ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

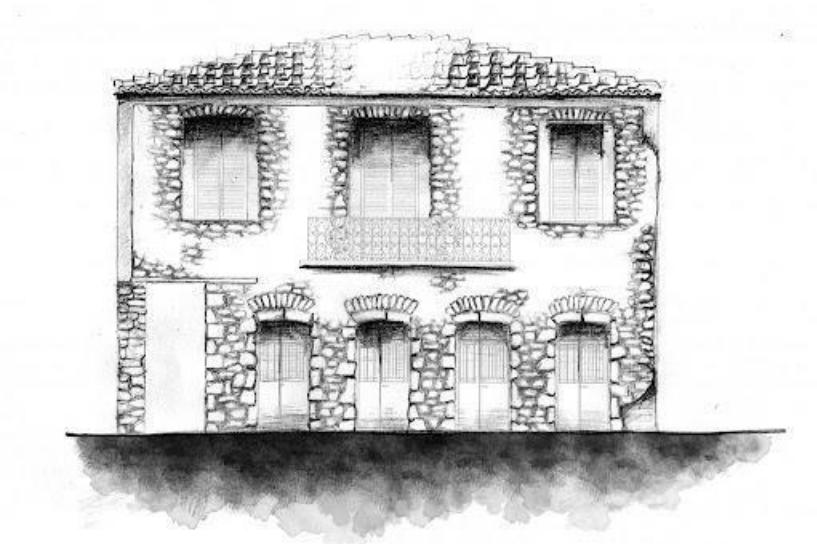
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ & ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕ ΤΙΤΛΟ:

“ Αποτίμηση διωρόφου κτιρίου φέρουσας τοιχοποιίας και παραμετρική διερεύνηση των κρίσιμων δομικών χαρακτηριστικών του.’’



Επιβλέπων καθηγητής: ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΡΕΠΑΠΗΣ

ΛΩΡΑ-ΣΙΛΙΑ ΚΟΥΛΙΑ

168403

Πάτρα, Ιούνιος 2026

HELLENIC OPEN UNIVERSITY

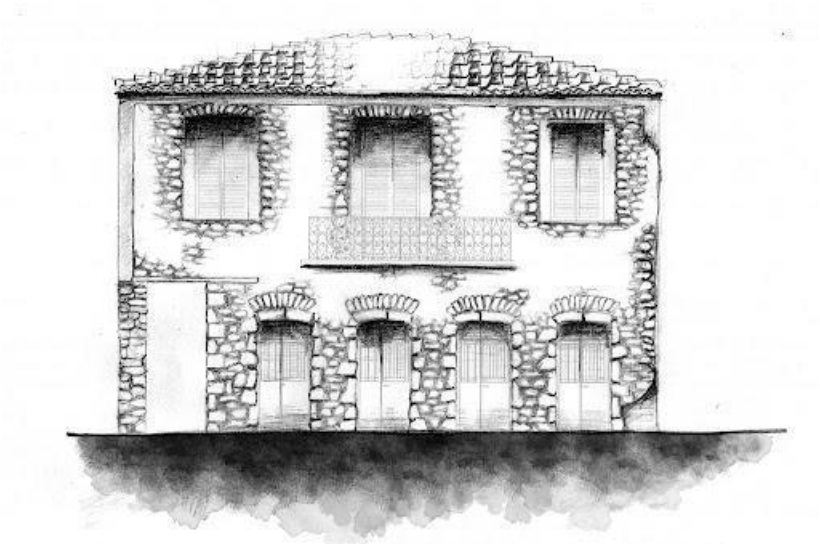
SCHOOL OF SCIENCE & TECHNOLOGY

SEISMIC ENGINEERING & EARTHQUAKE-RESISTANT STRUCTURES

MASTER'S THESIS

TITLE:

"Evaluation of a two-story load-bearing masonry building and parametric investigation of its critical structural characteristics."



Supervising professor: CONSTANTINOS REPAPIS

LORA- SILIA KOULIA

168403

Patra, June 2026

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία της φοιτήτριας (Κούλια Λώρα-Σίλια) που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

ΕΛΛΗΝΙΚΟ
ΑΝΟΙΚΤΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

“Αποτίμηση διωρόφου κτιρίου φέρουσας τοιχοποιίας και παραμετρική διερεύνηση των κρίσιμων δομικών χαρακτηριστικών του’’

Λώρα-Σίλια Κούλια

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας:

Επιβλέπων καθηγητής:	Συν-επιβλέπουσα καθηγήτρια:
Ρεπαπής Κωνσταντίνος	Γενήκομσου Αικατερίνη

Πάτρα , Ιούνιος 2026

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Κωνσταντίνο Ρεπαπή, για τη συνεργασία, την καθοδήγηση και τις χρήσιμες παρατηρήσεις του κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Ευχαριστίες οφείλονται επίσης στην εταιρεία 3DR Engineering Software και ιδιαίτερα στον κ. Αριστείδη Παπαχρηστίδη, για την παραχώρηση της άδειας χρήσης του λογισμικού 3DR.PESSOS, καθώς και για την τεχνική υποστήριξη που παρείχαν κατά τη διάρκεια της μελέτης.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους οικείους μου για τη στήριξη και την κατανόηση που επέδειξαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών και της εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία εξετάζει τη σεισμική συμπεριφορά υφιστάμενης κατασκευής από φέρουσα τοιχοποιία και τη διερεύνηση διαφορετικών τεχνικών ενίσχυσής της, σύμφωνα με τις διατάξεις του ΚΑΔΕΤ και τις βασικές αρχές της μηχανικής της τοιχοποιίας. Αρχικά, παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά και οι μηχανικές ιδιότητες της φέρουσας τοιχοποιίας, με ιδιαίτερη έμφαση στη δίστρωτη λιθοδομή, η οποία αποτελεί το αντικείμενο της μελέτης. Αναλύονται η θλιπτική, η εφελκυστική και κυρίως η διατμητική και καμπτική συμπεριφορά της τοιχοποιίας, καθώς και οι κυριότεροι μηχανισμοί αστοχίας και οι μορφές βλαβών που εμφανίζονται υπό κατακόρυφες και σεισμικές δράσεις.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά οι βασικές διατάξεις του ΚΑΔΕΤ που αφορούν την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό υφιστάμενων κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία, όπως οι στάθμες επιτελεστικότητας, οι στάθμες αξιοπιστίας δεδομένων, οι συνδυασμοί δράσεων και ο ενιαίος δείκτης συμπεριφοράς q. Οι κανονιστικές αυτές απαιτήσεις αποτελούν τη βάση για την αξιολόγηση της σεισμικής επάρκειας του υφιστάμενου φορέα για την επιλογή των κατάλληλων επεμβάσεων ενίσχυσης, ενώ η επιτυχία των επεμβάσεων αξιολογείται με βάση την επίτευξη των απαιτούμενων στάθμεων επιτελεστικότητας σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ.

Για την αποτίμηση της κατασκευής αναπτύσσεται αριθμητικό προσομοίωμα με τη χρήση του λογισμικού 3DR.PESSOS και πραγματοποιείται ισοδύναμη στατική ανάλυση του υφιστάμενου φορέα. Στην συνέχεια, εξετάζονται πολλαπλά σενάρια επεμβάσεων ενίσχυσης και πραγματοποιούνται διαδοχικές αναλύσεις με στόχο τη συγκριτική αξιολόγηση της αποδοτικότητας τους ως προς την ενίσχυση της σεισμικής αντοχής του κτιρίου. Οι τεχνικές ενίσχυσης που διερευνώνται περιλαμβάνουν την εφαρμογή διαφράγματος, σενάζ, βαθιού αρμολογήματος, ενεμάτων, οπλισμένου και ινοπλισμένου επιχρίσματος, μανδυών σκυροδέματος, λωρίδων FRPs καθώς και συνδυασμούς των παραπάνω επεμβάσεων.

Μέσω της ανάλυσης των αποτελεσμάτων αξιολογείται η επιρροή κάθε επέμβασης στη δυσκαμψία, στη φέρουσα ικανότητα και στη συνολική σεισμική απόκριση του φορέα, ενώ παράλληλα εξετάζεται η συμβολή τους στον περιορισμό των πιθανών μηχανισμών αστοχίας και στην επίτευξη των απαιτούμενων στάθμεων επιτελεστικότητας σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ. Επιπλέον, πραγματοποιείται συγκριτική αξιολόγηση των διαφορετικών τεχνικών ενίσχυσης και των συνδυασμών τους, με στόχο τη διερεύνηση της αποδοτικότητας και της καταλληλότητας τους για υφιστάμενες κατασκευές φέρουσας τοιχοποιίας. Τελικός στόχος της παρούσας εργασίας είναι η αξιολόγηση και η συγκριτική αποτίμηση των εξεταζόμενων στρατηγικών ενίσχυσης, με σκοπό την ανάδειξη των πλέον αποδοτικών λύσεων ως προς τη βελτίωση της σεισμικής συμπεριφοράς του φορέα, συνεκτιμώντας τη λειτουργική επάρκεια και την κατασκευαστική συμβατότητα των επεμβάσεων με την υφιστάμενη κατασκευή.

