Ταχύς Οπτικός Έλεγχος

Ο Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος ή Ταχύς Οπτικός Έλεγχος (Τ.Ο.Ε.) [2] αποτελεί την πρώτη φάση στη διαδικασία αποτίμησης της σεισμικής ικανότητας υφιστάμενων κτιρίων και αποσκοπεί στην εκτίμηση του επιπέδου της ασφάλειας που παρέχουν τα Δημόσια και κοινωφελή κτίρια έναντι των μέγιστων πιθανοτικά αναμενόμενων σεισμικών δράσεων στην περιοχή που βρίσκονται, προκειμένου να καθοριστούν οι προτεραιότητες σε εθνικό επίπεδο για τον περαιτέρω έλεγχο και τη λήψη μέτρων προστασίας. Πιο συγκεκριμένα, κάθε κτίριο εξετάζεται από αρμόδιους μηχανικούς και τα στοιχεία που συλλέγονται καταγράφονται σε ειδικά Δελτία Ελέγχου [7]. Στη συνέχεια τα δελτία αυτά αποστέλλονται στον Ο.Α.Σ.Π., εισάγονται σε βάση δεδομένων και βαθμονομούνται κι έτσι τα κτίρια κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες προτεραιότητας περαιτέρω ελέγχου Α, Β, Γ, για καθεμία από τις κατηγορίες σπουδαιότητας του Ε.Α.Κ. - 2000. Τα στοιχεία που συμπληρώνονται στο συγκεκριμένο Δελτίο, κατανέμονται σε οκτώ (8) ενότητες και είναι οι εξής,

- Ενότητα Α: Περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία που συνθέτουν την ταυτότητα του κτιρίου, όπως είναι η γεωγραφική θέση του, η χρήση του καθώς και ο μέγιστος αριθμός προσώπων που συναθροίζονται σε αυτό.
- Ενότητα Β: Περιλαμβάνει τα σεισμολογικά και γεωτεχνικά χαρακτηριστικά της περιοχής όπου βρίσκεται το υπό μελέτη κτίριο, όπως είναι η ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας και η κατηγορία του εδάφους, σύμφωνα με τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (Ε.Α.Κ. – 2000).
- Ενότητα Γ: Σε αυτή την ενότητα διακρίνεται ο δομικός τύπος του κτιρίου, όπου αναφέρεται από τι αποτελείται ο φέρων οργανισμός του, δηλαδή από οπλισμένο σκυρόδεμα, χάλυβα, προκατασκευή, φέρουσα τοιχοποιία, καθώς και η χρονολογία κατασκευής του που συνδέεται άμεσα με τους Κανονισμούς σχεδιασμού που χρησιμοποιήθηκαν (Πίνακας 1-1).
- Ενότητα Δ: Περιλαμβάνονται γενικά τεχνικά στοιχεία του κτιρίου, όπως είναι ο αριθμός των ορόφων, η επιφάνεια κάτοψης, το έτος κατασκευής, η κατηγορία σπουδαιότητάς του βάσει του Ε.Α.Κ. – 2000, η διαθεσιμότητα της μελέτης καθώς και η περίπτωση επισκευής ή ενίσχυσής του.
- Ενότητα Ε: Σημειώνονται τα στοιχεία δομικής τρωτότητας του κτιρίου έναντι σεισμού, όπως είναι η περίπτωση σχεδιασμού του κτιρίου χωρίς Αντισεισμικό Κανονισμό, η ύπαρξη προηγούμενων σεισμικών επιβαρύνσεων, το ενδεχόμενο κρούσης με γειτονικά κτίρια, η ύπαρξη μαλακού ορόφου, η μη κανονικότητα του κτιρίου σε κάτοψη και καθ' ύψος, η ύπαρξη κοντών υποστυλωμάτων, το ενδεχόμενο σημαντικής στρεπτικής απόκρισης της κατασκευής.
- Ενότητες ΣΤ και Ζ: Αυτές οι ενότητες σχετίζονται με στοιχεία «πρόσθετης τρωτότητας» που σχετίζονται με αυθαιρεσίες αντισεισμικής και όχι μόνο φύσεως, δηλαδή περιπτώσεις αυθαιρεσιών που δεν έχουν μελετηθεί και πρέπει να συναξιολογηθούν στην τελική βαθμολόγηση και κατάταξη του κτιρίου.
- Ενότητα Η: Περιλαμβάνει την τελική βαθμολόγηση (δομική) και κατάταξη του κτιρίου, με το συνυπολογισμό των στοιχείων όλων των παραπάνω ενότητων (Πίνακας 1-2, Πίνακας 1-3).

Πίνακας 1-1: Πίνακας Δομικών Τύπων (ΟΣ)

Δομικός Τύπος (Δ.Τ.)	Περιγραφή Φέροντος Οργανισμού (Φ.Ο.)	Εφαρμοσθέντες κανονισμοί μελέτης/κατασκευής
ΟΣα	Κτίρια με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα, παλαιότερα	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Χωρίς Κανονισμούς, ή</li> <li>• Αντισεισμικός Κανονισμός 1959 (Α/Σ '59)</li> <li>• Κανονισμός Σκυροδέματος 1954 (Κ/Σ '54)</li> <li>• Ουσιαστικώς, κτίρια μέχρι και το 1985.</li> </ul>



Δομικός Τύπος (Δ.Τ.)	Περιγραφή Φέροντος Οργανισμού (Φ.Ο.)	Εφαρμοσθέντες κανονισμοί μελέτης/κατασκευής
ΟΣβ	Κτίρια με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα, νεότερα	<ul style="list-style-type: none"> <li>Α/Σ '59 με πρόσθετα άρθρα 1985 (Α/Σ '85)</li> <li>Κ/Σ '54</li> <li>Ουσιαστικώς, κτίρια της περιόδου 1986 έως και 1995-2000.</li> </ul>
ΟΣγ	Κτίρια με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα, σύγχρονα	<ul style="list-style-type: none"> <li>Α/Σ: ΝΕΑΚ</li> <li>Κ/Σ: ΝΕΚΟΣ</li> <li>Σύγχρονα κτίρια, με το πλαίσιο των σύγχρονων Κανονισμών.</li> </ul>

Πίνακας 1-2: Πίνακας Αρχικής (Γενικής) Δομικής Βαθμολογίας (ΑΔΒ)

Α/Α	Παράμετρος	Οπλισμένο Σκυρόδεμα		
		ΟΣα	ΟΣβ	ΟΣγ
1	Βασική Βαθμολογία, αναλόγως ΔΤ	6,0	7,0	8,0
2	Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας Ι	-0,5	-1,0	-0,5
3	Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας ΙΙ ή ΙΙΙ	-1,5	-1,5	-1,0
4	Έδαφος κατηγορίας Β (για αποδεδειγμένως Α: -0,1)	-0,3	-0,3	-0,3
5	Έδαφος κατηγορίας Γ ή Δ	-0,6	-0,6	-0,6
6	Έδαφος Γ ή Δ και άνω των 5 ορόφων	-0,8	-0,8	-0,8
7	Έδαφος κατηγορίας Χ	-0,8	-0,8	-0,8
8	Χωρίς Αντισεισμικό Κανονισμό	-0,5	-	-
9	Προηγούμενες σεισμικές επιβαρύνσεις, προβλήματα	-1,0	-0,5	-0,5
10	Κακή κατάσταση	-0,5	-0,5	-0,5
11	Κρούση με γειτονικά κτίρια	-0,5	-0,5	-
12	PILOTIS ή/και κοντά υποστυλώματα	-1,5	-1,5	-0,5
13	Κανονική διάταξη τοιχοπλήρωσης σε κάτοψη	0,5	0,5	-
14	Μεγάλο ύψος	-1,0	-0,5	-0,5
15	Μη κανονικότητα σε τομή	-1,0	-0,5	-0,5
16	Μη κανονικότητα σε κάτοψη	-1,0	-0,5	-0,5
17	Στρέψη (έντονη)	-0,5	-0,5	-0,5
18	Ένταση λειτουργίας (0,2 ή 0,5)			0,2
19	Αριθμός χρηστών ≤ 9	-0,2	-0,2	-0,2
20	Αριθμός χρηστών 10-99	-0,4	-0,4	-0,4
21	Αριθμός χρηστών ≥ 100	-0,6	-0,6	-0,6
22	ΑΡΧΙΚΗ ΔΟΜΙΚΗ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ (αβ.)			

Πίνακας 1-3: Πίνακας Τελικής Δομικής Βαθμολογίας και κατάταξη προτεραιότητας κτιρίου

Βαθμολογία	Κατηγορία
$\tau\beta. \leq 4,0$	Υψηλή Προτεραιότητα (Υ)
$4,0 < \tau\beta. < 5,5$	Μέση Προτεραιότητα (Μ)
$\tau\beta. \geq 5,5$	Χαμηλή Προτεραιότητα (Χ)

### 1.3 Δευτεροβάθμιοι Προσεισμικοί Έλεγχοι

Οι δευτεροβάθμιοι προσεισμικοί έλεγχοι αποτελούν ελέγχους πιο λεπτομερείς από τον πρωτοβάθμιο αλλά ταχύτερους από τον τρίτοβάθμιο έλεγχο και σύμφωνα με τους οποίους γίνεται εκ νέου βαθμονόμηση του κτιρίου μέσω αποτύπωσης και αξιολόγησης τεχνικών χαρακτηριστικών.

#### 1.3.1 Μέθοδος Σ. Δρίτσου

Η συγκεκριμένη μέθοδος αποτελεί μια προσεγγιστική διαδικασία αποτίμησης της σεισμικής ικανότητας και της σεισμικής επάρκειας υφιστάμενων κτιρίων οπλισμένου σκυροδέματος σε σχέση με τη σεισμική απαίτηση, όπως αυτές ορίζονται στις σύγχρονες κανονιστικές διατάξεις. Το τελικό αποτέλεσμα του ελέγχου αυτού με τη μέθοδο του Σ. Δρίτσου [1] είναι ο «Δείκτης Προτεραιότητας Ελέγχου λ» του κτιρίου, ο οποίος υποδεικνύει τη σειρά προτεραιότητας για την εφαρμογή του τρίτοβάθμιου ελέγχου, δηλαδή της σύνταξης πλήρους μελέτης αποτίμησης της σεισμικής ικανότητας του κτιρίου και πιθανής μελέτης ανασχεδιασμού – ενίσχυσης, σύμφωνα με τις διατάξεις του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.).

Προκειμένου να υπολογιστεί η τιμή του δείκτη λ πρέπει αρχικά να υπολογιστεί η σεισμική απαίτηση  $V_{req}$  καθώς και η σεισμική αντίσταση  $V_R$  του κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα, στη διαδικασία υπολογισμού της σεισμικής αντίστασης εισάγεται ο μειωτικός συντελεστής β που αφορά 13 κριτήρια σεισμικής επιβάρυνσης τα οποία επηρεάζουν την τέμνουσα αντοχής στη βάση του κτιρίου. Οι βαθμοί επιβάρυνσης  $\beta_i$  όλων των κριτηρίων συνοψίζονται στον Πίνακα 1-4 όπου μαζί με τους αντίστοιχους συντελεστές βαρύτητας  $\sigma_i$ , καθορίζουν την τελική τιμή του συντελεστή β μέσω της Εξ. (1-1),

$$\beta = \sum \frac{\sigma_i \beta_i}{5} \quad (1-1)$$

Πίνακας 1-4: Πίνακας κριτηρίων

α/α	Κριτήρια σεισμικής επιβάρυνσης		Βαθμός επιβάρυνσης						Συντελεστές βαρύτητας $\sigma_i$
			$\beta_i$						
			0 max	1	2	3	4	5 min	
1	Υπερφόρτιμα	Βλάβες στατικής ανεπάρκειας							0,10
2		Οξείδωση οπλισμών							0,10
3		Μέγεθος ανηγμένου αξονικού φορτίου							0,05
4	Κανονικότητας κάτοψης								0,05

α/α	Κριτήρια σεισμικής επιβάρυνσης	Βαθμός επιβάρυνσης						Συντελεστές βαρύτητας $\sigma_i$
		$\beta_i$						
		0 max	1	2	3	4	5 min	
5	Κατανομή δυσκαμψίας σε κάτοψη – στρέψη							0,10
6	Κανονικότητα σε τομή/όψη							0,05
7	Κατανομή δυσκαμψίας καθ' ύψος – Μαλακός όροφος							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

Πιο αναλυτικά, το πρώτο βήμα για τον υπολογισμό της τιμής του Δείκτη Προτεραιότητας Ελέγχου λ είναι ο προσδιορισμός της σεισμικής απαίτησης  $V_{req}$  μέσω της Εξ. (1-2),

$$V_{req} = M \times S_d(T) \quad (1-2)$$

Όπου,

M: η μάζα του κτιρίου (προκύπτει από τα μόνιμα G και τα κινητά Q φορτία, για το συνδυασμό φόρτισης  $G+\psi_2Q$ )

T: η ιδιοπερίοδος της κατασκευής

$\gamma_i$ : λαμβάνεται  $\gamma_i=1,00$

$S_d(T)$ : η φασματική επιτάχυνση σχεδιασμού, σύμφωνα με EC8-1 [9]

q: λαμβάνεται η τιμή που προκύπτει από το συνδυασμό των Πινάκων 4.1 και Σ4.4 του ΚΑΝ.ΕΠΕ. [3]

Ο προσδιορισμός της σεισμικής αντίστασης  $V_R$  αποτελεί το δεύτερο βήμα της διαδικασίας και δίνεται από την Εξ. (1-3),

$$V_R = \beta \times V_{R0} \quad (1-3)$$

Όπου,

$\beta$ : ο μειωτικός συντελεστής επιρροής των κριτηρίων (1) έως (13) στην τέμνουσα αντοχής στη βάση του κτιρίου, που λαμβάνει υπόψιν του το συντελεστή βαρύτητας κάθε κριτηρίου,  $\sigma_i$ , και το βαθμό που έλαβε κάθε κριτήριο στο υπό εξέταση κτίριο,  $\beta_i$ , όπως υπολογίζεται από την Εξ. (1-1)

$V_{R0}$ : η προσεγγιστική τέμνουσα αντοχής στη βάση του κτιρίου, χωρίς να λαμβάνεται υπόψιν τυχόν αρνητική επιρροή από οποιοδήποτε από τα κριτήρια (1) έως (13), όπως υπολογίζεται από την Εξ. (1-4),

$$V_{R0} = \alpha_1 \sum V_{Ri}^{υποστ.} + \alpha_2 \sum V_{Ri}^{τοιχ.} + \alpha_3 \sum V_{Ri}^{κοντ. υποστ.} \quad (1-4)$$

Όπου,

$\alpha_i$  με  $i=1,2,3$ : οι συντελεστές απομείωσης της διατμητικής αντοχής, σύμφωνα με τον Πίνακα 1-5

$V_{Ri}$ : η διατμητική αντοχή κατακόρυφων στοιχείων, σύμφωνα με EC2 [8]

Πίνακας 1-5: Τιμές συντελεστών μείωσης διατμητικής αντοχής  $\alpha_i$

	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$
Υπάρχουν υποστυλώματα, τοιχώματα και κοντά υποστυλώματα	0,5	0,7	0,9
Υπάρχουν υποστυλώματα και τοιχώματα και δεν υπάρχουν κοντά υποστυλώματα	0,7	0,9	-
Φορέας πλαισιακός χωρίς τοιχώματα και υπάρχουν κοντά υποστυλώματα	0,7	-	0,9
Φορέας πλαισιακός χωρίς παρουσία τοιχωμάτων ή κοντών υποστυλωμάτων	0,85	-	-

Ειδικότερα, η διατμητική αντοχή  $V_{Ri}$  ενός κατακόρυφου στοιχείου λαμβάνεται ως η μικρότερη μεταξύ της διατμητικής αντοχής  $V_{Rd}$  του μέλους και της τέμνουσας  $V_M$  στη φάση καμπτικής αστοχίας του. Οι Εξ. (1-5) – (1-8) προέρχονται από τον EC2-1 [8] και αφορούν τον ακριβή υπολογισμό των παραπάνω τεμνουσών δυνάμεων.

$$V_{Rd,s} = \frac{z}{H_{cl}} N_d + \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot \theta, \text{ για υποστυλώμα} \quad (1-5)$$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{yd} \cot \theta, \text{ για τοίχωμα} \quad (1-6)$$

$$V_M = \frac{2M_R}{L_{καθ}} \quad (1-7)$$

$$M_R = \mu b h^2 f_{cd} \quad (1-8)$$

Η ροπή αντοχής  $M_R$  υποστυλώματος υπολογίζεται για κάθε διεύθυνση φόρτισης σύμφωνα με τα διαγράμματα αλληλεπίδρασης ορθογωνικής διατομής του EC2-1 [8] ενώ για τον υπολογισμό της ροπής αντοχής  $M_R$  τοιχώματος αθροίζονται οι ροπές αντοχής του κορμού  $M_{Rdk}$  και των άκρων  $M_{Rd,άκρων}$ , όπως φαίνεται στις Εξ. (1-9) – (1-12).

$$M_R = M_{Rdk} + M_{Rd, \acute{\alpha}κρων} \quad (1-9)$$

$$M_{Rdk} = 0,5(A_{sv}f_{yd} + N)(l_w - x) \quad (1-10)$$

$$M_{Rd, \acute{\alpha}κρων} = (0,5l_w - d_1)(A_{s, \acute{\alpha}κρων}f_{yd} + N) \quad (1-11)$$

Όπου,  $x$  είναι η απόσταση που υποδεικνύει τη θέση του μοχλοβραχίονα και υπολογίζεται ως εξής,

$$x = l_w \frac{A_{sv}f_{yd} + N}{2A_{sv}f_{yd} + 0,68l_w b f_{cd}} \quad (1-12)$$

Τελικά, για τον υπολογισμό του Δείκτη Προτεραιότητας Ελέγχου  $\lambda$  διακρίνονται δύο περιπτώσεις, (α) αγνοώντας την επίδραση της εγκάρσιας διεύθυνσης και (β) λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση της εγκάρσιας διεύθυνσης, στην εκάστοτε υπό εξέταση διεύθυνση και οι υπολογισμοί γίνονται με βάση τις Εξ. (1-13) – (1-17).

- Χωρίς επίδραση εγκάρσιας διεύθυνσης

$$\lambda_x = \frac{V_{req,x}}{V_{R,x}} \quad (1-13)$$

$$\lambda_y = \frac{V_{req,y}}{V_{R,y}} \quad (1-14)$$

- Με επίδραση εγκάρσιας διεύθυνσης

$$\lambda_x = \frac{V_{req,x} + 0,3V_{req,y}}{V_{R,x} + 0,3V_{R,y}} \quad (1-15)$$

$$\lambda_y = \frac{V_{req,y} + 0,3V_{req,x}}{V_{R,y} + 0,3V_{R,x}} \quad (1-16)$$

Έτσι, ο τελικός δείκτης  $\lambda$  λαμβάνει τιμή ίση με,

$$\lambda = 100 \max(\lambda_x, \lambda_y) \quad (1-17)$$

### 1.3.2 Μέθοδος Ταχείας Αποτίμησης Ε. Βουγιούκα

Μια δεύτερη μέθοδος, εναλλακτική της μεθόδου του δευτεροβάθμιου προσεισμικού ελέγχου που προτείνεται από τον Ο.Α.Σ.Π., είναι μια διαδικασία ταχείας αποτίμησης της σεισμικής ικανότητας υφιστάμενων κτιρίων οπλισμένου σκυροδέματος και βασίζεται αποκλειστικά στις διατάξεις του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.). Η μέθοδος αυτή, κατά κύριο λόγο, αφορά κτίρια που έχουν μελετηθεί και κατασκευαστεί πριν το 1985, των οποίων ο φέρων οργανισμός αποτελείται από ισχυρά δοκάρια και αδύναμα υποστυλώματα ενώ παράλληλα ισχύει και ο μηχανισμός αστοχίας του μαλακού ορόφου (εύκαμπτου ισογείου). Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τις διατάξεις του ΚΑΝ.ΕΠΕ., υπολογίζεται κάθε φορά, για κάθε κατακόρυφο μέλος και κάθε διεύθυνση η τέμνουσα αντοχής του και στη συνέχεια

μέσω άθροισης των τεμνουσών όλων των κατακόρυφων στοιχείων προκύπτει η φέρουσα ικανότητα του υπό μελέτη κτιρίου έναντι σεισμού, για κάθε διεύθυνση.

Αρχικά, σύμφωνα με το Παράρτημα 7Γ του ΚΑΝ.ΕΠΕ. [3], υπολογίζεται η διατμητική αντοχή  $V_R$  των κατακόρυφων δομικών στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος (υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων), τα οποία υποβάλλονται σε ανακυκλιζόμενες παραμορφώσεις, συναρτήσει του πλαστικού τμήματος του δείκτη πλαστιμότητας γωνίας στροφής χορδής:  $\mu_{\theta}^{pl} = \mu_{\theta} - 1$ , μέσω της Εξ. (1-18).

$$V_R = \frac{h - x}{2L_s} \min(N; 0,55A_c f_c) + \left(1 - 0,05 \min(5, \mu_{\theta}^{pl})\right) [0,16 \max(0,5; 100\rho_{tot}) (1 - 0,16 \min(5, \alpha_s)) \sqrt{f_c} A_c + V_w] \quad (1-18)$$

Όπου,

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

$x = \xi_d$ : το ύψος της θλιβόμενης ζώνης (Παράρτημα 7Α ΚΑΝ.ΕΠΕ. [3])

$N$ : το αξονικό φορτίο

$\alpha_s$ : ο λόγος διάτμησης

$A_c$ : το εμβαδόν της διατομής σκυροδέματος

$f_c$ : η θλιπτική αντοχή σκυροδέματος (MPa)

$\rho_{tot}$ : το συνολικό ποσοστό διαμήκους οπλισμού (εφελκυόμενου, θλιβόμενου και ενδιάμεσου)

$V_w$ : η συμβολή εγκάρσιου οπλισμού στη διατμητική αντοχή, που υπολογίζεται σύμφωνα με την Εξ. (1-19), για διατομές με ορθογωνικό κορμό πάχους  $b_w$ , και σύμφωνα με την Εξ. (1-20), για κυκλικές διατομές

$$V_w = \rho_w b_w z f_{yw} \quad (1-19)$$

Όπου,

$\rho_w$ : το ποσοστό του εγκάρσιου οπλισμού

$z$ : ο μοχλοβραχίονας εσωτερικών δυνάμεων

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

$$V_w = \frac{\pi A_{sw}}{2s} f_{yw} (D - 2c) \quad (1-20)$$

Όπου,

$A_{sw}$ : το εμβαδόν της διατομής ενός κυκλικού συνδετήρα

$s$ : η απόσταση μεταξύ διαδοχικών συνδετήρων

$c$ : η επικάλυψη του οπλισμού

Για τον τελικό υπολογισμό της τιμής της τέμνουσας αντοχής των κατακόρυφων μελών, θα πρέπει πρώτα να εξετασθεί εάν η διατμητική αστοχία προηγείται της καμπτικής διαρροής, δηλαδή αν υπάρχει ψαθυρός τρόπος αστοχίας κάποιου στοιχείου. Οι σύγχρονοι αντισεισμικοί κανονισμοί στοχεύουν σε μεγάλες τιμές πλαστιμότητας και στην ικανότητα μεγάλων παραμορφώσεων έτσι ώστε το ενδεχόμενο εμφάνισης διατμητικής αστοχίας πριν από την καμπτική διαρροή να αποφεύγεται, προσδίδοντας έτσι υπεραντοχή σε διάτμηση μέσω του ικανοτικού σχεδιασμού σε τέμνουσα. Ωστόσο, σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος που δεν έχουν κατασκευαστεί με τους σύγχρονους αντισεισμικούς κανονισμούς η

πιθανότητα αυτή παραμένει, με αποτέλεσμα να κρίνεται απαραίτητος ο υπολογισμός της τέμνουσας δύναμης κατά την καμπτική διαρροή εκάστοτε κατακόρυφου μέλους, σύμφωνα με την Εξ. (1-21).

$$V_{Mu} = \frac{M_y}{L_s} \quad (1-21)$$

Όπου,

$M_y$ : η ροπή διαρροής κατακόρυφου μέλους

$L_s$ : το μήκος διάτμησης κατακόρυφου μέλους

Η ροπή διαρροής,  $M_y$ , ενός κατακόρυφου μέλους οπλισμένου σκυροδέματος του οποίου η διατομή έχει ορθογωνική θλιβόμενη ζώνη, βάσει του Παραρτήματος 7Α του ΚΑΝ.ΕΠΕ. [3], υπολογίζεται μέσω της Εξ. (1-22).

$$M_y = (1/r)_y \left\{ E_c \frac{\xi_y^2}{2} \left( 0,5(1 + \delta') - \frac{\xi_y}{3} \right) + \left[ (1 - \xi_y)\rho + (\xi_y - \delta')\rho' + \frac{\rho_v}{6}(1 - \delta') \right] (1 - \delta') \frac{E_s}{2} \right\} \quad (1-22)$$

Όπου,

$(1/r)_y$ : η καμπυλότητα διαρροής

$\xi_y$ : το ύψος της θλιβόμενης ζώνης στη διαρροή (ανηγμένο στο στατικό ύψος  $d$ )

$\rho, \rho', \rho_v$ : το ποσοστό του εφελκόμενου, του θλιβόμενου και του μεταξύ τους καταναμεμένου οπλισμού, αντίστοιχα (ανηγμένα στο  $bd$ , όπου  $b$  είναι το πλάτος της θλιβόμενης ζώνης)

$\delta'$ : ισούται με  $d'/d$ , όπου  $d'$  είναι η απόσταση από το κέντρο του θλιβόμενου οπλισμού μέχρι την ακραία θλιβόμενη ίνα σκυροδέματος και  $d$  είναι το στατικό ύψος της διατομής

$E_c$ : το μέτρο ελαστικότητας σκυροδέματος

$E_s$ : το μέτρο ελαστικότητας χάλυβα

Πρέπει να σημειωθεί ότι ο υπολογισμός της καμπυλότητας διαρροής εκάστοτε μέλους διακρίνεται σε δύο περιπτώσεις, ανάλογα με τον αν η διαρροή της διατομής του οφείλεται σε διαρροή του εφελκόμενου οπλισμού ή σε μη-γραμμικότητα των παραμορφώσεων του θλιβόμενου σκυροδέματος, και οι αντίστοιχες Εξισώσεις δίνονται παρακάτω.

- Διαρροή λόγω χάλυβα

$$(1/r)_y = \frac{f_y}{E_s(1 - \xi_y)d} \quad (1-23)$$

- Διαρροή λόγω παραμορφώσεων σκυροδέματος

$$(1/r)_y = \frac{1,8f_c}{E_c \xi_y d} \quad (1-24)$$

Από τις δύο περιπτώσεις λαμβάνεται η μικρότερη εκ των δύο τιμών  $(1/r)_y$ , που είναι κι αυτή που καθορίζει το κρίσιμο υλικό. Για το υλικό αυτό υπολογίζεται αναλόγως και το ύψος της θλιβόμενης ζώνης στη διαρροή,  $\xi_y$ , όπως παρουσιάζεται αναλυτικά στο Παράρτημα 7Α του ΚΑΝ.ΕΠΕ [3].

Τελικά, αφού έχει γίνει ο υπολογισμός όλων των απαραίτητων μεγεθών, η τέμνουσα κατά την καμπτική διαρροή συγκρίνεται με την αντίστοιχη τέμνουσα αντοχής του στοιχείου και συμπεραίνεται αν ο τρόπος αστοχίας του μέλους είναι ψαθυρός ή πλαστικός. Ειδικότερα, αν ισχύει  $V_R > V_{Mu}$  τότε το μέλος έχει

πλαστική συμπεριφορά καθώς η καμπτική διαρροή προηγείται της διατμητικής αστοχίας ενώ αν  $V_R < V_{Mu}$  τότε ο τρόπος αστοχίας είναι ψαθυρός με αποτέλεσμα η τιμή της ροπής διαρροής να υπολογίζεται μειωμένη σύμφωνα με το λόγο  $\frac{V_R}{V_{Mu}}$ .

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

Οι διατάξεις του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.) συνιστούν το κύριο κανονιστικό πλαίσιο που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα για την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό κατασκευών οι οποίες έχουν μελετηθεί και σχεδιαστεί σύμφωνα με παλαιότερους Αντισεισμικούς Κανονισμούς και Κανονισμούς Οπλισμένου Σκυροδέματος ή ακόμη και χωρίς κάποιον Αντισεισμικό Κανονισμό. Έτσι, ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. θεσπίζει κριτήρια για την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας των κατασκευών και κανόνες εφαρμογής για τον αντισεισμικό ανασχεδιασμό τους καθώς και για τις πιθανές επισκευές και ενισχύσεις τους.

Η πιο συνηθισμένη μέθοδος εφαρμογής του τριτοβάθμιου ελέγχου είναι η ανελαστική στατική ανάλυση (ανάλυση pushover), η οποία πραγματοποιείται υπό την επίδραση των στατικών φορτίων ( $G+\psi_2Q$ ) και των βηματικά αυξανόμενων οριζόντιων φορτίων λόγω της σεισμικής δράσης. Η κατανομή των οριζόντιων σεισμικών φορτίων μπορεί να είναι τριγωνική, ομοιόμορφη ή ιδιομορφική. Ως αποτέλεσμα της ανάλυσης προκύπτει η καμπύλη ικανότητας της κατασκευής, σε όρους τέμνουσας βάσης – μετακίνησης, του κόμβου ελέγχου, ο οποίος ορίζεται στον ανώτερο όροφο του υπό μελέτη κτιρίου.

Η σεισμική ικανότητα της κατασκευής και ο στόχος αποτίμησης ή ανασχεδιασμού της καθορίζονται από τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. μέσω του συνδυασμού μιας στάθμης επιτελεστικότητας, που σχετίζεται με ένα ανεκτό επίπεδο βλαβών και μιας σεισμικής δράσης, η οποία έχει δεδομένη ανεκτή πιθανότητα υπέρβασης κατά την τεχνική διάρκεια ζωής του έργου (σεισμός σχεδιασμού). Έτσι, ορίζονται τρεις βασικές στάθμες επιτελεστικότητας για το φέροντα οργανισμό του κτιρίου συναρτήσει του βαθμού βλάβης, όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 1-6.

Πίνακας 1-6: Στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού

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

Πιο αναλυτικά, για κάθε στάθμη ισχύουν τα εξής:

- «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 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, τον σεισμό), χωρίς



πάντως να διαθέτει άλλο ουσιαστικό περιθώριο ασφαλείας έναντι ολικής ή μερικής κατάρρευσης, ακόμη και για μετασεισμούς μέτριας έντασης.

Προκειμένου να καθοριστούν τα σημεία επιτελεστικότητας πάνω στην καμπύλη ικανότητας της κατασκευής, δηλαδή οι μετακινήσεις του κόμβου ελέγχου, που αντιστοιχούν σε κάθε επίπεδο βλαβών, γίνεται χρήση της Εξ. (1-25), σύμφωνα με τις διατάξεις του ΚΑΝ.ΕΠΕ (ΚΑΝ.ΕΠΕ. Σ5.6 [3]).

$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 (T_e^2 / 4\pi^2) S_{e(T)}$	(1-25)
--	--------

Όπου,

$C_0, C_1, C_2, C_3$ : διορθωτικοί συντελεστές σύμφωνα με ΚΑΝ.ΕΠΕ. §5.7.4.2. [3]

$T_e$ : ισοδύναμη ιδιοπερίοδος κατασκευής, σύμφωνα με ΚΑΝ.ΕΠΕ. (Σ5.5) [3]

$T_e = T \sqrt{\frac{K_0}{K_e}}$	(1-26)
----------------------------------	--------



## 2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΟΡΕΑ

### 2.1 Γενικά Χαρακτηριστικά

Η παρούσα εργασία βασίζεται στη μελέτη μιας υφιστάμενης εξώροφης κατοικίας, κατασκευασμένης το 2001 στη Φιλιππούπολη Λάρισας. Οι κατόψεις όλων των ορόφων έχουν εμβαδόν  $427.57 \text{ m}^2$ , ή  $333.36 \text{ m}^2$  αν συμπεριληφθούν οι εξώστες, ενώ το ύψος κάθε ορόφου είναι ίσο με  $3.00 \text{ m}$ . Περιμετρικά του κτιρίου, στους εξωτερικούς τοίχους, υπάρχει μπατική τοιχοποιία και στις δύο κύριες διευθύνσεις του ενώ στους εσωτερικούς η τοιχοποιία είναι δρομική.

Στα μόνιμα φορτία της κατασκευής συμπεριλαμβάνονται το ίδιο βάρος του οπλισμένου σκυροδέματος, όπου  $\gamma_{σκ}=24 \text{ kN/m}^3$ , τα φορτία επικαλύψεων των πλακών καθώς και τα φορτία από τις τοιχοποιίες. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με το υπόμνημα των στατικών σχεδίων της υπό μελέτη κατασκευής τα φορτία επικαλύψεων των πρώτων πέντε ορόφων, ισούνται με  $g_{1-5}=1 \text{ kN/m}^2$ , ενώ του τελευταίου ορόφου με,  $g_6=0.8 \text{ kN/m}^2$ . Τα κινητά φορτία κατοικίας παίρνουν τιμές  $q_{1-5}=2 \text{ kN/m}^2$  και  $q_6=1.5 \text{ kN/m}^2$ , στον 1<sup>ο</sup>-5<sup>ο</sup> όροφο και στον 6<sup>ο</sup> όροφο αντίστοιχα και  $q=5 \text{ kN/m}^2$  στους εξώστες όλων των ορόφων. Επιπλέον, όσον αφορά τις τοιχοποιίες λήφθηκαν πρόσθετα μόνιμα φορτία  $3.6 \text{ kN/m}^2$  και  $2 \text{ kN/m}^2$  για τη μπατική και τη δρομική τοιχοποιία αντίστοιχα. Ειδικότερα, το φορτίο της μπατικής τοιχοποιίας προστέθηκε ως γραμμικό φορτίο στις περιμετρικές δοκούς των δύο διευθύνσεων και η τιμή του υπολογίστηκε από την Εξ. (2-1),

$$G_{\mu\text{πατ}} [\text{kN/m}] = g_{\mu\text{πατ}} \times H_{\text{τοιχ}} \quad (2-1)$$

Όπου,

$$H_{\text{τοιχ}} = H_{\text{ορ}} - h_{\text{δοκ}} \quad (2-2)$$

Το ύψος της μπατικής τοιχοποιίας πάνω από όλες τις περιμετρικές δοκούς είναι ίσο με  $2.4 \text{ m}$  ( $H_{\text{ορ}}=3 \text{ m}$  και  $h_{\text{δοκ}}=0.6 \text{ m}$ ), με εξαίρεση το ύψος αυτής που βρίσκεται πάνω από τη δοκό Δ2 όπου είναι ίσο με  $2.7 \text{ m}$  ( $H_{\text{ορ}}=3 \text{ m}$  και  $h_{\text{δοκ}}=0.3 \text{ m}$ ). Έτσι, η τιμή του φορτίου ισούται με  $8.64 \text{ kN/m}$  (και  $9.72 \text{ kN/m}$  για τη δοκό Δ2) ενώ πρέπει να σημειωθεί ότι στις περιμετρικές δοκούς όπου υπάρχει εξώστης προστίθεται το μισό φορτίο, δηλαδή  $4.32 \text{ kN/m}$  (και  $4.86 \text{ kN/m}$  για τη δοκό Δ2), λόγω της ύπαρξης ανοιγμάτων. Όσον αφορά στις δρομικές τοιχοποιίες, επειδή δεν ήταν διαθέσιμα τα αρχιτεκτονικά σχέδια της κατασκευής ώστε να είναι γνωστή η ακριβής θέση τους, υπολογίστηκε προσεγγιστικά το φορτίο τους ως ομοιόμορφα κατανομημένο στην επιφάνεια των πλακών κάθε ορόφου. Αυτό υπολογίστηκε σύμφωνα με την Εξ. (2-3) και με τις θεωρήσεις ότι το μέσο μήκος τοιχοποιίας ισούται με  $4 \text{ m}$  και οι μέσες διαστάσεις μιας πλάκας είναι  $3.5\text{m} \times 4.5\text{m}$ . Η τιμή που προέκυψε είναι ίση με  $1.2 \text{ kN/m}^2$ .

$$G_{\delta\rho\sigma\mu} [kN/m^2] = \frac{g_{\delta\rho\sigma\mu} \cdot H_{\tau\omicron\iota\chi} \cdot l_{\tau\omicron\iota\chi}}{l_x \cdot l_y} \quad (2-3)$$

Τέλος, στη σκάλα ορίστηκε μόνιμο φορτίο ίσο με 3,5 kN/m<sup>2</sup> και κινητό ίσο με 5 kN/m<sup>2</sup>.

Τα στατικά σχέδια της κατασκευής και οι λεπτομέρειες των οπλισμών των μελών της παρατίθενται στο Παράρτημα Α. Πρέπει να σημειωθεί ότι, όσον αφορά στους διαμήκεις οπλισμούς των οριζόντιων μελών της κατασκευής, δηλαδή των δοκών, δεν σπάνε τα μισά σίδερα που οπλίζουν το άνοιγμα του κάτω πέλματος ώστε να «ανέβουν» και να οπλίσουν το πάνω πέλμα στη στήριξη αλλά οι οπλισμοί του πάνω και κάτω πέλματος των δοκών είναι συνεχείς καθ' όλο το μήκος τους. Στον Πίνακα 2-1 και στον Πίνακα 2-2 συνοψίζονται τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την ανέγερσή της καθώς και η ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας και η κατηγορία του εδάφους όπου εδράζεται η κατασκευή.

Πίνακας 2-1: Χαρακτηριστικά υλικών κατασκευής

Υλικά	Ποιότητα	Αντοχές	
		f <sub>cm</sub> (MPa)	f <sub>ck</sub> (MPa)
Σκυρόδεμα	C16	20.00	16.00
Χάλυβας οπλισμού	S500	555.56	500.00

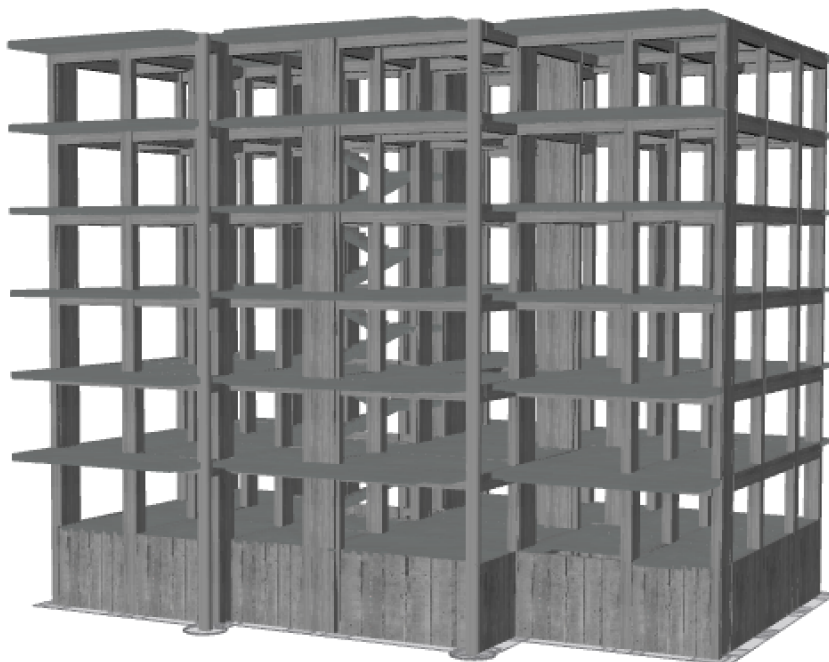
Πίνακας 2-2: Σεισμική ζώνη κατασκευής και χαρακτηριστικά εδάφους

Κατηγορία σπουδαιότητας	II (κατοικία), γ <sub>i</sub> =1.00
Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας	II, a <sub>g</sub> = 0.24g
Κατηγορία εδάφους	Γ (S=1.15, T <sub>B</sub> =0.2s, T <sub>C</sub> =0.6s, T <sub>D</sub> =2.0s)

## 2.2 Προσομοίωση Φορέα (SeismoBuild)

Για την προσομοίωση του φορέα χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό SeismoBuild, το οποίο είναι ένα πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων που δίνει τη δυνατότητα προσδιορισμού της απόκρισης πλασιωτών κατασκευών υπό στατικά φορτία ή/και δυναμικά φορτία, λαμβάνοντας υπόψιν τη γεωμετρική μη γραμμικότητα και την ανελαστικότητα των υλικών ενώ παράλληλα παρέχει και τη δυνατότητα μη γραμμικής ανάλυσης.

Πιο συγκεκριμένα, στο SeismoBuild εισήχθησαν τα στατικά σχέδια του υπό μελέτη κτιρίου και έγινε εισαγωγή των οριζόντιων και κατακόρυφων μελών του όπως και των επιφανειακών στοιχείων του. Στο προσομοίωμα δε συμπεριλήφθηκαν οι τοιχοποιίες καθώς δεν ήταν γνωστή η ακριβής θέση τους κι έτσι λήφθηκαν υπόψιν προσεγγιστικά μόνο στα μόνιμα φορτία της κατασκευής. Τα υλικά και οι οπλισμοί ορίστηκαν όπως παρουσιάστηκε στο υποκεφάλαιο 2.1 και στο Σχήμα 2-1 παρουσιάζεται το τελικό προσομοίωμα του φορέα της κατασκευής.



Σχήμα 2-1: Τελικό προσομοίωμα φορέα



## 3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΡΟΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ ΚΑΙ ΚΑΝ.ΕΠΕ.

### 3.1 Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος – Ταχύς Οπτικός Έλεγχος

Ο υπολογισμός της τελικής δομικής βαθμολογίας του κτιρίου και η κατάταξή του σε κατηγορία προτεραιότητας γίνεται αφού προηγουμένως έχει προσδιοριστεί ο δομικός τύπος του και συμπληρωθεί το Δελτίο Δομικής Τρωτότητας (ΔΕ.ΔΟ.Τ.Α.), σύμφωνα με αυτά που αναφέρθηκαν στο πρώτο (1<sup>ο</sup>) κεφάλαιο της παρούσας εργασίας. Πιο συγκεκριμένα, το κτίριο κατασκευάστηκε το 2001 με την εφαρμογή του Νέου Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού (Α/Σ ΝΕΑΚ) και του Νέου Ελληνικού Κανονισμού Οπλισμένου Σκυροδέματος (Κ/Σ ΝΕΚΟΣ) κι έτσι κατατάσσεται στο δομικό τύπο ΟΣγ. Επιπλέον, το κτίριο βρίσκεται στην πόλη της Λάρισας που αντιστοιχεί σε ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας ΙΙ (0,24g) και θεμελιώνεται σε έδαφος κατηγορίας Γ. Με τις προαναφερθείσες πληροφορίες συμπληρώνεται ο πίνακας Αρχικής (Γενικής) Δομικής Βαθμολογίας (ΑΔΒ) του κτιρίου και υπολογίζεται η αρχική δομική βαθμολογία του (αβ.) ίση με 5,5, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3-1.

Πίνακας 3-1: Αρχική (Γενική) Δομική Βαθμολογία (ΑΔΒ)

A/A	Παράμετρος	Οπλισμένο Σκυρόδεμα - ΟΣγ
1	Βασική Βαθμολογία, αναλόγως ΔΤ	8,0
2	Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας Ι	-0,5
3	Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας ΙΙ ή ΙΙΙ	-1,0
4	Έδαφος κατηγορίας Β (για αποδεδειγμένως Α: -0,1)	-0,3
5	Έδαφος κατηγορίας Γ ή Δ	-0,6
6	Έδαφος Γ ή Δ και άνω των 5 ορόφων	-0,8
7	Έδαφος κατηγορίας Χ	-0,8
8	Χωρίς Αντισεισμικό Κανονισμό	-
9	Προηγούμενες σεισμικές επιβαρύνσεις, προβλήματα	-0,5
10	Κακή κατάσταση	-0,5
11	Κρούση με γειτονικά κτίρια	-
12	PILOTIS ή/και κοντά υποστυλώματα	-0,5
13	Κανονική διάταξη τοιχοπλήρωσης σε κάτοψη	-
14	Μεγάλο ύψος	-0,5

A/A	Παράμετρος	Οπλισμένο Σκυρόδεμα - ΟΣγ
15	Μη κανονικότητα σε τομή	-0,5
16	Μη κανονικότητα σε κάτοψη	-0,5
17	Στρέψη (έντονη)	-0,5
18	Ένταση λειτουργίας (0,2 ή 0,5)	0,2
19	Αριθμός χρηστών $\leq 9$	-0,2
20	Αριθμός χρηστών 10-99	-0,4
21	Αριθμός χρηστών $\geq 100$	-0,6
22	ΑΡΧΙΚΗ ΔΟΜΙΚΗ ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ (αβ.)	5,5

Πρέπει να σημειωθεί ότι από την τιμή της Αρχικής Δομικής Βαθμολογίας δεν αφαιρείται η τιμή 0,5 που αντιστοιχεί στο Πεδίο 12 «PILOTIS ή/και κοντά υποστυλώματα», καθώς παρόλο που στα στατικά σχέδια αναφέρεται το ισόγειο σαν πυλωτή, στην πραγματικότητα δεν είναι. Ειδικότερα, στον Ταχύ Οπτικό Έλεγχο με τον όρο «PILOTIS» εννοείται κάτοψη κτιρίου μόνο με υποστυλώματα όπου υπάρχει ο κίνδυνος δημιουργίας μαλακού ορόφου. Στην προκειμένη περίπτωση λόγω της ύπαρξης αρκετών τοιχωμάτων στην κάτοψη του ισογείου, ο κίνδυνος αυτός είναι πολύ μικρός, με αποτέλεσμα να μη χρειάζεται να αφαιρεθεί η αντίστοιχη τιμή από τη δομική βαθμολογία.

Η Τελική (Δομική) Βαθμολογία και Κατάταξη του κτιρίου εκτιμάται, κατά περίπτωση, συνεκτιμώντας αφενός τη «διαφορική» τρωτότητα λόγω της αυθαιρέτης «εξαρτημένης» προσθήκης ή προσθηκών και την ενδεχόμενη πρόσθετη τρωτότητα έναντι άλλων αιτιών. Στην προκειμένη περίπτωση λόγω της απουσίας αυθαιρειών και άλλων αιτιών πρόσθετης τρωτότητας, η τελική βαθμολογία συμπίπτει με την αρχική (γενική), δηλαδή είναι ίση με 5,5, με αποτέλεσμα το κτίριο να κατατάσσεται στην κατηγορία χαμηλής προτεραιότητας (X) περαιτέρω ελέγχου, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3-2.

Πίνακας 3-2: Τελική κατάταξη κτιρίου

Βαθμολογία	Κατηγορία
$\tau\beta. \leq 4,0$	Υψηλή Προτεραιότητα (Y)
$4,0 < \tau\beta. < 5,5$	Μέση Προτεραιότητα (M)
$\tau\beta. \geq 5,5$	Χαμηλή Προτεραιότητα (X)
Τελική κατάταξη: $\tau\beta. = 5,5$	Χαμηλή Προτεραιότητα (X)

## 3.2 Δευτεροβάθμιοι Προσεισμικοί Έλεγχοι

### 3.2.1 Μέθοδος Σ. Δρίτσο

Η μεθοδολογία Δευτεροβάθμιου Προσεισμικού Ελέγχου, που αναπτύχθηκε από το Σ. Δρίτσο [1], ξεκινά με τον έλεγχο ορισμένων στοιχείων τρωτότητας της κατασκευής τα οποία είναι καθοριστικής σημασίας για τη σεισμική συμπεριφορά και απόκρισή της και συνοψίζονται σε 13 κριτήρια. Πιο συγκεκριμένα, τα κριτήρια αυτά λαμβάνουν τιμές μεταξύ του ενός (1) και του πέντε (5), που αντιστοιχούν στη μέγιστη και ελάχιστη σεισμική επιβάρυνση του κτιρίου, αντίστοιχα. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται αναλυτικά τα κριτήρια σεισμικής επιβάρυνσης για το κτίριο που εξετάζεται.

- Κριτήριο 1: Βλάβες στατικής ανεπάρκειας

Σχετίζεται με τους τύπους αστοχίας υποστυλωμάτων, τοιχωμάτων και κόμβων καθώς και με πιθανές ρηγματώσεις που εντοπίζονται σε αυτά τα μέλη. Στο υπό μελέτη κτίριο δεν



παρατηρήθηκαν βλάβες σε κατακόρυφα μέλη και κόμβους του κι έτσι ο βαθμός που λαμβάνει το κριτήριο είναι,  $B_1=5$ .

- Κριτήριο 2: Οξειδωση οπλισμών

Σε αυτό το κριτήριο εξετάζεται ο βαθμός οξειδωσης των διαμήκων οπλισμών των κατακόρυφων στοιχείων. Στην προκειμένη περίπτωση, δε διαπιστώθηκαν ενδείξεις οξειδωσης του οπλισμού των υποστρωμάτων και των τοιχωμάτων και ο βαθμός του κριτηρίου λαμβάνει τιμή,  $B_2=5$ .

- Κριτήριο 3: Μέγεθος ανηγμένου αξονικού φορτίου

Στο κριτήριο αυτό, υπολογίζεται το ανηγμένο αξονικό φορτίο  $v_d$  για κάθε κατακόρυφο στοιχείο του κτιρίου και σημειώνεται ότι ο έλεγχος αφορά τα κατακόρυφα στοιχεία του ισογείου. Ειδικότερα, υπολογίζεται η μέση τιμή του ανηγμένου αξονικού φορτίου των κατακόρυφων μελών του ισογείου ίση με 0.16 που είναι ελάχιστη μεγαλύτερη τιμή από το 0.15 που αντιστοιχεί στην ελάχιστη σεισμική επιβάρυνση με βαθμό 5, άρα σύμφωνα με το μέσο ανηγμένο αξονικό φορτίο το κριτήριο λαμβάνει βαθμό 4 ενώ ο έλεγχος που γίνεται για το ανηγμένο αξονικό φορτίο εκάστοτε μέλους οδηγεί σε βαθμό 5. Τελικά, ως τελική βαθμολόγηση του κριτηρίου λαμβάνεται η δυσμενέστερη περίπτωση, δηλαδή  $B_3=4$ . Στον Πίνακα 3-3 συνοψίζονται οι τιμές του ανηγμένου αξονικού φορτίου των κατακόρυφων μελών του ισογείου.

Πίνακας 3-3: Τιμές ανηγμένου αξονικού φορτίου κατακόρυφων μελών ισογείου

Κατακόρυφο μέλος	Πλάτος b (cm)	Ύψος h (cm)	Εμβαδόν διατομής (cm <sup>2</sup> )	Αξονικό φορτίο $N_{sd}$ (kN)	Ανηγμένο αξονικό φορτίο $v_d$
C2	55	55	0.30	1087.9	0.225
C4	60	40	0.24	808.3	0.211
C6	35	80	0.28	783.2	0.175
C8	40	75	0.30	638.8	0.133
C9	70	35	0.25	603.2	0.154
C10	35	80	0.28	719.9	0.161
C11	35	60	0.21	723.5	0.215
C12	45	45	0.20	484.5	0.150
C13	35	80	0.28	639.5	0.143
C14	115	35	0.40	979.4	0.152
C17	35	80	0.28	735.0	0.164
C18	45	45	0.20	661.6	0.204
C19	45	45	0.20	578.7	0.179
C20	35	80	0.28	703.2	0.157
C21	35	80	0.28	629.0	0.140
C22	65	50	0.33	829.3	0.159
C24	40	80	0.32	1089.9	0.213
C27	60	60	0.36	1145.8	0.199
C28	35	100	0.35	1015.2	0.181
C30	50		0.20	763.7	0.243
C31	50		0.20	444.6	0.142
W1	150	30	0.45	986.9	0.137
W3	30	135	0.41	1261.3	0.195
W5	30	140	0.42	734.6	0.109

Κατακόρυφο μέλος	Πλάτος b (cm)	Ύψος h (cm)	Εμβαδόν διατομής (cm <sup>2</sup> )	Αξονικό φορτίο N <sub>sd</sub> (kN)	Ανηγμένο αξονικό φορτίο v <sub>d</sub>
W7	30	125	0.38	983.5	0.164
W15	30	135	0.41	816.1	0.126
W16	160	30	0.48	1023.9	0.133
W23	35	165	0.58	1697.6	0.184
W25	30	140	0.42	1060.2	0.158
W26	30	140	0.42	924.1	0.138
W29	150	35	0.53	1772.9	0.211
W32	25	225	0.56	463.5	0.052
W33	200	25	0.50	509.2	0.064
W34	25	225	0.56	739.6	0.082

- Κριτήριο 4: Κανονικότητα κάτοψης

Παρ' όλο που το κτίριο έχει σχεδόν ορθογωνική κάτοψη, η παρουσία ορισμένων κενών στις πλάκες το κατατάσσουν στην κατηγορία, που ορίζει το κριτήριο, «Κτίρια με πολύπλοκο σχήμα κάτοψης ή κενά στις πλάκες», κι έτσι υπολογίζονται τα εμβαδά των τριών κενών που υπάρχουν ίσα με 1.0575 m<sup>2</sup>, 1.84 m<sup>2</sup> και 5.6225 m<sup>2</sup> και το κενό που αντιστοιχεί στον ανεκλυστήρα ίσο με 2.7 m<sup>2</sup>, με αποτέλεσμα το αθροιστικό εμβαδόν των κενών, ΣΑ<sub>κ</sub>, να ισούται με 11.22 m<sup>2</sup>. Επιπλέον, υπολογίζεται το συνολικό εμβαδόν της κάτοψης, A<sub>tot</sub>, ίσο με 427.58 m<sup>2</sup>. Για την τελική βαθμονόμηση του κριτηρίου υπολογίζεται η ποσότητα 0.25A<sub>tot</sub>, που είναι ίση με 106.89 m<sup>2</sup> και συγκρίνεται με την τιμή του ΣΑ<sub>κ</sub>. Έτσι, αφού το συνολικό εμβαδό των κενών είναι μικρότερο από το 25% του συνολικού εμβαδού της κάτοψης, το κριτήριο λαμβάνει τιμή, B<sub>4</sub>=5 (κανονικό σε κάτοψη).

- Κριτήριο 5: Κατανομή δυσκαμψίας σε κάτοψη – στρέψη

Για το συγκεκριμένο κριτήριο δημιουργήθηκε υπολογιστικό φύλλο Excel, όπου υπολογίζεται η δυσκαμψία του κτιρίου στη Χ και στην Υ διεύθυνση κι έπειτα υπολογίζονται οι εκκεντρότητες ανά διεύθυνση, e<sub>x</sub> και e<sub>y</sub>, τόσο του κέντρου μάζας όσο και του κέντρου δυσκαμψίας του φορέα κι έπειτα υπολογίζονται οι ανηγμένες τιμές τους, ε<sub>x</sub> και ε<sub>y</sub>. Στον Πίνακα 3-4 συνοψίζονται αυτά τα στοιχεία και τελικά συμπεραίνεται ότι για τη διεύθυνση Χ, όπου ισχύει e<sub>x</sub><0.05, ο βαθμός είναι ίσος με 5 ενώ για τη διεύθυνση Υ, όπου ισχύει e<sub>y</sub>>0.05, ο βαθμός είναι ίσος με 4 κι έτσι ως τελικός βαθμός του κριτηρίου λαμβάνεται ο δυσμενέστερος, δηλαδή B<sub>5</sub>=4.

Πίνακας 3-4: Σύνοψη στοιχείων κατανομής δυσκαμψίας σε κάτοψη

x <sub>CM</sub> (m)	y <sub>CM</sub> (m)	x <sub>CR</sub> (m)	y <sub>CR</sub> (m)
12.56	7.69	12.12	6.36
e <sub>x</sub> (m)	e <sub>y</sub> (m)	ε <sub>x</sub>	ε <sub>y</sub>
0.445	1.323	0.018	0.064

- Κριτήριο 6: Κανονικότητα σε τομή/όψη

Το συγκεκριμένο κριτήριο σχετίζεται με την πιθανή αλλαγή των διαστάσεων του φέροντος οργανισμού από όροφο σε όροφο, που συνιστά γεωμετρική μη κανονικότητα και ενδέχεται να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην αντισεισμική συμπεριφορά του κτιρίου. Στην περίπτωση του υπό

μελέτη κτιρίου, δεν υπάρχουν εσοχές καθ' ύψος του και τα εμβαδά όλων των ορόφων είναι ίσα μεταξύ τους κι έτσι ο βαθμός του κριτηρίου είναι ίσος με,  $B_6=5$ .

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

Στο κριτήριο αυτό υπολογίζονται οι ποσοστιαίες διαφορές δυσκαμψίας,  $\Delta K_{tot}$  (%), μεταξύ γειτονικών ορόφων ανά διεύθυνση και τα αποτελέσματα με τον έλεγχο για τον προσδιορισμό του βαθμού του κριτηρίου συνοψίζονται στον Πίνακα 3-5. Σημειώνεται ότι από τους υπολογισμούς εξαιρείται ο τελευταίος (ανώτερος) όροφος του κτιρίου. Τελικά, το κριτήριο λαμβάνει βαθμό ίσο με,  $B_{7,x}=3$  και  $B_{7,y}=3$ .

Πίνακας 3-5: Ποσοστιαίες διαφορές δυσκαμψίας μεταξύ γειτονικών ορόφων ανά διεύθυνση

Όροφος	$\Delta K_{tot,x}$ (%)	Έλεγχος	Βαθμονόμηση (διεύθυνση X)	$\Delta K_{tot,y}$ (%)	Έλεγχος	Βαθμονόμηση (διεύθυνση Y)
1	-	-	-	-	-	-
2	18.319	< 20%	Βαθμός 5	17.454	< 20%	Βαθμός 5
3	20.598	> 20%	Βαθμός 4	20.684	> 20%	Βαθμός 4
4	25.478	> 20%	Βαθμός 4	26.463	> 20%	Βαθμός 4
5	35.981	> 20%	Βαθμός 3	35.322	> 20%	Βαθμός 3

- Κριτήριο 8: Κατανομή μάζας καθ' ύψος

Γι' αυτό το κριτήριο υπολογίζεται η μάζα,  $M_{tot}$ , κάθε ορόφου του υπό μελέτη κτιρίου, καθώς ο συμβατικός αντισεισμικός σχεδιασμός βασίζεται στη θεώρηση πρακτικώς ομοιόμορφης καθ' ύψος κατανομής της μάζας και μια έντονα ανομοιόμορφη κατανομή της επηρεάζει δυσμενώς τη σεισμική συμπεριφορά του κτιρίου. Στη συνέχεια, υπολογίζονται οι ποσοστιαίες διαφορές μάζας,  $\Delta M_{tot}$ , μεταξύ γειτονικών ορόφων και τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 3-6. Η τελική βαθμονόμηση του κριτηρίου είναι,  $B_8=3$ .

Πίνακας 3-6: Μάζες ορόφων και ποσοστιαίες διαφορές μαζών μεταξύ γειτονικών ορόφων

Όροφος	Βάρος ορόφου (kN)	Μάζα ορόφου (tn)	$\Delta M_{tot}$ (%)	Έλεγχος	Βαθμονόμηση
1	5249.9	535.2	-	-	-
2	5153.5	525.3	1.84	< 20%	Βαθμός 5
3	5123.0	522.2	0.59	< 20%	Βαθμός 5
4	5108.1	520.7	0.29	< 20%	Βαθμός 5
5	5011.6	510.9	1.89	< 20%	Βαθμός 5
6	3391.7	345.7	32.32	> 20%	Βαθμός 3

- Κριτήριο 9: Κοντά υποστυλώματα

Στο συγκεκριμένο κριτήριο αποδίδεται για κάθε υποστύλωμα ένας βαθμός βι ανάλογα με το ανηγμένο του μήκος ( $l/h$ ) και η συμβολή στην τελική σεισμική επιβάρυνση της κατασκευής λαμβάνεται υπόψιν μέσω αντίστοιχων συντελεστών βαρύτητας. Επίσης, σε φορείς με τοιχώματα ο τελικός βαθμός προκύπτει σε συνάρτηση με το βαθμό τοιχωματοποίησης  $a_T$  (Πίνακας 3-7). Τελικά, μετά από κατάλληλους υπολογισμούς σε υπολογιστικό φύλλο Excel, το κριτήριο 9 λαμβάνει βαθμό,  $B_9=5$ .

Πίνακας 3-7: Βαθμός τοιχωματοποίησης  $\alpha_T$  και για τις δύο διευθύνσεις

$\alpha_{T,x}$	$\alpha_{T,y}$
0.876	0.848

- Κριτήριο 10: Κατακόρυφες ασυνέχειες

Στο κριτήριο αυτό ελέγχεται η ύπαρξη κατακόρυφων ασυνεχειών σε υποστυλώματα και τοιχώματα, όπως είναι οι εξής περιπτώσεις που διακρίνει το κριτήριο:

ΚΑ<sub>1</sub>: Ύπαρξη φυτευτών τοιχωμάτων ή υποστυλωμάτων σε πλάκες

ΚΑ<sub>2</sub>: Ύπαρξη φυτευτών τοιχωμάτων σε δοκούς, ανεξάρτητα εάν υπάρχει εκκεντρότητα του άξονα του φυτευτού τοιχώματος σε σχέση με τον άξονα της δοκού που το στηρίζει

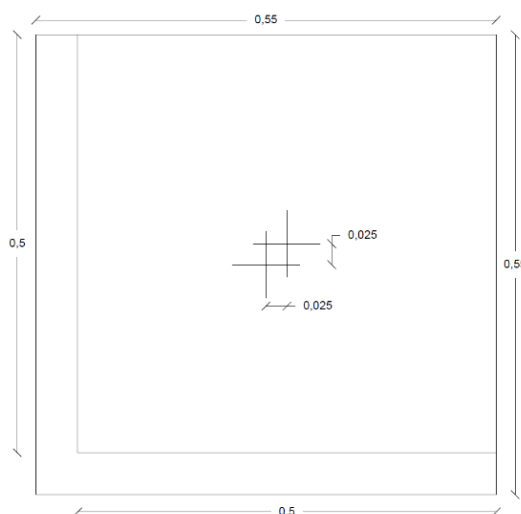
ΚΑ<sub>3</sub>: Ύπαρξη φυτευτών υποστυλωμάτων σε δοκούς, λαμβάνοντας υπόψη την εκκεντρότητα ( $e$ ) του άξονα του φυτευτού υποστυλώματος σε σχέση με τον άξονα της δοκού στήριξης.

ΚΑ<sub>4</sub>: Ύπαρξη φυτευτών υποστυλωμάτων σε δοκούς με άμεση ή έμμεση στήριξη

ΚΑ<sub>5</sub>: Ύπαρξη κεκλιμένων (λοξών) υποστυλωμάτων ή τοιχωμάτων

ΚΑ<sub>6</sub>: Ύπαρξη εκκεντρότητας ( $e_x$ ,  $e_y$ ) καθ' ύψος του άξονα των κατακόρυφων στοιχείων (υποστυλώματα, τοιχώματα)

Στο υπό μελέτη κτίριο παρατηρείται μόνο η ύπαρξη εκκεντρότητας (και στις δύο διευθύνσεις) καθ' ύψος του άξονα των κατακόρυφων στοιχείων (υποστυλώματα, τοιχώματα) (ΚΑ<sub>6</sub>). Η διάταξη της διατομής των υποστυλωμάτων είναι γωνιακή, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3-1.



Σχήμα 3-1: Γωνιακή διάταξη υποστυλωμάτων καθ' ύψος του κτιρίου (υποστώλιμα Κ2, πυλωτή - 1ος όροφος)

Για παράδειγμα, για το υποστώλιμα Κ2 ισχύει  $e_{x,y} = 0.025 \text{ m} < 0.05b_{x,y} = 0.05 \cdot 0.55 = 0.0275 \text{ m}$  και άρα ο βαθμός που του αντιστοιχεί είναι ο 5. Έπειτα από υπολογισμούς για όλα τα υποστυλώματα/τοιχώματα με ασυνέχειες καθ' ύψος του κτιρίου λαμβάνεται ως βαθμός επικινδυνότητας ο μικρότερος απ' όλους, δηλαδή  $B_{10}=4$ .

- Κριτήριο 11: Διαδρομή και μεταφορά δυνάμεων

Η τελική βαθμονόμηση του κριτηρίου 11 εξαρτάται από την τιμή του βαθμού τοιχωματοποίησης. Έτσι, επειδή το υπό μελέτη κτίριο παρουσιάζει τιμή του δείκτη τοιχωματοποίησης  $\alpha_T$  και για τις δύο διευθύνσεις μεγαλύτερο του 0.8 (Πίνακας 3-7), το κυρίαρχο κριτήριο στη διαδρομή και

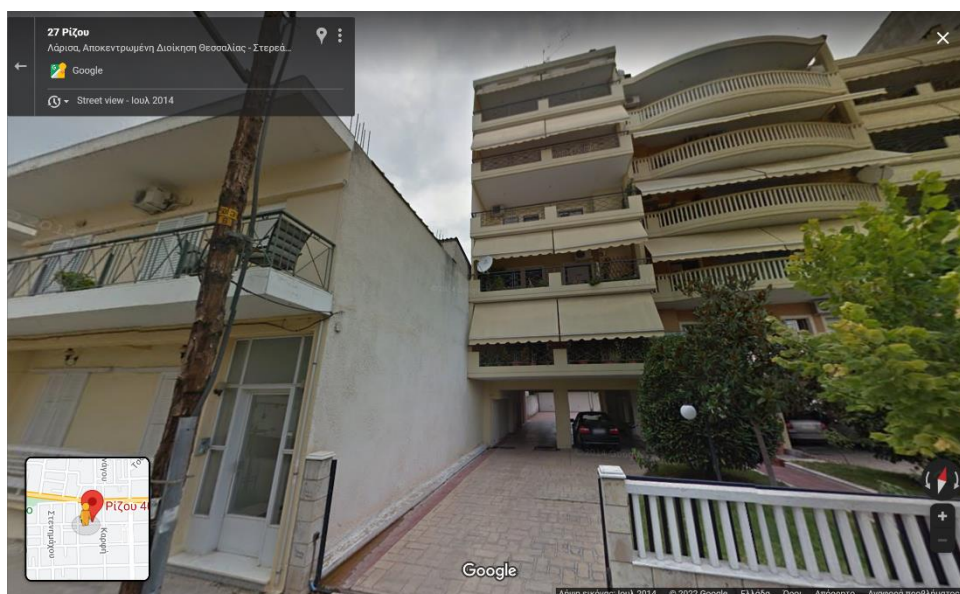
μεταφορά δυνάμεων είναι ο βαθμός σύνδεσης τοιχώματος με το διάφραγμα και ο τελικός βαθμός του κριτηρίου είναι,  $B_{11}=B_{11,0}=3$ .

- Κριτήριο 12: Γειτονικά κτίρια

Σε αυτό το κριτήριο ελέγχεται αν υπάρχει επαρκής αρμός, ανισοσταθμία πλακών γειτονικών κτιρίων ή μεγάλη διαφορά ύψους γειτονικών κτιρίων. Στο υπό μελέτη κτίριο υπάρχει επαρκής αρμός, ίσος με 0,10 m, στη διεύθυνση Χ. Υπάρχουν όμορα κτίρια στη διεύθυνση Χ χωρίς να εμφανίζεται σημαντικό πρόβλημα ανισοσταθμίας πλακών. Βέβαια, παρατηρείται μεγάλη διαφορά ύψους με τα όμορα κτίρια σε αυτή τη διεύθυνση καθώς υπάρχει διαφορά αριθμού ορόφων ίση ή μεγαλύτερη των 2 (ή διαφορά συνολικού ύψους κτιρίου ίση ή μεγαλύτερη του 50%). Πιο συγκεκριμένα, στα δεξιά του υπό μελέτη κτιρίου βρίσκεται κτίριο με 2 παραπάνω ορόφους (Σχήμα 3-2) ενώ στα αριστερά του βρίσκεται κτίριο που παρουσιάζει διαφορά τεσσάρων (4) ορόφων (ή διαφορά συνολικού ύψους κτιρίου μεγαλύτερη του 50%) με αυτό (Σχήμα 3-3).



Σχήμα 3-2: Διαφορά ύψους υπό μελέτη κτιρίου από όμορο κτίριο που βρίσκεται στα δεξιά (Google Maps – Street View)



Σχήμα 3-3: Διαφορά ύψους υπό μελέτη κτιρίου από όμορο κτίριο που βρίσκεται στα αριστερά (Google Maps – Street View)

Επιπλέον, στη διεύθυνση Y δεν υπάρχει πρόβλημα με όμορα κτίρια κι έτσι το κτίριο για το κριτήριο 12 έχει βαθμό,  $B_{12}=5$ .

- Κριτήριο 13: Κακοτεχνίες, τραυματισμοί

Σε αυτό το κριτήριο ελέγχεται η τήρηση των κανόνων της τέχνης και της επιστήμης, ο βαθμός τήρησης και εφαρμογής της μελέτης (εάν είναι διαθέσιμη), η κατάσταση του κτιρίου. Το υπό μελέτη κτίριο βρίσκεται σε καλή κατάσταση, έχουν τηρηθεί οι κανόνες της τέχνης και της επιστήμης στην κατασκευή του και έχει εφαρμοστεί η μελέτη όσον αφορά τη γεωμετρία και τα υλικά. Επομένως, ο βαθμός του κτιρίου για το κριτήριο 13 είναι,  $B_{13}=5$ .

Στον Πίνακα 3-8 συνοψίζονται τα αποτελέσματα που αφορούν τους βαθμούς επιβάρυνσης,  $\beta_i$ , κάθε κριτηρίου καθώς και τους συντελεστές βαρύτητας,  $\sigma_i$ .

Πίνακας 3-8: Συγκεντρωτικός πίνακας κριτηρίων σεισμικής επιβάρυνσης

Α/Α	Κριτήρια σεισμικής επιβάρυνσης	Βαθμός επιβάρυνσης $\beta_i$		Συντελεστές βαρύτητας $\sigma_i$
		Διεύθυνση X	Διεύθυνση Y	
1	Βλάβες στατικής ανεπάρκειας	5	5	0.10
2	Οξειδωση οπλισμών	5	5	0.10
3	Μέγεθος ανηγμένου αξονικού φορτίου	4	4	0.05
4	Κανονικότητα κάτοψης	5	5	0.05
5	Κατανομή δυσκαμψίας σε κάτοψη – στρέψη	5	4	0.10
6	Κανονικότητα σε τομή/όψη	5	5	0.05
7	Κατανομή δυσκαμψίας καθ' ύψος – μαλακός όροφος	3	3	0.15
8	Κατανομή μάζας καθ' ύψος	3	3	0.05
9	Κοντά υποστυλώματα	5	5	0.15
10	Κατακόρυφες ασυνέχειες	4	4	0.05
11	Διαδρομή και μεταφορά δυνάμεων	3	3	0.05
12	Γειτονικά κτίρια	5	5	0.05
13	Κακοτεχνίες, τραυματισμοί	5	5	0.05

Στη συνέχεια, ο μειωτικός συντελεστής ( $\beta$ ) επιρροής των κριτηρίων (1) έως (13) στην τέμνουσα αντοχής στη βάση του κτιρίου, που λαμβάνει υπόψιν του το συντελεστή βαρύτητας κάθε κριτηρίου ( $\sigma_i$ ) και το βαθμό που έλαβε κάθε κριτήριο στο υπό εξέταση κτίριο ( $\beta_i$ ), υπολογίζεται από την Εξ. (3-1),

$$\beta = \sum \frac{\sigma_i \beta_i}{5} \quad (3-1)$$

Όπου, για τη διεύθυνση X ο μειωτικός συντελεστής προκύπτει ίσος με  $\beta_x = 0.88$  ενώ για τη διεύθυνση Y είναι ίσος με  $\beta_y = 0.88$ .

Με χρήση υπολογιστικού φύλλου στο Excel, γίνεται υπολογισμός των τεμνουσών αντοχής,  $V_{Ri}$ , των κατακόρυφων μελών, σύμφωνα με τις Εξ. (1-3) – (1-12), ως η μικρότερη τιμή μεταξύ της διατμητικής αντοχής  $V_{Rd}$  του μέλους και της τέμνουσας  $V_M$  στη φάση καμπτικής αστοχίας του και τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 3-9.

Πίνακας 3-9: Τέμνουσες αντοχής κατακόρυφων μελών

Κατακόρυφο μέλος	$V_{Ri,x}$ (kN)	$V_{Ri,y}$ (kN)	Κατακόρυφο μέλος	$V_{Ri,x}$ (kN)	$V_{Ri,y}$ (kN)
C2	384.51	325.36	C27	614.40	614.40
C4	358.40	221.87	C28	294.00	1057.78
C6	182.93	517.69	C30	409.84	409.84
C8	309.33	540.00	C31	356.18	356.18
C9	396.36	213.42	W1	1723.69	1148.50
C10	182.93	517.69	W3	1087.32	1580.55
C11	117.60	313.60	W5	939.25	1386.53
C12	162.00	162.00	W7	873.91	1267.62
C13	182.93	517.69	W15	920.38	1353.03
C14	1152.04	300.53	W16	2200.76	1537.30
C17	182.93	517.69	W23	1940.96	2817.27
C18	170.10	170.10	W25	1068.16	1579.11
C19	162.00	162.00	W26	1014.28	1502.65
C20	182.93	517.69	W29	2452.77	1731.28
C21	182.93	517.69	W32	1576.34	2574.71
C22	563.33	390.00	W33	2181.50	1386.92
C24	295.82	750.93	W34	1783.37	2907.20

Έπειτα, σύμφωνα με τον Πίνακα 1-5, επιλέγονται οι τιμές  $a_1=0.7$  και  $a_2=0.9$  ενώ μέσω της Εξ. (1-4), υπολογίζονται οι τιμές της τέμνουσας αντοχής  $V_{R0}$ , ίσες με  $V_{R0,x} = 22576.88$  kN και  $V_{R0,y} = 26861.32$  kN για τις διευθύνσεις X και Y, αντίστοιχα.

Τελικά, η συνολική σεισμική αντίσταση του κτιρίου, για τις δύο διευθύνσεις του, υπολογίζεται σύμφωνα με την Εξίσωση 1-3, λαμβάνοντας υπόψιν την αρνητική επιρροή των 13 κριτηρίων στη σεισμική συμπεριφορά του κτιρίου και είναι ίση με:  $V_{R,x} = 19867.65$  kN και  $V_{R,y} = 23637.96$  kN.

Για τον υπολογισμό της σεισμικής απαίτησης,  $V_{req}$ , στις δύο διευθύνσεις της κατασκευής, χρησιμοποιήθηκε το φάσμα σχεδιασμού του ΕΚ8. Η σεισμική απαίτηση (Εξ. (1-2)), που είναι η τέμνουσα βάσης σχεδιασμού του κτιρίου, υπολογίζεται για την «εμπειρική» ιδιοπερίοδο της κατασκευής (Εξ. (3-2)) που είναι ίση με  $T=0.49$ sec και για συντελεστή συμπεριφοράς  $q$  ο οποίος λαμβάνεται από τις διατάξεις του ΚΑΝ.ΕΠΕ., βάσει του έτους κατασκευής του υπό μελέτη κτιρίου και της απουσίας τοιχοπληρώσεων σε επίπεδο ανάλυσης (Πίνακας Σ4.4 ΚΑΝ.ΕΠΕ.) [3].

$$T = C_t H^{\frac{3}{4}} \quad (3-2)$$

Όπου,

$C_t$ : ισούται με 0.05 (ύψος κτιρίου  $H = 21$ m < 40m)

$H$ : το ύψος του κτιρίου από τη θεμελίωση

Έτσι, η τιμή της σεισμικής απαίτησης του κτιρίου προκύπτει ίδια και για τις δύο διευθύνσεις και ίση με,  $V_{req,x} = V_{req,y} = 6678.74$  kN.

Τελικά, ο προσδιορισμός του «Δείκτη Προτεραιότητας Ελέγχου  $\lambda$ » γίνεται με χρήση των Εξισώσεων (1-15)-(1-16), όπου για τη διεύθυνση X λαμβάνει τιμή,  $\lambda_x = 0.322$ , ενώ για τη διεύθυνση Y,  $\lambda_y = 0.293$ . Ο «Τελικός Δείκτης  $\lambda$ » υπολογίζεται από την Εξ. (1-17) και έχει τιμή ίση με 32.2. Πρέπει να σημειωθεί ότι, όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή των  $\lambda_x$  και  $\lambda_y$  τόσο μεγαλύτερη είναι η σεισμική απαίτηση από τη σεισμική

αντίσταση του κτιρίου κι έτσι όσο πιο μεγάλος είναι ο τελικός δείκτης  $\lambda$  τόσο πιο αναγκαίος είναι ο Τριτοβάθμιος Έλεγχος. Μάλιστα, αν η τιμή του τελικού  $\lambda$  ξεπεράσει το 100, σημαίνει πως η σεισμική απαίτηση είναι μεγαλύτερη από τη σεισμική αντίσταση.