Αναλυτικότερα, στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται γενικά στοιχεία για τη φέρουσα τοιχοποιία, τις μηχανικές της ιδιότητες και τους κυριότερους μηχανισμούς αστοχίας και βλαβών. Στο δεύτερο κεφάλαιο, παρουσιάζονται οι βασικές διατάξεις του ΚΑΔΕΤ που αφορούν την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό υφιστάμενων κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία, καθώς και τα κριτήρια αξιολόγησης της επιτυχίας των επεμβάσεων μέσω των στάθμεων επιτελεστικότητας. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι βασικοί έλεγχοι ασφαλείας των δομικών στοιχείων σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ, ενώ στο τέταρτο κεφάλαιο

αναλύονται οι κυριότερες μέθοδοι ενίσχυσης άοπλης τοιχοποιίας. Στο πέμπτο κεφάλαιο αναπτύσσεται το αριθμητικό προσομοίωμα του υφιστάμενου κτιρίου με χρήση του λογισμικού 3DR.PESSOS και πραγματοποιείται ισοδύναμη στατική ανάλυση για την αποτίμηση της σεισμικής συμπεριφοράς του φορέα. Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης του υφιστάμενου κτιρίου και αξιολογούνται οι δείκτες ανεπάρκειας του φορέα. Στο έβδομο κεφάλαιο εξετάζονται διαφορετικά σενάρια ενίσχυσης, όπως διαφράγματα, σενάζ, βαθιά αρμολογήματα, ενέματα, οπλισμένα και ινοπλισμένα επιχρίσματα, μανδύες σκυροδέματος και λωρίδες FRPs, ενώ στο όγδοο κεφάλαιο διερευνώνται συνδυασμοί των παραπάνω τεχνικών ενίσχυσης. Τέλος, στο ένατο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συνολικά συμπεράσματα της εργασίας σχετικά με την αποτελεσματικότητα των εξεταζόμενων τεχνικών ενίσχυσης και διατυπώνονται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

ABSTRACT

This paper examines the seismic behavior of an existing load-bearing masonry structure and investigates various techniques for its reinforcement, in accordance with the provisions of the Greek Code for the assessment and structural interventions of masonry structures (KADET) and the basic principles of masonry mechanics. First, the basic characteristics and mechanical properties of load-bearing masonry are presented, with particular emphasis on two-leaf masonry, which is the subject of the study. The compressive, tensile, and especially the shear and flexural behavior of masonry are analyzed, as well as the main failure mechanisms and the types of damage that occur under vertical and seismic loads.

Next, the basic provisions of KADET concerning the assessment and redesign of existing load-bearing masonry buildings are summarized, such as performance levels, data reliability levels, combinations of measures, and the unified performance index q. These regulatory requirements form the basis for assessing the seismic adequacy of the existing structure in order to select appropriate reinforcement measures, while the success of the interventions is evaluated based on the achievement of the required performance levels in accordance with KADET.

To evaluate the structure, a numerical model is developed using the 3DR.PESSOS software, and an equivalent static analysis of the existing structure is performed. Subsequently, multiple strengthening scenarios are examined, and successive analyses are performed to comparatively evaluate their effectiveness in improving the building's seismic behavior. The strengthening techniques investigated include the application of diaphragms, deep stoneworks, mass homogenization through grouting, reinforced and fiber-reinforced coatings, concrete jackets, FRP strips, as well as combinations of the above interventions.

Through the analysis of the results, the influence of each intervention on stiffness, the load-bearing capacity, and the overall seismic response of the structure, while simultaneously examining their contribution to limiting potential failure mechanisms and achieving the required performance levels in accordance with KADET. Furthermore, a comparative evaluation of the various strengthening techniques and their combinations is conducted, with the aim of investigating their efficiency and suitability for existing unreinforced masonry structures. The ultimate goal of this study is to draw conclusions regarding the most effective strengthening strategies, taking into account both the improvement of seismic behavior and the overall functional and structural compatibility of the interventions with the existing structure.

More specifically, the first chapter presents general information on load-bearing masonry, its mechanical properties, and the main failure and damage mechanisms. The second chapter presents the basic provisions of KADET regarding the assessment and redesign of existing unreinforced masonry structures, as well as the criteria for evaluating the success of interventions through performance levels. The third chapter presents the basic safety checks for structural elements in accordance with KADET, while the fourth chapter analyzes the main methods for strengthening unreinforced masonry structures. Chapter 5 develops the numerical model of the existing building using the 3DR.PESSOS software and performs an equivalent static analysis to evaluate the seismic behavior of the structure. Chapter 6 presents the results of the analysis of the existing building and evaluates the structural inadequacy indices. Chapter

7 examines various strengthening scenarios, such as diaphragms, deep stoneworks, mass homogenization through grouting, reinforced and fiber-reinforced coatings, concrete jackets, FRP strips , while Chapter 8 investigates combinations of the above reinforcement techniques. Finally, Chapter 9 presents the overall conclusions of the study regarding the effectiveness of the reinforcement techniques examined and formulates recommendations for further research.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ 1

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ 7

ΕΙΣΑΓΩΓΗ 16

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ 17

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ 17

1.2 ΕΙΔΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ 17

1.3 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΗΣ ΔΙΣΤΡΩΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ 19

1.3.1 Τρόποι υπολογισμού μηχανικών χαρακτηριστικών τοιχοποιίας 20

1.3.2 Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας 22

1.3.3 Εφελκυστική αντοχή τοιχοποιίας 25

1.3.4 Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας 25

1.3.5 Καμπτική εφελκυστική αντοχή τοιχοποιίας 27

1.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΒΛΑΒΕΣ ΣΤΗΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ 28

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΑΔΕΤ 31

2.1 ΓΕΝΙΚΑ 31

2.2 ΣΤΟΧΟΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΣΤΑΘΜΕΣ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (ΚΑΔΕΤ §2.3.1,2) 31

2.3 ΣΤΑΘΜΕΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (ΣΑΔ) (ΚΑΔΕΤ §3.10) 33

2.4 ΔΡΑΣΕΙΣ- ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΔΡΑΣΕΩΝ (ΚΑΔΕΤ §4.4.1,2) 34

2.5 ΦΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ (ΚΑΔΕΤ §4.1.3) 34

2.6 ΔΥΣΚΑΜΨΙΕΣ (ΚΑΔΕΤ §4.4.1.4) 34

2.7 ΕΝΙΑΙΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ Q (ΚΑΔΕΤ §4.6) 35

2.8 ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ (ΚΑΔΕΤ §4.5) 36

2.9 ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΑ (ΚΑΔΕΤ §5.3.6) 38

2.10 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ (ΚΑΔΕΤ §5.3.3) 38

2.11 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ (ΚΑΔΕΤ §5.1.1, §5.4) 39

2.11.1 Ελαστική (ισοδύναμη) στατική ανάλυση 39

2.11.2 Ελαστική ιδιομορφική φασματική ανάλυση (ελαστική δυναμική) 43

2.11.3 Ανελαστική στατική ανάλυση 44

2.11.4 Ανελαστική δυναμική ανάλυση (ανάλυση χρονοιστορίας) 44

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΑΔΕΤ 45

3.1 ΓΕΝΙΚΑ (ΚΑΔΕΤ §4.1) 45

3.2 ΚΑΘΟΛΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ 46

3.2.1 Φαινόμενα δεύτερης τάξης (ΚΑΔΕΤ, §5.3.7) 46
3.2.2 Έλεγχος ανατροπής (ΚΑΔΕΤ, §5.3.8) 46
3.3 ΈΛΕΓΧΟΙ ΕΝΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 49
3.3.1 Έλεγχος σε εντός επιπέδου δράση σε όρους δυνάμεων (ΚΑΔΕΤ, §7.2) 49
3.3.2 Έλεγχος σε εντός επιπέδου δράση σε όρους παραμορφώσεων (ΚΑΔΕΤ, §7.2) 53
3.4 ΈΛΕΓΧΟΙ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 54
3.4.1 Έλεγχος σε εκτός επιπέδου κάμψη 54
3.4.2 Έλεγχος σε εκτός επιπέδου κάμψη, σε όρους δυνάμεων (ΚΑΔΕΤ, §7.3) 54
3.4.3 Έλεγχος σε εκτός επιπέδου κάμψη, σε όρους παραμορφώσεων (ΚΑΔΕΤ, §7.4.2) 57
3.4.4 Τοπικοί Έλεγχοι (ΚΑΔΕΤ, §9.3.3) 59
4.1 ΓΕΝΙΚΑ 60
4.2 ΒΑΘΙΑ ΑΡΜΟΛΟΓΗΜΑΤΑ (ΚΑΔΕΤ §8.9.3) 60
4.3 ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ (ΚΑΔΕΤ §8.9.4) 60
4.4 ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΜΑΖΑΣ (ΕΝΕΜΑΤΑ) (ΚΑΔΕΤ §8.9.5) 62
4.4.1 Ενέματα μάζας σε δίστρωτες τοιχοποιίες με διάτονα λιθοσώματα (ΚΑΔΕΤ, §8.9.5.1) 62
4.5 ΜΑΝΔΥΕΣ (ΚΑΔΕΤ §8.9.7) 63
4.6 ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ (ΚΑΔΕΤ §8.9.8) 64
4.7 ΔΙΑΖΩΜΑΤΑ (ΚΑΔΕΤ §8.9.12) 65
4.8 ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΑ (ΚΑΔΕΤ §8.9.13) 65
4.9 ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΠΑΡΕΙΩΝ ΤΟΙΧΩΝ (ΚΑΔΕΤ §8.9.2) 66
4.10 ΠΕΡΙΔΕΣΕΙΣ ΠΕΣΣΩΝ- ΣΤΥΛΩΝ (ΚΑΔΕΤ §8.9.6) 66
4.11 ΠΛΑΙΣΙΩΣΗ- ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ (ΚΑΔΕΤ §8.9.9) 66
4.12 ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ/ΘΛΙΠΤΗΡΩΝ, ΠΕΡΙΔΕΣΕΙΣ (ΚΑΔΕΤ §8.9.10) 67
4.13 ΔΙΑΤΑΞΗ ΑΝΤΗΡΙΔΩΝ (ΚΑΔΕΤ §8.9.11) 67
4.14 ΝΕΟΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΦΕΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ (ΚΑΔΕΤ §8.9.14) 67
4.15 ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ Η/ΚΑΙ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΣ (ΚΑΔΕΤ, §8.9.15) 68
4.16 ΣΥΝΟΨΗ 68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ 70
5.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ 70
5.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ 72
5.2.1 Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας 72
5.2.2 Εφελκυστική αντοχή τοιχοποιίας 73
5.2.3 Παραμορφωσιακά χαρακτηριστικά υφιστάμενης τοιχοποιίας 73
5.2.4 Ιδιότητες ξύλινου στοιχείου 73

5.2.5 Γεωτεχνικά στοιχεία 74
5.2.6 Θεμελίωση 74
5.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ 74
5.4 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ 75
5.5 ΚΑΘΟΛΙΚΟΙ & ΤΟΠΙΚΟΙ ΑΞΟΝΕΣ 3DR PESSOS 76
5.5.1 Διευθύνσεις εφαρμογής τάσεων και εντατικών μεγεθών στα τοπικά και καθολικά συστήματα 76
5.6 ΔΡΑΣΕΙΣ ΕΠΙ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ 78
5.6.1 Μόνιμα φορτία 78
5.6.2 Πρόσθετα μόνιμα φορτία 78
5.6.3 Κινητά φορτία 79
5.6.4 Φορτία χιονιού και ανέμου 79
5.7 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ 79
5.8 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ - ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ 80
5.8.1 Αντισεισμικός Κανονισμός 80
5.9 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ 82
5.10 ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΤΟΙΧΩΝ ΚΑΙ ΠΕΣΣΩΝ 85
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ 87
6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ 87
6.2 ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΟΥ ΦΟΡΕΑ ΓΙΑ ΤΗ ΣΤΑΘΜΗ Β1 87
6.3 ΓΕΝΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕΛΕΤΗΣ, ΕΝΑΝΤΙ ΑΝΑΤΡΟΠΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΤΑΘΜΗ Β1 88
6.3.1 Έλεγχος εκκεντρότητας (ΚΑΔΕΤ §5.3.8) 88
6.3.2 Έλεγχος αδρανούς περιοχής (ΚΑΔΕΤ §5.3.8) 89
6.3.3 Έλεγχος μέγιστης ορθής θλιπτικής τάσης (ΚΑΔΕΤ §5.3.8) 90
6.4 ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΔΥΟ ΚΥΡΙΕΣ ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΤΑΘΜΗ Β1 91
6.4.1 Γραφική ανάλυση παραμορφωμένου φορέα 91
6.4.2 Γραφική ανάλυση των κύριων τάσεων 92
6.4.3 Γραφική ανάλυση εκτός επιπέδου ροπών κάμψης 99
6.5 ΕΛΕΓΧΟΙ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΕΝΤΑΤΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΣΤΑΘΜΗ Β1 101
6.5.1 Έλεγχος σε κατακόρυφα φορτία 101
6.5.2 Έλεγχος σε διάτμηση 103
6.5.3 Έλεγχος σε κάμψη 105
6.6 ΕΛΕΓΧΟΙ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΙΑΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΣΤΑΘΜΗ Β1 109
6.6.1 Έλεγχος σε κλίση εντός επιπέδου 110
6.6.2 Έλεγχος σε κλίση εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα 110

6.6.3 Έλεγχος σε κλίση εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα 111

6.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 111

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ 112

7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ 112

7.2 ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΣΕΝΑΖ ΣΤΗΝ ΣΤΑΘΜΗ ΤΟΥ ΟΡΟΦΟΥ 112

7.2.1 Γραφική ανάλυση των κύριων τάσεων και ροπών κάμψης 113

7.2.2 Σύγκριση των δεικτών ανεπάρκειας του ενισχυμένου κτιρίου με το υφιστάμενο για διάτμηση και κάμψη 116

7.3 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗ ΜΑΖΑΣ ΜΕΣΩ ΕΝΕΣΕΩΝ 120

7.3.1 Γραφική ανάλυση των κύριων τάσεων και ροπών κάμψης 122

7.3.2 Σύγκριση των δεικτών ανεπάρκειας του ενισχυμένου κτιρίου με το υφιστάμενο για διάτμηση και κάμψη 124

7.4 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ ΒΑΘΥ ΑΡΜΟΛΟΓΗΜΑ 128

7.4.1 Γραφική ανάλυση των κύριων τάσεων και ροπών κάμψης 129

7.4.2 Σύγκριση των δεικτών ανεπάρκειας του ενισχυμένου κτιρίου με το υφιστάμενο για διάτμηση και κάμψη 131

7.5 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ 136

7.5.1 Γραφική ανάλυση των κύριων τάσεων και ροπών κάμψης 138

7.5.2 Σύγκριση των δεικτών ανεπάρκειας του ενισχυμένου κτιρίου με το υφιστάμενο για διάτμηση και κάμψη 140

7.6 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ ΜΑΝΔΥΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ 145

7.6.1 Γραφική ανάλυση των κύριων τάσεων και ροπών κάμψης 146

7.6.2 Σύγκριση των δεικτών ανεπάρκειας του ενισχυμένου κτιρίου με το υφιστάμενο για διάτμηση και κάμψη 148

7.7 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ FRPS ΛΩΡΙΔΩΝ 153

7.7.1 Γραφική ανάλυση των κύριων τάσεων και ροπών κάμψης 154

7.7.2 Σύγκριση των δεικτών ανεπάρκειας του ενισχυμένου κτιρίου με το υφιστάμενο για διάτμηση και κάμψη 156

7.8 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ 161

7.8.1 Γραφική ανάλυση των κύριων τάσεων και ροπών κάμψης 162

7.8.2 Σύγκριση των δεικτών ανεπάρκειας του ενισχυμένου κτιρίου με το υφιστάμενο για διάτμηση και κάμψη 163

7.9 ΣΥΝΟΨΗ 169

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΩΝ 170

8.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ 170

8.2 1ος ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ: ΕΝΕΜΑΤΑ – ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ 170

8.3 2ος ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ: ΕΝΕΜΑΤΑ – ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ 175