### 3.2.2 Μέθοδος Ταχείας Αποτίμησης Ε. Βουγιούκα

Για την εφαρμογή της μεθόδου ταχείας αποτίμησης της σεισμικής ικανότητας κτιρίου, που αναπτύχθηκε από τον Ε. Βουγιούκα, και βασίζεται στις διατάξεις του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.), χρησιμοποιήθηκε υπολογιστικό φύλλο στο Excel. Πιο συγκεκριμένα, σε αυτό εισήχθησαν δεδομένα για τα κατακόρυφα μέλη του υπό μελέτη κτιρίου, όπως τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους, οι αντοχές σκυροδέματος και χάλυβα οπλισμού και έγινε χρήση των Εξισώσεων που παρουσιάστηκαν στο υποκεφάλαιο 1.3.2. Παρατηρήθηκε ότι, ως κρίσιμο υλικό προέκυψε το σκυρόδεμα, γεγονός που σημαίνει ότι η αστοχία της θλιβόμενης ζώνης του σκυροδέματος προηγείται της διαρροής του εφελκόμενου οπλισμού. Επίσης, διαπιστώθηκε ότι η αστοχία σχεδόν όλων των κατακόρυφων μελών είναι πλάσטיμη ενώ εμφανίστηκε ψαθυρή αστοχία σε δύο από τα τρία τοιχία που συνθέτουν τον πυρήνα της κατασκευής. Στον Πίνακα 3-10 και στον Πίνακα 3-11 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ροπής διαρροής, της διατμητικής αντοχής, της τέμνουσας δύναμης κατά την καμπτική διαρροή και της συνολικής σεισμικής αντίστασης σε κάθε διεύθυνση.

Πίνακας 3-10: Τέμνουσες αντοχής κατακόρυφων μελών και συνολική σεισμική αντίσταση κατά Χ

Μέλος	$M_y$ (kNm)	$V_R$ (kN)	$V_{Mu}$ (kN)	$\min V_R$ (kN)
C2	411.34	521.03	342.78	342.78
C4	374.05	491.81	311.70	311.70
C6	232.34	288.09	193.62	193.62
C8	323.24	373.76	269.36	269.36
C9	450.06	544.20	375.05	375.05
C10	232.06	284.30	193.38	193.38
C11	176.54	221.55	147.11	147.11
C12	206.95	244.59	172.46	172.46
C13	231.79	278.81	193.16	193.16
C14	1224.47	1340.50	1020.39	1020.39
C17	232.14	285.46	193.45	193.45
C18	209.16	259.69	174.30	174.30
C19	207.92	252.62	173.27	173.27
C20	231.99	283.21	193.33	193.33
C21	231.77	278.16	193.14	193.14
C22	538.95	668.78	449.13	449.13
C24	332.90	422.18	277.42	277.42
C27	556.02	712.50	463.35	463.35
C28	315.02	386.49	262.52	262.52
C30	227.65	269.05	189.71	189.71
C31	223.51	264.16	186.26	186.26
W1	1285.28	1215.29	1071.07	1071.07
W3	273.67	337.76	228.06	228.06
W5	278.81	319.83	232.34	232.34
W7	255.58	308.59	212.99	212.99
W15	269.76	315.05	224.80	224.80
W16	1512.38	1453.53	1260.32	1260.32
W23	459.11	446.05	382.59	382.59



W25	280.62	335.02	233.85	233.85
W26	279.72	329.25	233.10	233.10
W29	1551.23	1571.61	1292.69	1292.69
W32	285.76	283.60	238.14	238.14
W33	1817.69	1500.92	1514.74	1500.92
W34	286.39	280.18	238.66	238.66
Σεισμική αντίσταση στη διεύθυνση X, $V_{R,x}$ (kN)				13324.41

Πίνακας 3-11: Τέμνουσες αντοχής κατακόρυφων μελών και συνολική σεισμική αντίσταση κατά Y

Μέλος	$M_y$ (kNm)	$V_R$ (kN)	$V_{Mu}$ (kN)	$\min V_R$ (kN)
C2	393.75	521.03	328.12	328.12
C4	248.24	321.29	206.86	206.86
C6	561.16	678.78	467.63	467.63
C8	635.74	707.94	529.78	529.78
C9	214.45	262.34	178.71	178.71
C10	561.32	670.11	467.77	467.77
C11	306.01	395.46	255.01	255.01
C12	206.95	244.59	172.46	172.46
C13	561.93	657.32	468.27	468.27
C14	358.14	421.47	298.45	298.45
C17	561.25	672.76	467.71	467.71
C18	209.16	259.69	174.30	174.30
C19	207.92	252.62	173.27	173.27
C20	561.40	667.61	467.84	467.84
C21	562.04	655.62	468.37	468.37
C22	419.35	511.18	349.46	349.46
C24	696.73	848.04	580.61	580.61
C27	556.02	712.50	463.35	463.35
C28	953.75	1099.90	794.79	794.79
C30	227.65	269.05	189.71	189.71
C31	223.51	264.16	186.26	186.26
W1	295.14	346.44	245.95	245.95
W3	1076.51	1083.41	897.10	897.10
W5	1103.53	1049.40	919.61	919.61
W7	901.89	911.36	751.58	751.58
W15	1032.12	1000.91	860.10	860.10
W16	338.45	371.89	282.04	282.04
W23	1833.91	1755.27	1528.25	1528.25
W25	1132.44	1109.54	943.70	943.70
W26	1120.67	1086.49	933.89	933.89
W29	430.90	436.36	359.08	359.08
W32	2050.54	1694.80	1708.78	1694.80
W33	261.58	277.75	217.98	217.98
W34	2123.47	1755.67	1769.56	1755.67
Σεισμική αντίσταση στη διεύθυνση Y, $V_{R,y}$ (kN)				19078.46

### 3.3 Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)

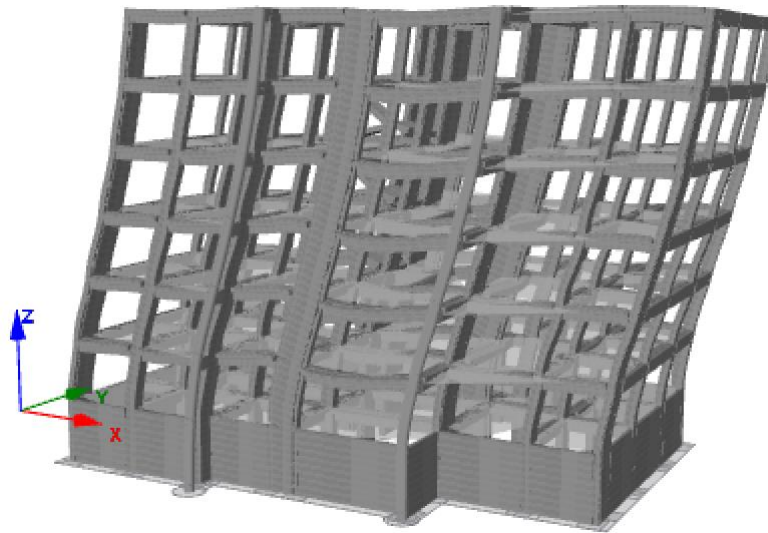
Την εφαρμογή των δευτεροβάθμιων μεθόδων ακολουθεί ο αναλυτικότερος τριτοβάθμιος έλεγχος της κατασκευής, κατά τον οποίο γίνεται λεπτομερής αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας και συμπεριφοράς του, σύμφωνα με τις διατάξεις του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.). Ειδικότερα, εκτελείται ανελαστική στατική ανάλυση, με χρήση του λογισμικού SeismoBuild [22], μέσω της οποίας παράγεται η καμπύλη ικανότητας της κατασκευής για δύο είδη κατανομής των σεισμικών φορτίων, την ομοιόμορφη και την ιδιομορφική κατανομή και για τις δύο διευθύνσεις φόρτισης, Χ και Υ. Προκειμένου να διενεργηθεί η ανάλυση αυτή καθορίστηκαν πρώτα οι Προδιαγραφές του Κανονισμού, δηλαδή ορίστηκε το φάσμα του Κανονισμού για τα δεδομένα του υπό μελέτη κτιρίου, επιλέχθηκαν δύο στάθμες επιτελεσματικότητας, (α) η «Σημαντικές Βλάβες» με πιθανότητα υπέρβασης του σεισμικού φαινομένου 50% στα 50 χρόνια (Β2) και (β) η «Οιονεί Κατάρρευση» με πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 χρόνια (Γ1) και καθορίστηκε «Υψηλή» Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων, δεδομένου ότι χρησιμοποιήθηκαν τα αρχικά σχέδια μελέτης της κατασκευής χωρίς να έχουν υποστεί τροποποιήσεις. Επιπλέον, στα στατικά φορτία ορίστηκε συντελεστής μόνιμων φορτίων ίσος με 1.00 και κινητών φορτίων ίσος με 0.30 και η τοιχοποιία λήφθηκε υπόψιν μόνο ως προς το βάρος της. Για την τελική αποτίμηση της κατασκευής επιλέχθηκε να γίνει σε όλα τα μέλη της έλεγχος στρωφών χορδής μελών και έλεγχος διατμητικών δυνάμεων.

#### 3.3.1 Ιδιομορφική Ανάλυση

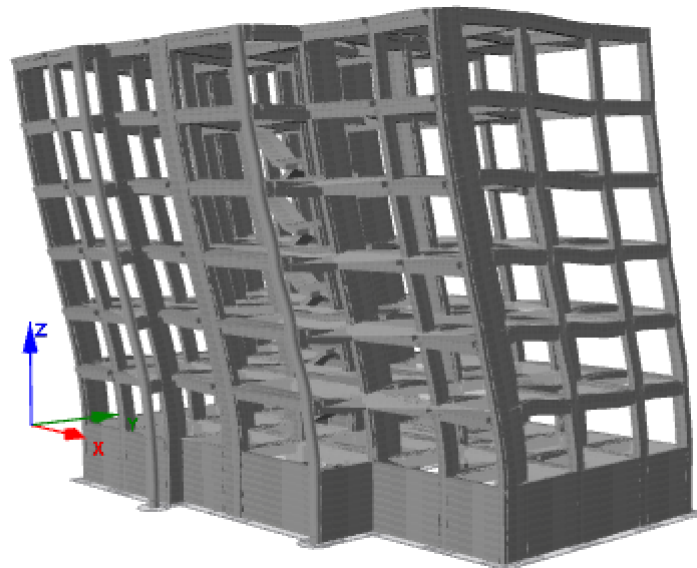
Για την εκτέλεση της ανελαστικής στατικής ανάλυσης της κατασκευής πρέπει πρώτα να γίνει η ιδιομορφική της ανάλυση, από την οποία παράγονται οι ιδιομορφές και ιδιοπερίοδοι της καθώς και τα ποσοστά των ενεργών ιδιομορφικών μαζών, τα οποία προκύπτουν από την ενεργοποίηση ενός ποσοστού της συνολικής μάζας της κατασκευής λόγω της κίνησης κάθε ιδιομορφής για μια δεδομένη διεύθυνση του σεισμού. Πιο συγκεκριμένα, οι τιμές των τριών πρώτων ιδιοπεριόδων παρουσιάζονται στον Πίνακα 3-12 μαζί με τα αντίστοιχα ποσοστά των ενεργών ιδιομορφικών μαζών (%) ενώ στο Σχήμα 3-4, Σχήμα 3-5 και Σχήμα 3-6 παρουσιάζεται ο παραμορφωμένος φορέας των τριών πρώτων ιδιομορφών της κατασκευής. Πρέπει να σημειωθεί πως η πρώτη ιδιομορφή είναι κυρίως μεταφορική κατά τη διεύθυνση Χ, η δεύτερη κυρίως μεταφορική κατά τη διεύθυνση Υ ενώ η τρίτη είναι στρωφική γύρω από τον άξονα Ζ.

Πίνακας 3-12: Αποτελέσματα ιδιομορφικής ανάλυσης

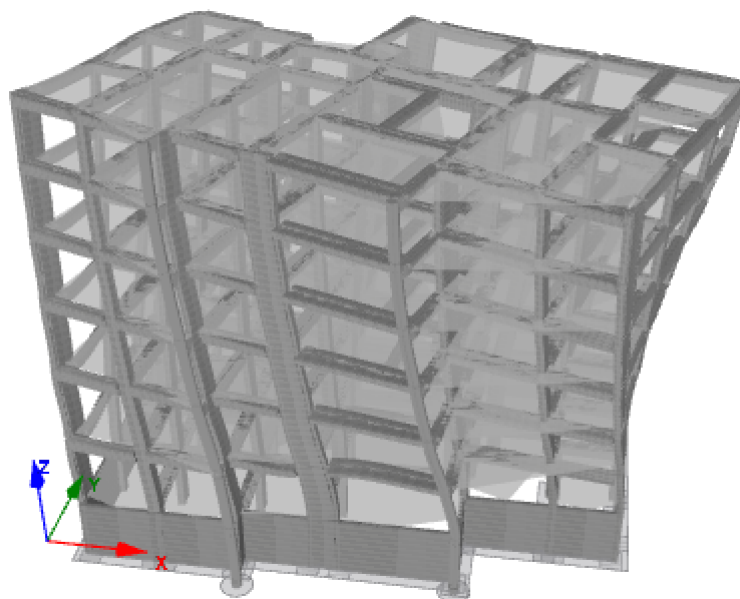
Ιδιομορφή	Ιδιοπερίοδος T (sec)	Ποσοστά Ενεργών Ιδιομορφικών Μαζών (%)		
		U <sub>x</sub>	U <sub>y</sub>	R <sub>z</sub>
1 <sup>η</sup>	0.472	68.95	0.173	0.234
2 <sup>η</sup>	0.398	0.182	67.96	0.295
3 <sup>η</sup>	0.340	0.071	0.203	72.68



Σχήμα 3-4: Παραμορφωμένος φορέας 1<sup>ης</sup> ιδιομορφής (θεμελιώδης) (μεταφορική κατά Χ)



Σχήμα 3-5: Παραμορφωμένος φορέας 2<sup>ης</sup> ιδιομορφής (μεταφορική κατά Υ)



Σχήμα 3-6: Παραμορφωμένος φορέας 3<sup>ης</sup> ιδιομορφής (στροφική περί Z)

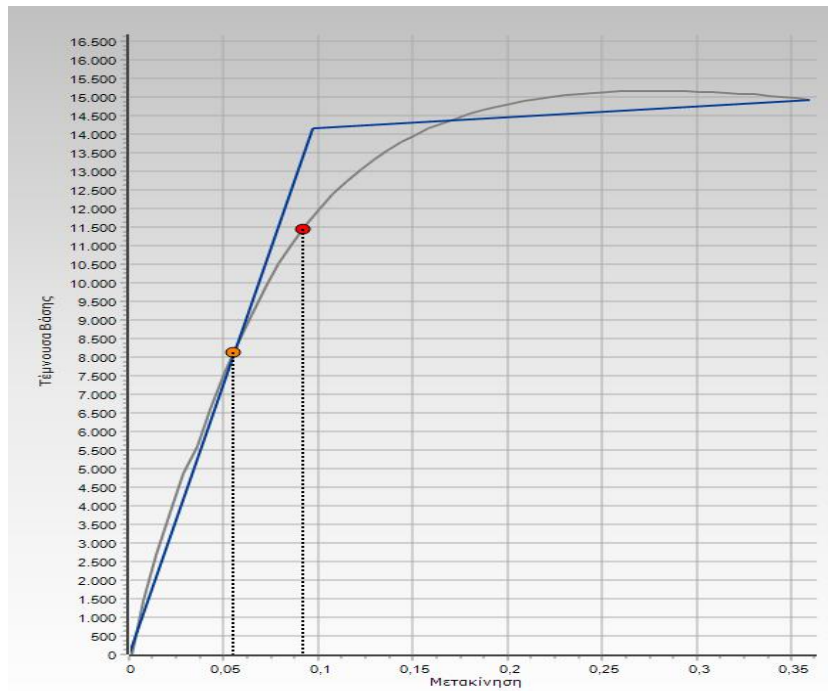
### 3.3.2 Ανελαστική Στατική Ανάλυση

Για την πραγματοποίηση της ανελαστικής στατικής ανάλυσης εισήχθησαν πρώτα στο πρόγραμμα τα δεδομένα που περιγράφηκαν στην αρχή του Κεφαλαίου 3, και ορίστηκε τιμή της εδαφικής επιτάχυνσης ίση με 0.24g, που αντιστοιχεί στην περιοχή της Λάρισας όπου βρίσκεται το υπό μελέτη κτίριο. Επιπλέον, η ανάλυση pushover εκτελέστηκε για 8 διαφορετικούς συνδυασμούς φόρτισης τόσο για τη X όσο και για την Y διεύθυνση, δηλαδή συνολικά για 16 συνδυασμούς. Πιο συγκεκριμένα, αυτοί προκύπτουν από ομοιόμορφη και ιδιομορφική κατανομή των σεισμικών δράσεων, μονοαξονική σεισμική δράση (θετική και αρνητική διεύθυνση) και μονή τυχηματική εκκεντρότητα και συνοψίζονται στον Πίνακα.

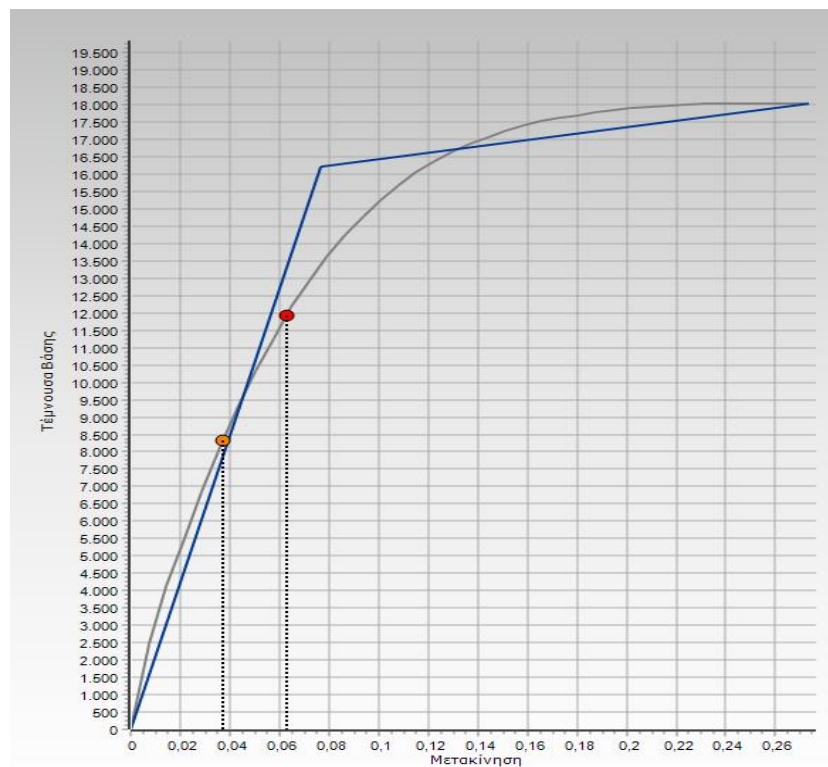
Πίνακας 3-13: Τύποι ανάλυσης pushover

Διεύθυνση X	Διεύθυνση Y
Ομοιόμορφη +X+eccY	Ομοιόμορφη +Y+eccX
Ομοιόμορφη +X-eccY	Ομοιόμορφη +Y-eccX
Ομοιόμορφη -X+eccY	Ομοιόμορφη -Y+eccX
Ομοιόμορφη -X-eccY	Ομοιόμορφη -Y-eccX
Ιδιομορφική +X+eccY	Ιδιομορφική +Y+eccX
Ιδιομορφική +X-eccY	Ιδιομορφική +Y-eccX
Ιδιομορφική -X+eccY	Ιδιομορφική -Y+eccX
Ιδιομορφική -X-eccY	Ιδιομορφική -Y-eccX

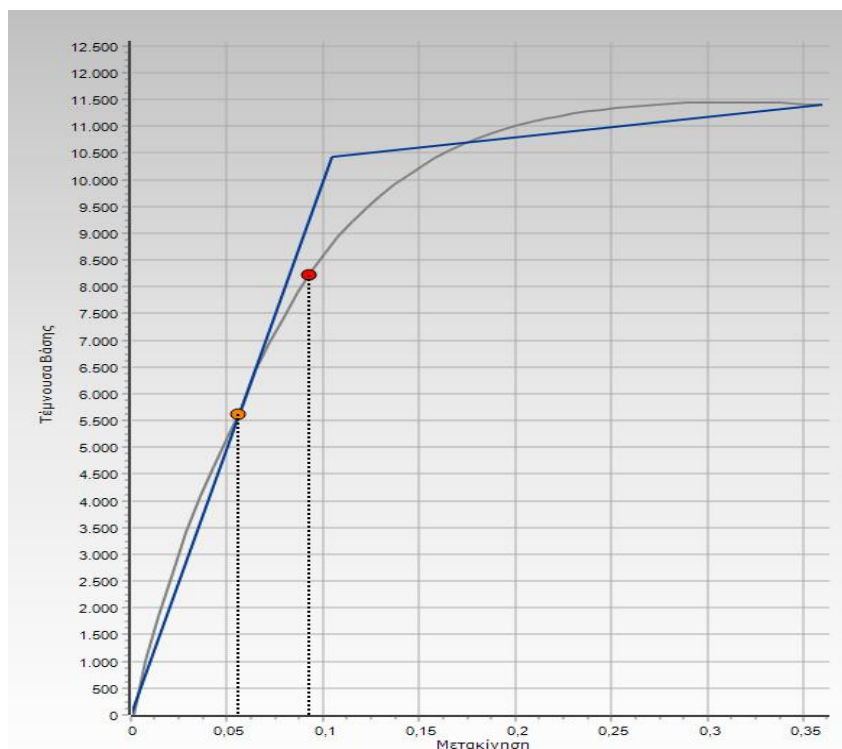
Η ανάλυση pushover παράγει την καμπύλη ικανότητας της κατασκευής, σε όρους τέμνουσας βάσης – μετακίνησης και στο Σχήμα 3-7, Σχήμα 3-8, Σχήμα 3-9 και Σχήμα 3-10 φαίνονται ενδεικτικά δύο καμπύλες για τη X και δύο για την Y διεύθυνση (για ομοιόμορφη και ιδιομορφική κατανομή των σεισμικών δυνάμεων με μονή τυχηματική εκκεντρότητα).



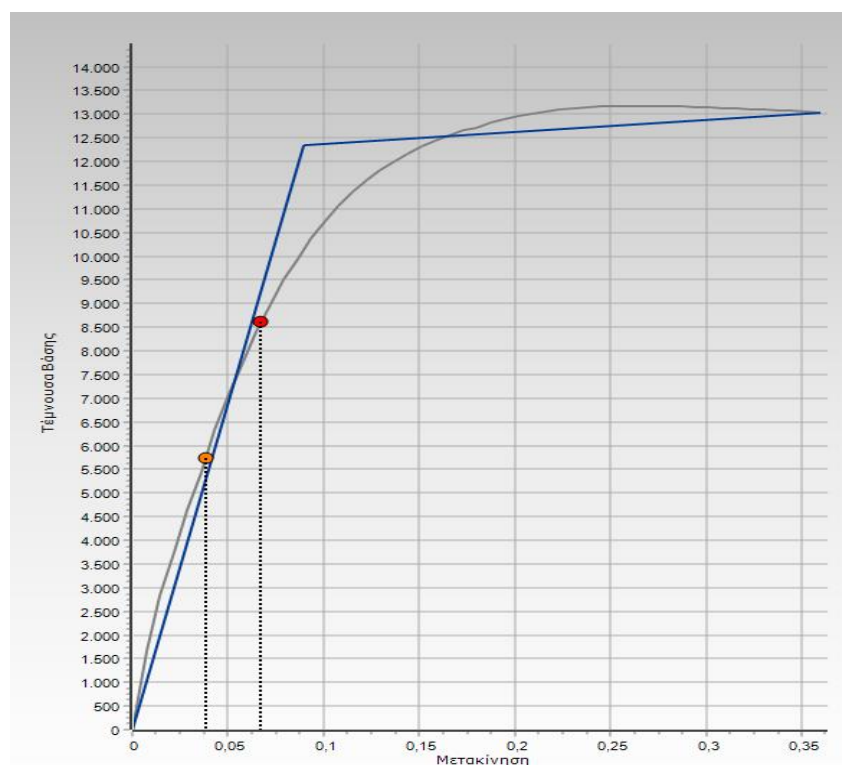
Σχήμα 3-7: Καμπύλη ικανότητας κατασκευής για το συνδυασμό φόρτισης +X +eccY (ομοιόμορφη κατανομή)



Σχήμα 3-8: Καμπύλη ικανότητας κατασκευής για το συνδυασμό φόρτισης +Y +eccX (ομοιόμορφη κατανομή)



Σχήμα 3-9: Καμπύλη ικανότητας για το συνδυασμό φόρτισης +X +eccY (ιδιομορφική κατανομή)



Σχήμα 3-10: Καμπύλη ικανότητας κατασκευής για το συνδυασμό φόρτισης +Y +eccX (ιδιομορφική κατανομή)

Πρέπει να σημειωθεί ότι, πάνω στις καμπύλες ικανότητας απεικονίζονται με ένα πορτοκαλί και ένα κόκκινο σημείο οι τιμές των στοχευόμενων μετακινήσεων που αντιστοιχούν στη στάθμη B2 και τη στάθμη Γ1, αντίστοιχα. Οι τιμές των στοχευόμενων μετακινήσεων, που αντιστοιχούν στην ιδιομορφική

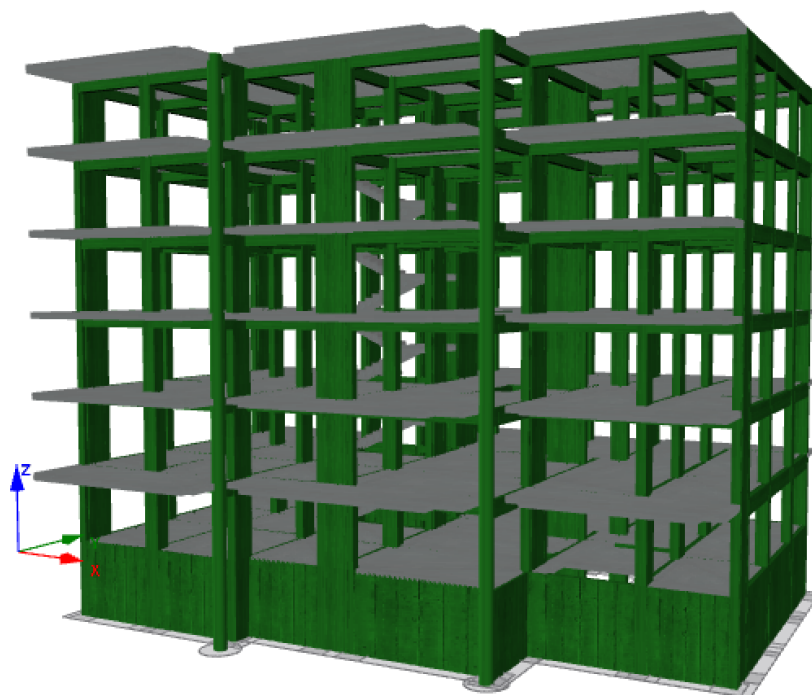
κατανομή, που είναι αυτή που θα χρησιμοποιηθεί και στη συνέχεια για την εξαγωγή άλλων αποτελεσμάτων, συνοψίζονται στον Πίνακα 3-14.

Πίνακας 3-14: Τιμές στοχευόμενων μετακινήσεων για τις στάθμες επιτελεστικότητας Β και Γ

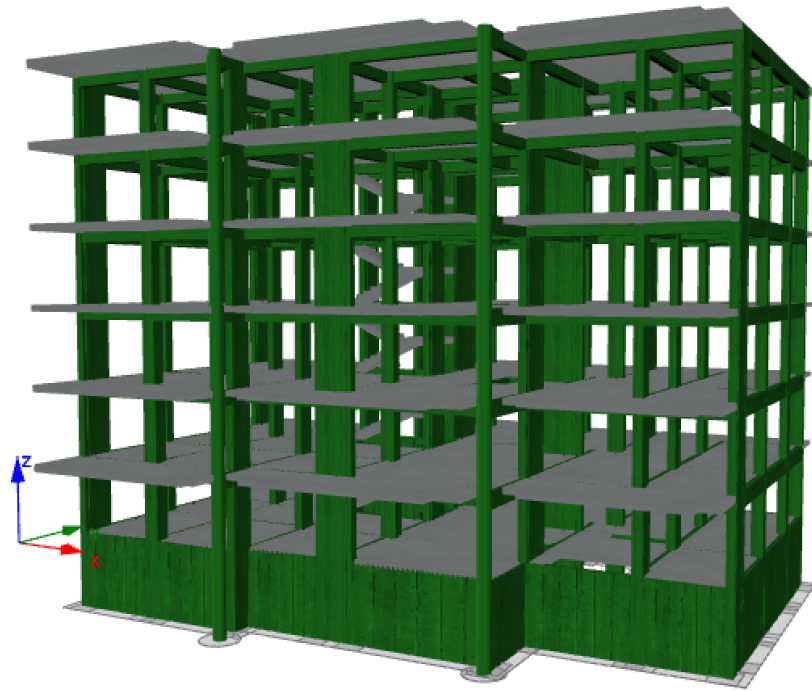
Διεύθυνση	Στάθμη επιτελεστικότητας	Στοχευόμενη μετακίνηση (m)
Χ	Σημαντικές Βλάβες (Β)	0.05570468
	Οιονεί Κατάρρευση (Γ)	0.09284114
Υ	Σημαντικές Βλάβες (Β)	0.03832891
	Οιονεί Κατάρρευση (Γ)	0.06725722

### 3.3.3 Έλεγχοι μελών

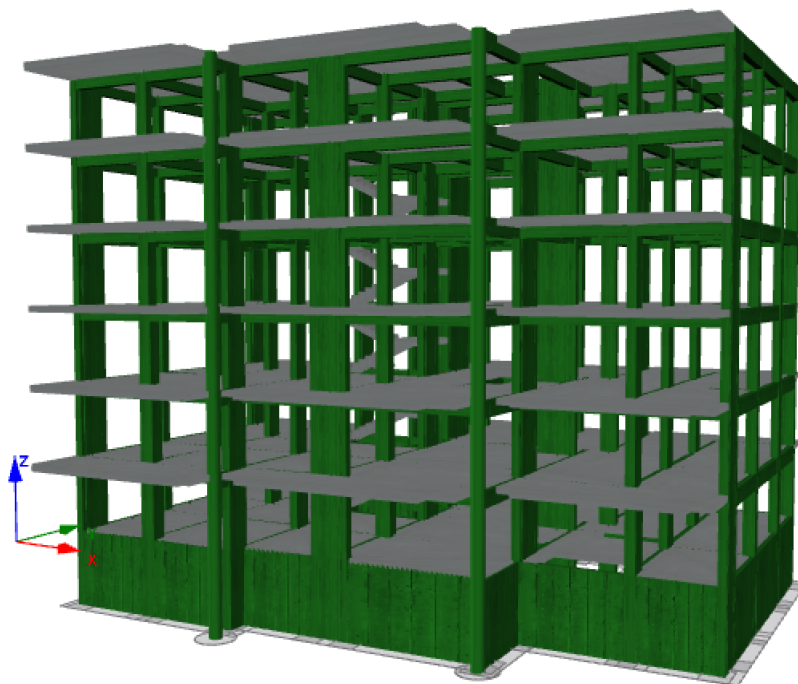
Στη συνέχεια, αφού παράχθηκαν οι καμπύλες ικανότητας της κατασκευής για τις δύο διευθύνσεις, Χ και Υ, διενεργούνται οι έλεγχοι στροφών χορδής και οι έλεγχοι διατμητικών δυνάμεων των οριζόντιων και κατακόρυφων μελών του φορέα, για τις δύο στάθμες επιτελεστικότητας που ορίστηκαν, δηλαδή τις «Σημαντικές Βλάβες» (Β2) και την «Οιονεί Κατάρρευση» (Γ1), για κάθε διεύθυνση. Τα αποτελέσματα των ελέγχων παρουσιάζονται στον τρισδιάστατο φορέα με χρωματική διαβάθμιση, όπου με πορτοκαλί, κόκκινο και σκούρο κόκκινο χρωματίζονται τα μέλη που δεν επαρκούν (ανάλογα με το λόγο επιτελεστικότητάς τους), όπως φαίνεται στο Σχήμα 3-11, Σχήμα 3-12, Σχήμα 3-13 και Σχήμα 3-14 για τους ελέγχους στροφών χορδής και στο Σχήμα 3-15, Σχήμα 3-16, Σχήμα 3-17 και Σχήμα 3-18 για τους ελέγχους διατμητικών δυνάμεων.