8.4 3ος ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ: ΕΝΕΜΑΤΑ – FRPS ΛΩΡΙΔΩΝ 181
8.5 4ος ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ: ΕΝΕΜΑΤΑ – ΜΑΝΔΥΑΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ 187
8.6 5ος ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ: ΒΑΘΥ ΑΡΜΟΛΟΓΗΜΑ –ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ 193
8.7 6ος ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ: ΒΑΘΥ ΑΡΜΟΛΟΓΗΜΑ – ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ 199
8.8 7ος ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ: ΒΑΘΥ ΑΡΜΟΛΟΓΗΜΑ – FRPS ΛΩΡΙΔΩΝ 205
8.9 8ος ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ: ΒΑΘΥ ΑΡΜΟΛΟΓΗΜΑ – ΜΑΝΔΥΑΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ 211
8.10 ΣΥΝΟΨΗ 218
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 219
9.1 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα και βελτίωση 220
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 222

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1 (α), (β) Δίστρωτη τοιχοποιία με κατακόρυφο αρμό, (γ) Δίστρωτη τοιχοποιία με διάτονα λιθοσώματα (Σπυράκος, 2019)

Σχήμα 1.2 Δίστρωτες τοιχοποιίες (ΚΑΔΕΤ 2022, ΣΧ.Σ.6.15)

Σχήμα 1.3 Τοιχοποιία υπό κατακόρυφη ή οριζόντια θλίψη (ΚΑΔΕΤ 2022, ΣΧ.Σ.6.1)

Σχήμα 1.4 Τοιχοποιία υπό λοξή θλίψη (ΚΑΔΕΤ 2022, ΣΧ.Σ.6.2)

Σχήμα 1.5 Η εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας (ΚΑΔΕΤ 2022, ΣΧ.Σ.6.19)

Σχήμα 1.6 Παραμόρφωση πεσσού τοιχοποιίας υπό διάτμηση

Σχήμα 1.7 Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας (Τάσιος, 1992)

Σχήμα 1.8 Καμπτικές αντοχές fxk1, fxk2 (Μέρος ΙΙ, Παρουσίαση EC6 1-1 (1995)-Σχεδιασμός κτιρίων από τοιχοποιία)

Σχήμα 1.9 Κάμψη εντός και εκτός επιπέδου (Μπαγουρδή-Δεγκλέρη, Τσιτσιάς,2020)

Σχήμα 1.10 Βλάβες φέρουσας τοιχοποιίας (Γιαννάκας, 2015)

Σχήμα 1.11 Συνήθεις βλάβες λόγω σεισμού σε τυπικό όροφο κτηρίου φέρουσας τοιχοποιίας (Γιαννάκας, 2015)

Σχήμα 1.12 Τυπικές μορφές ρηγματώσεων σε πεσσούς (Ιγνατάκης και Στυλιανίδης, 2009)

Σχήμα 1.13 Ρηγματώσεις σε δοκούς σύζευξης πεσσών (Γιαννάκας, 2015)

Σχήμα 2.1 (α) Διακριτοποιημένο προσομοίωμα πεπερασμένων στοιχείων κτιρίου. (β) κατανομή των σεισμικών φορτίων κατά τη διεύθυνση Υ σε τυχαίο τμήμα τοίχου (εντός του κύκλου στο α) (ΚΑΔΕΤ 2023)

Σχήμα 2.2 (α)Ανάλυση για βαρυτικά φορτία για το σεισμικό συνδυασμό, (β) προσδιορισμός εσωτερικών δυνάμεων και μετατοπίσεων για ολική φασματική επιταχυνση (απόκριση) ίση με 1.0g.(ΚΑΔΕΤ,2023)

Σχήμα 2.3 Διάγραμμα τέμνουσας σεισμικής βάσης-μετακίνησης (ΚΑΔΕΤ 2023)

Σχήμα 2.4 Σκελετικό διάγραμμα συμπεριφοράς (ΚΑΔΕΤ 2023)

Σχήμα 3.1 Κατανομή πραγματικών σεισμικών επιταχύνσεων καθ' ύψος του κτιρίου την στιγμή της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης και ορισμός του μοχλοβραχίονα της ροπής ανατροπής (ΚΑΔΕΤ 2023)

Σχήμα 3.2 Ορισμός ορθών τάσεων στην βάση του κτιρίου (ΚΑΔΕΤ 2023)

Σχήμα 3.3 Ορισμός εσωτερικής ροπής σε εντός επιπέδου κάμψη (ΚΑΔΕΤ 2023)

Σχήμα 3.4 Προσδιορισμός διατμητικού ύψους Ηο σε άκαμπτα (1^{ο} σχήμα) και μη άκαμπτα διαφράγματα (2^{ο} σχήμα), (ΚΑΔΕΤ 2023)

Σχήμα 3.5 (α) Διαγώνια εφελκυστική αστοχία, (β) Ολίσθηση κατά μήκος οριζόντιου αρμού κονιάματος

Σχήμα 3.6 Η συμβολή των οριζόντιων ξύλινων στοιχείων (ΚΑΔΕΤ, 2023)

Σχήμα 3.7 Παραμόρφωση εντός επιπέδου του τοίχου σε (α)κάμψη, (β) διάτμηση (ΚΑΔΕΤ, 2023)

Σχήμα 3.8 Καμπτική αντοχή παράλληλα στον οριζόντιο αρμό (ΚΑΔΕΤ, 2023)

Σχήμα 3.9 Καμπτική αντοχή παράλληλα στον κατακόρυφο αρμό (ΚΑΔΕΤ, 2023)

Σχήμα 3.10 Αντοχή ανατροπής πεσσού σε εκτός επιπέδου αστοχία (ΚΑΔΕΤ, 2023)

Σχήμα 3.11 Ορισμός οριακής στροφής θRu (ΚΑΔΕΤ, 2023)

Σχήμα 3.12 Ορισμός των σημείων περιβάλλουσας αντοχής τοίχου σε εκτός επιπέδου αστοχία (ΚΑΔΕΤ, 2023)

Σχήμα 3.13 Κρίσιμη επιφάνεια διάτρησεως (ΚΑΔΕΤ, 2023)

Σχήμα 4.1 Εφαρμογή μονόπλευρου (β) και αμφιπλεύρου (α) επιχρίσματος σε τοιχοποιία (Παπαχρηστίδης και Βαδαλούκας 2024)

Σχήμα 4.2 Τοποθέτηση αγκυριών και διαμόρφωση οπλισμένου μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος (Horseen.com)

Σχήμα 5.1 Κάτοψη ισογείου και ορόφου του κτιρίου του παραδείγματος

Σχήμα 5.2 Μπροστινή και πλάγια όψη του κτιρίου του παραδείγματος

Σχήμα 5.3 Τοπικό Σύστημα Αξόνων Πεπερασμένων Στοιχείων (3DR 2023, Οδηγός Μελέτης Αποτίμησης με βάση τον ΚΑΔΕΤ, Εικ.15)

Σχήμα 5.4 Επίπεδη εντατική κατάσταση των ορθών & διατμητικών τάσεων στην επιφάνεια των πεπερασμένων στοιχείων (Παπαχρηστίδης, 2021)

Σχήμα 5.5 Επίπεδη εντατική κατάσταση ροπών στην επιφάνεια των πεπερασμένων στοιχείων (Παπαχρηστίδης, 2021)

Σχήμα 5.6 Φάσμα σχεδιασμού

Σχήμα 5.7 Τρισδιάστατη απεικόνιση προσομοιώματος (α)SW VIEW (β) SE VIEW στο λογισμικό 3DR PESSOS

Σχήμα 5.8 Αναλυτικό μοντέλο προσομοιώματος (α)SW VIEW (β) SE VIEW στο λογισμικό 3DR PESSOS

Σχήμα 5.9 Αρίθμηση τοίχων στην κάτοψη του (α)Ισογείου (β) Α 'ορόφου

Σχήμα 5.10 Ονομαστική απεικόνιση πεσσών στις διάφορες όψεις του ισογείου

Σχήμα 5.11 Ονομαστική απεικόνιση πεσσών στις διάφορες όψεις του Α' ορόφου

Σχήμα 6.1 Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β1 στη διεύθυνση (α)SW VIEW (β) SE VIEW στο λογισμικό 3DR PESSOS

Σχήμα 6.2 Γραφική απεικόνιση παραμορφωμένης μορφής για τους συνδυασμούς (α)EC1_006 (β)EC1_042 αντίστοιχα

Σχήμα 6.3 Γραφική απεικόνιση εφελκυστικών τάσεων Sxx για τον συνδυασμό EC1_006 διεύθυνση (α)SW VIEW (β) SE VIEW στο λογισμικό 3DR PESSOS