Σχήμα 3-11: Έλεγχος στροφών χορδής κατά Χ, για στάθμη επιτελεστικότητας Β2 (καμία αστοχία)

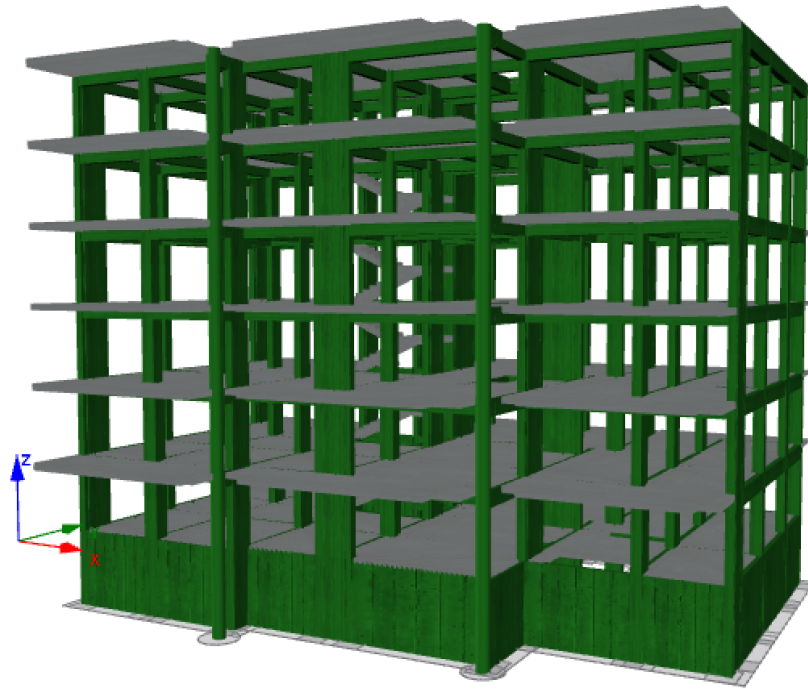


Σχήμα 3-12: Έλεγχος στρεφών χορδής κατά X, για στάθμη επιτελεστικότητας Γ1 (καμία αστοχία)

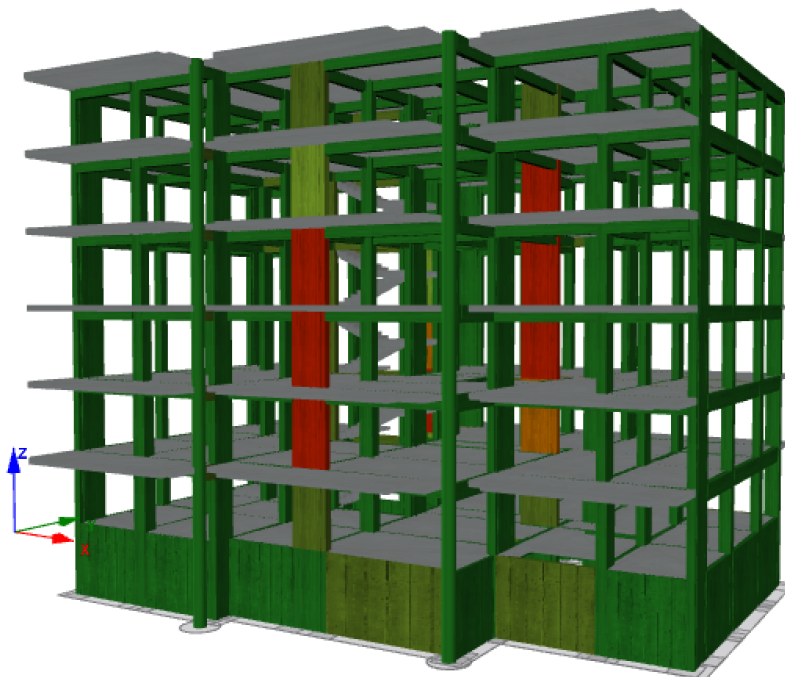


Σχήμα 3-13: Έλεγχος στρεφών χορδής κατά Y, για στάθμη επιτελεστικότητας Β2 (καμία αστοχία)

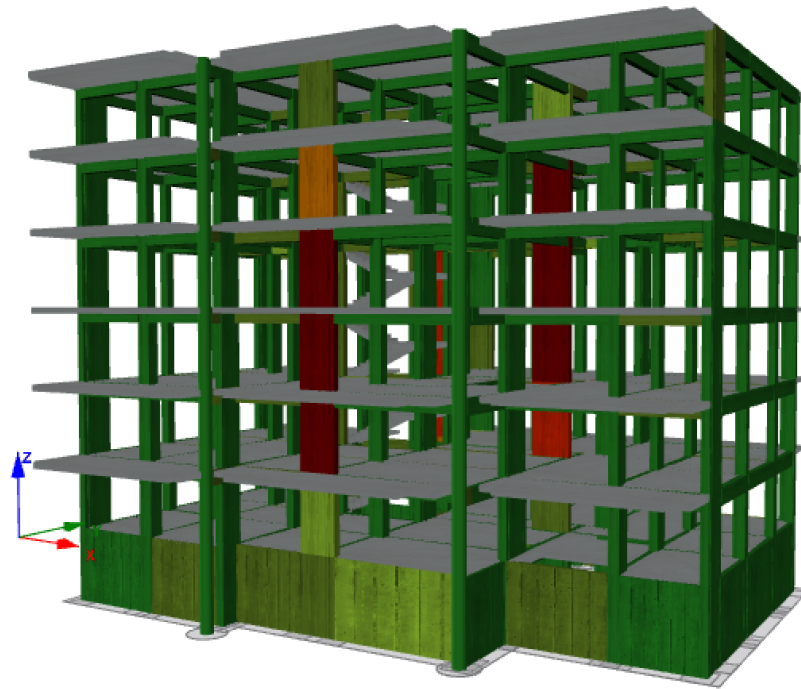




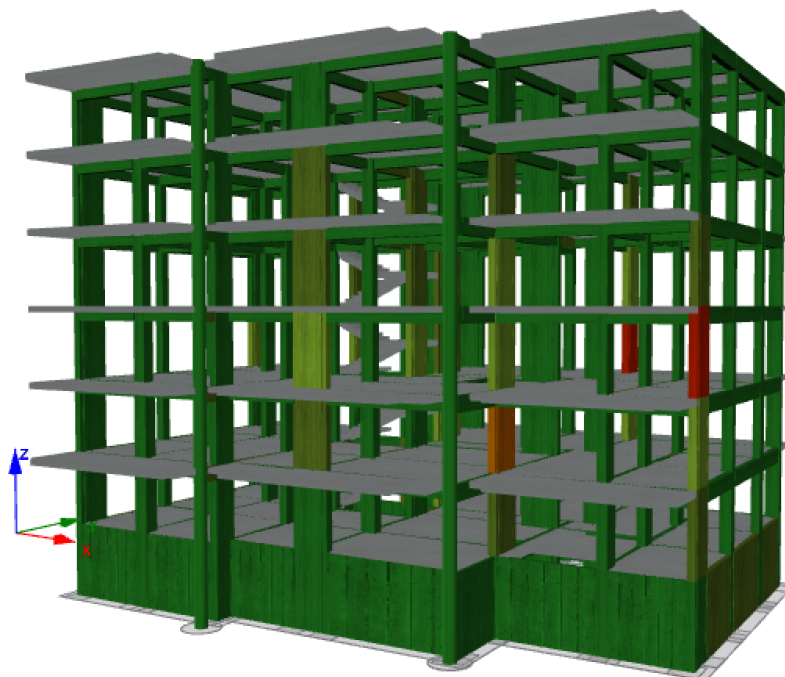
Σχήμα 3-14: Έλεγχος στρεφών χορδής κατά Y, για στάθμη επιτελεστικότητας Γ1 (καμία αστοχία)



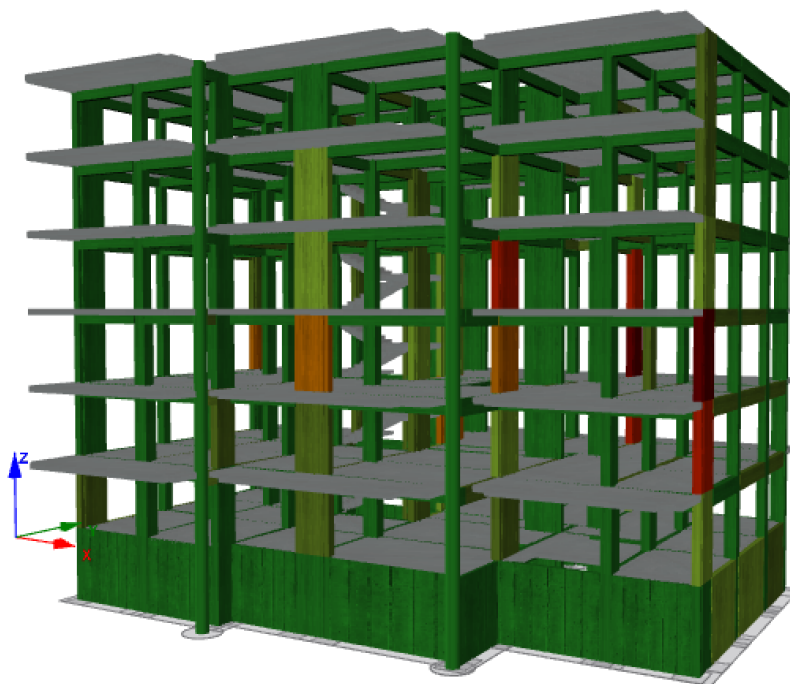
Σχήμα 3-15: Έλεγχος διατμητικών δυνάμεων κατά X, για στάθμη επιτελεστικότητας B2



Σχήμα 3-16: Έλεγχος διατμητικών δυνάμεων κατά X, για στάθμη επιτελεστικότητας Γ1



Σχήμα 3-17: Έλεγχος διατμητικών δυνάμεων κατά Y, για στάθμη επιτελεστικότητας Β2

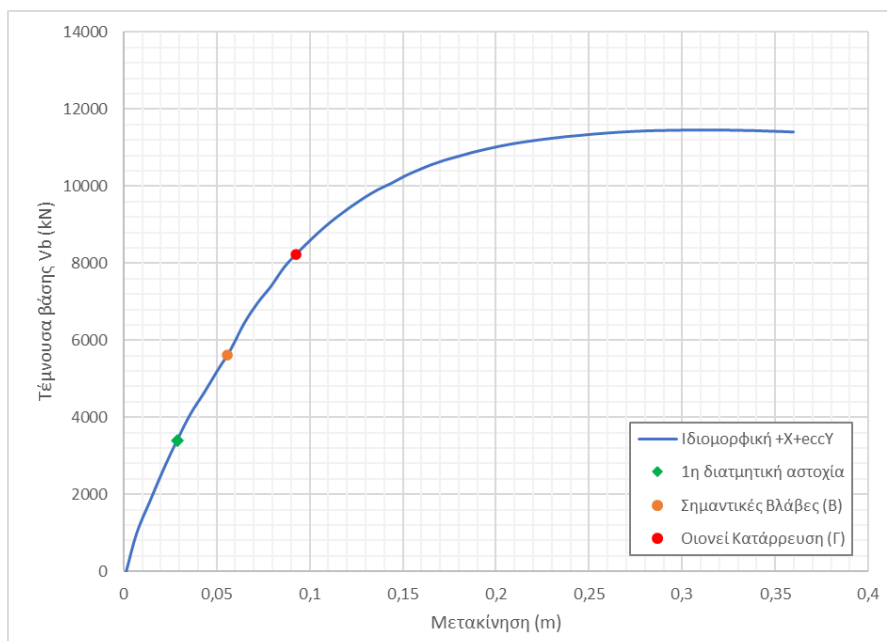


Σχήμα 3-18: Έλεγχος διατμητικών δυνάμεων κατά Y, για στάθμη επιτελεστικότητας Γ1

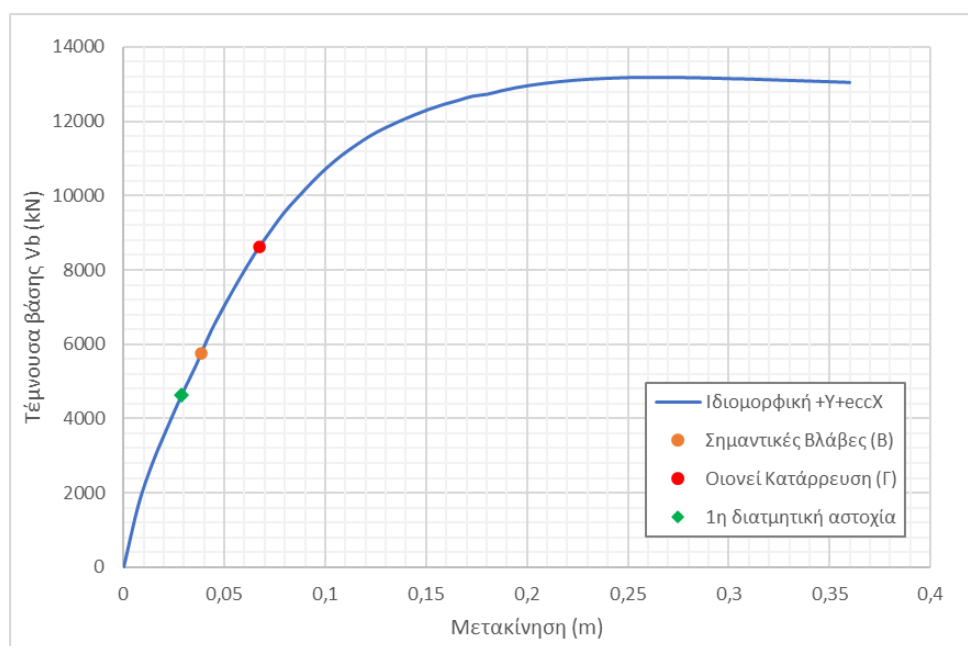
Από τα παραπάνω Σχήματα, παρατηρείται ότι όλα τα μέλη ικανοποιούν τους ελέγχους στρωφών χορδής τόσο στη διεύθυνση X όσο και στη διεύθυνση Y και για τις δύο στάθμες επιτελεστικότητας που μελετώνται, για την εδαφική επιτάχυνση σχεδιασμού του κτιρίου, δηλαδή τα 0.24g. Βέβαια, κάτι αντίστοιχο δεν παρατηρείται στους ελέγχους διατμητικών δυνάμεων των μελών, καθώς εκεί ορισμένα κατακόρυφα μέλη και συγκεκριμένα τοιχεία, φαίνεται να μην επαρκούν με αποτέλεσμα να αστοχούν ψαθυρά. Έπειτα από διερεύνηση παρατηρήθηκε ότι η πρώτη διατμητική αστοχία τοιχείου εμφανίζεται για τιμή της εδαφικής επιτάχυνσης ίση με 0.072g και 0.095g για τη διεύθυνση X και Y, αντίστοιχα, και εμφανίζεται στο τοιχίο W29 του 2<sup>ου</sup> ορόφου για τη διεύθυνση X και στο τοιχίο W3 του 3<sup>ου</sup> ορόφου για τη διεύθυνση Y. Στο Σχήμα 3-19 και Σχήμα 3-20 παρουσιάζονται οι καμπύλες ικανότητας της κατασκευής για τις δύο διευθύνσεις και για ιδιομορφική κατανομή των σεισμικών φορτίων, όπου τα σημεία που είναι επισημασμένα πάνω στις καμπύλες αφορούν τις στοχευόμενες μετακινήσεις για τις στάθμες επιτελεστικότητας Β και Γ, όπως αυτές ορίζονται από τον ΚΑΝ.ΕΠΕ., καθώς και την πρώτη διατμητική αστοχία της κατασκευής. Επιπλέον, στον Πίνακα 3-15 συνοψίζονται η τέμνουσα βάσης και η μετακίνηση που αντιστοιχούν στην 1<sup>η</sup> διατμητική διεύθυνση, για κάθε διεύθυνση.

Πίνακας 3-15: Τέμνουσα βάσης και αντίστοιχη μετακίνηση 1<sup>ης</sup> διατμητικής αστοχίας, για κάθε διεύθυνση

Διεύθυνση	Τέμνουσα βάσης (kN)	Μετακίνηση (m)
X	3407.35	0.0288
Y	4641.36	0.0288



Σχήμα 3-19: Στοχευόμενες μετακινήσεις στάθμης Β και Γ και 1η διατμητική αστοχία για τη διεύθυνση Χ



Σχήμα 3-20: Στοχευόμενες μετακινήσεις στάθμης Β και Γ και 1η διατμητική αστοχία για τη διεύθυνση Υ

Εξαιτίας των παρατηρούμενων αστοχιών σε μέλη της κατασκευής, κρίνεται απαραίτητη η διενέργεια μιας επαναληπτικής διαδικασίας για την εύρεση της τιμής της εδαφικής επιτάχυνσης για την οποία όλα τα μέλη επαρκούν στους ελέγχους που ορίζονται από τις διατάξεις του ΚΑΝ.ΕΠΕ. Ειδικότερα, η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει τη σταδιακή μείωση της τιμής της εδαφικής επιτάχυνσης μέχρι εκείνη την οριακή τιμή για την οποία όλοι οι έλεγχοι θα επαρκούν και θα αντιστοιχεί σε εκείνη την τιμή μετά από την οποία εμφανίζεται η πρώτη διατμητική αστοχία μέλους. Με αυτόν τον τρόπο, μετά την επαναληπτική διαδικασία προέκυψε ότι για τη διεύθυνση Χ η οριακή οριζόντια εδαφική επιτάχυνση (για την οποία δεν εμφανίζεται διατμητική αστοχία σε τοίχιο) είναι ίση με 0.071g ενώ για τη διεύθυνση Υ είναι ίση με 0.094g και στον Πίνακα 3-16 συνοψίζονται οι τιμές της τέμνουσας βάσης και της στοχευόμενης μετακίνησης που αντιστοιχούν σε κάθε στάθμη επιτελεστικότητας.

Πίνακας 3-16: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα επαναληπτικής διαδικασίας εύρεσης οριακής εδαφικής επιτάχυνσης

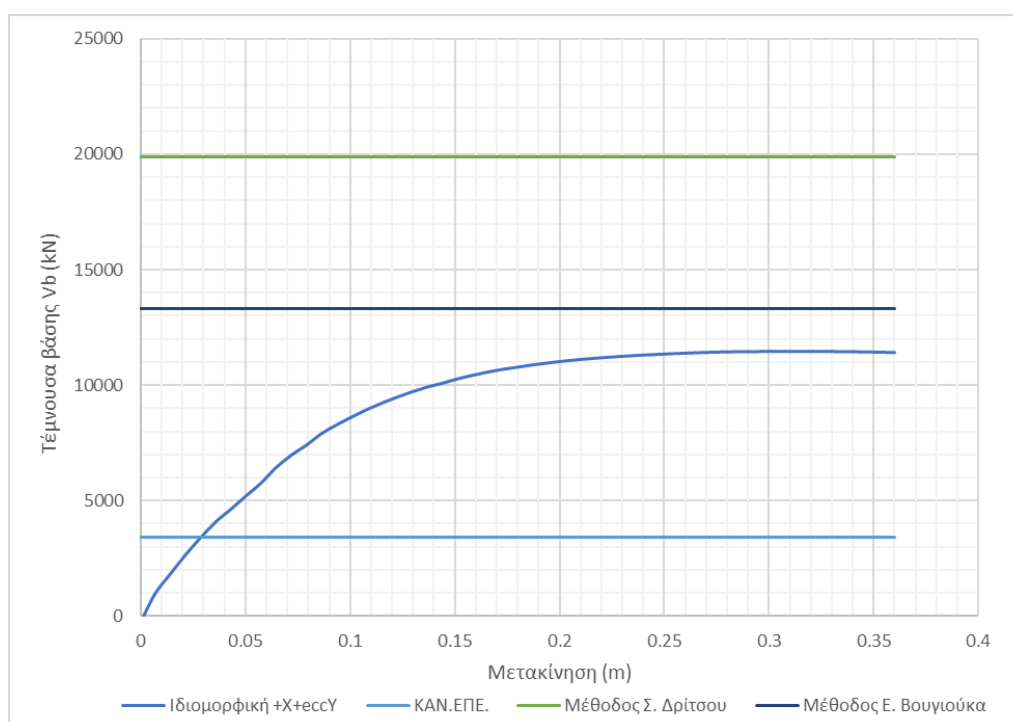
Διεύθυνση	Τιμή οριακής εδαφικής επιτάχυνσης $a_g$ (g)	«Σημαντικές Βλάβες» (B2)		«Οιονεί Κατάρρευση» (Γ1)	
		$V_{base}$ (kN)	$\delta_t$ (m)	$V_{base}$ (kN)	$\delta_t$ (m)
X	0.071	2081.65	0.01647933	3269.56	0.02746556
Y	0.094	2902.45	0.01501286	4174.11	0.02502144

### 3.4 Συμπεράσματα – Σύγκριση μεθόδων

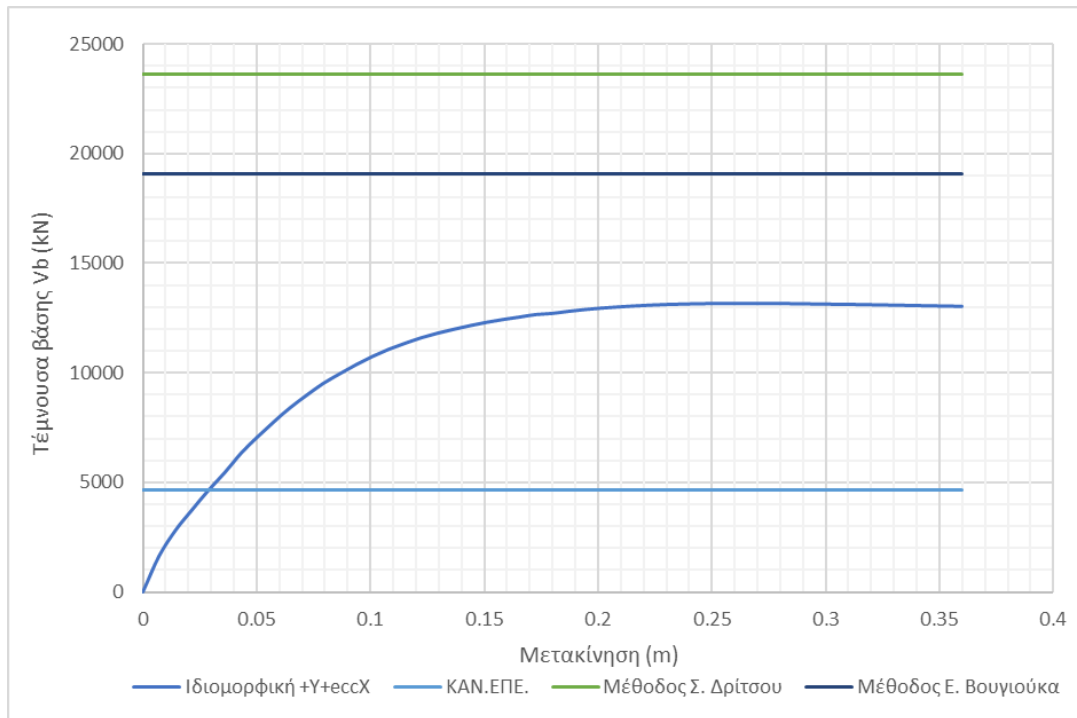
Στον Πίνακα 3-17 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των τεμνουσών βάσης που προέκυψαν από την εφαρμογή του Δευτεροβάθμιου Προσεισμικού Ελέγχου (μέθοδος Σ. Δρίτσου), τη μέθοδο ταχείας αποτίμησης του Ε. Βουγιούκα και του Τριτοβάθμιου Ελέγχου βάσει του ΚΑΝ.ΕΠΕ ενώ στο Σχήμα 3-21 και στο Σχήμα 3-22 απεικονίζονται τα συγκρινόμενα αποτελέσματα πάνω στην καμπύλη ικανότητας της κατασκευής, για τις διευθύνσεις X και Y. Παρατηρείται ότι, οι δύο δευτεροβάθμιες μέθοδοι εκτιμούν πολύ πιο υψηλή σεισμική ικανότητα του φορέα, και στις δύο διευθύνσεις, σε σχέση με αυτή του ΚΑΝ.ΕΠΕ, με αποτέλεσμα τα αποτελέσματα της ανελαστικής στατικής ανάλυσης να είναι πιο συντηρητικά.

Πίνακας 3-17: Σύγκριση αποτελεσμάτων τεμνουσών βάσης  $V_b$  (kN), για διευθύνσεις X και Y

Διεύθυνση	Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)	Μέθοδος Σ. Δρίτσου	Μέθοδος Ε. Βουγιούκα
X	3407.35	19867.65	13324.41
Y	4641.36	23637.96	19078.46



Σχήμα 3-21: Σύγκριση μεθόδων υπολογισμού σεισμικής ικανότητας σε όρους τέμνουσας βάσης, στη διεύθυνση X



Σχήμα 3-22: Σύγκριση μεθόδων υπολογισμού σεισμικής ικανότητας σε όρους τέμνουσας βάσης, στη διεύθυνση  $\gamma$

## 4 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

### 4.1 Γενικά

Σύμφωνα με την 3<sup>η</sup> αναθεώρηση του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.), οι στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού διευρύνονται αποτελώντας συνδυασμούς μιας στάθμης επιτελεστικότητας και μιας σεισμικής δράσης με δεδομένη ανεκτή πιθανότητα υπέρβασης κατά την τεχνική διάρκεια ζωής του έργου (σεισμός σχεδιασμού), η οποία καθορίζεται από το λόγο  $a_g/a_{g,ref}$ , δηλαδή το λόγο της οριζόντιας εδαφικής επιτάχυνσης προς την οριζόντια εδαφική επιτάχυνση αναφοράς (πιθανότητα υπέρβασης της σεισμικής δράσης 10% στο 50 χρόνια συμβατικής ζωής του έργου), αντίστοιχα. Επιπλέον, ορίζεται η σεισμική κλάση κτιρίου, η οποία αποτελεί το μέγιστο στόχο αποτίμησης ή ανασχεδιασμού που μπορεί να εξασφαλίσει ένα κτίριο για μια συγκεκριμένη στάθμη επιτελεστικότητας. Πιο συγκεκριμένα, για το υπό μελέτη κτίριο που είναι κατασκευασμένο μετά το 1995, η ελάχιστη σεισμική κλάση σύμφωνα με τους εφαρμοσθέντες Κανονισμούς μελέτης και κατασκευής είναι η B2<sup>+</sup>, που αντιστοιχεί σε λόγο των ανηγμένων επιταχύνσεων,  $a_g/a_{g,ref}$ , ίσο με 0.75, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 4-1. Έτσι, για τιμή της οριζόντιας εδαφικής επιτάχυνσης αναφοράς,  $a_{g,ref}$ , ίση με 0.24g, η ελάχιστη οριζόντια εδαφική επιτάχυνση,  $a_g$ , για την οποία το κτίριο θα πρέπει να ικανοποιεί το στόχο αποτίμησης ή ανασχεδιασμού, θα είναι ίση με 0.18g.

Πίνακας 4-1: Στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού Φέροντος Οργανισμού [4]

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

Στη συνέχεια του παρόντος κεφαλαίου εφαρμόζεται ενίσχυση στο φέροντα οργανισμό του κτιρίου έτσι ώστε όταν η σεισμική δράση αντιστοιχεί σε τιμή της εδαφικής επιτάχυνσης ίση με 0.18g, τα μέλη του κτιρίου να επαρκούν στους ελέγχους στρωφών-χορδής και τους ελέγχους διάτμησης, όπως αυτοί ορίζονται από το Κανονισμό Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.). Επιπλέον, γίνεται προσπάθεια εύρεσης της απαιτούμενης ενίσχυσης για τιμή της εδαφικής επιτάχυνσης ίση με 0.24g και τα παραγόμενα αποτελέσματα συγκρίνονται με τα αντίστοιχα της περίπτωσης των 0.18g, με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων.

## 4.2 Ενίσχυση με υφάσματα FRP

Όπως αποδείχθηκε από τα αποτελέσματα της ανελαστικής στατικής ανάλυσης (pushover) αλλά και των διατμητικών ελέγχων και των ελέγχων στρωφών χορδής που διενεργήθηκαν με τη βοήθεια του λογισμικού Seisobuild σύμφωνα με τις αντίστοιχες διατάξεις του ΚΑΝ.ΕΠΕ., παρατηρήθηκε ότι εμφανίζονται αστοχίες, στα κατακόρυφα μέλη του φορέα και στις δύο διευθύνσεις, τόσο για την εδαφική επιτάχυνση 0.24g, που αντιστοιχεί στην περιοχή του κτιρίου, όσο και για την 0.18g, που αντιστοιχεί στην ελάχιστη οριζόντια εδαφική επιτάχυνση, όπως προέκυψε από τον Πίνακα 4-1. Πιο συγκεκριμένα, όλοι οι έλεγχοι στρωφών χορδής των μελών επαρκούν ενώ οι μόνες αστοχίες που παρουσιάζονται αφορούν τη διάτμηση. Στον Πίνακα 4-2 συνοψίζονται τα κατακόρυφα μέλη στα οποία εμφανίζονται οι διατμητικές αστοχίες για τις τιμές της εδαφικής επιτάχυνσης 0.18g και 0.24g, οι όροφοι στους οποίους συμβαίνουν αυτές, οι τιμές της διατμητικής ικανότητας και της αντίστοιχης απαίτησης των τοιχίων καθώς και ο λόγος επιτελεστικότητας εκάστοτε μέλους. Οι εκάστοτε αστοχίες αφορούν την κρισιμότερη ανάλυση.

Πίνακας 4-2: Διατμητικές αστοχίες μελών

Τοιχίο/Όροφος		0.18g			0.24g		
		Απαίτηση	Ικανότητα	Λόγος	Απαίτηση	Ικανότητα	Λόγος
W1	3	441.70	422.08	1.046	519.76	384.57	1.352
W3	1				1000.25	985.42	1.015
	2	689.99	580.02	1.190	844.51	576.46	1.465
	3	574.62	340.18	1.689	723.17	331.50	2.181
	4	509.60	444.49	1.146	647.53	469.56	1.379
W5	3				444.31	400.77	1.109
W7	3	281.66	252.62	1.115			
W15	2	548.15	530.10	1.034	692.62	517.41	1.339
	3	482.09	282.59	1.706	595.47	318.88	1.867
	4				567.67	450.60	1.260
	5				470.81	459.43	1.025
W16	1				963.09	713.62	1.350
	2	1014.47	759.58	1.336	1253.42	741.14	1.691
	3	1083.99	570.01	1.902	1219.82	548.75	2.223
	4	996.76	532.78	1.871	1038.09	479.173	2.166
	5	793.94	433.69	1.831	913.22	441.55	2.068
W23	2	790.15	627.62	1.259	1004.65	612.25	1.641
	3	682.06	608.16	1.122	807.43	572.81	1.410
	4	675.98	478.35	1.413	829.74	506.04	1.640
	5	560.42	442.54	1.266			
W25	2	653.70	436.62	1.497	807.67	416.19	1.941
	3	645.22	329.35	1.959	807.31	318.53	2.535



Τοιχίο/Οροφος		0.18g			0.24g		
		Απαίτηση	Ικανότητα	Λόγος	Απαίτηση	Ικανότητα	Λόγος
	4	476.89	356.84	1.336	627.33	375.19	1.672
W26	3				429.27	361.77	1.187
W29	1				1419.72	828.27	1.714
	2	1174.29	565.92	2.075	1394.77	564.80	2.470
	3	1005.03	427.64	2.350	1180.05	409.06	2.885
	4	903.68	387.04	2.335	1064.85	397.31	2.680
	5	668.18	621.43	1.075	801.48	617.36	1.298
W32	2				1094.03	1045.55	1.046
W33	1	1399.98	660.29	2.120	1339.92	633.16	2.116
	2	1475.07	864.68	1.706	1660.19	909.03	1.826
	3	1121.29	731.91	1.532	1334.51	754.60	1.768
	4	764.52	609.50	1.254	919.62	598.56	1.536
W34	2				1038.14	991.81	1.047

Δεδομένου ότι οι αστοχίες είναι διατμητικές και μόνο, επιλέγεται η ενίσχυση του κτιρίου με υφάσματα από σύνθετο υλικό ινών άνθρακα, FRP. Σε διαφορετική περίπτωση θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος, ωστόσο η πολυπλοκότητα στην εφαρμογή τους αλλά και το αισθητά πιο ακριβό κόστος τοποθέτησής τους κατέστησε τη χρήση υφασμάτων FRP πιο κατάλληλη λύση για το υπό μελέτη κτίριο και τις απαιτήσεις του.

Αρχικά, το κτίριο ενισχύεται με ύφασμα FRP (SikaWrapB Hex 103C) σύμφωνα με τις απαιτήσεις του, όπως αυτές προκύπτουν από την εδαφική επιτάχυνση 0.18g. Στη συνέχεια, ελέγχεται αν η εφαρμοσθείσα ενίσχυση είναι αρκετή και για την κάλυψη των απαιτήσεων του κτιρίου που προκύπτουν από την εδαφική επιτάχυνση 0.24g. Τα αποτελέσματα αυτών των δοκιμών συνοψίζονται στον Πίνακα 4-3. Επιπλέον, η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται με χρήση διαφορετικού υλικού αυτή τη φορά, του SikaWrapB 900C, το οποίο έχει μεγαλύτερο πάχος διαστρωμάτωσης από το πρώτο, προκειμένου να ελεγχθεί αν η ενίσχυση που αντιστοιχεί στα 0.18g θα είναι ικανή να καλύψει τις απαιτήσεις των μελών του κτιρίου, στα 0.24g. Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 4-4. Επίσης, τα χαρακτηριστικά των δύο τύπων FRP που χρησιμοποιήθηκαν φαίνονται στο Σχήμα 4-1.

<p><b>Τεχνικά Δεδομένα</b> <b>SikaWrapB® Hex 103C</b></p> <p>Όνομα Εταιρίας: Sika Τύπος: Ανθρακας Προσανατολισμός Ινών: 0° (μονής διεύθυνσης) Εφαρμογή: Στεγνή/Υγρή Ρητίνη: Sikadur® 300, Sikadur® Hex 300 ή Sikadur® 301</p> <p><b>Τυπικές Ιδιότητες Ινών (ονομαστικές τιμές)</b></p> <p>Πάχος Διαστρωμάτωσης (mm) <input type="text" value="0,3400"/></p> <p>Εφελκυστική Αντοχή (MPa) <input type="text" value="3793,0"/></p> <p>Εφελκυστικό Μέτρο Ελαστικότητας (MPa) <input type="text" value="234500,0"/></p> <p>Επιμήκυνση (%) <input type="text" value="1,50"/></p> <p>Βάρος (gr/m<sup>2</sup>) <input type="text" value="618,0"/></p> <p><b>Ιδιότητες Εμποτισμένων ΙΟΠ (τιμές σχεδιασμού)</b></p> <p>Πάχος Διαστρωμάτωσης (mm) <input type="text" value="1,0160"/></p> <p>Εφελκυστική Αντοχή (MPa) <input type="text" value="1055,0"/></p> <p>Εφελκυστικό Μέτρο Ελαστικότητας (MPa) <input type="text" value="64828,0"/></p> <p>Επιμήκυνση (%) <input type="text" value="1,00"/></p>	<p><b>Τεχνικά Δεδομένα</b> <b>SikaWrapB®-900 C</b></p> <p>Όνομα Εταιρίας: Sika Τύπος: Ανθρακας Προσανατολισμός Ινών: 0° (μονής διεύθυνσης) Εφαρμογή: Υγρή Ρητίνη: Sikadur® 300</p> <p><b>Τυπικές Ιδιότητες Ινών (ονομαστικές τιμές)</b></p> <p>Πάχος Διαστρωμάτωσης (mm) <input type="text" value="0,4780"/></p> <p>Εφελκυστική Αντοχή (MPa) <input type="text" value="3800,0"/></p> <p>Εφελκυστικό Μέτρο Ελαστικότητας (MPa) <input type="text" value="242000,0"/></p> <p>Επιμήκυνση (%) <input type="text" value="1,43"/></p> <p>Βάρος (gr/m<sup>2</sup>) <input type="text" value="865,0"/></p> <p><b>Ιδιότητες Εμποτισμένων ΙΟΠ (τιμές σχεδιασμού)</b></p> <p>Πάχος Διαστρωμάτωσης (mm) <input type="text" value="0,4780"/></p> <p>Εφελκυστική Αντοχή (MPa) <input type="text" value="2400,0"/></p> <p>Εφελκυστικό Μέτρο Ελαστικότητας (MPa) <input type="text" value="200000,0"/></p> <p>Επιμήκυνση (%) <input type="text" value="Χωρίς Διαθεσιμότητα"/></p>
(α)	(β)

Σχήμα 4-1: Χαρακτηριστικά υφασμάτων FRP (α) SikaWrapB Hex 103C και (β) SikaWrapB – 900C

Πίνακας 4-3: Αποτελέσματα ενίσχυσης με ύφασμα FRP (SikaWrapB Hex 103C)

Τοιχίο/ Όροφος	0.18g					0.24g			
	Απαίτηση/ Ικανότητα	Λόγος	Στρώσεις FRP	Απαίτηση/ Ικανότητα	Λόγος	Στρώσεις FRP	Απαίτηση/ Ικανότητα	Λόγος	Στρώσεις FRP
W1	3	441.45	994.48	0.444	1	519.77	954.17	0.545	1
W3	1					1011.39	1275.84	0.793	1
	2	700.58	1050.65	0.667	1	850.82	1042.44	0.816	1
	3	573.73	828.11	0.693	1	722.11	812.47	0.889	1
	4	508.57	947.19	0.537	1	646.51	960.46	0.673	1
W5	3					443.82	924.51	0.480	1
W7	3	281.28	719.02	0.391	1				
W15	2	547.42	1030.83	0.531	1	691.65	1016.03	0.681	1
	3	461.32	805.58	0.573	1	594.78	830.91	0.716	1
	4					566.36	955.24	0.593	1
	5					469.48	957.50	0.490	1
W16	1					967.09	714.33	1.354	2
	2	1014.05	1364.99	0.743	1	1255.06	1343.34	0.934	1
	3	1083.21	1185.40	0.914	1	1337.02	1578.11	0.847	2
	4	996.32	1157.83	0.861	1	1182.01	1401.30	0.844	2
	5	793.44	1075.04	0.738	1	949.95	1100.11	0.863	1
W23	2	911.69	1349.80	0.675	1	1114.68	1337.51	0.833	1
	3	681.91	1234.85	0.552	1	860.47	1268.98	0.678	1
	4	675.74	1123.56	0.601	1	828.48	1148.00	0.722	1
	5	559.97	1108.77	0.505	1				

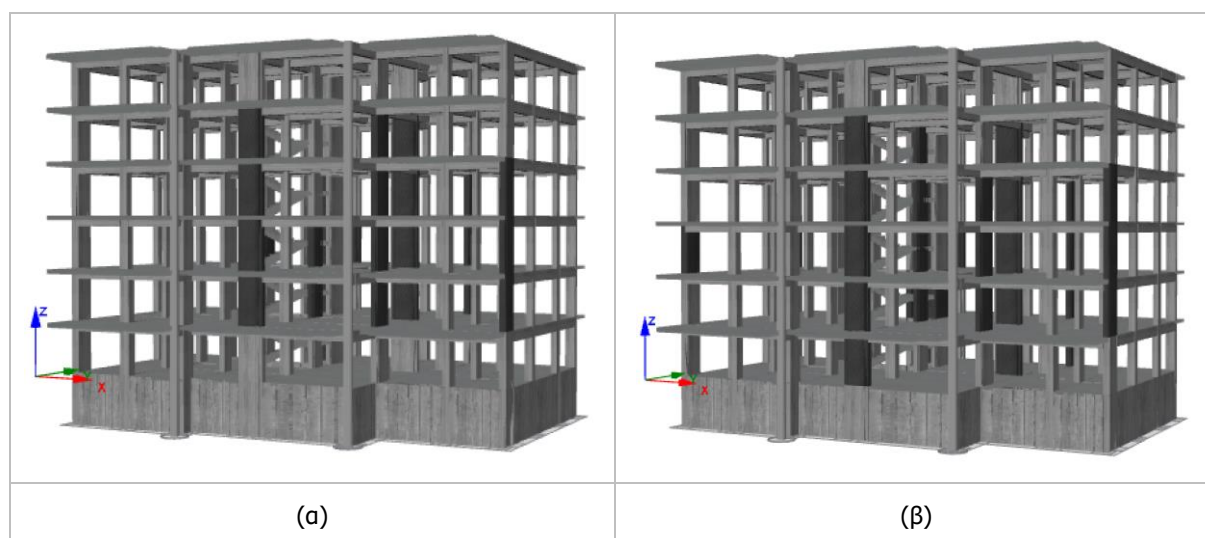
Τοιχίο/ Όροφος		0.18g				0.24g			
		Απαίτηση/ Ικανότητα		Λόγος	Στρώσεις FRP	Απαίτηση/ Ικανότητα		Λόγος	Στρώσεις FRP
W25	2	653.07	947.12	0.690	1	806.83	921.66	0.875	1
	3	751.16	914.88	0.821	1	958.44	1432.06	0.669	2
	4	476.67	899.04	0.530	1	626.97	913.50	0.686	1
W26	3					428.30	889.27	0.482	1
W29	1					1438.06	829.56	1.734	2
	2	1169.85	1619.02	0.723	2	1393.30	1611.77	0.864	2
	3	1063.54	1547.60	0.687	2	1261.42	1541.91	0.818	2
	4	900.13	1347.68	0.668	1	1063.35	1353.68	0.786	2
	5	666.14	1389.20	0.480	1	800.44	1135.66	0.705	1
W32	2					1116.29	1851.26	0.603	1
W33	1	1473.84	1580.07	0.933	2	1653.02	1607.20	1.029	3
	2	1484.14	1489.65	0.996	1	1663.87	1702.41	0.977	2
	3	1120.74	1347.78	0.832	1	1334.80	1358.52	0.983	1
	4	764.08	1288.91	0.593	1	919.52	1270.85	0.724	1
W34	2					908.30	1365.29	0.665	1

Πίνακας 4-4: Αποτελέσματα ενίσχυσης με ύφασμα FRP (SikaWrapB 900C)

Τοιχίο/ Όροφος		0.18g				0.24g			
		Απαίτηση/ Ικανότητα		Λόγος	Στρώσεις FRP	Απαίτηση/ Ικανότητα		Λόγος	Στρώσεις FRP
W1	3	441.27	994.40	0.444	1	721.34	812.49	0.888	1
W3	1					1001.49	1275.30	0.785	1
	2	687.35	1051.31	0.654	1	841.69	1043.09	0.807	1
	3	573.33	828.07	0.692	1	721.29	812.49	0.888	1
	4	508.33	947.23	0.537	1	646.02	960.47	0.673	1
W5	3					443.83	924.47	0.480	1
W7	3	281.29	719.02	0.391	1				
W15	2	547.37	1030.82	0.531	1	691.50	1016.09	0.681	1
	3	461.24	805.59	0.573	1	594.74	830.93	0.716	1
	4					567.03	955.27	0.594	1
	5					470.09	957.53	0.491	1
W16	1					969.54	714.31	1.357	1
	2	1013.39	1769.98	0.573	1	1252.85	1759.25	0.712	1
	3	1082.06	1510.21	0.717	1	1336.64	1578.04	0.847	1
	4	994.85	1370.83	0.726	1	1181.70	1401.17	0.843	1
	5	792.28	1181.41	0.671	1	949.28	1213.55	0.782	1
W23	2	911.06	1349.61	0.6750	1	1114.06	1337.31	0.833	1
	3	681.29	1234.66	0.552	1	806.75	1194.40	0.675	1
	4	675.44	1123.42	0.601	1	828.02	1147.92	0.721	1
	5	560.01	1108.85	0.505	1				
W25	2	653.00	947.13	0.690	1	806.78	921.64	0.875	1

Τοιχίο/ Όροφος	0.18g				0.24g				
	Απαίτηση/ Ικανότητα		Λόγος	Στρώσεις FRP	Απαίτηση/ Ικανότητα		Λόγος	Στρώσεις FRP	
	3	751.19	914.87	0.821	1	958.33	1432.10	0.669	1
	4	476.66	899.08	0.530	1	626.85	913.52	0.686	1
W26	3					429.58	889.22	0.483	1
W29	1					1442.46	829.83	1.738	1
	2	1167.28	1618.93	0.721	1	1392.02	1616.92	0.861	1
	3	1060.99	1547.64	0.686	1	1260.17	1541.59	0.817	1
	4	898.12	1347.62	0.666	1	1062.42	1353.23	0.785	1
	5	664.74	1389.18	0.479	1	799.27	1392.05	0.574	1
W32	2					1116.08	1851.25	0.603	1
W33	1	1473.77	1579.91	0.933	1	1655.03	1608.05	1.029	1
	2	1484.23	1671.56	0.888	1	1668.00	1703.17	0.979	1
	3	1119.75	1390.12	0.806	1	1333.54	1410.47	0.946	1
	4	763.80	1308.90	0.584	1	918.67	1297.91	0.708	1
W34	2					908.30	1365.29	0.665	1

Στο Σχήμα 4-2 φαίνεται η ενίσχυση με υφάσματα FRP για τις δύο τιμές των εδαφικών επιτάχυνσεων που μελετώνται. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι θέσεις των υφασμάτων είναι ίδιες για τις δύο περιπτώσεις είδους FRP.