Σχήμα 6.4 Γραφική απεικόνιση εφελκυστικών τάσεων Sxx για τον συνδυασμό EC1_042 διεύθυνση (α)SW VIEW (β) SE VIEW στο λογισμικό 3DR PESSOS

Σχήμα 6.5 Γραφική απεικόνιση εφελκυστικών τάσεων Syy για τον συνδυασμό EC1_006 διεύθυνση (α)SW VIEW (β) SE VIEW στο λογισμικό 3DR PESSOS

Σχήμα 6.6 Γραφική απεικόνιση εφελκυστικών τάσεων Syy για τον συνδυασμό EC1_042 διεύθυνση (α)SW VIEW (β) SE VIEW στο λογισμικό 3DR PESSOS

Σχήμα 6.7 Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxy για τον συνδυασμό EC1_006 διεύθυνση (α)SW VIEW (β) SE VIEW στο λογισμικό 3DR PESSOS

Σχήμα 6.8 Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxy για τον συνδυασμό EC1_042 διεύθυνση (α)SW VIEW (β) SE VIEW στο λογισμικό 3DR PESSOS

Σχήμα 6.9 Ροπές κάμψης Mxx εκτός επιπέδου περί κατακόρυφο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα

Σχήμα 6.10 Ροπές κάμψης Myy εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα

Σχήμα 7.1 Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας B1 στη διεύθυνση SW VIEW με την προσθήκη διαφράγματος και σενάζ στο λογισμικό 3DR PESSOS

Σχήμα 7.2 Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxx για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με την προσθήκη διαφράγματος και σενάζ

Σχήμα 7.3 Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Syy για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με την προσθήκη διαφράγματος και σενάζ

Σχήμα 7.4 Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxy για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με την προσθήκη διαφράγματος και σενάζ

Σχήμα 7.5 Ροπές κάμψης Mxx εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα με την προσθήκη διαφράγματος και σενάζ

Σχήμα 7.6 Ροπές κάμψης Myy εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα με την προσθήκη διαφράγματος και σενάζ

Σχήμα 7.7 Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας B1 στη διεύθυνση SW VIEW με ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενέσεων στο λογισμικό 3DR PESSOS

Σχήμα 7.8 Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxx για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με την με ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενέσεων

Σχήμα 7.9 Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Syy για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με την με ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενέσεων

Σχήμα 7.10 Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxy για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με την με ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενέσεων

Σχήμα 7.11 Ροπές κάμψης Mxx εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα με την με ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενέσεων

Σχήμα 7.12 Ροπές κάμψης Myy εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα με την με ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενέσεων

Σχήμα 7.13 Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας B1 στη διεύθυνση SW VIEW με ενίσχυση με βαθύ αρμολόγημα στο λογισμικό 3DR PESSOS

Σχήμα 7.14 Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxx για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με ενίσχυση με βαθύ αρμολόγημα

Σχήμα 7.15 Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Syy για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με την με ενίσχυση με βαθύ αρμολόγημα

Σχήμα 7.16 Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxy για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με την με ενίσχυση με βαθύ αρμολόγημα

Σχήμα 7.17 Ροπές κάμψης Mxx εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα με την με ενίσχυση με βαθύ αρμολόγημα

Σχήμα 7.18 Ροπές κάμψης Myy εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα με την με ενίσχυση με βαθύ αρμολόγημα

Σχήμα 7.19 Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας B1 στη διεύθυνση SW VIEW με ενίσχυση με οπλισμένα επιχρίσματα στο λογισμικό 3DR PESSOS

Σχήμα 7.20 Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxx για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με ενίσχυση με οπλισμένα επιχρίσματα

Σχήμα 7.21 Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Syy για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με ενίσχυση με οπλισμένα επιχρίσματα

Σχήμα 7.22 Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxy για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με ενίσχυση με οπλισμένα επιχρίσματα

Σχήμα 7.23 Ροπές κάμψης Mxx εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα με την με ενίσχυση με οπλισμένα επιχρίσματα

Σχήμα 7.24 Ροπές κάμψης Myy εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα με την με ενίσχυση με οπλισμένα επιχρίσματα

Σχήμα 7.25 Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας B1 στη διεύθυνση SW VIEW με ενίσχυση με μανδύα σκυροδέματος στο λογισμικό 3DR PESSOS

Σχήμα 7.26 Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxx για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με εφαρμογή μανδύα σκυροδέματος

Σχήμα 7.27 Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Syy για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με εφαρμογή μανδύα σκυροδέματος

Σχήμα 7.28 Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxy για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με εφαρμογή μανδύα σκυροδέματος

Σχήμα 7.29 Ροπές κάμψης Mxx εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα με την με εφαρμογή μανδύα σκυροδέματος

Σχήμα 7.30 Ροπές κάμψης Myy εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα με την με εφαρμογή μανδύα σκυροδέματος

Σχήμα 7.31 Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας B1 στη διεύθυνση SW VIEW με ενίσχυση με FRPs λωρίδων στο λογισμικό 3DR PESSOS

Σχήμα 7.32 Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxx για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με εφαρμογή FRPs λωρίδων

Σχήμα 7.33 Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Syy για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με εφαρμογή FRPs λωρίδων

Σχήμα 7.34 Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxy για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με εφαρμογή FRPs λωρίδων

Σχήμα 7.35 Ροπές κάμψης Mxx εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα με την με εφαρμογή FRPs λωρίδων

Σχήμα 7.36 Ροπές κάμψης Myy εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα με την με εφαρμογή FRPs λωρίδων

Σχήμα 7.37 Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας B1 στη διεύθυνση SW VIEW με ενίσχυση με ινοπλισμένα επιχρίσματα στο λογισμικό 3DR PESSOS

Σχήμα 7.38 Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxx για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με ινοπλισμένων επιχρίσματων

Σχήμα 7.39 Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Syy για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με ινοπλισμένων επιχρίσματων

Σχήμα 7.40 Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxy για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με ινοπλισμένων επιχρισμάτων

Σχήμα 7.41 Ροπές κάμψης Mxx εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα με την με εφαρμογή ινοπλισμένων επιχρισμάτων

Σχήμα 7.42 Ροπές κάμψης Myy εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα με την με εφαρμογή ινοπλισμένων επιχρισμάτων

Σχήμα 8.1 Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β1 στη διεύθυνση SW VIEW για τον πρώτο συνδυασμό

Σχήμα 8.2 Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β1 στη διεύθυνση SW VIEW για τον δεύτερο συνδυασμό

Σχήμα 8.3 Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β1 στη διεύθυνση SW VIEW για τον τρίτο συνδυασμό

Σχήμα 8.4 Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β1 στη διεύθυνση SW VIEW για τον τέταρτο συνδυασμό

Σχήμα 8.5 Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β1 στη διεύθυνση SW VIEW για τον πέμπτο συνδυασμό

Σχήμα 8.6 Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β1 στη διεύθυνση SW VIEW για τον έκτο συνδυασμό

Σχήμα 8.7 Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β1 στη διεύθυνση SW VIEW για τον έβδομο συνδυασμό

Σχήμα 8.8 Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β1 στη διεύθυνση SW VIEW για τον έβδομο συνδυασμό

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1 Τιμές αναφοράς για τα μηχανικά χαρακτηριστικά διαφορετικών τύπων τοιχοποιίας (Σπυράκος, 2019)

Πίνακας 1.2 Διορθωτικοί συντελεστές λi που εφαρμόζονται στα μηχανικά χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας με κανόνες καλής πρακτικής (Σπυράκος, 2019)

Πίνακας 1.3 Ενδεικτικές τιμές μηχανικών χαρακτηριστικών συνηθέστερων πετρωμάτων και ερήμην τιμές λιθοσωμάτων με βάση την επί τόπου οπτική παρατήρηση, εξέταση και κατάταξη του λιθοσώματος στις κατηγορίες του πίνακα (ΚΑΔΕΤ 2022)

Πίνακας 1.4 Εκτίμηση αντοχών παλαιών κονιαμάτων - Πρόταση ερήμην τιμών (ΚΑΔΕΤ 2022)

Πίνακας 2.1 Στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού Φέροντος Οργανισμού. (ΚΑΔΕΤ 2022)

Πίνακας 2.2 Ενδεικτική συσχέτιση περιόδου επαναφοράς και πιθανότητας υπέρβασης της σεισμικής δράσης με την αντίστοιχη ανηγμένη οριζόντια εδαφική επιτάχυνση (ΚΑΔΕΤ 2022)

Πίνακας 2.3 Ελάχιστοι ανεκτοί στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού υφιστάμενων κτιρίων (ΚΑΔΕΤ 2022)