Σχήμα 4-2: Ενίσχυση αποκλειστικά με υφάσματα FRP για εδαφική επιτάχυνση (α) 0.18g και (β) 0.24g

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των παραπάνω Πινάκων συμπεραίνεται ότι η μέθοδος ενίσχυσης με ύφασμα SikaWrapB 900C επαρκεί τόσο για την περίπτωση των 0.18g όσο και των 0.24g, χωρίς να χρειάζεται αύξηση των στρώσεων για τα 0.24g, όπως απαιτούνταν όταν η ενίσχυση είχε γίνει με το ύφασμα SikaWrapB Hex 103C. Έτσι, για την ενίσχυση του υπό μελέτη κτιρίου με υφάσματα FRP, θα μπορούσαν να προταθούν τρεις λύσεις, (α) ενίσχυση με μία στρώση υφάσματος SikaWrapB Hex 103C (πάχος διαστρωμάτωσης 0.34mm) όλων των τοιχίων που δεν επαρκούν διατμητικά και εφαρμογή περισσότερων στρώσεων στα τοιχία που το απαιτούν, όπως φαίνεται στον Πίνακα για την εδαφική επιτάχυνση 0.24g, (β) ενίσχυση με μία στρώση υφάσματος SikaWrapB 900C (πάχος διαστρωμάτωσης 0.478mm) όλων των τοιχίων που δεν επαρκούν διατμητικά και (γ) ενίσχυση με μία στρώση υφάσματος SikaWrapB Hex 103C (πάχος διαστρωμάτωσης 0.34mm) όλων των τοιχίων που δεν επαρκούν διατμητικά και απαιτούν μόνο μία στρώση FRP αυτού του είδους και με μία στρώση υφάσματος SikaWrapB 900C

(πάχος διαστρωμάτωσης 0.478mm) των τοιχίων που θα απαιτούσαν και δεύτερη στρώση υφάσματος SikaWrap Hex 103C.

### 4.3 Πρόσθετη ενίσχυση με μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος

Μια επιπρόσθετη παρατήρηση που μπορεί να γίνει από τους Πίνακες του υποκεφαλαίου 4.2 είναι ότι στην περίπτωση των 0.24g, τα τοιχία W16, W29 και W33 του 1<sup>ου</sup> ορόφου συνεχίζουν να παρουσιάζουν διατμητική ανεπάρκεια ανεξαρτήτως οποιασδήποτε αύξησης των στρώσεων FRP και του τύπου υφάσματος που εφαρμόζονται, με αποτέλεσμα η ενίσχυση του κτιρίου μόνο με χρήση υφασμάτων FRP να μην είναι δυνατή. Έτσι, χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση του τρόπου ενίσχυσης ώστε όλα τα μέλη να επαρκούν στους ελέγχους που θεσπίζει ο ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Στα πλαίσια διερεύνησης του λόγου για τον οποίον δεν αυξανόταν η διατμητική αντοχή αυτών των τοιχίων παρ' όλες τις δοκιμές με υφάσματα FRP, διαπιστώθηκε ότι, σύμφωνα με το Παράρτημα 7Γ του ΚΑΝ.ΕΠΕ. [3], η διατμητική αντοχή,  $V_R$ , ενός τοιχίου οπλισμένου σκυροδέματος, είναι δυνατόν να καθοριστεί από τη διατμητική αντοχή, όπως αυτή καθορίζεται από τη διαρροή των συνδετήρων ( $V_R$ ), από την οριακή διατμητική αντοχή που αντιστοιχεί σε αστοχία του κορμού σε λοξή θλίψη ( $V_{R,max}$ ), από την τέμνουσα αντοχής σε ολίσθηση ( $V_{R,SLS}$ ) στη βάση του τοιχώματος και από την τέμνουσα αντοχής που αντιστοιχεί σε «κοντά» τοιχώματα ( $V_{R,squat}$ ) κι έτσι η τελική διατμητική ικανότητα ενός τοιχίου μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με μια από τις παρακάτω περιπτώσεις, ανάλογα με το λόγο διάτμησής του:

- Για λόγο διάτμησης  $a_s < 1,0$ :  $\min(V_{R,SLS}, V_{R,squat})$
- Για λόγο διάτμησης  $1,0 \leq a_s \leq 1,2$ :  $\min(V_R, V_{R,max}, V_{R,SLS}, V_{R,squat})$
- Για λόγο διάτμησης  $a_s > 1,2$ :  $\min(V_R, V_{R,max}, V_{R,SLS})$

Ανατρέχοντας στο τεύχος υπολογισμών που παράγει το λογισμικό του SeismoBuild, παρατηρήθηκε ότι η αστοχία των τοιχωμάτων αυτών οφείλεται σε ολίσθηση στη βάση τους και όχι σε τέμνουσα δύναμη που καθορίζεται από τη διαρροή των συνδετήρων. Πρέπει να σημειωθεί ότι η διατμητική αντοχή σε ολίσθηση υπολογίζεται σε τοιχώματα όπου προβλέπεται πως η καμπτική διαρροή προηγείται της διατμητικής αστοχίας, καθώς η διαρροή σε κάμψη αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την ολίσθηση λόγω διάτμησης. Έτσι, δικαιολογείται το πρόβλημα που εμφανιζόταν, αφού τα υφάσματα FRP ενίσχυαν τη διατμητική συμπεριφορά των τοιχίων και όχι την καμπτική συμπεριφορά τους. Το λογισμικό SeismoBuild βασίζεται στις διατάξεις του ΚΑΝ.ΕΠΕ. για τον υπολογισμό των διατμητικών δυνάμεων και σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. Παράρτημα 7Γ, ΕΞ. (Γ.6)-(Γ.13) [3], η τέμνουσα αντοχής σε ολίσθηση,  $V_{R,SLS}$ , λαμβάνεται από τις ΕΞ. (4-1) – (4-4),

$$V_{R,SLS} = V_i + V_f + V_d \quad (4-1)$$

Όπου,  $V_i$ ,  $V_f$  και  $V_d$  είναι αντίστοιχα η συνεισφορά των κεκλιμένων ράβδων, της τριβής και της δράσης βλήτρου του κατακόρυφου οπλισμού, οι οποίες μπορούν να λαμβάνονται από τις ΕΞ. (4-2) – (4-4),

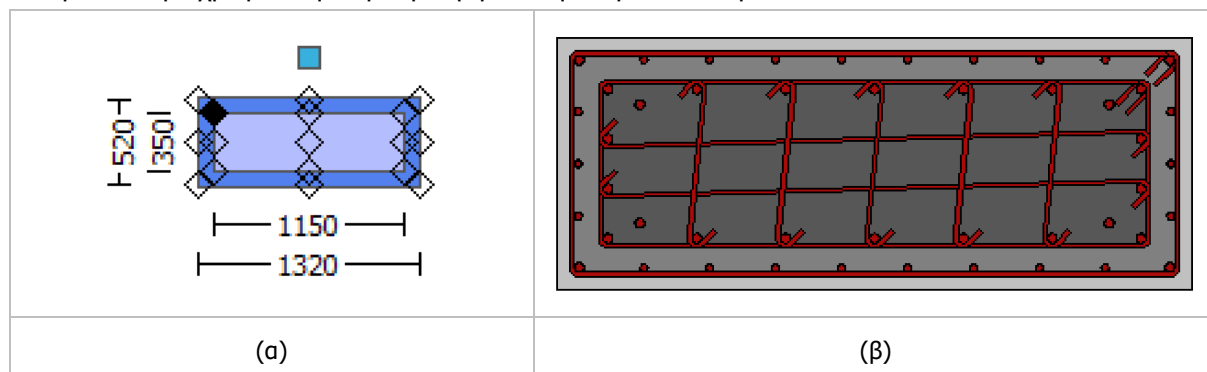
$$V_i = \sum A_{si} f_{yi} \cos \varphi \quad (4-2)$$

$$V_f = \min \left( \mu \left[ \left( \sum A_{sv} f_{yv} + N \right) \xi + M_y / z \right]; 0.3 f_c A_{compr} \right) \quad (4-3)$$

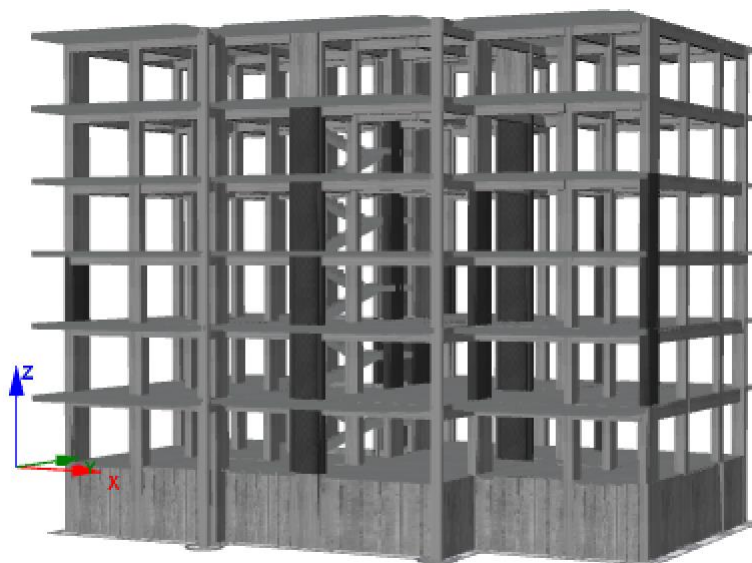
$$V_d = 1.6 \sum A_{sv} \sqrt{f_c} f_{yv} \leq \sum A_{sv} f_{yv} / \sqrt{3} \quad (4-4)$$

Παρατηρώντας τις παραπάνω Εξισώσεις, διαπιστώνεται ότι για την αντιμετώπιση του προβλήματος, το μέγεθος που μπορεί να τροποποιηθεί είναι η ροπή διαρροής,  $M_y$ , των τοιχωμάτων. Αυτή η τροποποίηση

επιτυγχάνεται με την ανακατανομή της δυσκαμψίας στον 1<sup>ο</sup> όροφο, όπου εντοπίζεται το πρόβλημα, ώστε να επιτευχθεί μείωση της ροής που παραλαμβάνουν τα τοιχώματα. Έτσι, η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την τροποποίηση της δυσκαμψίας είναι η εφαρμογή μανδύα σκυροδέματος σε κάποιο κατακόρυφο μέλος το οποίο θα έχει σημαντικές διαστάσεις και κατάλληλη θέση στην κάτοψη ώστε να είναι δυνατό να επηρεάσει τα τοιχία W16, W29 και W33 του 1<sup>ου</sup> ορόφου. Ειδικότερα, το κατακόρυφο μέλος που επιλέγεται να ενισχυθεί με μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος είναι το υποστύλωμα C14, όπου οι νέες διαστάσεις και ο οπλισμός του φαίνονται στο Σχήμα 4-3, ενώ όσον αφορά στην ενίσχυση με FRP, επιλέχθηκε αυτή με SikaWrapB Hex 103C, όπως παρουσιάστηκε προηγουμένως. Τα αποτελέσματα της τελικής ενίσχυσης του φορέα φαίνονται στο Σχήμα 4-4, οι τιμές της απαίτησης και ικανότητας σε τέμνουσα δύναμη και οι λόγοι επιτελεσματικότητας των τοιχίων W16, W29 και W33, που παρουσίαζαν το πρόβλημα με την επάρκεια έναντι τέμνουσας δύναμης, συνοψίζονται στον Πίνακα 4-5 ενώ στο Σχήμα 4-5 φαίνεται με χρωματική διαβάθμιση η τελική επάρκεια των μελών.



Σχήμα 4-3: Διαστάσεις και οπλισμός υποστυλώματος C14, ενισχυμένου με μανδύα σκυροδέματος

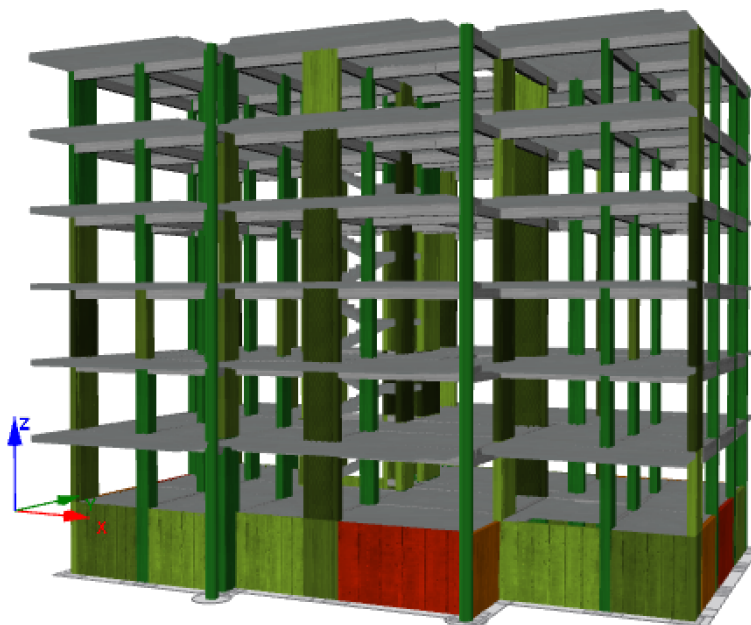


Σχήμα 4-4: Τελική ενίσχυση κατασκευής με υφάσματα FRP και μανδύα σκυροδέματος

Πίνακας 4-5: Αποτελέσματα τελικής ενίσχυσης με ύφασμα FRP (SikaWrapB 103C) και μανδύα σκυροδέματος για τα τοιχία W16, W29 και W33

Τοιχίο/Όροφος		0.24g			
		Απαίτηση	Ικανότητα	Λόγος	Στρώσεις FRP
W16	1	903.03	1333.60	0.677	2
	2	1296.66	1391.54	0.932	1

	3	1343.13	1579.75	0.850	2
	4	1187.40	1404.00	0.845	2
	5	955.42	1102.63	0.866	1
W29	1	1393.39	1666.58	0.836	2
	2	1397.32	1592.66	0.877	2
	3	1266.60	1548.66	0.818	2
	4	1066.58	1356.98	0.786	2
	5	802.71	1134.67	0.707	1
W33	1	1580.19	1590.47	0.994	3
	2	1659.12	1698.99	0.977	2
	3	1355.02	1357.27	0.998	1
	4	943.64	1277.02	0.739	1



Σχήμα 4-5: Απεικόνιση χρωματικής διαβάθμισης ελέγχου επάρκειας μελών





# 5 ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

## 5.1 Εκτίμηση τρωτότητας φορέα (SPO2FRAG)

Η εκτέλεση της ανελαστικής στατικής ανάλυσης, σύμφωνα με τις διατάξεις του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.), οδηγεί στην παραγωγή της καμπύλης ικανότητας της κατασκευής, όπως παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Με αυτόν τον τρόπο όμως δεν αποδίδεται ακριβώς η σεισμική διέγερση που είναι υπεύθυνη για τις αστοχίες και την κατάρρευση της κατασκευής. Αυτό συμβαίνει καθώς η ανελαστική στατική ανάλυση, κατά την οποία εφαρμόζονται σε βήματα σταδιακά αυξανόμενα οριζόντια σεισμικά φορτία στην κατασκευή, αποτελεί μια ντετερμινιστική μέθοδο ενώ το φαινόμενο του σεισμού, που είναι ένα δυναμικό φαινόμενο, αποτελεί πρόβλημα πιθανοτικό. Έτσι, προκειμένου η ανελαστική στατική ανάλυση να μετατραπεί σε πραγματικά δυναμική ανάλυση και να επιτευχθεί μια πιο ακριβής προσέγγιση της σεισμικής δράσης και των σταθμών επιτελεστικότητας, γίνεται χρήση του λογισμικού SPO2FRAG (Static PushOver to FRAgility) [24], το οποίο χρησιμοποιεί τα αποτελέσματα της στατικής ανάλυσης για την εκτίμηση των καμπυλών τρωτότητας της κατασκευής, με τη βοήθεια του αλγορίθμου SPO2IDA (Static Pushover to Incremental Dynamic Analysis). Ειδικότερα, ο αλγόριθμος SPO2IDA, που αναπτύχθηκε από τους Βαμβάτσικος και Cornell [23], αποτελεί ένα εργαλείο το οποίο χρησιμοποιεί εμπειρικές σχέσεις από μια μεγάλη βάση δεδομένων αποτελεσμάτων ικανοτικής δυναμικής ανάλυσης ώστε να μετατρέπει τις καμπύλες ικανότητας που παράγονται από την ανελαστική στατική ανάλυση σε κατανομές πιθανοτήτων για κατάρρευση κτιρίου ως συνάρτηση του μεγέθους της εδαφικής διέγερσης.

Στην προκειμένη περίπτωση, εκτιμήθηκαν οι καμπύλες τρωτότητας για τις στάθμες επιτελεστικότητας «Σημαντικές Βλάβες (B2)» και «Οιονεί Κατάρρευση (Γ1)». Επειδή οι αστοχίες της υπό μελέτη κατασκευής είναι μόνο διατμητικές, ως αστοχία αυτής θεωρήθηκε η πρώτη διατμητική αστοχία κατακόρυφου μέλους και για τις δύο διευθύνσεις, σύμφωνα με τον Κανονισμό Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.). Για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας ορίστηκε ως όριο της η στροφή του τελευταίου ορόφου ( $\theta_{roof}$ ) ενώ η διασπορά που χρησιμοποιήθηκε είναι 20% και για τις δύο περιπτώσεις. Πρέπει να σημειωθεί πως επειδή η πρώτη διατμητική αστοχία και για τις δύο διευθύνσεις συμβαίνει πριν και από τις δύο στάθμες επιτελεστικότητας, στα δεδομένα που εισήχθησαν στο SPO2FRAG χρησιμοποιήθηκε η ίδια τιμή  $\theta_{roof}$  (%) στα όρια των σταθμών επιτελεστικότητας τόσο για τις «Σημαντικές Βλάβες» όσο και για την «Οιονεί Κατάρρευση». Οι τιμές της μετακίνησης του τελευταίου ορόφου ( $\delta_{roof}$ ) και για τις δύο διευθύνσεις λαμβάνονται από τα αποτελέσματα του SeisMobuild και στη συνέχεια μετατρέπονται σε όρους στροφής

ορόφου ( $\theta_{\text{roof}}$ ) ώστε να χρησιμοποιηθούν στα δεδομένα του SPO2FRAG. Στον Πίνακα 5-1 συνοψίζονται οι τιμές αυτές για κάθε διεύθυνση.

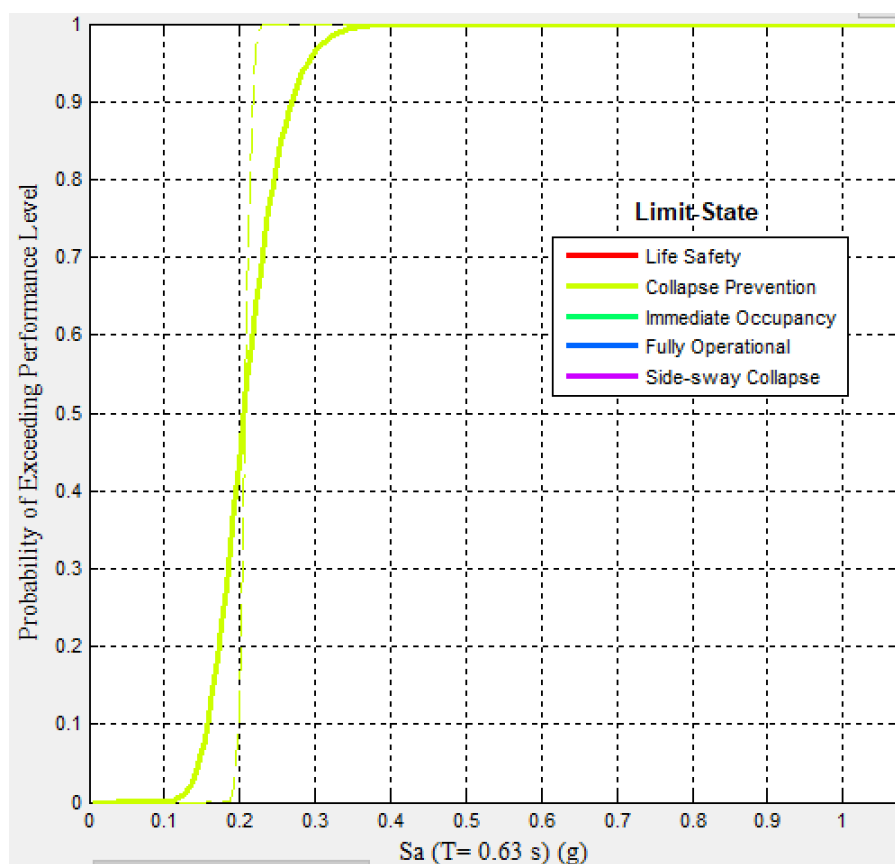
Πίνακας 5-1: Τιμές ορίων σταθμών επιτελεστικότητας για την πρώτη διατμητική αστοχία κατακόρυφου μέλους.

Διεύθυνση	$\delta_{\text{roof}}$ (%)	Ηκτιρίου (m)	$\theta_{\text{roof}}$ (%)
X	0.0288	18	0.160
Y	0.0285	18	0.158

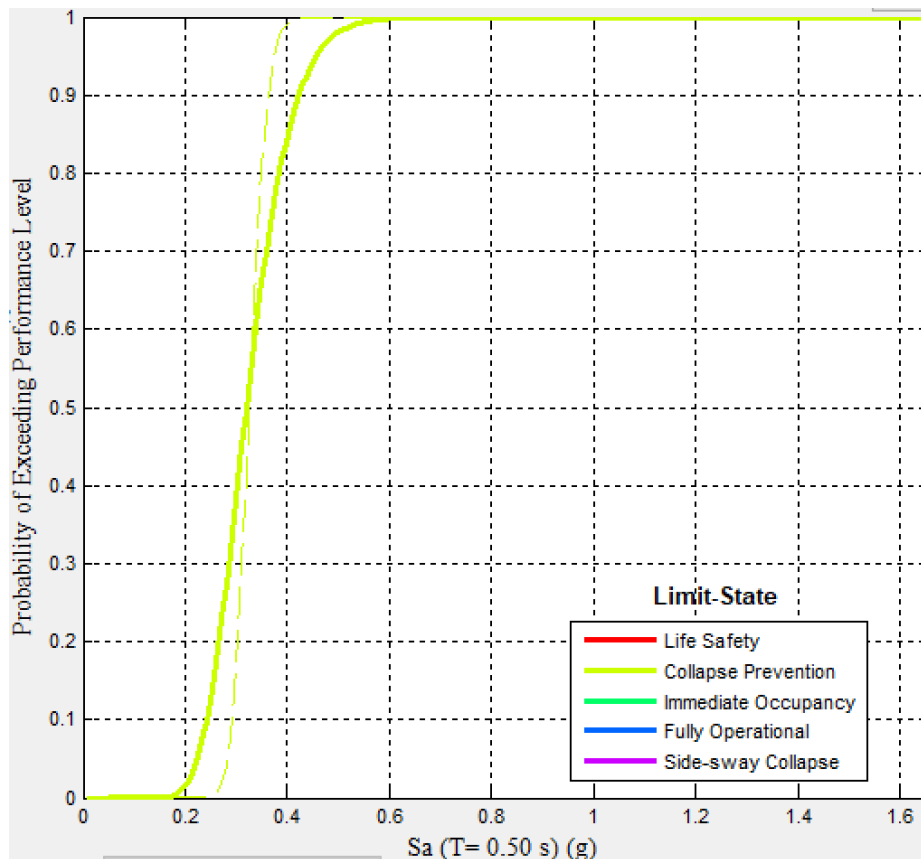
Στη συνέχεια, στο Σχήμα 5-1 και Σχήμα 5-2, παρουσιάζονται οι καμπύλες τρωτότητας όπως αυτές παράχθηκαν από το SPO2FRAG και για τις δύο διευθύνσεις ενώ στον Πίνακα 5-2 συνοψίζονται τα αποτελέσματα που αφορούν τις μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις των φασματικών επιταχύνσεων  $S_a(T)$ . Σημειώνεται ότι, οι τιμές αυτές συμπίπτουν για τις περιπτώσεις των σταθμών επιτελεστικότητας B2 και Γ1 αφού τα όρια των σταθμών αυτών τέθηκαν να είναι ίσα και να αντιστοιχούν στην πρώτη διατμητική αστοχία κατακόρυφου μέλους, με αποτέλεσμα στο Σχήμα 5-1 και Σχήμα 5-2 να εμφανίζεται μόνο μια καμπύλη ενώ στην πραγματικότητα είναι δύο καμπύλες που συμπίπτουν.

Πίνακας 5-2: Μέση τιμή φασματικής επιτάχυνσης  $S_a(T)$  και τυπική απόκλιση για τις στάθμες B2 και Γ1.

Διεύθυνση	Μέση $S_a(T)$ (g)	Τυπική απόκλιση
X (T = 0,63 sec)	0,206	0,210
Y (T = 0,50 sec)	0,320	0,217



Σχήμα 5-1: Καμπύλη τρωτότητας για την 1<sup>η</sup> διατμητική αστοχία τοιχίου στη διεύθυνση X (κοινή για B2 και Γ1)



Σχήμα 5-2: Καμπύλη τρωτότητας για την 1<sup>η</sup> διατμητική αστοχία τοιχίου στη διεύθυνση Y (κοινή για B2 και Γ1)

## 5.2 Ανάλυση τιμών επισκευών

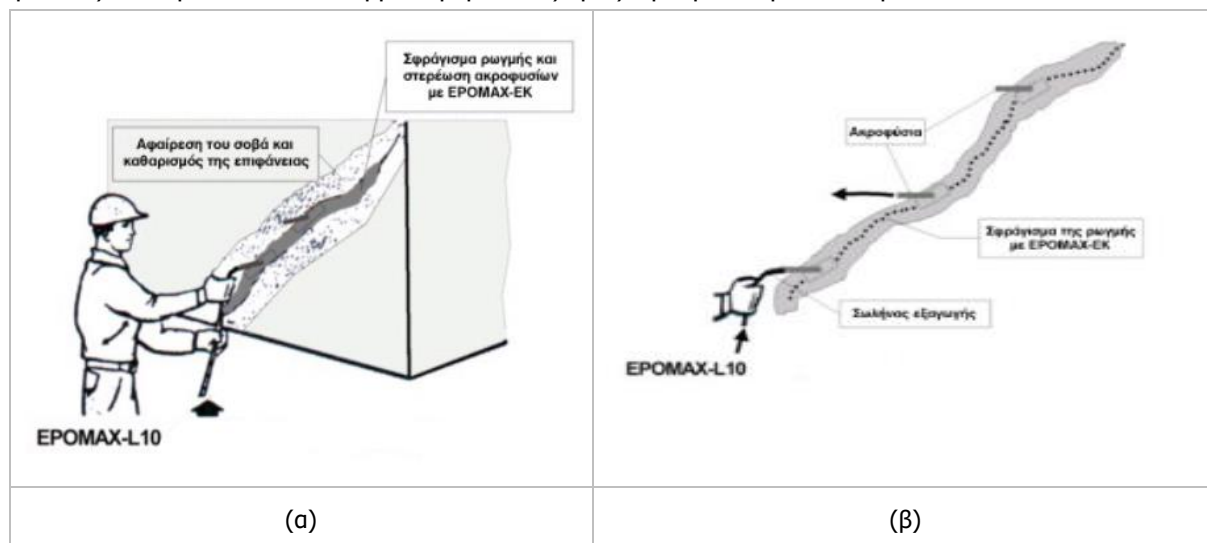
Για τον υπολογισμό του κόστους αποκατάστασης βλαβών σε δομικά στοιχεία της υπό μελέτη κατασκευής έγιναν αναλύσεις τιμών των χρησιμοποιούμενων υλικών, εξοπλισμού καθώς και προσωπικού τα οποία απαιτούνται για την εκτέλεση των απαιτούμενων εργασιών σύμφωνα με τις αντίστοιχες εγκεκριμένες Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (ΕΤΕΠ) [11]. Οι αναλύσεις τιμών που έγιναν αφορούν την αποκατάσταση υποστυλωμάτων, δοκών και εξωτερικής τοιχοποιίας για τρία επίπεδα βλαβών και για την εκπόνησή τους λήφθηκαν υπόψιν τιμές τόσο από τα εγκεκριμένα τιμολόγια οικοδομικών έργων (ΥΠΟΜΕΔΙ) [10] όσο και από τιμές του εμπορίου, έπειτα από σχετική έρευνα αγοράς, σύμφωνα με τη διπλωματική εργασία της Ζήση Ε. [12]. Πρέπει να σημειωθεί ότι, οι τιμές των επισκευών αυξήθηκαν κατά 20% εξαιτίας των αυξημένων τιμών των υλικών, λόγω του πολέμου.

### 5.2.1 Επισκευή υποστυλωμάτων

#### 5.2.1.1 1<sup>ο</sup> επίπεδο βλαβών – Απλή ρηγμάτωση υποστυλώματος

Για την επισκευή – πλήρωση ρωγμών υποστυλώματος εύρους μικρότερο των 3mm χρησιμοποιείται εποξειδική πάστα τύπου EPOMAX-EK της ISOMAT για σφράγιση της ρωγμής και τοποθετούνται ακροφύσια για την εισπίεση ενέσιμης εποξειδικής ρητίνης τύπου EPOMAX-L10 της ISOMAT και κατόπιν επισκευαστικό κονίαμα ισχυρής πρόσφυσης στο σκυρόδεμα τύπου DUROCRET της ISOMAT για την αποκατάσταση του φλοιού του υποστυλώματος. Συμπεριλαμβάνονται, η διάθεση και απασχόληση του απαιτούμενου προσωπικού και εξοπλισμού για την εκτέλεση των εργασιών, η προμήθεια των υλικών και αναλώσιμων, οι εργασίες καθαίρεσης των υπαρχόντων επιχρισμάτων κατά μήκος του ορατού ίχνους της ρωγμής και σε πλάτος 10cm εκατέρωθεν αυτής με καλέμι και σφυρί ή με χρήση ελαφράς αερόσφυρας, ο καθαρισμός της επιφάνειας του σκυροδέματος και η απομάκρυνση των χαλαρών υλικών και της σκόνης

με τη χρήση αντλίας κενού και συρματοβουρτσας χειρός (σύμφωνα με την Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-14-01-07-01:2009 [14]), η συγκέντρωση των απορριμμάτων πάσης φύσεως που προκύπτουν και η μεταφορά τους προς την οριστική απόθεση.



Σχήμα 5-3: Διαδικασία αποκατάστασης των ρωγμών (α) μακροσκοπικά (β) λεπτομέρεια ρωγμής

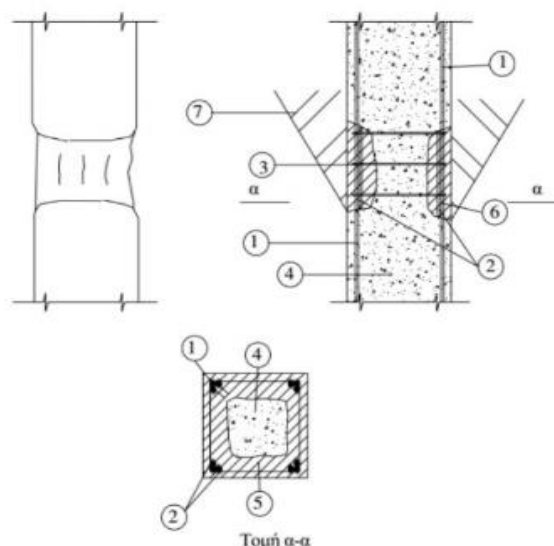
Στον Πίνακα 5-3 παρουσιάζεται η ανάλυση της τελικής τιμής (€) ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας ( $m^2$ ).

Πίνακας 5-3: Ανάλυση τιμής για αποκατάσταση 1ου επιπέδου βλαβών υποστυλώματος

Ανάλυση τιμής	€/m <sup>2</sup>
Καθαίρεση επιχρισμάτων (ΟΙΚ-2552)	6.72
Εποξειδική πάστα τύπου EPOMAX-EK της ISOMAT Τιμή εμπορίου(kg): 13.2€/kg Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 1.85kg/m <sup>2</sup> /mm πάχους στρώσης Για επίστρωση πάχους 3mm: 13.2€/kg x 1.85kg/m <sup>2</sup> /mm x 3mm =	73.26
Ενέσιμη εποξειδική ρητίνη τύπου EPOMAX-L10 της ISOMAT Τιμή εμπορίου(kg): 22.28€/kg Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 1.10kg/dm <sup>3</sup> => 1100kg/m <sup>3</sup> Για πάχος ρωγμής 10mm: 22.28€/kg x 1100kg/ m <sup>3</sup> x 0.01m =	245.08
Ρητινούχο επισκευαστικό κονίαμα τύπου DUROCRET της ISOMAT Τιμή εμπορίου(kg): 0.58€/kg Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 15kg/m <sup>2</sup> /cm πάχους στρώσης Για πάχος στρώσης 1cm : 0.58€/kg x 15kg/m <sup>2</sup> =	8.70
Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122)	16.80
Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών τοίχων για χρωματισμούς (ΟΙΚ-7735)	2.04
Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων (ΟΙΚ-7735)	4.08
Ακρυλικό μικρομοριακό ή σιλικονούχο υπόστρωμα χρωματισμών (αστάρι) (ΟΙΚ-7735)	4.02
Χρωματισμοί επί εσωτερικών επιφανειών επιχρισμάτων με χρώματα υδατικής διασποράς, ακρυλικής, συρενιοακρυλικής ή πολυβινυλικής βάσεως (ΟΙΚ-7785.1)	10.80
Εργασία σε ώρες τεχνίτη (ΕΡΓ ΑΤΟΕ003): 23.83€/h Για εργασία 1.5h: 1.5h x 23.83€/h =	35.75
Τιμή εφαρμογής	407.25

### 5.2.1.2 2<sup>ο</sup> επίπεδο βλαβών – Σημαντική τοπική βλάβη, μερική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος του υποστρώματος

Για την επισκευή υποστρώματος που έχει υποστεί τοπική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος λόγω τοπικού λυγισμού ή θραύσης των ράβδων οπλισμού, αρχικά υποστρώνονται οι δοκοί που συντρέχουν στο στοιχείο, καθαιρείται το αποδιοργανωμένο σκυρόδεμα και αποκαλύπτεται το τμήμα του οπλισμού που έχει βλαφθεί, αφαιρούνται οι υπάρχοντες συνδετήρες στην περιοχή της βλάβης και αποκόπτονται τα τμήματα των ράβδων οπλισμού που έχουν υποστεί λυγισμό ή θραύση. Στη συνέχεια τοποθετείται ο νέος οπλισμός, τοποθετούνται νέοι πυκνοί συνδετήρες και διαστρώνεται το τσιμεντοειδές, προαναμεμειγμένο 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 [13].



Σχήμα 5-4: Διαδικασία επισκευής του υποστρώματος (1) παλιό σκυρόδεμα (2) νέος οπλισμός (3) νέοι συνδετήρες (4) παλιό σκυρόδεμα (5) νέο σκυρόδεμα (7) προσωρινή υποστήλωση

Στον Πίνακα 5-4 παρουσιάζεται η ανάλυση της τελικής τιμής (€) ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας (m<sup>2</sup>).

Πίνακας 5-4: Ανάλυση τιμής για αποκατάσταση 2ου επιπέδου βλαβών υποστρώματος

Ανάλυση τιμής	€/m <sup>2</sup>
Ικρίωματα σιδηρά σωληνωτά (άρθρο ΟΙΚ-2303)	6.72
Καθαίρεση στοιχείων κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα με χρήση συνήθους κρουστικού εξοπλισμού (άρθρο ΟΙΚ-2226): 67.2€/m <sup>3</sup> Για βάθος καθαίρεσης 5cm:	3.36
Χαλύβδινοι οπλισμοί (άρθρο ΟΙΚ-3873): 1.28€/kg Για 50kg/m <sup>2</sup> πρόσθετο χαλύβδινο οπλισμό (διαμήκης και συνδετήρες):	64.00
Τσιμεντοειδές, προαναμεμειγμένο θιξοτροπικό επισκευαστικό κονίαμα τύπου MasterEmaco	116.55

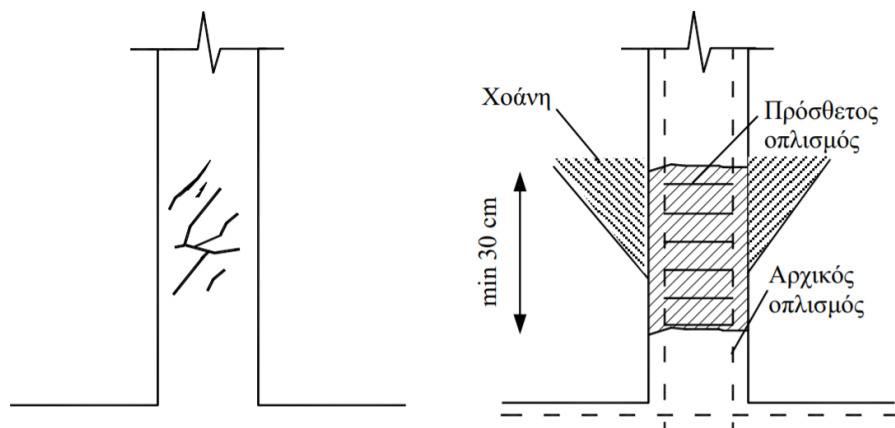
Ανάλυση τιμής	€/m <sup>2</sup>
Τιμή εμπορίου(kg): 1.26€/kg Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 18.5kg/m <sup>2</sup> /cm πάχους στρώσης Για 5cm: 1.26€/kg x 18.5kg/m <sup>2</sup> x 5cm =	
Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122)	16.80
Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών για χρωματισμούς (ΟΙΚ-7735)	2.04
Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων (ΟΙΚ-7735)	4.08
Ακρυλικό μικρομοριακό ή σιλικονούχο υπόστρωμα χρωματισμών (αστάρι) (ΟΙΚ-7735)	4.02
Χρωματισμοί επί εσωτερικών επιφανειών επιχρισμάτων με χρώματα υδατικής διασποράς, ακρυλικής, στυρενιοακρυλικής ή πολυβινυλικής βάσεως (ΟΙΚ-7785.1)	10.80
Εργασία σε ώρες τεχνίτη (ΕΡΓ ΑΤΟΕ003): 23.83€/h Για εργασία 3h: 3h x 23.83€/h =	71.49
Τιμή εφαρμογής	299.86

5.2.1.3 3<sup>ο</sup> επίπεδο βλαβών – 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 [16]:

- Υποστύλωση των δοκών που συντρέχουν στο υπόψη υποστύλωμα.
- Πλήρης καθαίρεση του αποδιοργανωμένου τμήματος του υποστρώματος σε ύψος τουλάχιστον 30 cm (Σχήμα 5-5).
- 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 [13].