Πίνακας 2.4 Τιμές του λόγου q*/q' αναλόγως του στόχου επανελέγχου (ΚΑΔΕΤ 2023, §4.6.1)

Πίνακας 2.5 Τιμές του δείκτη συμπεριφοράς q' για την στάθμη επιτελεστικότητας Β (Σημαντικές βλάβες) (ΚΑΔΕΤ 2023, §4.6.2)

Πίνακας 2.6 Τιμές του συντελεστή γEd (ΚΑΔΕΤ 2023, §4.5.1)

Πίνακας 2.7 Τιμές του συντελεστή γg

Πίνακας 2.8 Τιμές του συντελεστή γm

Πίνακας 2.9 Τιμές του λόγου γ΄m/γm για προστιθέμενα «συμβατικά» υλικά (ΚΑΔΕΤ 2023, §4.5.3.2)

Πίνακας 5.1 Είδος τοιχοποιίας παραδείγματος

Πίνακας 5.2 Χαρακτηριστικά λίθων και κονιάματος τοιχοποιίας παραδείγματος

Πίνακας 5.3 Ίδιο βάρος λιθοδομής και ξυλείας

Πίνακας 5.4 Φορτία επικάλυψης πατωμάτων και στέγης

Πίνακας 5.5 Κινητά φορτία δαπέδων και στέγης

Πίνακας 5.6 Βασικοί συνδυασμοί φόρτισης, όπου G και Q τα μόνιμα και κινητά φορτία αντίστοιχα και Ex και Ey οι σεισμικές δράσεις κατά x και y αντίστοιχα

Πίνακας 5.7 Σεισμική επιτάχυνση του εδάφους για την κάθε στάθμη επιτελεστικότητας

Πίνακας 5.8 Παράμετροι σεισμικής δράσης

Πίνακας 6.1 Έλεγχος εκκεντρότητας

Πίνακας 6.2 Έλεγχος αδρανούς περιοχή

Πίνακας 6.3 Έλεγχος μέγιστης ορθής θλιπτικής τάσης

Πίνακας 6.4 Παράμετροι και σχέσεις ελέγχου εντατικών μεγεθών πεσσών

Πίνακας 6.5 Έλεγχος πεσσών πρώτης στάθμης σε κατακόρυφα φορτία

Πίνακας 6.6 Έλεγχος πεσσών δεύτερης στάθμης σε κατακόρυφα φορτία

Πίνακας 6.7 Έλεγχος πεσσών σε διάτμηση εντός επιπέδου

Πίνακας 6.8 Έλεγχος πεσσών σε διάτμηση εκτός επιπέδου

Πίνακας 6.9 Έλεγχος πεσσών ισογείου σε κάμψη εντός επιπέδου

Πίνακας 6.10 Έλεγχος πεσσών Α'ορόφου σε κάμψη εντός επιπέδου

Πίνακας 6.11 Έλεγχος πεσσών ισογείου σε κάμψη εκτός επιπέδου (περί οριζόντιο άξονα)

Πίνακας 6.12 Έλεγχος πεσσών Α'ορόφου σε κάμψη εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα

Πίνακας 6.13 Έλεγχος πεσσών ισογείου σε κάμψη εκτός επιπέδου (περί κατακόρυφο άξονα)

Πίνακας 6.14 Έλεγχος πεσσών Α'ορόφου σε κάμψη εκτός επιπέδου (περί κατακόρυφο άξονα)

Πίνακας 6.15 Έλεγχος τοίχων σε κλίση εντός επιπέδου με όρους παραμορφωσιακών μεγεθών

Πίνακας 6.16 Έλεγχος τοίχων σε κλίση εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα με όρους παραμορφωσιακών μεγεθών

Πίνακας 6.17 Έλεγχος τοίχων σε κλίση εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα με όρους παραμορφωσιακών μεγεθών

Πίνακας 7.1 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με διάφραγμα και σενάζ κτιρίου με το υφιστάμενο

Πίνακας 7.2 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου του ενισχυμένου με διάφραγμα και σενάζ κτιρίου με το υφιστάμενο

Πίνακας 7.3 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με διάφραγμα και σενάζ κτιρίου με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου.

Πίνακας 7.4 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με διάφραγμα και σενάζ κτιρίου με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου

Πίνακας 7.5 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα του ενισχυμένου με διάφραγμα και σενάζ κτιρίου με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου

Πίνακας 7.6 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα του ενισχυμένου με διάφραγμα και σενάζ κτιρίου με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου

Πίνακας 7.7 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα του ενισχυμένου με διάφραγμα και σενάζ κτιρίου με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου

Πίνακας 7.8 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα του ενισχυμένου με διάφραγμα και σενάζ κτιρίου με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου.

Πίνακας 7.9 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενέσεων με το υφιστάμενο

Πίνακας 7.10 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου του ενισχυμένου με ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενέσεων με το υφιστάμενο

Πίνακας 7.11 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενέσεων με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου

Πίνακας 7.12 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου του με ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενέσεων με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου

Πίνακας 7.13 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα του ενισχυμένου με ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενέσεων με το υφιστάμενο για τους πεσσούς

Πίνακας 7.14 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα του ενισχυμένου με ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενέσεων με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου

Πίνακας 7.15 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα του ενισχυμένου με ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενέσεων με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου

Πίνακας 7.16 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα του ενισχυμένου με ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενέσεων με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου

Πίνακας 7.17 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση με βαθύ αρμολόγημα με το υφιστάμενο

Πίνακας 7.18 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση με βαθύ αρμολόγημα με το υφιστάμενο

Πίνακας 7.19 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση με βαθύ αρμολόγημα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου

Πίνακας 7.20 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου του με ενίσχυση με βαθύ αρμολόγημα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου

Πίνακας 7.21 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα του ενισχυμένου με ενίσχυση με βαθύ αρμολόγημα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου

Πίνακας 7.22 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα του ενισχυμένου με ενίσχυση με βαθύ αρμολόγημα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου

Πίνακας 7.23 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα του ενισχυμένου με ενίσχυση με βαθύ αρμολόγημα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου

Πίνακας 7.24 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα του ενισχυμένου με ενίσχυση με βαθύ αρμολόγημα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου

Πίνακας 7.25 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση με οπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο

Πίνακας 7.26 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση με οπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο

Πίνακας 7.27 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση με οπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου

Πίνακας 7.28 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου του με ενίσχυση με οπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου

Πίνακας 7.29 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα του ενισχυμένου με ενίσχυση με οπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου

Πίνακας 7.30 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα του ενισχυμένου με ενίσχυση με οπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου

Πίνακας 7.31 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα του ενισχυμένου με ενίσχυση με οπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου

Πίνακας 7.32 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα του ενισχυμένου με ενίσχυση με οπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου

Πίνακας 7.33 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση με μανδύα σκυροδέματος με το υφιστάμενο

Πίνακας 7.34 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση με μανδύα σκυροδέματος με το υφιστάμενο

Πίνακας 7.35 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση μανδύα σκυροδέματος με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου

Πίνακας 7.36 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου του με ενίσχυση με μανδύα σκυροδέματος με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου

Πίνακας 7.37 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα του ενισχυμένου με μανδύα σκυροδέματος με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου

Πίνακας 7.38 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα του ενισχυμένου με μανδύα σκυροδέματος με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου

Πίνακας 7.39 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα του ενισχυμένου με μανδύα σκυροδέματος με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου

Πίνακας 7.40 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα του ενισχυμένου με μανδύα σκυροδέματος με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου

Πίνακας 7.41 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση με FRPs λωρίδων με το υφιστάμενο

Πίνακας 7.42 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση με FRPs λωρίδων με το υφιστάμενο

Πίνακας 7.43 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση FRPs λωρίδων με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου

Πίνακας 7.44 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου του με ενίσχυση με FRPs λωρίδων με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου

Πίνακας 7.45 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα του ενισχυμένου με FRPs λωρίδων με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου

Πίνακας 7.46 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα του ενισχυμένου με FRPs λωρίδων με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου

Πίνακας 7.47 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα του ενισχυμένου με FRPs λωρίδων με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου

Πίνακας 7.48 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα του ενισχυμένου με FRPs λωρίδων με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου

Πίνακας 7.49 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση με ινοπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο

Πίνακας 7.50 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση με ινοπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο

Πίνακας 7.51 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση με ινοπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου

Πίνακας 7.52 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου του με ενίσχυση με ινοπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου

Πίνακας 7.53 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα του ενισχυμένου με ινοπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου

Πίνακας 7.54 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα του ενισχυμένου με ινοπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου

Πίνακας 7.55 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα του ενισχυμένου με ινοπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου

Πίνακας 7.56 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα του ενισχυμένου με ινοπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου

Πίνακας 7.57 Τελικές στάθμες επιτελεστικότητας για τις μεμονωμένες μεθόδους ενίσχυσης.