Σχήμα 5-5: Αποκατάσταση υποστυλώματος με πλήρη αποδιοργάνωση του σκυροδέματος της βλαμμένης περιοχής  
 Στον Πίνακα 5-5 παρουσιάζεται η ανάλυση της τελικής τιμής (€) ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας (m<sup>2</sup>).

Πίνακας 5-5: Ανάλυση τιμής για αποκατάσταση 3ου επιπέδου βλαβών υποστυλώματος

Ανάλυση τιμής	€/m <sup>2</sup>
Ικρίωματα σιδηρά σωληνωτά (άρθρο ΟΙΚ-2303)	6.72
Καθαίρεση στοιχείων κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα με χρήση συνήθους κρουστικού εξοπλισμού (άρθρο ΟΙΚ-2226): 67.2€/m <sup>3</sup> Για βάθος καθαίρεσης 35cm:	23.52
Χαλύβδινοι οπλισμοί κατηγορίας (άρθρο ΟΙΚ-3873): 1.28€/kg Για 100kg/m <sup>2</sup> πρόσθετο χαλύβδινο οπλισμό (διαμήκης και συνδετήρες):	128.00
Τοποθέτηση ξυλοτύπου (ΟΙΚ-3811)	27.00
Διάστρωση έγχυτου σκυροδέματος (ΟΙΚ-3215): 121.2€/m <sup>3</sup> Για 35cm: 121.2€/m <sup>3</sup> x 0.35m =	42.42
Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122)	16.80
Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών για χρωματισμούς (ΟΙΚ-7735)	2.04
Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων (ΟΙΚ-7735)	4.08
Ακρυλικό μικρομοριακό ή σιλικονούχο υπόστρωμα χρωματισμών (αστάρι) (ΟΙΚ-7735)	4.02
Χρωματισμοί επί εσωτερικών επιφανειών επιχρισμάτων με χρώματα υδατικής διασποράς, ακρυλικής, στυρενιοακρυλικής ή πολυβινυλικής βάσεως (ΟΙΚ-7785.1)	10.80
Εργασία σε ώρες τεχνίτη (ΕΡΓ ΑΤΟΕ003): 23.83€/h Για εργασία 3.5h: 3.5h x 23.83€/h =	83.41
Τιμή εφαρμογής	348.81

## 5.2.2 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.

### 5.2.2.1 1<sup>ο</sup> επίπεδο βλαβών – 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 [16]. Σε αυτή την περίπτωση, χρησιμοποιείται εποξειδική πάστα τύπου EPOMAX-EK της ISOMAT για σφράγιση της ρωγμής και τοποθετούνται ακροφύσια για την εισπίεση ενέσιμης εποξειδικής ρητίνης τύπου EPOMAX-L10 της ISOMAT και κατόπιν επισκευαστικό κονίαμα ισχυρής πρόσφυσης στο σκυρόδεμα τύπου DUROCRET της ISOMAT για την αποκατάσταση του φλοιού της δοκού. Συμπεριλαμβάνονται, η διάθεση και απασχόληση του απαιτούμενου προσωπικού, εξοπλισμού για την εκτέλεση των εργασιών, η προμήθεια των υλικών και αναλώσιμων, οι εργασίες καθαίρεσης των υπαρχόντων επιχρισμάτων κατά μήκος του ορατού ίχνους της ρωγμής και σε πλάτος 10cm εκατέρωθεν αυτής με καλέμι και σφυρί ή με χρήση ελαφράς αερόσφυρας, ο καθαρισμός της επιφάνειας του σκυροδέματος και η απομάκρυνση των χαλαρών υλικών και της σκόνης με τη χρήση αντλίας κενού και συρματόβουρτσας χειρός (σύμφωνα με την Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή ΕΛΟΤ ΤΟ 1501-14-01-07-01:2009 [14]), η συγκέντρωση των απορριμμάτων πάσης φύσεως που προκύπτουν και η μεταφορά τους προς την οριστική απόθεση.

Στον Πίνακα 5-6 παρουσιάζεται η ανάλυση της τελικής τιμής (€) ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας (m<sup>2</sup>).

Πίνακας 5-6: Ανάλυση τιμής για αποκατάσταση 1ου επιπέδου βλαβών δοκού

Ανάλυση τιμής	€/m <sup>2</sup>
Καθαίρεση επιχρισμάτων (ΟΙΚ-2552)	6.72
Εποξειδική πάστα τύπου EPOMAX-EK της ISOMAT Τιμή εμπορίου(kg): 13.2€/kg Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 1.85kg/m <sup>2</sup> /mm πάχους στρώσης Για επίστρωση πάχους 3mm: 13.2€/kg x 1.85kg/m <sup>2</sup> /mm x 3mm =	73.26
Ενέσιμη εποξειδική ρητίνη τύπου EPOMAX-L10 της ISOMAT Τιμή εμπορίου(kg): 22.28€/kg Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 1.10kg/dm <sup>3</sup> => 1100kg/m <sup>3</sup> Για πάχος ρωγμής 10mm: 22.28€/kg x 1100kg/m <sup>3</sup> x 0.01m =	245.08
Ρητινούχο επισκευαστικό κονίαμα τύπου DUROCRET της ISOMAT Τιμή εμπορίου(kg): 0.58€/kg Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 15kg/m <sup>2</sup> /cm πάχους στρώσης Για πάχος στρώσης 1cm : 0.58€/kg x 15kg/m <sup>2</sup> =	8.70
Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122)	16.80
Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών για χρωματισμούς (ΟΙΚ-7735)	2.04
Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων (ΟΙΚ-7735)	4.08
Ακρυλικό μικρομοριακό ή σιλικονούχο υπόστρωμα χρωματισμών (αστάρι) (ΟΙΚ-7735)	4.02
Χρωματισμοί επί εσωτερικών επιφανειών επιχρισμάτων με χρώματα υδατικής διασποράς, ακρυλικής, συρενιοακρυλικής ή πολυβινυλικής βάσεως (ΟΙΚ-7785.1)	10.80
Εργασία σε ώρες τεχνίτη (ΕΡΓ ΑΤΟΕ003): 23.83€/h Για εργασία 1.5h: 1.5h x 23.83€/h =	35.75
Τιμή εφαρμογής	407.25

5.2.2.2 2<sup>ο</sup> επίπεδο βλαβών – Σημαντική βλάβη της δοκού με τοπική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος σε περιορισμένη έκταση

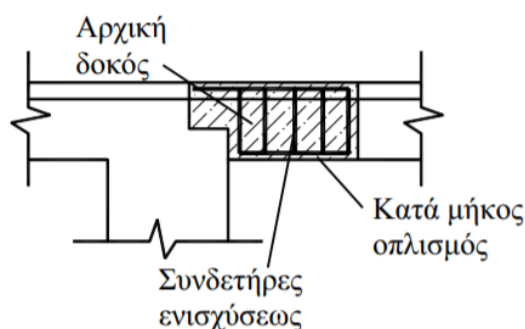
Εάν η δοκός έχει υποστεί τοπική αποδιοργάνωση του σκυροδέματος σε περιορισμένη έκταση, η διαδικασία που υιοθετείται για την επισκευή της περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα [16]:

- Υποστύλωση της δοκού.



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

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



Σχήμα 5-6: Επίσκευή δοκού με τοπική αποδιοργάνωση σκυροδέματος σε περιορισμένη έκταση

Στον Πίνακα 5-7 παρουσιάζεται η ανάλυση της τελικής τιμής (€) ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας (m<sup>2</sup>).

Πίνακας 5-7: Ανάλυση τιμής για αποκατάσταση 2ου επιπέδου βλαβών δοκού

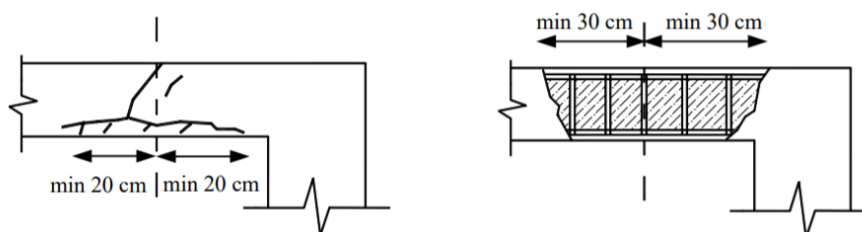
Ανάλυση τιμής	€/m <sup>2</sup>
Ικριώματα σιδηρά σωληνωτά (άρθρο ΟΙΚ-2303)	6.72
Καθαίρεση στοιχείων κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα με χρήση συνήθους κρουστικού εξοπλισμού (άρθρο ΟΙΚ-2226): 67.2€/m <sup>3</sup> Για βάθος καθαίρεσης 5cm:	3.36
Δομικό πλέγμα ή συνδετήρες ενισχύσεως (ΟΙΚ-3873): 1.21€/kg Για 50kg/m <sup>2</sup> :	60.50
Τοποθέτηση ξυλοτύπου (ΟΙΚ-3811)	27.00
Διάστρωση έγχυτου σκυροδέματος (ΟΙΚ-3215): 121.2€/m <sup>3</sup> Για 10cm: 121.2€/m <sup>3</sup> x 0.10m =	12.12
Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122)	16.80
Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών για χρωματισμούς (ΟΙΚ-7735)	2.04
Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων (ΟΙΚ-7735)	4.08
Ακρυλικό μικρομοριακό ή σιλικονούχο υπόστρωμα χρωματισμών (αστάρι) (ΟΙΚ-7735)	4.02
Χρωματισμοί επί εσωτερικών επιφανειών επιχρισμάτων με χρώματα υδατικής διασποράς, ακρυλικής, στυρενιοακρυλικής ή πολυβινυλικής βάσεως (ΟΙΚ-7785.1)	10.80
Εργασία σε ώρες τεχνίτη (ΕΡΓ ΑΤΟΕ003): 23.83€/h Για εργασία 3h: 3h x 23.83€/h =	71.49
Τιμή εφαρμογής	218.93

5.2.2.3 3<sup>ο</sup> επίπεδο βλαβών – Πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος τμήματος της δοκού που συνοδεύεται από βλάβες τόσο του διαμήκου όσο και του εγκάρσιου οπλισμού

Όταν εμφανίζεται πλήρης αποδιοργάνωση του σκυροδέματος τμήματος της δοκού που συνοδεύεται από βλάβες τόσο του διαμήκου όσο και του εγκάρσιου οπλισμού, η τεχνική που εφαρμόζεται είναι η εξής [16]:

- Υποστύλωση της δοκού.
- Καθαίρεση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος σε ολόκληρο το βλαμμένο τμήμα της δοκού και προσεκτικός καθαρισμός της εναπομένουσας διατομής.
- Έλεγχος του υπάρχοντος διαμήκου οπλισμού και ενίσχυση αυτού εάν απαιτείται.
- Απομάκρυνση των διαρρηγμένων και τοποθέτηση νέων πυκνών συνδετήρων.
- Τοποθέτηση ξυλότυπου.
- Σκυροδέτηση του καθαιρεθέντος τμήματος με έγχυτο σκυρόδεμα.

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



Σχήμα 5-7: Επισκευή δοκού με πλήρη αποδιοργάνωση σκυροδέματος

Στον Πίνακα 5-8 παρουσιάζεται η ανάλυση της τελικής τιμής (€) ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας (m<sup>2</sup>).

Πίνακας 5-8: Ανάλυση τιμής για αποκατάσταση 3ου επιπέδου βλαβών δοκού

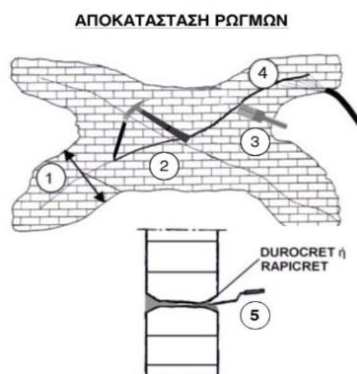
Ανάλυση τιμής	€/m <sup>2</sup>
Ικρίωματα σιδηρά σωληνωτά (άρθρο ΟΙΚ-2303)	6.72
Καθαίρεση στοιχείων κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα με χρήση συνήθους κρουστικού εξοπλισμού (άρθρο ΟΙΚ-2226): 67.2€/m <sup>3</sup> Για βάθος καθαίρεσης 30cm:	20.16
Χαλύβδινοι οπλισμοί κατηγορίας (άρθρο ΟΙΚ-3873): 1,28€/kg Για 100kg/m <sup>2</sup> πρόσθετο χαλύβδινο οπλισμό (διαμήκης και συνδετήρες):	128.00
Τοποθέτηση ξυλότυπου (ΟΙΚ-3811)	27.00
Διάστρωση έγχυτου σκυροδέματος (ΟΙΚ-3215): 121.2€/m <sup>3</sup> Για 30cm: 121.2€/m <sup>3</sup> x 0.30m =	36.36
Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122)	16.80
Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών για χρωματισμούς (ΟΙΚ-7735)	2.04
Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων (ΟΙΚ-7735)	4.08

Ακρυλικό μικρομοριακό ή σιλικονούχο υπόστρωμα χρωματισμών (αστάρι) (ΟΙΚ-7735)	4.02
Χρωματισμοί επί εσωτερικών επιφανειών επιχρισμάτων με χρώματα υδατικής διασποράς, ακρυλικής, στυρενιοακρυλικής ή πολυβινυλικής βάσεως (ΟΙΚ-7785.1)	10.80
Εργασία σε ώρες τεχνίτη (ΕΡΓ ΑΤΟΕ003): 23.83€/h Για εργασία 3.5h: 3.5h x 23.83€/h =	83.41
Τιμή εφαρμογής	339.39

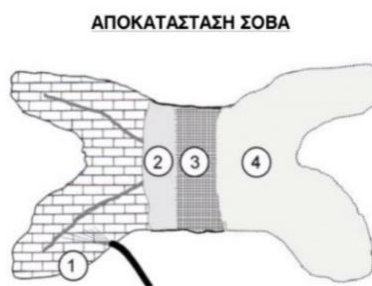
### 5.2.3 Επισκευή εξωτερικής τοιχοποιίας

5.2.3.1 1<sup>ο</sup> επίπεδο βλαβών – Αποκατάσταση απλής ρηγματώσης 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 τύπου DUROCRET της ISOMAT. Για την αποκατάσταση του σοβά γίνεται χρήση έτοιμου κονιάματος τύπου UNICRET της ISOMAT, ενισχυμένο με οικοδομική ρητίνη τύπου ADIPLAST της ISOMAT και λωρίδα υαλοπλέγματος, πλάτους όσο και του καθαιρεθέντος σοβά. Συμπεριλαμβάνεται η διάθεση και απασχόληση του απαιτούμενου προσωπικού, εξοπλισμού και μέσων για την εκτέλεση των εργασιών, η προμήθεια των υλικών και αναλώσιμων, η προετοιμασία των υλικών αν απαιτείται, οι εργασίες καθαίρεσης του επιχρίσματος και καθαρισμού της ρωγμής με πεπιεσμένο αέρα ή βούρτσα, η συγκέντρωση των απορριμμάτων πάσης φύσεως που προκύπτουν και η μεταφορά τους προς την οριστική απόθεση.



Σχήμα 5-8: Διαδικασία αποκατάστασης των ρωγμών (1) καθαίρεση επιχρίσματος γύρω από τη ρωγή (2) διεύρυνση των χειλιών των ρωγμών στην τοιχοποιία με τοπικό σπάσιμο των πλίνθων (3) καλός καθαρισμός των ρωγμών με πεπιεσμένο αέρα ή βούρτσα (4) διαβροχή του υποστρώματος (5) εισαγωγή του ρητινούχου τσιμεντοκονιάματος DUROCRET



Σχήμα 5-9: Διαδικασία αποκατάσταση του σοβά (1) καθαρισμός του υποστρώματος από χαλαρά υλικά, σκόνες κλπ και διαβροχή με νερό (2) εφαρμογή της πρώτης στρώσης του σοβά με το έτοιμο κονίαμα UNICRET, ενισχυμένο με την οικοδομική ρητίνη ADIPLAST (3) τοποθέτηση λωρίδας υαλοπλέγματος στο νωπό κονίαμα της πρώτης στρώσης (4) τελική στρώση του σοβά μετά την πήξη της πρώτης στρώσης, με το έτοιμο κονίαμα UNICRET

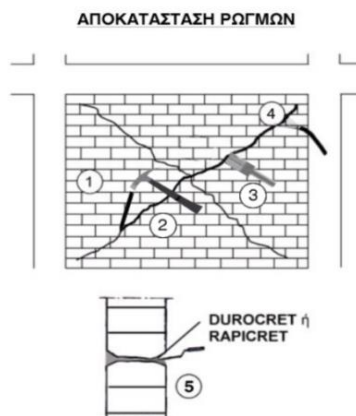
Στον Πίνακα 5-9 παρουσιάζεται η ανάλυση της τελικής τιμής (€) ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας (m<sup>2</sup>).

Πίνακας 5-9: Ανάλυση τιμής για αποκατάσταση 1ου επιπέδου βλαβών εξωτερικής τοιχοποιίας

Ανάλυση τιμής	€/m <sup>2</sup>
Ικρίωματα σιδηρά σωληνωτά (άρθρο ΟΙΚ-2303)	6.72
Καθαίρεση επιχρισμάτων (ΟΙΚ-2552)	6.72
Ρητινούχο επισκευαστικό κονίαμα τύπου DUROCRET της ISOMAT Τιμή εμπορίου(kg): 0.58€/kg Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 15kg/m <sup>2</sup> /cm πάχους στρώσης Για πάχος στρώσης 1cm : 0.58€/kg x 15kg/m <sup>2</sup> =	8.70
Κονίαμα για σοβάτισμα τύπου UNICRET της ISOMAT Τιμή εμπορίου(kg): 0.35€/kg Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 15.5kg/m <sup>2</sup> /cm πάχους στρώσης Για πάχος στρώσης 1cm : 0.35€/kg x 15.5kg/m <sup>2</sup> =	5.43
Οικοδομική ρητίνη για πολλαπλές βελτιώσεις των κονιαμάτων τύπου ADIPLAST της ISOMAT Τιμή εμπορίου(kg): 5.28€/kg Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 1kg/m <sup>2</sup> /cm πάχους στρώσης Για πάχος στρώσης 1cm : 5.28€/kg x 1kg/m <sup>2</sup> =	5.28
Υαλόπλεγμα οπλισμού σοβάδων (πλέγμα από fiberglass για ενίσχυση σοβάδων) Τιμή εμπορίου:	1.32
Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122)	16.80
Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών τοίχων για χρωματισμούς (ΟΙΚ-7735)	2.04
Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων (ΟΙΚ-7735)	4.08
Ακρυλικό μικρομοριακό ή σιλικονούχο υπόστρωμα χρωματισμών (αστάρι) (ΟΙΚ-7735)	4.02
Χρωματισμοί επιφανειών επιχρισμάτων με χρώματα υδατικής διασποράς, ακρυλικής, στυρενιοακρυλικής βάσεως (ΟΙΚ-7785.1)	12.12
Εργασία σε ώρες τεχνίτη (ΕΡΓ ΑΤΟΕ003): 23.83€/h Για εργασία 2h: 2h x 23.83€/h =	47.66
Τιμή εφαρμογής	120.89

5.2.3.2 2<sup>ο</sup> επίπεδο βλαβών – Αποκατάσταση έντονης ρηγματώσης στην εξωτερική τοιχοποιία (εύρος ρωγμών μεγαλύτερο από 1cm), αποδιοργάνωση τοιχοποιίας

Για την αποκατάσταση ενός τετραγωνικού μέτρου έντονα ρηγματωμένης τοιχοποιίας, για εύρος ρωγμών μεγαλύτερο από 1cm, χρησιμοποιείται ρητινούχο επισκευαστικό τσιμεντοκονίαμα τύπου DUROCRET της ISOMAT. Για την αποκατάσταση του σοβά γίνεται χρήση έτοιμου κονιάματος τύπου UNICRET της ISOMAT, ενισχυμένο με οικοδομική ρητίνη τύπου ADIPLAST της ISOMAT και λωρίδα υαλοπλέγματος σε όλη την επιφάνεια του σοβά. Συμπεριλαμβάνεται η διάθεση και απασχόληση του απαιτούμενου προσωπικού, εξοπλισμού και μέσων για την εκτέλεση των εργασιών, η προμήθεια των υλικών και αναλωσίμων, 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 5-10: Διαδικασία αποκατάστασης των ρωγμών (1) καθαίρεση του επιχρίσματος σε όλη την επιφάνεια της τοιχοποιίας (2) διεύρυνση των χειλίων των ρωγμών στην τοιχοποιία με τοπικό σπάσιμο των πλίνθων (3) καλός καθαρισμός των ρωγμών με πεπιεσμένο αέρα ή βούρτσα (4) διαβροχή του υποστρώματος (5) εισαγωγή του ρητινούχου τσιμεντοκονιάματος DUROCRET



Σχήμα 5-11: Διαδικασία αποκατάστασης του σοβά (1) καθαρισμός του υποστρώματος από χαλαρά υλικά, σκόνες κλπ και διαβροχή με νερό (2) εφαρμογή της πρώτης στρώσης του σοβά με το έτοιμο κονίαμα UNICRET, ενισχυμένο με την οικοδομική ρητίνη ADIPLAST (3) τοποθέτηση υαλοπλέγματος στο νωπό κονίαμα της πρώτης στρώσης σε όλη την επιφάνεια του σοβά (4) τελική στρώση του σοβά μετά την πήξη της πρώτης στρώσης, με το έτοιμο κονίαμα UNICRET

Στον Πίνακα 5-10 παρουσιάζεται η ανάλυση της τελικής τιμής (€) ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας (m<sup>2</sup>).

Πίνακας 5-10: Ανάλυση τιμής για αποκατάσταση 2ου επιπέδου βλαβών εξωτερικής τοιχοποιίας

<b>Ανάλυση τιμής</b>	<b>€/m<sup>2</sup></b>
Ικριώματα σιδηρά σωληνωτά (άρθρο ΟΙΚ-2303)	6.72
Καθαίρεση επιχρισμάτων (ΟΙΚ-2552)	6.72
Ρητινούχο επισκευαστικό κονίαμα τύπου DUROCRET της ISOMAT Τιμή εμπορίου(kg): 0.58€/kg Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 15kg/m <sup>2</sup> /cm πάχους στρώσης Για ρωγμή 4cm : 0.58€/kg x 15kg/m <sup>2</sup> x 4cm =	34.80
Κονίαμα για σοβάτισμα τύπου UNICRET της ISOMAT Τιμή εμπορίου(kg): 0.35€/kg Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 15.5kg/m <sup>2</sup> /cm πάχους στρώσης Για ρωγμή 4cm: 0.35€/kg x 15.5kg/m <sup>2</sup> x 4cm =	21.70
Οικοδομική ρητίνη για πολλαπλές βελτιώσεις των κονιαμάτων τύπου ADIPLAST της ISOMAT Τιμή εμπορίου(kg): 5.28€/kg Κατανάλωση (τεχνικό φυλλάδιο υλικού): 1kg/m <sup>2</sup> /cm πάχους στρώσης	21.12

Ανάλυση τιμής	€/m <sup>2</sup>
Για ρωγμής 4cm: 5.28€/kg x 1kg/m <sup>2</sup> x 4cm =	
Υαλόπλεγμα οπλισμού σοβάδων (πλέγμα από fiberglass για ενίσχυση σοβάδων) Τιμή εμπορίου:	1.32
Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122)	16.80
Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών τοίχων για χρωματισμούς (ΟΙΚ-7735)	2.04
Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων (ΟΙΚ-7735)	4.08
Ακρυλικό μικρομοριακό ή σιλικονούχο υπόστρωμα χρωματισμών (αστάρι) (ΟΙΚ-7735)	4.02
Χρωματισμοί επιφανειών επιχρισμάτων με χρώματα υδατικής διασποράς, ακρυλικής, στυρενιοακρυλικής βάσεως (ΟΙΚ-7785.1)	12.12
Εργασία σε ώρες τεχνίτη (ΕΡΓ ΑΤΟΕ003): 23.83€/h Για εργασία 2,5h: 2,5h x 23.83€/h =	59.58
Τιμή εφαρμογής	191.02

5.2.3.3 3<sup>ο</sup> επίπεδο βλαβών – 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 [15]). Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή ώστε να μην δημιουργούνται συνεχείς κατακόρυφοι αρμοί. Οι απαιτούμενες εργασίες παρουσιάζονται παρακάτω στην ανάλυση τιμής, στον Πίνακα 5-11.

Πίνακας 5-11: Ανάλυση τιμής για αποκατάσταση 3ου επιπέδου βλαβών εξωτερικής τοιχοποιίας

Ανάλυση τιμής	€/m <sup>2</sup>
Ικριώματα σιδηρά σωληνωτά (άρθρο ΟΙΚ-2303)	6.72
Καθαίρεση πλινθοδομών με χρήση συνήθους κρουστικού εξοπλισμού (ΟΙΚ-2226): 33.6€/m <sup>3</sup> Για πάχος εξωτερικής τοιχοποιίας 30cm:	10.08
Οπτοπλινθοδομές με διάκενους τυποποιημένους οπτόπλινθους 9x12x19 cm, πάχους 1 πλίνθου, μπατικοί τοίχοι (ΟΙΚ-4664.1)	40.20
Γραμμικά διαζώματα (σενάζ) μπατικών τοίχων (ΟΙΚ-3213)	23.64
Ενισχύσεις τοιχοδομών με συνδετικό πλέγμα (ΥΔΡ-6630.1)	3.12
Αρμολογήματα όψεων πλινθοδομών παντός τύπου (ΟΙΚ-7104)	20.16
Επιχρίσματα τριπτά ή πατητά με τσιμεντοκονίαμα (ΟΙΚ-7122)	16.80
Προετοιμασία επιχρισμένων επιφανειών τοίχων για χρωματισμούς (ΟΙΚ-7735)	2.04
Σπατουλάρισμα προετοιμασμένων επιφανειών επιχρισμάτων (ΟΙΚ-7735)	4.08
Ακρυλικό μικρομοριακό ή σιλικονούχο υπόστρωμα χρωματισμών (αστάρι) (ΟΙΚ-7735)	4.02
Χρωματισμοί επιφανειών επιχρισμάτων με χρώματα υδατικής διασποράς, ακρυλικής, στυρενιοακρυλικής βάσεως (ΟΙΚ-7785.1)	12.12
Εργασία σε ώρες τεχνίτη (ΕΡΓ ΑΤΟΕ003): 23.83€/h Για εργασία 3.5h: 3.5h x 23.83€/h =	83.41
Τιμή εφαρμογής	226.39

### 5.3 Εκτίμηση απωλειών (PACT)

Η εκτίμηση των χρηματοοικονομικών απωλειών, που είναι πιθανόν να εμφανιστούν στην κατασκευή εξαιτίας μιας σεισμικής δράσης, επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του λογισμικού Performance Assessment Calculation Tool (PACT) [20] που ανέπτυξε η FEMA στα πλαίσια της σειράς οδηγιών P-58, η οποία παρέχει υλικό για την εκτίμηση της σεισμικής συμπεριφοράς κτιρίων.

Αρχικά, εισάγονται στο λογισμικό ως δεδομένα ο αριθμός των ορόφων, το ύψος (9.8425 ft) και το εμβαδόν κάθε ορόφου (3588,272 ft<sup>2</sup>) (σε πόδια, ft, και τετραγωνικά πόδια, ft<sup>2</sup>, αντίστοιχα), το κόστος πλήρους αντικατάστασης του κτιρίου και το κόστος αντικατάστασης του κελύφους του (σε δολάρια, \$) όπως και ένα «κατώφλι» συνολικών απωλειών που ορίζεται ίσο με ένα ποσοστό του κόστους πλήρους αντικατάστασης. Πιο συγκεκριμένα, το κόστος αντικατάστασης του κελύφους-σκελετού της κατασκευής, που σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα εκτιμάται να είναι ίσο με 1500€/m<sup>2</sup> (αυτό είναι τιμή κατασκευής), πολλαπλασιασμένο με το συνολικό εμβαδόν καλυμμένης επιφάνειας του κτιρίου (οι επιφάνεια των εξωστών δε λαμβάνεται υπόψιν), ισούται με 3.000.240€ και ίδια τιμή ορίζεται και για το κόστος πλήρους αντικατάστασης του κτιρίου. Πρέπει να σημειωθεί ότι, επειδή την περίοδο κατά την οποία διεξάγεται η μελέτη της συγκεκριμένης κατασκευής, η ισοτιμία μεταξύ ευρώ και αμερικάνικου δολαρίου είναι πολύ κοντά, λαμβάνεται η ίδια τιμή κόστους και σε αμερικάνικα δολάρια (\$). Τέλος, το «κατώφλι» συνολικών απωλειών λαμβάνεται ίσο με το 60% του συνολικού κόστους αντικατάστασης του κτιρίου και συσχετίζει το κόστος επισκευής του κτιρίου με το κόστος αντικατάστασης θέτοντας ένα άνω όριο που ορίζει εάν τελικά συμφέρει να γίνει επισκευή ή αντικατάσταση του κτιρίου. Έτσι, στην προκειμένη περίπτωση, αν το κόστος επισκευής λάβει τιμή ίση ή μικρότερη του 60% του κόστους αντικατάστασης τότε συμφέρει η πραγματοποίησή της, διαφορετικά προτιμάται η αντικατάσταση του κτιρίου.

Στη συνέχεια, εισάγονται οι κατηγορίες και οι ποσότητες [19] των δομικών και μη δομικών στοιχείων της κατασκευής, για τις δύο διευθύνσεις, όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-12. Στα δομικά στοιχεία που εισήχθησαν ως δεδομένα από τις βιβλιοθήκες του προγράμματος συμπεριλήφθηκαν τα ειδικά πλαίσια ροπής (SMF – Special Moment Frame) με μία ή δύο συντρέχουσες δοκούς σε αυτά, η εξωτερική τοιχοποιία και τα τοιχώματα ενώ στα μη δομικά στοιχεία της συμπεριλήφθηκαν ο ανελκυστήρας, οι σωληνώσεις ζεστού και κρύου νερού και οι ηλεκτρικές καλωδιώσεις. Πρέπει να σημειωθεί ότι, επειδή το PACT αποτελεί ένα αμερικάνικο λογισμικό, τα δεδομένα που περιέχει για τα δομικά και μη δομικά στοιχεία κατασκευών και τα αντίστοιχα κόστη επισκευής τους ακολουθούν στοιχεία και πληροφορίες που αφορούν τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Γι' αυτό το λόγο, προκειμένου το παραγόμενο αποτέλεσμα να προσεγγίζει όσο το δυνατόν περισσότερο τα ελληνικά δεδομένα, έγιναν ορισμένες αλλαγές στα κόστη επισκευών στις βιβλιοθήκες του προγράμματος, σύμφωνα με όσα προαναφέρθηκαν στο υποκεφάλαιο 5.2, όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 5-13, Πίνακα 5-14 και Πίνακα 5-15.

Πίνακας 5-12: Δομικά και μη δομικά στοιχεία που εισήχθησαν στο PACT

Κωδικός κατηγορίας	Περιγραφή κατηγορίας	Ποσότητα κατά τη διεύθυνση Χ		Ποσότητα κατά τη διεύθυνση Υ	
		Πάτωμα 1-2	Πάτωμα 3-7	Πάτωμα 1-2	Πάτωμα 3-7
B1041.001a	ACI 318 SMF, Conc Col & Bm = 24" x 24", Beam one side	7	9	10	10
B1041.001b	ACI 318 SMF, Conc Col & Bm = 24" x 24", Beam both sides	12	9	11	11

Κωδικός κατηγορίας	Περιγραφή κατηγορίας	Ποσότητα κατά τη διεύθυνση Χ		Ποσότητα κατά τη διεύθυνση Υ	
		Πάτωμα 1-2	Πάτωμα 3-7	Πάτωμα 1-2	Πάτωμα 3-7
B1044.071c	Low rise reinforced concrete walls with boundary columns, 8" to 16" thick, height <15'	4	4	9	9
B2011.301	Masonry walls that are plastered and painted	126.22	126.22	103.14	103.14
D1014.011	Traction Elevator – Applies to most California Installations 1976 or later, most western states installations 1982 or later and most other U.S. installations 1998 or later	0.73	0.73	0.73	0.73
D2021.011a	Cold or Hot Potable – Small Diameter Threaded Steel – (2.5 inches in diameter or less), SDC A or B, PIPING FRAGILITY	0.38	0.38	0.38	0.38
D5012.031a	Distribution Panel – Capacity: 100 to <350 Amp – Unanchored equipment that is not vibration isolated – Equipment fragility only	0.5	0.5	0.5	0.5

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι ποσότητες της εξωτερικής τοιχοποιίας για τις δύο διευθύνσεις υπολογίστηκαν για κάθε 10 ft<sup>2</sup> όψης τοιχοποιίας.



Πίνακας 5-13: Τιμές εφαρμογής επισκευών ανά επίπεδο βλάβης υποστυλωμάτων

Επίπεδο βλάβης	Διεύθυνση X και Y	
	Average Repair Cost for Lower Quantity of Repairs (€)	Average Repair Cost for Upper Quantity of Repairs (€)
Απλή ρηγμάτωση, επισκευή πλήρωση ρωγμών εύρους μικρότερου των 3mm	586.44	410.51
Σημαντική τοπική βλάβη, μερική αποδιοργάνωση σκυροδέματος του υποστυλώματος	431.80	302.26
Σοβαρή βλάβη με πλήρη αποδιοργάνωση σκυροδέματος του υποστυλώματος	502.29	351.60

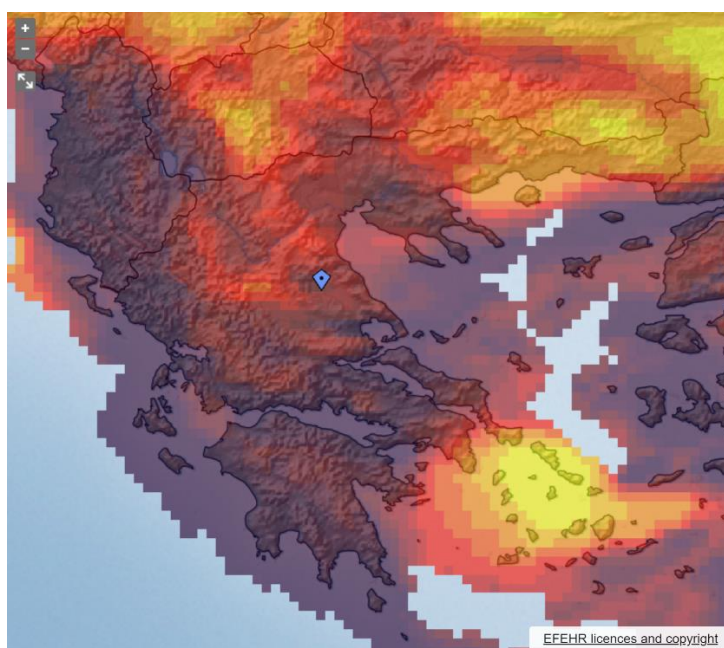
Πίνακας 5-14: Τιμές εφαρμογής επισκευών ανά επίπεδο βλάβης τοιχωμάτων (για 27.125 ft<sup>2</sup>)

Επίπεδο βλάβης	Διεύθυνση X και Y	
	Average Repair Cost for Lower Quantity of Repairs (€)	Average Repair Cost for Upper Quantity of Repairs (€)
Απλή ρηγμάτωση	1026.27	718.39
Σημαντική τοπική βλάβη, μερική αποδιοργάνωση σκυροδέματος	755.65	528.96
Σοβαρή βλάβη με πλήρη αποδιοργάνωση σκυροδέματος	879	615.30

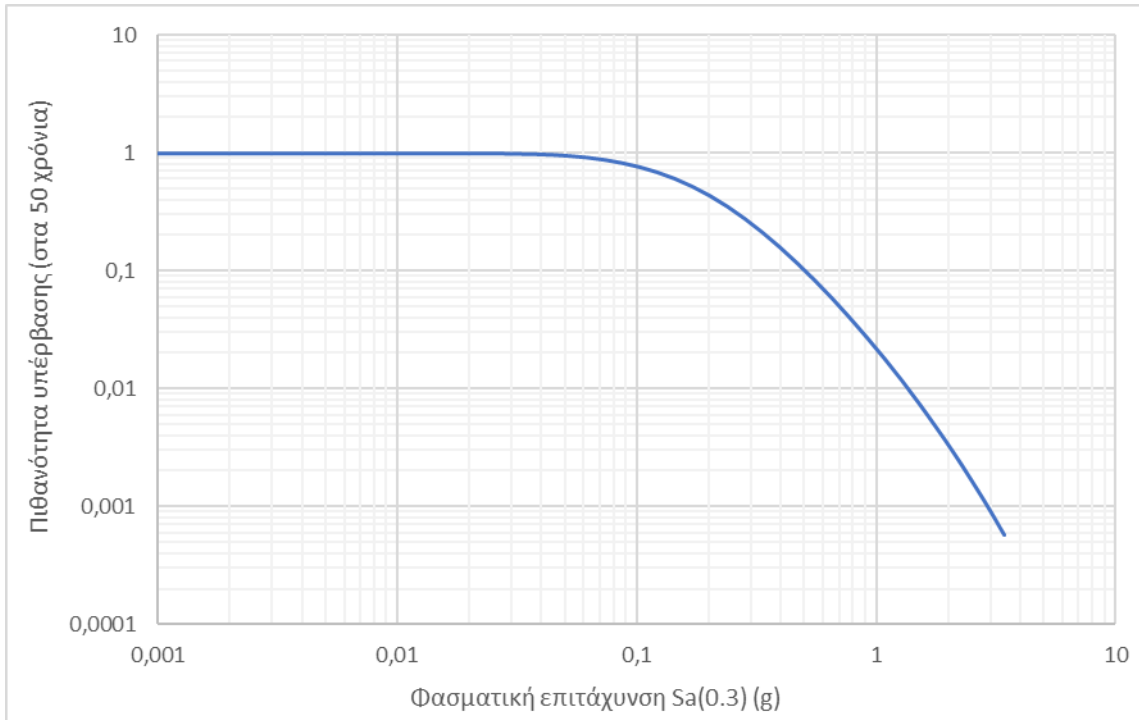
Πίνακας 5-15: Τιμές εφαρμογής επισκευών ανά επίπεδο βλάβης εξωτερικής τοιχοποιίας 2<sup>ου</sup> – 6<sup>ου</sup> πατώματος (για 10 ft<sup>2</sup> όψης τοιχοποιίας)

Επίπεδο βλάβης	Διεύθυνση X και Y	
	Average Repair Cost for Lower Quantity of Repairs (€)	Average Repair Cost for Upper Quantity of Repairs (€)
Αποκατάσταση απλής ρηγμάτωσης στην εξωτερική τοιχοποιία	112.31	78.62
Αποκατάσταση έντονης ρηγμάτωσης στην εξωτερική τοιχοποιία, αποδιοργάνωση τοιχοποιίας	177.46	124.22
Ανακατασκευή εξωτερικής τοιχοποιίας	210.32	147.22

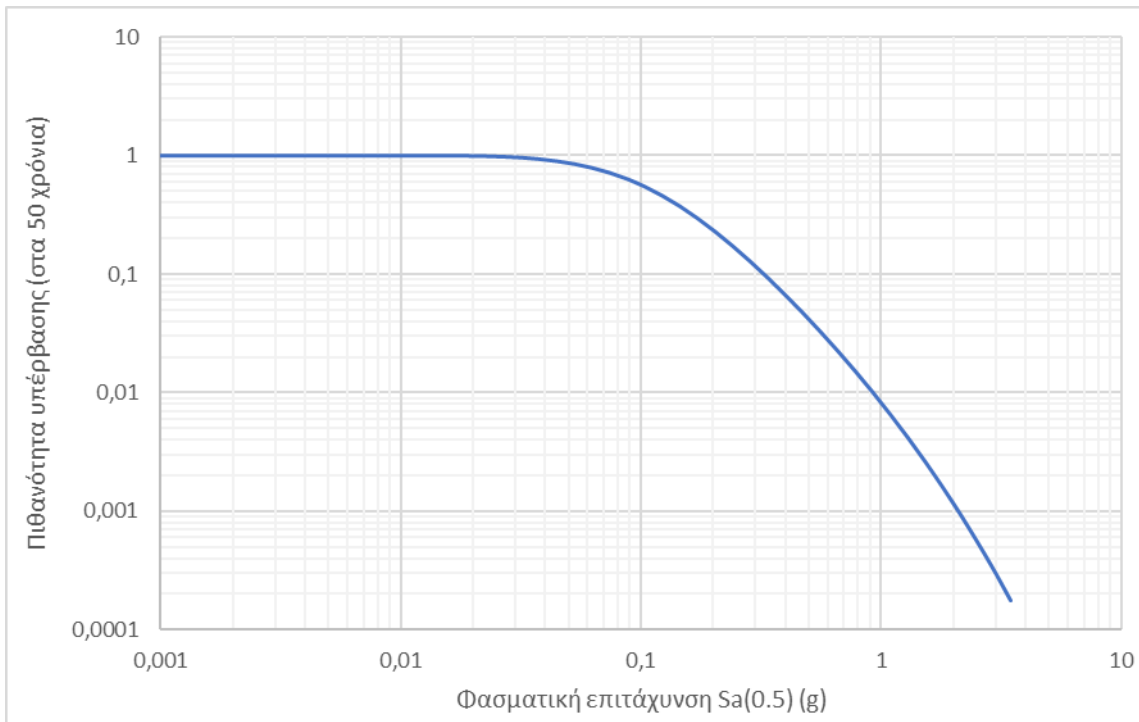
Έπειτα, αφού έγινε η εισαγωγή των δομικών και μη δομικών στοιχείων της κατασκευής καθώς και των αντίστοιχων τιμών επισκευών τους για τα διάφορα επίπεδα βλαβών, ορίζονται τέσσερα επίπεδα σεισμικής έντασης. Αυτά αφορούν τις περιπτώσεις φασματικών επιταχύνσεων ( $S_a$ ) που αντιστοιχούν σε πιθανότητες υπέρβασης 50%, 10%, 2% και στην πιθανότητα υπέρβασης που αντιστοιχεί στο σεισμικό φαινόμενο το οποίο προκαλεί την πρώτη διατμητική αστοχία στην κατασκευή, και η οποία είναι ίση με 30,4%. Επιπλέον, για τα επίπεδα σεισμικής έντασης υπολογίζονται οι σχετικές στροφές των ορόφων (Story Drift Ratio) καθώς και οι μέγιστες επιταχύνσεις αυτών (Peak Floor Acceleration), που χρειάζονται ως δεδομένα για τα δομικά και μη δομικά στοιχεία της κατασκευής, αντίστοιχα. Για τον προσδιορισμό αυτών των τιμών, χρησιμοποιήθηκαν οι καμπύλες επικινδυνότητας (hazard curves), όπως αυτές προκύπτουν από τη βάση δεδομένων των European Facilities for Earthquake Hazard and Risk (EFEHR), για την ακριβή τοποθεσία του υπό μελέτη κτιρίου (Σχήμα 5-12) και με την προσαρμογή τους στη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο του ( $T_1=0.472$  sec). Ειδικότερα, μέσω των δεδομένων EFEHR λήφθηκαν οι καμπύλες επικινδυνότητας για τις ιδιοπεριόδους 0.3 sec (Σχήμα 5-13) και 0.5 sec (Σχήμα 5-14) και στη συνέχεια μέσω γραμμικής παρεμβολής των λογαρίθμων των τιμών αυτών παράχθηκε η αντίστοιχη καμπύλη για την ακριβή ιδιοπερίοδο της κατασκευής. Πρέπει να σημειωθεί ότι, κατάλληλη προσαρμογή των δεδομένων έγινε και στον τύπο του εδάφους, καθώς τα δεδομένα που λαμβάνονται από EFEHR αφορούν έδαφος κατηγορίας A ενώ το έδαφος στο οποίο εδράζεται η κατασκευή που εξετάζεται είναι κατηγορίας Γ. Τελικά, η καμπύλη επικινδυνότητας του κτιρίου που παράγεται φαίνεται στο Σχήμα 5-15 και στον Πίνακα 5-16 συνοψίζονται τα τέσσερα σενάρια σεισμικής έντασης μαζί με τη φασματική επιτάχυνση ( $S_a$ ) και τη μέση ετήσια συχνότητα υπέρβασης (Mean Annual Frequency of Exceedance, MAFE), που τους αντιστοιχεί.



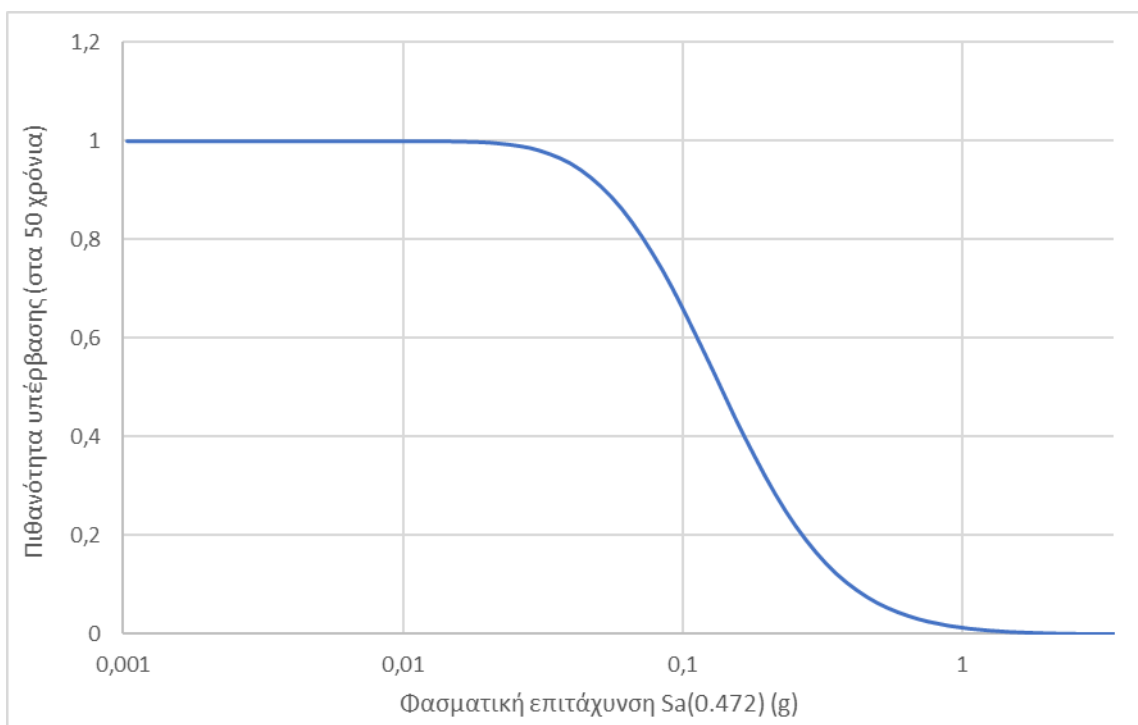
Σχήμα 5-12: Ακριβής τοποθεσία υπό μελέτη κατασκευής στο χάρτη σεισμικής επικινδυνότητας του EFEHR [21].



Σχήμα 5-13: Καμπύλη επικινδυνότητας για T=0.3 sec και έδαφος κατηγορίας A



Σχήμα 5-14: Καμπύλη επικινδυνότητας για T=0.5 sec και έδαφος κατηγορίας A



Σχήμα 5-15: Καμπύλη επικινδυνότητας για  $T=0.472$  sec και έδαφος κατηγορίας Γ

Πίνακας 5-16: Τιμές φασματικής επιτάχυνσης και μέσης ετήσιας συχνότητας υπέρβασης για κάθε σενάριο σεισμικής έντασης

Σενάριο σεισμικής έντασης	Φασματική επιτάχυνση ( $S_a(T)$ ) (g)	Μέση Ετήσια Συχνότητα Υπέρβασης (MAFE)
50% στα 50 χρόνια	0.137	0.01386
30.4% στα 50 χρόνια (1 <sup>η</sup> διατμητική αστοχία)	0.206	0.00725
10% στα 50 χρόνια	0.404	0.00211
2% στα 50 χρόνια	0.856	0.00040

Επιπλέον, στα δεδομένα που εισάγονται στο PACT συμπεριλαμβάνονται οι τιμές των μέγιστων στροφών κάθε ορόφου, που αφορούν τα δομικά στοιχεία της κατασκευής, καθώς και οι τιμές των μέγιστων επιταχύνσεων κάθε ορόφου, που αφορούν τα μη δομικά στοιχεία της. Ειδικότερα, η μέγιστη στροφή κάθε ορόφου λαμβάνεται από τα αποτελέσματα την ανάλυσης pushover μέσω του λογισμικού Seisobuild, όπου οι τιμές που αφορούν τη διεύθυνση 1 λαμβάνονται από τον τύπο ανάλυσης «Ιδιομορφική +X+eccY» ενώ αυτές που αφορούν τη διεύθυνση 2 από τον τύπο «Ιδιομορφική +Y+eccX». Οι μέγιστες επιταχύνσεις των ορόφων υπολογίζονται όπως περιγράφεται στα βοηθήματα του PACT, Volume 1 [17] και Volume 2 [18]. Οι τιμές που χρησιμοποιήθηκαν τελικά συνοψίζονται στον Πίνακα 5-17, Πίνακας 5-18, Πίνακας 5-19 και Πίνακας 5-20.

Πίνακας 5-17: Τιμές μέγιστης στρωφής ορόφων για τα δομικά στοιχεία της κατασκευής, για τη διεύθυνση 1

Αριθμός ορόφου	Σενάριο σεισμικής έντασης			
	50% στα 50 χρόνια	30.4% στα 50 χρόνια	10% στα 50 χρόνια	2% στα 50 χρόνια
1	0.00079	0.00120	0.00251	0.00635
2	0.00139	0.00209	0.00423	0.00932
3	0.00152	0.00227	0.00457	0.00982
4	0.00140	0.00209	0.00413	0.00841
5	0.00115	0.00171	0.00326	0.00622
6	0.00083	0.00118	0.00213	0.00391

Πίνακας 5-18: Τιμές μέγιστης στρωφής ορόφων για τα δομικά στοιχεία της κατασκευής, για τη διεύθυνση 2

Αριθμός ορόφου	Σενάριο σεισμικής έντασης			
	50% στα 50 χρόνια	30.4% στα 50 χρόνια	10% στα 50 χρόνια	2% στα 50 χρόνια
1	0.00051	0.00077	0.00155	0.00421
2	0.00091	0.00135	0.00269	0.00642
3	0.00101	0.00149	0.00297	0.00690
4	0.00095	0.00142	0.00282	0.00632
5	0.00080	0.00120	0.00235	0.00505
6	0.00060	0.00092	0.00167	0.00341

Πίνακας 5-19: Τιμές μέγιστης επιτάχυνσης ορόφων για τα μη δομικά στοιχεία της κατασκευής, για τη διεύθυνση 1

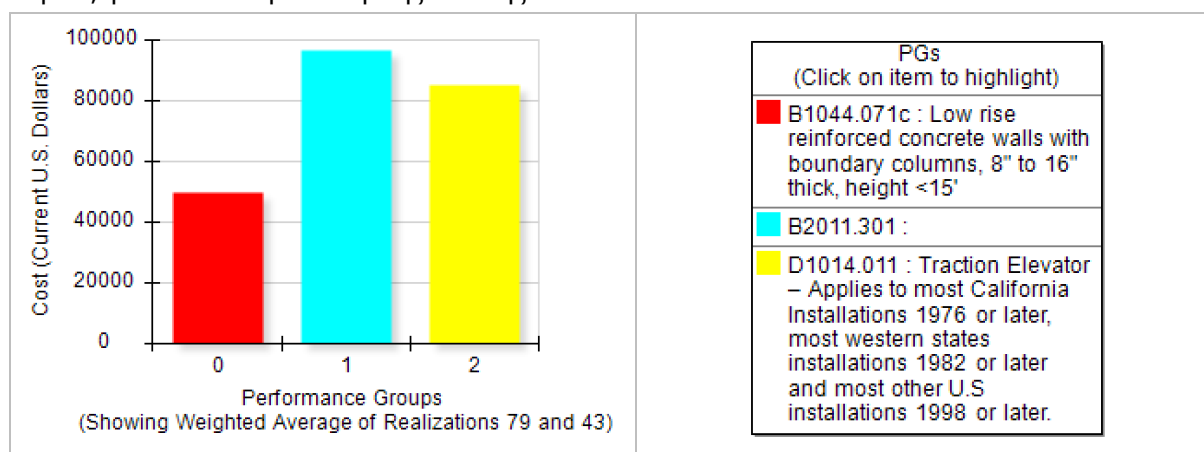
Αριθμός πατώματος	Σενάριο σεισμικής έντασης			
	50% στα 50 χρόνια	30.4% στα 50 χρόνια	10% στα 50 χρόνια	2% στα 50 χρόνια
1	0.055	0.082	0.162	0.343
2	0.094	0.138	0.260	0.501
3	0.094	0.139	0.261	0.503
4	0.097	0.144	0.271	0.521
5	0.104	0.154	0.290	0.558
6	0.115	0.170	0.320	0.616
7	0.131	0.194	0.365	0.702

Πίνακας 5-20: Τιμές μέγιστης επιτάχυνσης ορόφων για τα μη δομικά στοιχεία της κατασκευής, για τη διεύθυνση 2

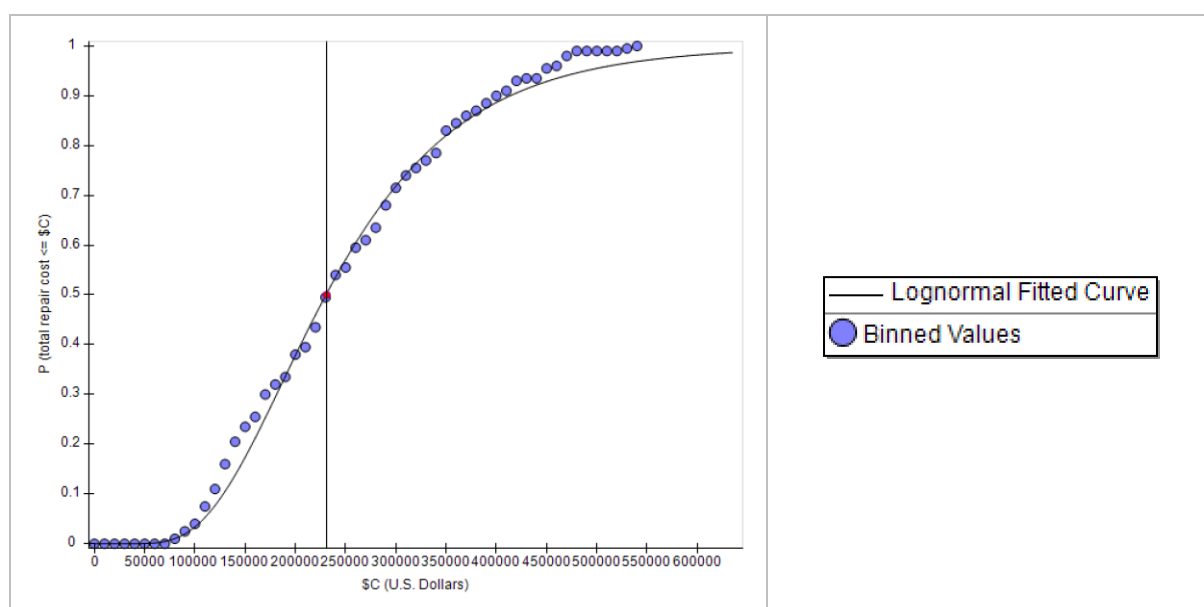
Αριθμός πατώματος	Σενάριο σεισμικής έντασης			
	50% στα 50 χρόνια	30.4% στα 50 χρόνια	10% στα 50 χρόνια	2% στα 50 χρόνια
1	0.055	0.082	0.162	0.343
2	0.095	0.141	0.267	0.521
3	0.095	0.141	0.268	0.523

Αριθμός πατώματος	Σενάριο σεισμικής έντασης			
	50% στα 50 χρόνια	30.4% στα 50 χρόνια	10% στα 50 χρόνια	2% στα 50 χρόνια
4	0.099	0.147	0.278	0.542
5	0.106	0.157	0.297	0.580
6	0.117	0.173	0.328	0.640
7	0.133	0.197	0.374	0.730

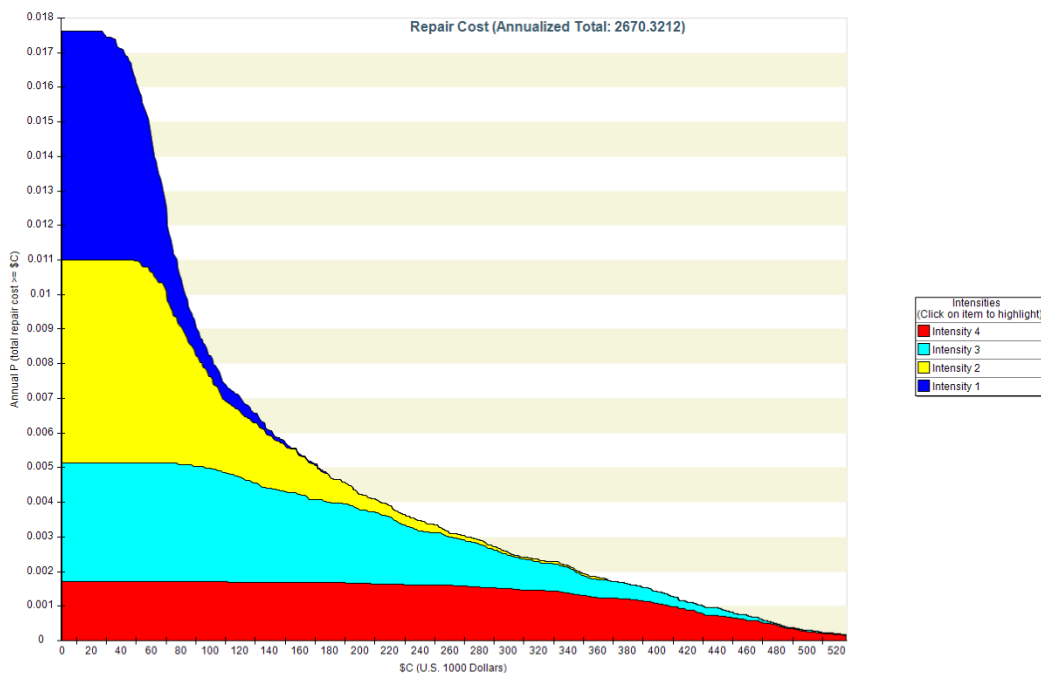
Τελικά, το λογισμικό PACT FEMA P-58 παράγει για κάθε ένα από τα σενάρια σεισμικής έντασης που ορίστηκαν ως δεδομένα, διαγράμματα σχετικά με το ποια δομικά και μη δομικά στοιχεία της κατασκευής συμμετέχουν στο τελικό κόστος επισκευής και σε τι ποσοστό (Σχήμα 5-16), με το ενδιάμεσο συνολικό εκτιμώμενο κόστος επισκευής (Σχήμα 5-17) και με το μέσο ετήσιο πιθανό κόστος επισκευών (Σχήμα 5-18). Ενδεικτικά, στα παρακάτω Σχήματα παρουσιάζονται τα διαγράμματα αυτά για την περίπτωση του 3<sup>ου</sup> σεναρίου σεισμικής έντασης, δηλαδή το 10% στα 50 χρόνια. Επιπλέον, στον Πίνακα 5-21 συνοψίζονται τα ενδιάμεσα κόστη επισκευής ως ποσοστά του συνολικού κόστους αντικατάστασης του κτιρίου, για κάθε σενάριο σεισμικής έντασης.



Σχήμα 5-16: Συμμετοχή δομικών και μη δομικών στοιχείων στο τελικό κόστος επισκευής (3<sup>ο</sup> σενάριο σεισμικής έντασης)



Σχήμα 5-17: Ενδιάμεσο συνολικό εκτιμώμενο κόστος επισκευής (\$) (3<sup>ο</sup> σενάριο σεισμικής έντασης)



Σχήμα 5-18: Μέσο ετήσιο πιθανό κόστος επισκευών (\$)

Πίνακας 5-21: Ενδιάμεσο συνολικό κόστος επισκευής ως ποσοστό επί του συνολικού κόστους αντικατάστασης, για κάθε σενάριο σεισμικής έντασης

Σενάριο σεισμικής έντασης	Ενδιάμεσο συνολικό κόστος επισκευών (\$)	Ποσοστό επί του συνολικού κόστους αντικατάστασης κτιρίου (%)
50% στα 50 χρόνια	63750	2.1
30.4% στα 50 χρόνια	94500	3.2
10% στα 50 χρόνια	231111.11	7.7
2% στα 50 χρόνια	422727.27	14.1

Από το Σχήμα 5-16 και το Σχήμα 5-17, διαπιστώνεται ότι για το σενάριο που αντιστοιχεί σε πιθανότητα υπέρβασης του σεισμικού φαινομένου 10% στα 50 χρόνια, το ενδιάμεσο συνολικό επισκευαστικό κόστος φτάνει περίπου τα 230.000\$ και σε αυτό το κόστος τη μεγαλύτερη συμμετοχή έχει η τοιχοποιία με 98.000\$, ακολουθεί το ασανσέρ με 82.000\$ και στη συνέχεια τα τοιχώματα με 50.000\$. Τέλος, σύμφωνα με το Σχήμα 5-18 προκύπτει ότι το μέσο ετήσιο πιθανό κόστος επισκευών ισούται με 2670.32\$, το οποίο αντιστοιχεί σε 8.9% του συνολικού κόστους αντικατάστασης του κτιρίου. Βέβαια, το ετήσιο κόστος κρίνεται πως είναι αρκετά χαμηλό με αποτέλεσμα το υπό μελέτη κτίριο να παρουσιάζει σημαντική πιθανότητα δομικών και υλικών ζημιών.





## 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία εξετάστηκε ένα εξαώροφο υφιστάμενο κτίριο οπλισμένου σκυροδέματος, κατασκευασμένο το 2001 στην πόλη της Λάρισας. Αρχικά, εφαρμόστηκε ο Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος, οι Δευτεροβάθμιοι Προσεισμικοί Έλεγχοι με τις μεθόδους του Σ. Δρίτσου και Ε. Βουγιούκα και διενεργήθηκε Τριτοβάθμιος Έλεγχος σύμφωνα με τις διατάξεις του ΚΑΝ.ΕΠΕ. Έπειτα, εντοπίστηκαν οι αστοχίες της κατασκευής και προτάθηκε μέθοδος ενίσχυσης με υφάσματα FRP και μανδύα σκυροδέματος. Τέλος, έγινε έλεγχος τρωτότητας της κατασκευής, διερευνήθηκαν τα κόστη επισκευών μελών σύμφωνα με τις αντίστοιχες τεχνικές προδιαγραφές και εκτελέστηκε οικονομοτεχνική μελέτη για την εκτίμηση του μέσου ετήσιου πιθανού κόστους επισκευών του κτιρίου. Έτσι, αφού εφαρμόστηκαν τα παραπάνω προέκυψαν ορισμένα συμπεράσματα, τα οποία παρατίθενται στη συνέχεια.

- Από τον Πρωτοβάθμιο Προσεισμικό Έλεγχο προέκυψε ότι το υπό μελέτη κτίριο κατατάσσεται στη χαμηλή κατηγορία προτεραιότητας περαιτέρω ελέγχου.
- Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των τεμνουσών αντίστασης που προέκυψαν από το Δευτεροβάθμιο Προσεισμικό Έλεγχο (Σ. Δρίτσος), τη μέθοδο ταχείας αποτίμησης του Ε. Βουγιούκα και τον Τριτοβάθμιο Έλεγχο παρατηρήθηκε ότι οι δύο μέθοδοι δευτεροβάθμιου ελέγχου εκτιμούν υψηλότερη σεισμική ικανότητα σε σχέση με αυτή του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.).
- Από τους ελέγχους που διενεργήθηκαν βάσει των διατάξεων του ΚΑΝ.ΕΠΕ., εντοπίστηκαν αστοχίες μόνο σε τοιχώματα του κτιρίου, ψαθυρής μορφής.
- Μέσω της σύγκρισης των μεθόδων ενίσχυσης με δύο διαφορετικούς τύπους υφασμάτων FRP διαπιστώθηκε η ανάγκη διπλάσιας ποσότητας στρώσεων υφάσματος τύπου SikaWrapB Hex 103C σε σχέση με την αντίστοιχη ποσότητα που απαιτούνταν από το ύφασμα τύπου SikaWrapB-900C ώστε να επιτευχθεί σχεδόν ίδια διατμητική ικανότητα τοιχωμάτων, μεταξύ των δύο περιπτώσεων.
- Χρειάστηκε προσθήκη μανδύα σκυροδέματος σε υποσύλωμα του 1<sup>ου</sup> ορόφου για την ανακατανομή της δυσκαμψίας στον όροφο, προκειμένου στα τοιχώματα W16, W29 και W33 να μην είναι καθοριστική της διατμητικής ικανότητας τους η τέμνουσα αντοχής σε ολίσθηση,  $V_{R,SLS}$ .
- Σύμφωνα με την οικονομοτεχνική μελέτη που πραγματοποιήθηκε, προέκυψε σχετικά υψηλές ετήσιες οικονομικές απώλειες για τον εξαώροφο υπό μελέτη φορέα.

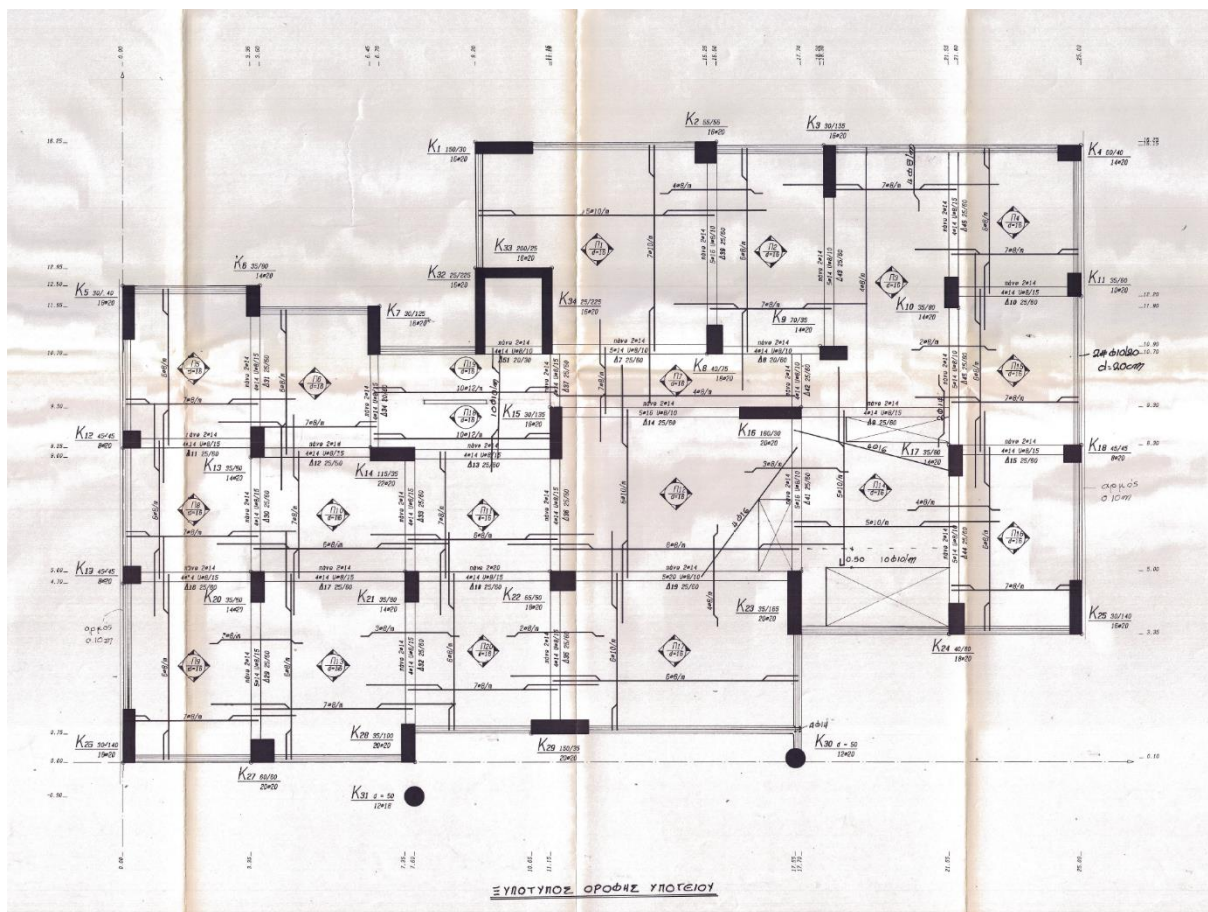


## 7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

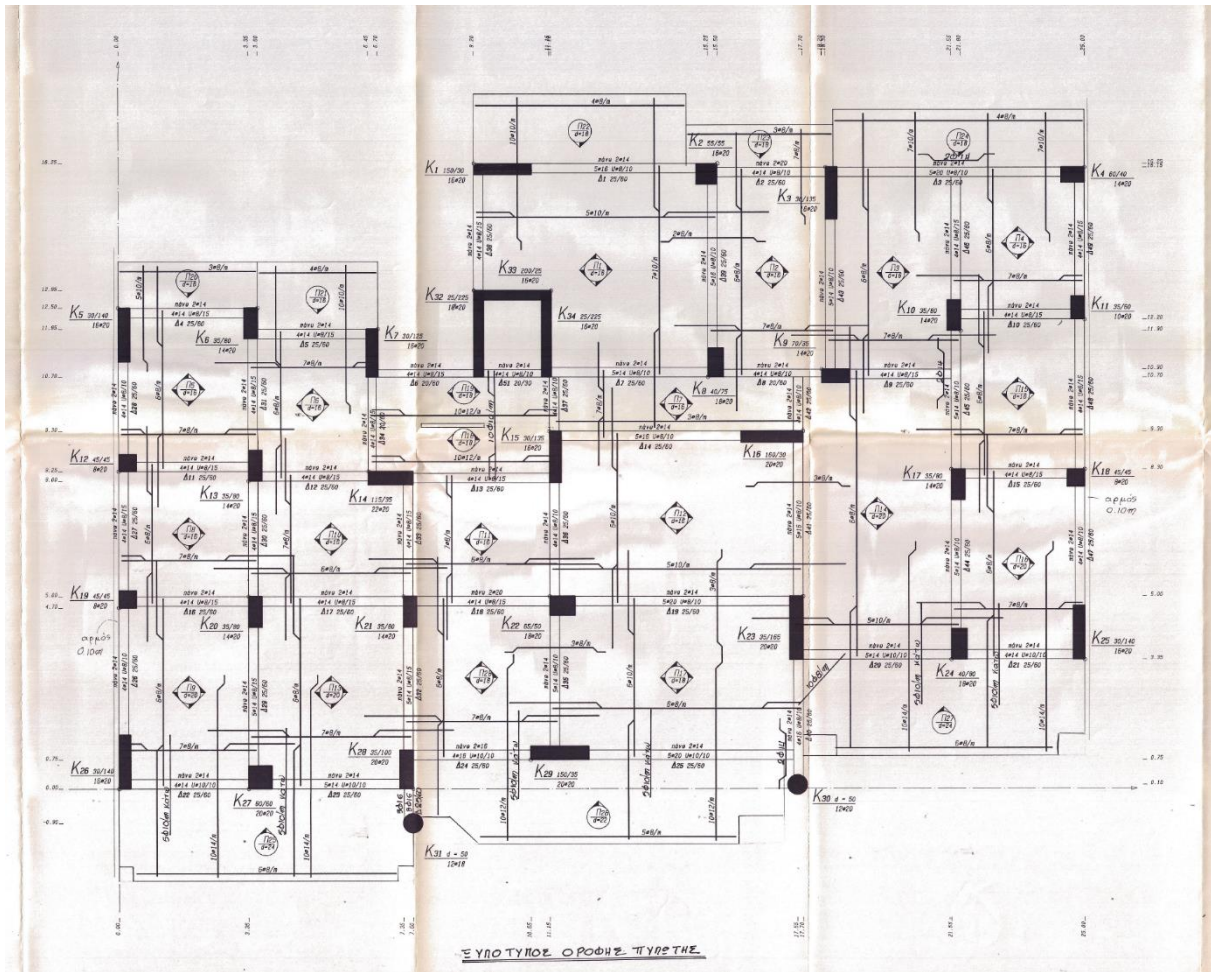
1. Δρίτσος Σ. (2018), «Πρόταση-Δευτεροβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος Κτιρίων από Οπλισμένο Σκυρόδεμα», Ο.Α.Σ.Π, Αθήνα.
2. Ο.Α.Σ.Π. (2014) , «Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος», ΦΕΚ 405/Β'/05-09-2013
3. Ο.Α.Σ.Π (2017), «Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)», ΦΕΚ 2984/Β'/30-08-2017, 2η Αναθεώρηση.
4. Ο.Α.Σ.Π (2022), «Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)», ΦΕΚ 3197/Β'/22-06-2022, 3η Αναθεώρηση.
5. Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1992) «Νέος Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός», ΦΕΚ 613Β/12-10-1992.
6. Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (1999) «Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός», ΦΕΚ 2184 Β'/20-12-1999.
7. Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (2014) «Δελτίο Ελέγχου Δομικής Τρωτότητας Αυθαιρέτου Δ.Ε.ΔΟ.Τ.Α.», ΦΕΚ 405/20-02-2014.
8. EN 1992-1-1 (2004), Ευρωκώδικας 2, «Σχεδιασμός Κατασκευών από Σκυρόδεμα».
9. EN 1998-1 (2004), Ευρωκώδικας 8, «Αντισεισμικός Σχεδιασμός Κατασκευών».
10. Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (2017), «Κανονισμός Περιγραφικών Τιμολογίων Εργασιών για δημόσιες συμβάσεις έργων», ΦΕΚ 1746/Β'/19-05-2017.
11. Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (2019), «Έγκριση εβδομήντα (70) Ελληνικών Τεχνικών Προδιαγραφών (ΕΤΕΠ)», ΦΕΚ 4607/Β'/13-12-2019.
12. Ζήση Ε. (2021) «Αποτίμηση σεισμικής επάρκειας και οικονομοτεχνική διερεύνηση επισκευών διώροφου κτιρίου οπλισμένου σκυροδέματος», Αθήνα
13. ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-14-01-06-00:2009, «Πλήρης αποκατάσταση διατομής στοιχείου από οπλισμένο σκυρόδεμα που έχει αποδιοργανωθεί τοπικά».
14. ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-14-01-07-01:2009, «Πλήρωση ρωγμών στοιχείων σκυροδέματος μικρού εύρους».
15. ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-03-02-02-00, «Τοίχοι από οπτόπλινθους»
16. Σπυράκος Κ. (2004), «Ενίσχυση Κατασκευών για Σεισμικά Φορτία». Εκδόσεις Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Αθήνα

17. FEMA, (2018a), Seismic performance assessment of buildings. FEMA P-58-1, Volume 1- methodology, Federal Emergency Management Agency Washington, DC, 2012.
18. FEMA, (2018b), Seismic performance assessment of buildings. FEMA P-58-2, Volume 2- Implementation Guide, Federal Emergency Management Agency Washington, DC, 2012.
19. FEMA, (2018c), Seismic performance assessment of buildings. Volume 3-Supporting Electronic Materials, Federal Emergency Management Agency Washington, DC, 2012.
20. FEMA P-58. Pact [online].: <https://femap58.atcouncil.org/pact>. [Accessed 2020]
21. EFEHR, Hazard Curves: <http://www.efehr.org/en/hazard-data-access/hazard-curves> [Accessed 2020].
22. SeisMobuild User manual (2020) [online]: <https://seismosoft.com/support/seisMobuild-support/> [Accessed 2020]
23. 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 479
24. 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.