Πίνακας 8.1 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου για τον πρώτο συνδυασμό ενίσχυσης

Πίνακας 8.2 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου για τον πρώτο συνδυασμό ενίσχυσης

Πίνακας 8.3 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον πρώτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος

Πίνακας 8.4 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον πρώτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος

Πίνακας 8.5 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον πρώτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος

Πίνακας 8.6 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον πρώτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος

Πίνακας 8.7 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον πρώτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος

Πίνακας 8.8 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον πρώτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος

Πίνακας 8.9 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου για τον δεύτερο συνδυασμό ενίσχυσης

Πίνακας 8.10 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου για τον δεύτερο συνδυασμό ενίσχυσης

Πίνακας 8.11 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον δεύτερο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος

Πίνακας 8.12 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον δεύτερο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος

Πίνακας 8.13 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον δεύτερο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος

Πίνακας 8.14 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον δεύτερο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος

Πίνακας 8.15 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον δεύτερο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος

Πίνακας 8.16 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον δεύτερο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος

Πίνακας 8.17 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου για τον τρίτο συνδυασμό ενίσχυσης

Πίνακας 8.18 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου για τον τρίτο συνδυασμό ενίσχυσης

Πίνακας 8.19 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον τρίτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος

Πίνακας 8.20 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον τρίτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος

Πίνακας 8.21 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον τρίτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος

Πίνακας 8.22 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον τρίτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος

Πίνακας 8.23 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον τρίτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος

Πίνακας 8.24 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον τρίτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος

Πίνακας 8.25 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου για τον τέταρτο συνδυασμό ενίσχυσης

Πίνακας 8.26 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου για τον τέταρτο συνδυασμό ενίσχυσης

Πίνακας 8.27 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον τέταρτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος

Πίνακας 8.28 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον τέταρτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος

Πίνακας 8.29 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον τέταρτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος

Πίνακας 8.30 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον τέταρτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος

Πίνακας 8.31 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον τέταρτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος

Πίνακας 8.32 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον τέταρτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος

Πίνακας 8.33 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου για τον πέμπτο συνδυασμό ενίσχυσης

Πίνακας 8.34 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου για τον πέμπτο συνδυασμό ενίσχυσης

Πίνακας 8.35 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον πέμπτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος

Πίνακας 8.36 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον πέμπτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος

Πίνακας 8.37 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον πέμπτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος

Πίνακας 8.38 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον πέμπτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος

Πίνακας 8.39 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον πέμπτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος

Πίνακας 8.40 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον πέμπτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος

Πίνακας 8.41 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου για τον έκτο συνδυασμό ενίσχυσης

Πίνακας 8.42 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου για τον έκτο συνδυασμό ενίσχυσης

Πίνακας 8.43 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον έκτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος

Πίνακας 8.44 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον έκτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος

Πίνακας 8.45 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον έκτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος

Πίνακας 8.46 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον έκτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος

Πίνακας 8.47 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον έκτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος

Πίνακας 8.48 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον έκτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος

Πίνακας 8.49 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου για τον έβδομο συνδυασμό ενίσχυσης

Πίνακας 8.50 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου για τον έβδομο συνδυασμό ενίσχυσης

Πίνακας 8.51 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον έβδομο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος

Πίνακας 8.52 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον έβδομο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος

Πίνακας 8.53 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον έβδομο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος

Πίνακας 8.54 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον έβδομο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος

Πίνακας 8.55 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον έβδομο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος

Πίνακας 8.56 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον έβδομο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος

Πίνακας 8.57 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου για τον όγδοο συνδυασμό ενίσχυσης

Πίνακας 8.58 Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου για τον όγδοο συνδυασμό ενίσχυσης

Πίνακας 8.59 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον όγδοο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος

Πίνακας 8.60 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον όγδοο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος

Πίνακας 8.61 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον όγδοο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος

Πίνακας 8.62 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον όγδοο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος

Πίνακας 8.63 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον όγδοο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος

Πίνακας 8.64 Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον όγδοο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος

Πίνακας 8.65 Τελικές στάθμες επιτελεστικότητας για τις συνδυαστικές μεθόδους ενίσχυσης.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η φέρουσα τοιχοποιία αποτελεί ένα από αρχαιότερα δομικά συστήματα και έχει συνδεθεί διαχρονικά με την εξέλιξη της κατασκευαστικής δραστηριότητας και της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς πολλών χωρών, συμπεριλαμβανόμενης και της Ελλάδας. Η χρήση φυσικών λίθων, πλίνθων και κονιαμάτων για την κατασκευή φερόντων στοιχείων υπήρξε για αιώνες η κυρίαρχη τεχνική δόμησης, κυρίως λόγω της διαθεσιμότητας των υλικών και της δυνατότητας προσαρμογής στις τοπικές κατασκευαστικές παραδόσεις. Μέχρι και τις αρχές του $20^{ου}$ αιώνα, μεγάλος αριθμός κτιρίων κατασκευάστηκε με φέρουσα τοιχοποιία, διαμορφώνοντας σε σημαντικό βαθμό το δομημένο περιβάλλον.

Παρά τη μακρόχρονη εφαρμογή της, η τοιχοποιία παρουσιάζει ιδιαίτερα σύνθετη μηχανική συμπεριφορά. Πρόκειται για ένα ανομοιογενές και ανισότροπο δομικό υλικό, το οποίο αποτελείται από διαφορετικά συστατικά με διακριτές μηχανικές ιδιότητες, όπως τα λιθοσώματα και το κονίαμα. Η συνολική συμπεριφορά της επηρεάζεται από πλήθος παραγόντων όπως η ποιότητα των υλικών, ο τρόπος δόμησης, η γεωμετρία των δομικών στοιχείων και οι συνθήκες φόρτισης. Η μειωμένη εφελκυστική αντοχή και η ψαθυρή φύση της καθιστούν τις κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία ιδιαίτερα ευάλωτες έναντι σεισμικών δράσεων και δυναμικών καταπονήσεων.

Η υψηλή σεισμικότητα του ελλαδικού χώρου σε συνδυασμό με την γήρανση μεγάλου μέρους του υφιστάμενου κτιριακού αποθέματος, έχει αναδείξει την ανάγκη συστηματικής διερεύνησης της συμπεριφοράς των κατασκευών από τοιχοποιία. Πολλά από τα υφιστάμενα κτίρια έχουν κατασκευαστεί χωρίς σύγχρονες αντισεισμικές διατάξεις και παρουσιάζουν περιορισμένη διαφραγματική λειτουργία, ανεπαρκείς συνδέσεις μεταξύ των δομικών στοιχείων και αυξημένη πιθανότητα ανάπτυξης τοπικών μηχανισμών αστοχίας. Οι βλάβες που παρατηρούνται συχνά σε τέτοιες κατασκευές περιλαμβάνουν ρηγματώσεις, αποκολλήσεις, τοπικές καταρρεύσεις και φαινόμενα εκτός επιπέδου κάμψης, τα οποία επηρεάζουν σημαντικά τη φέρουσα ικανότητα και τη συνολική ευστάθεια του φορέα.

Τα τελευταία χρόνια, η πρόοδος της υπολογιστικής μηχανικής, των μεθόδων ανάλυσης και των κανονιστικών διατάξεων έχει συμβάλει ουσιαστικά στη δυνατότητα αποτίμησης και ανασχεδιασμού υφιστάμενων κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία. Παράλληλα, η ανάγκη προστασίας και διατήρησης ιστορικών και παραδοσιακών κτιρίων έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη σύγχρονων τεχνικών επεμβάσεων και ενίσχυσης, με στόχο τη βελτίωση της δομικής συμπεριφοράς, χωρίς σημαντική αλλοίωση της μορφολογίας και της αρχικής λειτουργίας των κατασκευών.