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΣΧΕΔΙΑ ΞΥΛΟΤΥΠΩΝ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΕΣ ΟΠΛΙΣΜΩΝ

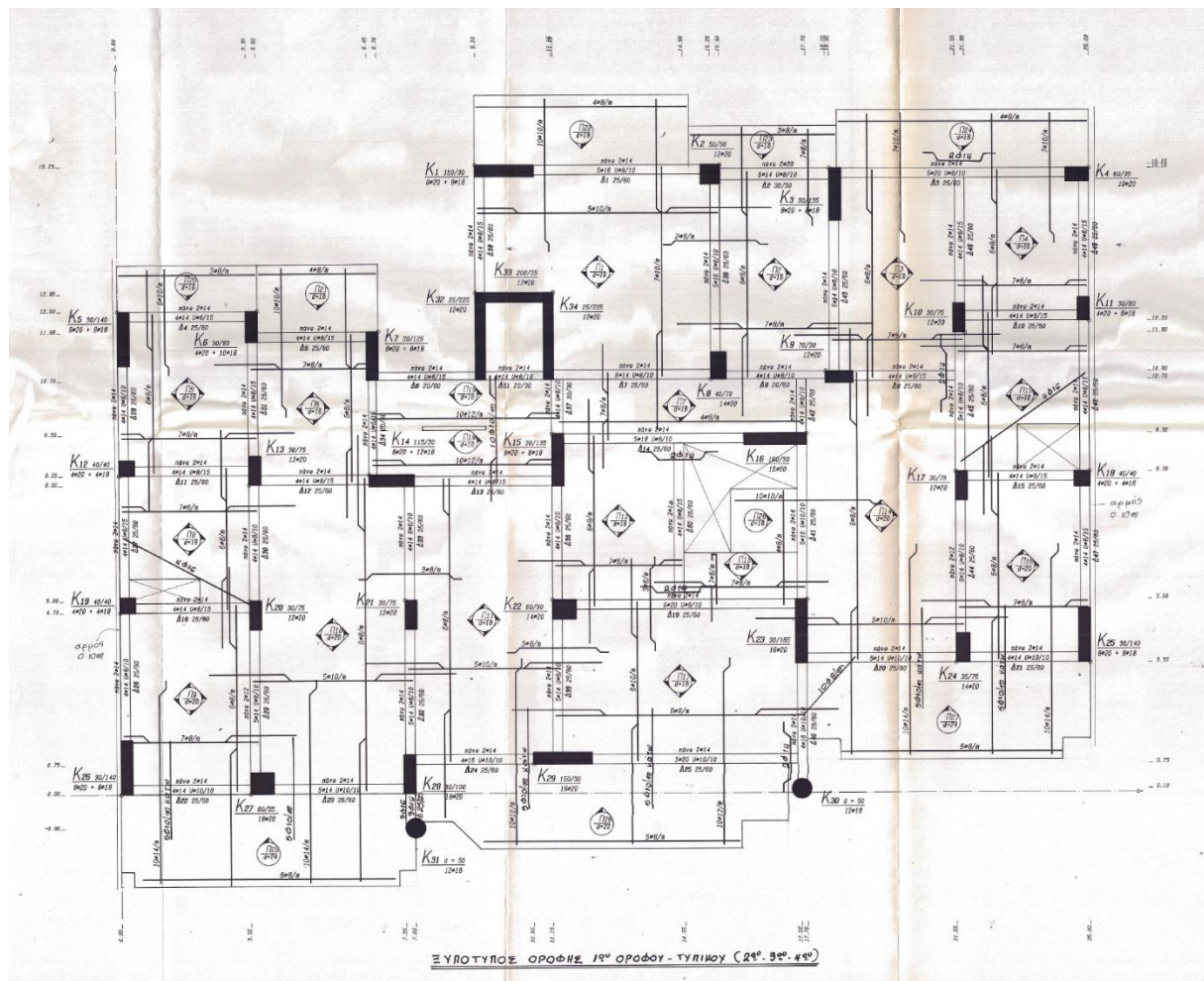


Σχήμα Α-1: Ξυλότυπος οροφής υπογείου

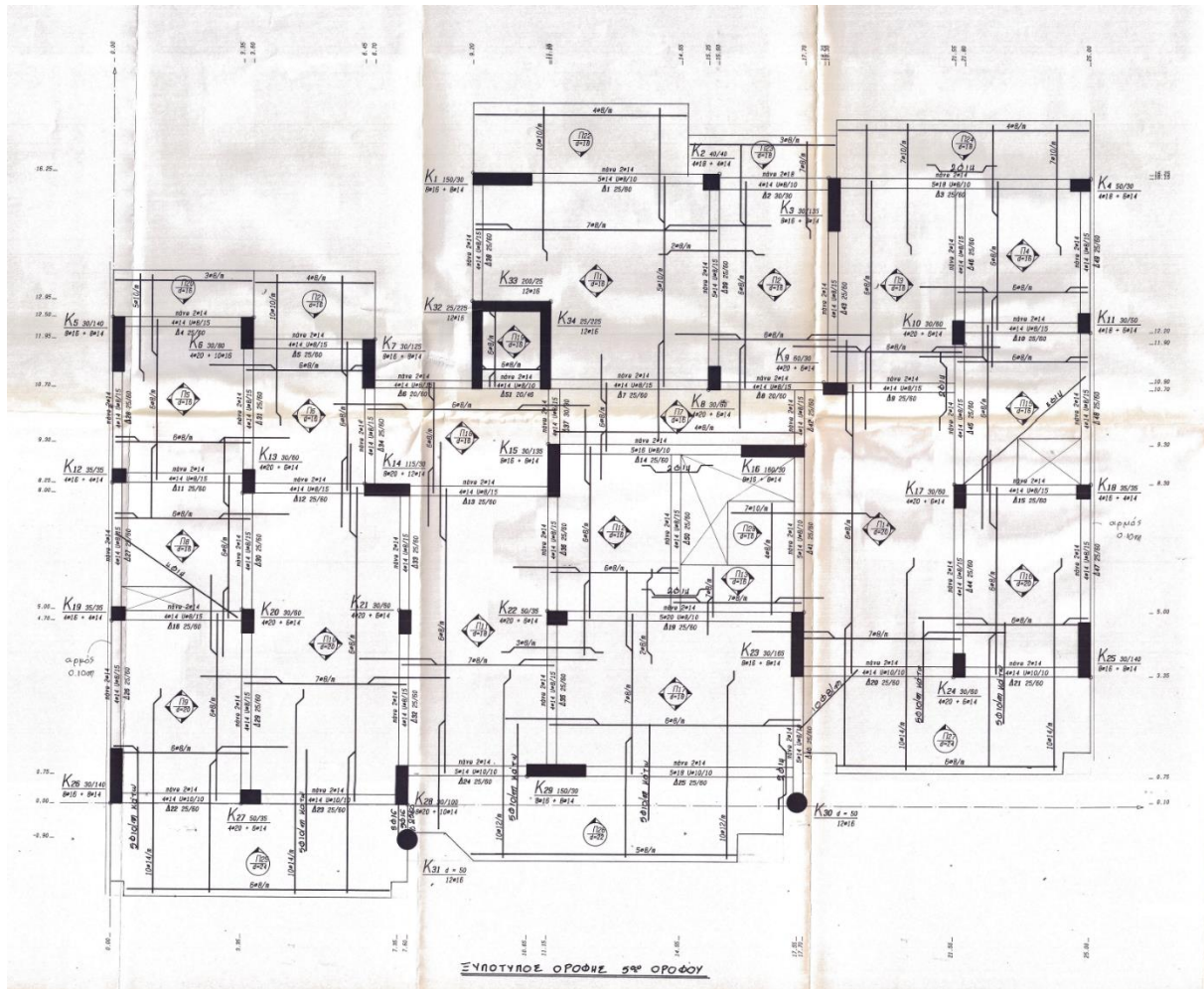


Σχήμα Α-2: Ξυλότυπος οροφής πυλωτής





Σχήμα Α-3: Ξυλότυπος οροφής τυπικού ορόφου (1<sup>ου</sup> – 4<sup>ου</sup>)

Σχήμα Α-4: Ξυλότυπος οροφής 5<sup>ου</sup> ορόφου

Πίνακας Α-1: Πίνακας οπλισμών υποστυλωμάτων/τοιχίων υπογείου και πυλωτής

Υποστυλώματα /Τοιχώματα	Πλάτος b (cm)	Ύψος h (cm)	Διαμήκης Οπλισμός	Εγκάρσιος Οπλισμός (Συνδετήρες)
K1	150 (ακραία: 45)	30 (ακραία: 30)	16Ø20	Ø10/10
K2	55	55	14Ø20	Ø10/10
K3	30 (ακραία: 30)	135 (ακραία: 45)	16Ø20	Ø10/10
K4	60	40	14Ø20	Ø10/10
K5	30 (ακραία: 30)	140 (ακραία: 45)	16Ø20	Ø10/10
K6	35	80	14Ø20	Ø10/10
K7	30 (ακραία: 30)	125 (ακραία: 45)	16Ø20	Ø10/10
K8	40	75	18Ø20	Ø10/10
K9	70	35	14Ø20	Ø10/10
K10	35	80	14Ø20	Ø10/10



Υποστυλώματα /Τοιχώματα	Πλάτος b (cm)	Ύψος h (cm)	Διαμήκης Οπλισμός	Εγκάρσιος Οπλισμός (Συνδετήρες)
K11	35	60	10Ø20	Ø10/10
K12	45	45	8Ø20	Ø10/10
K13	35	80	14Ø20	Ø10/10
K14	115	35	22Ø20	Ø10/10
K15	30 (ακραία: 30)	135 (ακραία: 45)	16Ø20	Ø10/10
K16	160 (ακραία: 45)	30 (ακραία: 30)	20Ø20	Ø10/10
K17	35	80	14Ø20	Ø10/10
K18	45	45	8Ø20	Ø10/10
K19	45	45	8Ø20	Ø10/10
K20	35	80	14Ø20	Ø10/10
K21	35	80	14Ø20	Ø10/10
K22	65	50	18Ø20	Ø10/10
K23	35 (ακραία: 35)	165 (ακραία: 45)	20Ø20	Ø10/10
K24	40	80	18Ø20	Ø10/10
K25	30 (ακραία: 30)	140 (ακραία: 45)	16Ø20	Ø10/10
K26	30 (ακραία: 30)	140 (ακραία: 45)	16Ø20	Ø10/10
K27	60	60	20Ø20	Ø10/10
K28	35	100	20Ø20	Ø10/10
K29	150 (ακραία: 45)	35 (ακραία: 35)	20Ø20	Ø10/10
K30	d = 50	d = 50	12Ø20	Ø10/10
K31	d = 50	d = 50	12Ø18	Ø10/10
K32	25 (ακραία: 25)	225 (ακραία: 45)	16Ø20	Ø10/10
K33	200 (ακραία: 45)	25 (ακραία: 25)	16Ø20	Ø10/10
K34	25 (ακραία: 25)	225 (ακραία: 45)	16Ø20	Ø10/10

Πίνακας Α-2: Πίνακας οπλισμών υποστυλωμάτων/τοιχιών 1<sup>ου</sup> ορόφου

Υποστυλώματα /Τοιχώματα	Πλάτος b (cm)	Ύψος h (cm)	Διαμήκης Οπλισμός	Εγκάρσιος Οπλισμός (Συνδετήρες)
K1	150 (ακραία: 45)	30 (ακραία: 30)	8Ø20 + 8Ø18	Ø10/10
K2	50	50	12Ø20	Ø10/10
K3	30 (ακραία: 30)	135 (ακραία: 45)	8Ø20 + 8Ø18	Ø10/10
K4	60	35	10Ø20	Ø10/10
K5	30	140	8Ø20 + 8Ø18	Ø10/10

Υποστυλώματα /Τοιχώματα	Πλάτος b (cm)	Ύψος h (cm)	Διαμήκης Οπλισμός	Εγκάρσιος Οπλισμός (Συνδετήρες)
	(ακραία: 30)	(ακραία: 45)		
K6	30	80	4 $\emptyset$ 20 + 10 $\emptyset$ 18	$\emptyset$ 10/10
K7	30 (ακραία: 30)	125 (ακραία: 45)	8 $\emptyset$ 20 + 8 $\emptyset$ 18	$\emptyset$ 10/10
K8	40	70	14 $\emptyset$ 20	$\emptyset$ 10/10
K9	70	30	12 $\emptyset$ 20	$\emptyset$ 10/10
K10	30	75	12 $\emptyset$ 20	$\emptyset$ 10/10
K11	30	60	4 $\emptyset$ 20 + 6 $\emptyset$ 18	$\emptyset$ 10/10
K12	40	40	4 $\emptyset$ 20 + 4 $\emptyset$ 18	$\emptyset$ 10/10
K13	30	75	12 $\emptyset$ 20	$\emptyset$ 10/10
K14	115	30	8 $\emptyset$ 20 + 12 $\emptyset$ 18	$\emptyset$ 10/10
K15	30 (ακραία: 30)	135 (ακραία: 45)	8 $\emptyset$ 20 + 8 $\emptyset$ 18	$\emptyset$ 10/10
K16	160 (ακραία: 45)	30 (ακραία: 30)	16 $\emptyset$ 20	$\emptyset$ 10/10
K17	30	75	12 $\emptyset$ 20	$\emptyset$ 10/10
K18	40	40	4 $\emptyset$ 20 + 4 $\emptyset$ 18	$\emptyset$ 10/10
K19	40	40	4 $\emptyset$ 20 + 4 $\emptyset$ 18	$\emptyset$ 10/10
K20	30	75	12 $\emptyset$ 20	$\emptyset$ 10/10
K21	30	75	12 $\emptyset$ 20	$\emptyset$ 10/10
K22	60	50	14 $\emptyset$ 20	$\emptyset$ 10/10
K23	30 (ακραία: 30)	165 (ακραία: 45)	16 $\emptyset$ 20	$\emptyset$ 10/10
K24	35	75	14 $\emptyset$ 20	$\emptyset$ 10/10
K25	30 (ακραία: 30)	140 (ακραία: 45)	8 $\emptyset$ 20 + 8 $\emptyset$ 18	$\emptyset$ 10/10
K26	30 (ακραία: 30)	140 (ακραία: 45)	8 $\emptyset$ 20 + 8 $\emptyset$ 18	$\emptyset$ 10/10
K27	60	55	18 $\emptyset$ 20	$\emptyset$ 10/10
K28	30	100	18 $\emptyset$ 20	$\emptyset$ 10/10
K29	150 (ακραία: 45)	30 (ακραία: 30)	16 $\emptyset$ 20	$\emptyset$ 10/10
K30	d = 50	d = 50	12 $\emptyset$ 18	$\emptyset$ 10/10
K31	d = 50	d = 50	12 $\emptyset$ 18	$\emptyset$ 10/10
K32	25 (ακραία: 25)	225 (ακραία: 45)	12 $\emptyset$ 20	$\emptyset$ 10/10
K33	200 (ακραία: 45)	25 (ακραία: 25)	12 $\emptyset$ 20	$\emptyset$ 10/10
K34	25 (ακραία: 25)	225 (ακραία: 45)	12 $\emptyset$ 20	$\emptyset$ 10/10

Πίνακας Α-3: Πίνακας οπλισμών υποστυλωμάτων/τοιχιών 2<sup>ου</sup> ορόφου

Υποστυλώματα /Τοιχώματα	Πλάτος b (cm)	Ύψος h (cm)	Διαμήκης Οπλισμός	Εγκάρσιος Οπλισμός (Συνδετήρες)
K1	150 (ακραία: 45)	30 (ακραία: 30)	16Ø18	Ø10/15
K2	45	45	8Ø20	Ø8/10
K3	30 (ακραία: 30)	135 (ακραία: 45)	16Ø18	Ø10/15
K4	60	30	4Ø20 + 6Ø18	Ø8/10
K5	30 (ακραία: 30)	140 (ακραία: 45)	16Ø18	Ø10/15
K6	30	80	4Ø20 + 10Ø16	Ø8/10
K7	30 (ακραία: 30)	125 (ακραία: 45)	16Ø18	Ø10/15
K8	35	65	4Ø20 + 10Ø18	Ø8/10
K9	65	30	4Ø20 + 8Ø18	Ø8/10
K10	30	70	4Ø20 + 8Ø18	Ø8/10
K11	30	55	4Ø20 + 6Ø16	Ø8/10
K12	40	40	4Ø20 + 4Ø16	Ø8/10
K13	30	70	4Ø20 + 8Ø18	Ø8/10
K14	115	30	8Ø20 + 12Ø16	Ø8/10
K15	30 (ακραία: 30)	135 (ακραία: 45)	16Ø18	Ø10/15
K16	160 (ακραία: 45)	30 (ακραία: 30)	16Ø18	Ø10/15
K17	30	70	4Ø20 + 8Ø18	Ø8/10
K18	40	40	4Ø20 + 4Ø16	Ø8/10
K19	40	40	4Ø20 + 4Ø16	Ø8/10
K20	30	70	4Ø20 + 8Ø18	Ø8/10
K21	30	70	4Ø20 + 8Ø18	Ø8/10
K22	55	45	4Ø20 + 10Ø18	Ø8/10
K23	30 (ακραία: 30)	165 (ακραία: 45)	16Ø18	Ø10/15
K24	35	70	4Ø20 + 10Ø18	Ø8/10
K25	30 (ακραία: 30)	140 (ακραία: 45)	16Ø18	Ø10/15
K26	30 (ακραία: 30)	140 (ακραία: 45)	16Ø18	Ø10/15
K27	55	50	14Ø20	Ø8/10
K28	30	100	8Ø20 + 10Ø18	Ø8/10
K29	150 (ακραία: 45)	30 (ακραία: 30)	16Ø18	Ø10/15
K30	d = 50	d = 50	12Ø18	Ø8/10
K31	d = 50	d = 50	12Ø16	Ø8/10
K32	25 (ακραία: 25)	225 (ακραία: 45)	12Ø18	Ø10/15
K33	200 (ακραία: 45)	25 (ακραία: 25)	12Ø18	Ø10/15

Υποστυλώματα /Τοιχώματα	Πλάτος b (cm)	Ύψος h (cm)	Διαμήκης Οπλισμός	Εγκάρσιος Οπλισμός (Συνδετήρες)
K34	25 (ακραία: 25)	225 (ακραία: 45)	12Ø18	Ø10/15

Πίνακας Α-4: Πίνακας οπλισμών υποστυλωμάτων/τοιχιών 3<sup>ου</sup> ορόφου

Υποστυλώματα /Τοιχώματα	Πλάτος b (cm)	Ύψος h (cm)	Διαμήκης Οπλισμός	Εγκάρσιος Οπλισμός (Συνδετήρες)
K1	150 (ακραία: 45)	30 (ακραία: 30)	8Ø18 +8Ø16	Ø10/15
K2	40	40	4Ø20 +4Ø16	Ø8/10
K3	30 (ακραία: 30)	135 (ακραία: 45)	8Ø18 +8Ø16	Ø10/15
K4	55	30	4Ø20 + 6Ø16	Ø8/10
K5	30 (ακραία: 30)	140 (ακραία: 45)	8Ø18 +8Ø16	Ø10/15
K6	30	80	4Ø20 + 10Ø16	Ø8/10
K7	30 (ακραία: 30)	125 (ακραία: 45)	8Ø18 +8Ø16	Ø10/15
K8	35	60	4Ø20 + 6Ø18	Ø8/10
K9	60	30	4Ø20 + 6Ø18	Ø8/10
K10	30	65	4Ø20 + 8Ø16	Ø8/10
K11	30	50	4Ø20 + 6Ø14	Ø8/10
K12	40	40	4Ø20 + 4Ø14	Ø8/10
K13	30	65	4Ø20 + 8Ø16	Ø8/10
K14	115	30	8Ø20 + 12Ø14	Ø8/10
K15	30 (ακραία: 30)	135 (ακραία: 45)	8Ø18 +8Ø16	Ø10/15
K16	160 (ακραία: 45)	30 (ακραία: 30)	8Ø18 +8Ø16	Ø10/15
K17	30	65	4Ø20 + 8Ø16	Ø8/10
K18	40	40	4Ø20 + 4Ø14	Ø8/10
K19	40	40	4Ø20 + 4Ø14	Ø8/10
K20	30	65	4Ø20 + 8Ø16	Ø8/10
K21	30	65	4Ø20 + 8Ø16	Ø8/10
K22	50	40	4Ø20 + 10Ø16	Ø8/10
K23	30 (ακραία: 30)	165 (ακραία: 45)	8Ø18 +8Ø16	Ø10/15
K24	35	65	4Ø20 + 10Ø16	Ø8/10
K25	30 (ακραία: 30)	140 (ακραία: 45)	8Ø18 +8Ø16	Ø10/15
K26	30 (ακραία: 30)	140 (ακραία: 45)	8Ø18 +8Ø16	Ø10/15
K27	50	45	4Ø20 + 10Ø18	Ø8/10
K28	30	100	8Ø20 + 10Ø16	Ø8/10

Υποστυλώματα /Τοιχώματα	Πλάτος b (cm)	Ύψος h (cm)	Διαμήκης Οπλισμός	Εγκάρσιος Οπλισμός (Συνδετήρες)
K29	150 (ακραία: 45)	30 (ακραία: 30)	8Ø18 +8Ø16	Ø10/15
K30	d = 50	d = 50	12Ø16	Ø8/10
K31	d = 50	d = 50	12Ø16	Ø8/10
K32	25 (ακραία: 25)	225 (ακραία: 45)	12Ø18	Ø10/15
K33	200 (ακραία: 45)	25 (ακραία: 25)	12Ø18	Ø10/15
K34	25 (ακραία: 25)	225 (ακραία: 45)	12Ø18	Ø10/15

Πίνακας Α-5: Πίνακας οπλισμών υποστυλωμάτων/τοιχιών 4<sup>ου</sup> ορόφου

Υποστυλώματα /Τοιχώματα	Πλάτος b (cm)	Ύψος h (cm)	Διαμήκης Οπλισμός	Εγκάρσιος Οπλισμός (Συνδετήρες)
K1	150 (ακραία: 45)	30 (ακραία: 30)	8Ø18 +8Ø14	Ø10/15
K2	40	40	4Ø20 +4Ø14	Ø8/10
K3	30 (ακραία: 30)	135 (ακραία: 45)	8Ø18 +8Ø14	Ø10/15
K4	50	30	4Ø20 + 6Ø14	Ø8/10
K5	30 (ακραία: 30)	140 (ακραία: 45)	8Ø18 +8Ø14	Ø10/15
K6	30	80	4Ø20 + 10Ø16	Ø8/10
K7	30 (ακραία: 30)	125 (ακραία: 45)	8Ø18 +8Ø14	Ø10/15
K8	30	60	4Ø20 + 6Ø16	Ø8/10
K9	60	30	4Ø20 + 6Ø16	Ø8/10
K10	30	60	4Ø20 + 6Ø16	Ø8/10
K11	30	50	4Ø20 + 6Ø14	Ø8/10
K12	35	35	4Ø18 + 4Ø14	Ø8/10
K13	30	60	4Ø20 + 6Ø16	Ø8/10
K14	115	30	8Ø20 + 12Ø14	Ø8/10
K15	30 (ακραία: 30)	135 (ακραία: 45)	8Ø18 +8Ø14	Ø10/15
K16	160 (ακραία: 45)	30 (ακραία: 30)	8Ø18 +8Ø14	Ø10/15
K17	30	60	4Ø20 + 6Ø16	Ø8/10
K18	35	35	4Ø18 + 4Ø14	Ø8/10
K19	35	35	4Ø18 + 4Ø14	Ø8/10
K20	30	60	4Ø20 + 6Ø16	Ø8/10
K21	30	60	4Ø20 + 6Ø16	Ø8/10
K22	50	35	4Ø20 + 6Ø16	Ø8/10
K23	30 (ακραία: 30)	165 (ακραία: 45)	8Ø18 +8Ø14	Ø10/15

Υποστυλώματα /Τοιχώματα	Πλάτος b (cm)	Ύψος h (cm)	Διαμήκης Οπλισμός	Εγκάρσιος Οπλισμός (Συνδετήρες)
K24	35	60	4Ø20 + 10Ø14	Ø8/10
K25	30 (ακραία: 30)	140 (ακραία: 45)	8Ø18 + 8Ø14	Ø10/15
K26	30 (ακραία: 30)	140 (ακραία: 45)	8Ø18 + 8Ø14	Ø10/15
K27	50	40	4Ø20 + 10Ø16	Ø8/10
K28	30	100	8Ø20 + 10Ø14	Ø8/10
K29	150 (ακραία: 45)	30 (ακραία: 30)	8Ø18 + 8Ø14	Ø10/15
K30	d = 50	d = 50	12Ø16	Ø8/10
K31	d = 50	d = 50	12Ø16	Ø8/10
K32	25 (ακραία: 25)	225 (ακραία: 45)	12Ø16	Ø10/15
K33	200 (ακραία: 45)	25 (ακραία: 25)	12Ø16	Ø10/15
K34	25 (ακραία: 25)	225 (ακραία: 45)	12Ø16	Ø10/15

Πίνακας Α-6: Πίνακας οπλισμών υποστυλωμάτων/τοιχίων 5<sup>ου</sup> ορόφου

Υποστυλώματα /Τοιχώματα	Πλάτος b (cm)	Ύψος h (cm)	Διαμήκης Οπλισμός	Εγκάρσιος Οπλισμός (Συνδετήρες)
K1	150 (ακραία: 45)	30 (ακραία: 30)	8Ø16 + 8Ø14	Ø10/15
K2	40	40	4Ø18 + 4Ø14	Ø8/10
K3	30 (ακραία: 30)	135 (ακραία: 45)	8Ø16 + 8Ø14	Ø10/15
K4	50	30	4Ø18 + 6Ø14	Ø8/10
K5	30 (ακραία: 30)	140 (ακραία: 45)	8Ø16 + 8Ø14	Ø10/15
K6	30	80	4Ø20 + 10Ø16	Ø8/10
K7	30 (ακραία: 30)	125 (ακραία: 45)	8Ø16 + 8Ø14	Ø10/15
K8	30	60	4Ø20 + 6Ø14	Ø8/10
K9	60	30	4Ø20 + 6Ø14	Ø8/10
K10	30	60	4Ø20 + 6Ø14	Ø8/10
K11	30	50	4Ø18 + 6Ø14	Ø8/10
K12	35	35	4Ø16 + 4Ø14	Ø8/10
K13	30	60	4Ø20 + 6Ø14	Ø8/10
K14	115	30	8Ø20 + 12Ø14	Ø8/10
K15	30 (ακραία: 30)	135 (ακραία: 45)	8Ø16 + 8Ø14	Ø10/15
K16	160 (ακραία: 45)	30 (ακραία: 30)	8Ø16 + 8Ø14	Ø10/15

Υποστυλώματα /Τοιχώματα	Πλάτος b (cm)	Ύψος h (cm)	Διαμήκης Οπλισμός	Εγκάρσιος Οπλισμός (Συνδετήρες)
K17	30	60	4Ø20 + 6Ø14	Ø8/10
K18	35	35	4Ø16 + 4Ø14	Ø8/10
K19	35	35	4Ø16 + 4Ø14	Ø8/10
K20	30	60	4Ø20 + 6Ø14	Ø8/10
K21	30	60	4Ø20 + 6Ø14	Ø8/10
K22	50	35	4Ø20 + 6Ø14	Ø8/10
K23	30 (ακραία: 30)	165 (ακραία: 45)	8Ø16 + 8Ø14	Ø10/15
K24	30	60	4Ø20 + 6Ø14	Ø8/10
K25	30 (ακραία: 30)	140 (ακραία: 45)	8Ø16 + 8Ø14	Ø10/15
K26	30 (ακραία: 30)	140 (ακραία: 45)	8Ø16 + 8Ø14	Ø10/15
K27	50	35	4Ø20 + 6Ø14	Ø8/10
K28	30	100	8Ø20 + 10Ø14	Ø8/10
K29	150 (ακραία: 45)	30 (ακραία: 30)	8Ø16 + 8Ø14	Ø10/15
K30	d = 50	d = 50	12Ø16	Ø8/10
K31	d = 50	d = 50	12Ø16	Ø8/10
K32	25 (ακραία: 25)	225 (ακραία: 45)	12Ø16	Ø10/15
K33	200 (ακραία: 45)	25 (ακραία: 25)	12Ø16	Ø10/15
K34	25 (ακραία: 25)	225 (ακραία: 45)	12Ø16	Ø10/15

Πίνακας Α-7: Πίνακας οπλισμών δοκών υπογείου

Δοκοί	Πλάτος b (cm)	Ύψος h (cm)	Διαμήκης Οπλισμός		Εγκάρσιος Οπλισμός (Συνδετήρες)
			Πάνω	Κάτω	
Δ1	Τοίχιο (2# Ø10/20, d = 20 cm)				
Δ2	Τοίχιο (2# Ø10/20, d = 20 cm)				
Δ3	Τοίχιο (2# Ø10/20, d = 20 cm)				
Δ4	Τοίχιο (2# Ø10/20, d = 20 cm)				
Δ5	Τοίχιο (2# Ø10/20, d = 20 cm)				
Δ6	Τοίχιο (2# Ø10/20, d = 20 cm)				
Δ7	25	60	2Ø14	5Ø14	Ø8/10
Δ8	20	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/10
Δ9	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ10	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ11	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ12	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ13	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ14	25	60	2Ø14	5Ø16	Ø8/10
Δ15	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15

Δοκοί	Πλάτος b (cm)	Ύψος h (cm)	Διαμήκης Οπλισμός		Εγκάρσιος Οπλισμός (Συνδετήρες)
			Πάνω	Κάτω	
Δ16	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ17	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ18	25	60	2Ø20	4Ø14	Ø8/15
Δ19	25	60	2Ø14	5Ø20	Ø8/10
Δ20	Τοίχιο (2# Ø10/20, d = 20 cm)				
Δ21	Τοίχιο (2# Ø10/20, d = 20 cm)				
Δ22	Τοίχιο (2# Ø10/20, d = 20 cm)				
Δ23	Τοίχιο (2# Ø10/20, d = 20 cm)				
Δ24	Τοίχιο (2# Ø10/20, d = 20 cm)				
Δ25	Τοίχιο (2# Ø10/20, d = 20 cm)				
Δ26	Τοίχιο (2# Ø10/20, d = 20 cm)				
Δ27	Τοίχιο (2# Ø10/20, d = 20 cm)				
Δ28	Τοίχιο (2# Ø10/20, d = 20 cm)				
Δ29	25	60	2Ø14	5Ø14	Ø8/15
Δ30	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ31	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ32	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ33	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ34	20	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ35	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ36	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ37	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ38	Τοίχιο (2# Ø10/20, d = 20 cm)				
Δ39	25	60	2Ø14	5Ø16	Ø8/10
Δ40	Τοίχιο (2# Ø10/20, d = 20 cm)				
Δ41	25	60	2Ø14	5Ø16	Ø8/10
Δ42	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/10
Δ43	25	60	2Ø14	5Ø14	Ø8/10
Δ44	25	60	2Ø14	5Ø14	Ø8/10
Δ45	25	60	2Ø14	5Ø14	Ø8/10
Δ46	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ47	Τοίχιο (2# Ø10/20, d = 20 cm)				
Δ48	Τοίχιο (2# Ø10/20, d = 20 cm)				
Δ49	Τοίχιο (2# Ø10/20, d = 20 cm)				
Δ50	-				
Δ51	20	30	2Ø14	4Ø14	Ø8/10

Πίνακας Α-8: Πίνακας οπλισμών δοκών πυλωτής

Δοκοί	Πλάτος b (cm)	Ύψος h (cm)	Διαμήκης Οπλισμός		Εγκάρσιος Οπλισμός (Συνδετήρες)
			Πάνω	Κάτω	
Δ1	25	60	2Ø14	5Ø16	Ø8/10
Δ2	25	60	2Ø20	4Ø14	Ø8/10



Δοκοί	Πλάτος b (cm)	Ύψος h (cm)	Διαμήκης Οπλισμός		Εγκάρσιος Οπλισμός (Συνδετήρες)
			Πάνω	Κάτω	
Δ3	25	60	2Ø14	5Ø20	Ø8/10
Δ4	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ5	25	60	2Ø14	5Ø14	Ø8/15
Δ6	20	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ7	25	60	2Ø14	5Ø14	Ø8/10
Δ8	20	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/10
Δ9	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ10	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ11	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ12	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ13	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ14	25	60	2Ø14	5Ø16	Ø8/10
Δ15	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ16	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ17	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ18	25	60	2Ø20	4Ø14	Ø8/15
Δ19	25	60	2Ø14	5Ø20	Ø8/10
Δ20	25	60	2Ø14	5Ø14	Ø10/10
Δ21	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø10/10
Δ22	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø10/10
Δ23	25	60	2Ø14	5Ø14	Ø10/10
Δ24	25	60	2Ø16	4Ø16	Ø10/10
Δ25	25	60	2Ø14	5Ø20	Ø10/10
Δ26	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/10
Δ27	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ28	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/10
Δ29	25	60	2Ø14	5Ø14	Ø8/15
Δ30	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ31	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ32	25	60	2Ø14	5Ø14	Ø8/15
Δ33	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ34	20	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ35	25	60	2Ø14	5Ø14	Ø8/10
Δ36	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/10
Δ37	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/10
Δ38	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ39	25	60	2Ø14	5Ø16	Ø8/10
Δ40	25	60	2Ø14	4Ø16	Ø8/10
Δ41	25	60	2Ø14	5Ø16	Ø8/10
Δ42	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/10
Δ43	25	60	2Ø14	5Ø14	Ø8/10
Δ44	25	60	2Ø14	5Ø14	Ø8/10
Δ45	25	60	2Ø14	5Ø14	Ø8/10
Δ46	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ47	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/10

Δοκοί	Πλάτος b (cm)	Ύψος h (cm)	Διαμήκης Οπλισμός		Εγκάρσιος Οπλισμός (Συνδετήρες)
			Πάνω	Κάτω	
Δ48	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ49	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ50	-				
Δ51	20	30	2Ø14	4Ø14	Ø8/10
extra	25	60	3Ø16	3Ø16	Ø8/10

Πίνακας Α-9: Πίνακας οπλισμών δοκών τυπικού ορόφου (1<sup>ου</sup> – 4<sup>ου</sup>)

Δοκοί	Πλάτος b (cm)	Ύψος h (cm)	Διαμήκης Οπλισμός		Εγκάρσιος Οπλισμός (Συνδετήρες)
			Πάνω	Κάτω	
Δ1	25	60	2Ø14	5Ø16	Ø8/10
Δ2	30	30	2Ø20	5Ø14	Ø8/10
Δ3	25	60	2Ø14	5Ø20	Ø8/10
Δ4	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ5	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ6	20	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ7	25	60	2Ø14	5Ø14	Ø8/10
Δ8	20	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/10
Δ9	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ10	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ11	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ12	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ13	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ14	25	60	2Ø14	5Ø18	Ø8/10
Δ15	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ16	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ17	-				
Δ18	-				
Δ19	25	60	2Ø14	6Ø20	Ø8/10
Δ20	25	60	2Ø14	5Ø14	Ø10/10
Δ21	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø10/10
Δ22	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø10/10
Δ23	25	60	2Ø14	5Ø14	Ø10/10
Δ24	25	60	2Ø14	4Ø16	Ø10/10
Δ25	25	60	2Ø14	5Ø20	Ø10/10
Δ26	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/10
Δ27	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ28	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/10
Δ29	25	60	2Ø12	5Ø14	Ø8/10
Δ30	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/10
Δ31	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ32	25	60	2Ø14	5Ø14	Ø8/10
Δ33	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/10

Δοκοί	Πλάτος b (cm)	Ύψος h (cm)	Διαμήκης Οπλισμός		Εγκάρσιος Οπλισμός (Συνδετήρες)
			Πάνω	Κάτω	
Δ34	20	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ35	25	60	2Ø14	5Ø14	Ø8/10
Δ36	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/10
Δ37	30	30	2Ø14	4Ø14	Ø8/10
Δ38	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ39	25	60	2Ø14	5Ø16	Ø8/10
Δ40	25	60	2Ø14	4Ø16	Ø10/10
Δ41	25	60	2Ø14	5Ø16	Ø10/10
Δ42	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/10
Δ43	25	60	2Ø14	5Ø14	Ø8/10
Δ44	25	60	2Ø12	5Ø14	Ø8/10
Δ45	25	60	2Ø14	5Ø14	Ø8/10
Δ46	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ47	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ48	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ49	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ50	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ51	20	30	2Ø14	4Ø14	Ø8/10
extra	25	60	3Ø16	3Ø16	Ø10/10

Πίνακας Α-10: Πίνακας οπλισμών δοκών 5<sup>ου</sup> ορόφου

Δοκοί	Πλάτος b (cm)	Ύψος h (cm)	Διαμήκης Οπλισμός		Εγκάρσιος Οπλισμός (Συνδετήρες)
			Πάνω	Κάτω	
Δ1	25	60	2Ø14	5Ø14	Ø8/10
Δ2	30	30	2Ø18	4Ø14	Ø8/10
Δ3	25	60	2Ø14	5Ø18	Ø8/10
Δ4	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ5	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ6	20	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ7	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ8	20	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ9	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ10	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ11	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ12	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ13	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ14	25	60	2Ø14	5Ø16	Ø8/10
Δ15	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ16	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ17			-	-	
Δ18			-	-	
Δ19	25	60	2Ø14	5Ø20	Ø8/10
Δ20	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø10/10

Δοκοί	Πλάτος b (cm)	Ύψος h (cm)	Διαμήκης Οπλισμός		Εγκάρσιος Οπλισμός (Συνδετήρες)
			Πάνω	Κάτω	
Δ21	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø10/10
Δ22	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø10/10
Δ23	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø10/10
Δ24	25	60	2Ø14	5Ø14	Ø10/10
Δ25	25	60	2Ø14	5Ø18	Ø10/10
Δ26	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ27	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ28	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ29	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ30	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ31	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ32	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ33	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ34	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ35	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ36	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ37	30	30	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ38	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ39	25	60	2Ø14	5Ø14	Ø8/15
Δ40	25	60	2Ø14	5Ø14	Ø8/10
Δ41	25	60	2Ø14	5Ø14	Ø8/10
Δ42	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ43	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ44	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ45	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ46	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ47	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ48	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ49	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ50	25	60	2Ø14	4Ø14	Ø8/15
Δ51	20	46	2Ø14	4Ø14	Ø8/10
extra	25	60	3Ø16	3Ø16	Ø8/10