Σημαντικό εργαλείο για την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό σε κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία αποτελεί ο Κανονισμός Αποτίμησης και Δομητικών Επεμβάσεων Τοιχοποιίας (ΚΑΔΕΤ), ο οποίος καθορίζει τις βασικές αρχές για την αξιολόγηση της φέρουσας ικανότητας, τον προσδιορισμό των μηχανικών χαρακτηριστικών της τοιχοποιίας και τις απαιτήσεις ανασχεδιασμού και ενίσχυσης υφιστάμενων δομημάτων. Μέσω του κανονιστικού αυτού πλαισίου καθίσταται δυνατή η συστηματική και τεκμηριωμένη προσέγγιση της σεισμικής συμπεριφοράς των κατασκευών από τοιχοποιία και η επιλογή κατάλληλων στρατηγικών επεμβάσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα κτίρια φέρουσας τοιχοποιίας αποτέλεσαν για αιώνες την κυρίαρχη μορφή δόμησης, τόσο στον ελληνικό όσο και στον διεθνή χώρο, διαμορφώνοντας σε μεγάλο βαθμό το ιστορικά δομημένο περιβάλλον έως και τα μέσα του 19^{ου} αιώνα. Η εκτεταμένη χρήση της τοιχοποιίας συνδέεται με τη διαθεσιμότητα φυσικών υλικών, τις τοπικές κατασκευαστικές παραδόσεις και τη μακρόχρονη εξοικείωση των τεχνιτών με τον συγκεκριμένο τρόπο δόμησης.

Η σταδιακή εισαγωγή νέων δομικών υλικών, όπως ο χάλυβας και αργότερα το οπλισμένο σκυρόδεμα, οδήγησε στον περιορισμό της χρήσης της τοιχοποιίας ως φέροντος οργανισμού στις σύγχρονες κατασκευές. Παρά τη μακροχρόνια εφαρμογή της, η επιστημονική γνώση που αφορούσε τη μηχανική συμπεριφορά της τοιχοποιίας παρέμεινε περιορισμένη για μεγάλο χρονικό διάστημα, καθώς η έρευνα στον τομέα των δομικών υλικών και κατασκευών είχε στραφεί κυρίως προς τα νεότερα υλικά.

Έως και τη δεκαετία του 1970, η τοιχοποιία θεωρούνταν σε μεγάλο βαθμό παρωχημένο δομικό σύστημα, με αποτέλεσμα την απουσία συστηματικής ερευνητικής ενασχόλησης. Ωστόσο, η αυξανόμενη ανάγκη συντήρησης, αποκατάστασης και ενίσχυσης υφιστάμενων κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία —πολλές από τις οποίες φέρουν ιδιαίτερη πολιτιστική και ιστορική αξία— ανέδειξε σοβαρές αδυναμίες στις παλαιότερες επεμβάσεις, οι οποίες αποδείχθηκαν σε αρκετές περιπτώσεις αναποτελεσματικές ή ακόμη και επικίνδυνες (Καραντώνη, 2004).

Στο πλαίσιο αυτό, από τη δεκαετία του 1970 και έπειτα, αναπτύχθηκε έντονο και διαρκές ερευνητικό ενδιαφέρον γύρω από τη μηχανική συμπεριφορά της τοιχοποιίας, τις μορφές αστοχίας της και τις σύγχρονες μεθόδους αποτίμησης και ενίσχυσής της, με στόχο τόσο τη διασφάλιση της δομικής επάρκειας των κατασκευών όσο και τη διαφύλαξη του ιστορικού και πολιτιστικού τους χαρακτήρα.

1.2 ΕΙΔΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ

Η τοιχοποιία αποτελεί δομικό σύστημα με κύρια συστατικά τα λιθοσώματα και το κονίαμα που συνιστά συνδετικό υλικό των λιθοσωμάτων. Ωστόσο, διακρίνονται και κατατάσσονται σε κατηγορίες λαμβάνοντας υπόψη το είδος των λιθοσωμάτων που αποτελούνται, τον τρόπο δόμησης τους και την συνολική λειτουργία τους στον φορέα.

Ανάλογα με την προέλευση των λιθοσωμάτων χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, εκείνες που αποτελούνται από φυσικούς λίθους (λιθοδομές) και εκείνες από τεχνητούς λίθους (πλινθοδομές).

Τοιχοποιία από φυσικούς λίθους (λιθοδομές)

Δομούνται από φυσικούς λίθους οι οποίοι επεξεργάζονται σε μικρό ή μεγάλο βαθμό αποκτούν κατάλληλο σχήμα και μετέπειτα χρησιμοποιούνται στην κατασκευή. Ανάλογα με το συνδετικό κονίαμα οι λιθοδομές διακρίνονται σε τρείς μεγάλες κατηγορίες:

- *Ξηρολιθοδομές:* δομούνται από ακατέργαστους φυσικούς λίθους χωρίς τη χρήση συνδετικού κονιάματος. Χρησιμοποιούνται κυρίως για τοίχους περίφραξης ή χαμηλής αντιστήριξης καθώς έχουν μικρή αντοχή σε οριζόντιες δράσεις.
- *Λιθοδομές:* αποτελούνται από φυσικούς λίθους που συνδέονται με κονίαμα και διακρίνονται ανάλογα με το ποσοστό κατεργασίας των λίθων σε αργολιθοδομές, ημιλαξευτές λιθοδομές και λαξευμένες λιθοδομές.
- *Χυτές τοιχοποιίες:* κατασκευάζονται από μείγματα πηλού και κροκάλων που διαστρώνονται σε καλούπι, σκληραίνουν και σχηματίζουν ένα ενιαίο σύνολο τοίχου.

Τοιχοποιία από τεχνητούς λίθους (πλινθοδομές)

Δομούνται από τοιχοσώματα που παράγονται βιοτεχνικά ή βιομηχανικά με δομικά στοιχεία με συγκεκριμένο σχήμα και σταθερές διαστάσεις. Διακρίνονται σε:

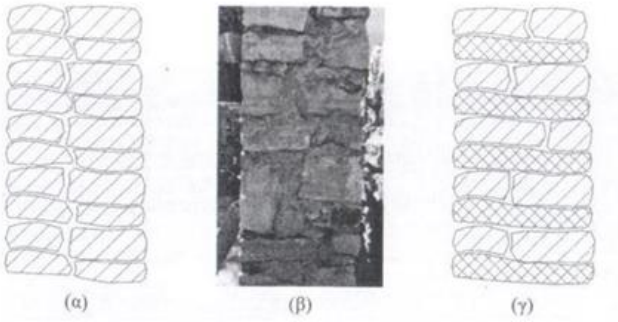
- *Ωμοπλινθοδομές:* κατασκευάζονται από ωμόπλινθους (άψητες χωματόπλιθες).
- *Οπτοπλινθοδομές:* κατασκευάζονται από ψημένους πλίνθους (τούβλα) αργιλικής σύστασης.
- *Τσιμεντοπλινθοδομές:* κατασκευάζονται από τεχνητά τοιχοσώματα σκυροδέματος (τσιμεντόλιθους).

Επιπλέον, σύμφωνα με τον δομικό τους ρόλο, διακρίνονται σε φέρουσες τοιχοποιίες, τοιχοποιίες πληρώσεως , τοίχους αντιστήριξης και τοίχους επένδυσης:

- *Φέρουσες τοιχοποιίες:* παραλαμβάνουν οριζόντια ή κατακόρυφα φορτία και τα μεταφέρουν στο έδαφος.
- *Τοιχοποιίες πληρώσεως:* δεν παραλαμβάνουν φορτία και χρησιμοποιούνται για την διαμόρφωση των εσωτερικών χώρων.
- *Τοίχους αντιστήριξης:* είναι η τοιχοποιία που στηρίζει γαιώδη πρανή.
- *Τοίχους επένδυσης:* κατασκευάζονται για διακοσμητικούς σκοπούς επικαλύπτοντας τοίχους.

Επιπρόσθετα, η τοιχοποιία ανάλογα με τον τρόπο δόμησης της διακρίνεται σε δρομική (ή μονόστρωτη), μπατική (ή δίστρωτη), τρίστρωτη και σε συμπαγή ,κοίλη(με πυρήνα):

- *Δρομική (ή μονόστρωτη):* αποτελείται από μια στρώση λιθοσωμάτων και λόγω του μικρού του πάχους και αντοχής χρησιμοποιείται κυρίως για εσωτερικούς μη φέροντες τοίχους.
- *Μπατική (ή δίστρωτη):* σχηματίζονται από δύο παράλληλες στρώσεις λιθοσωμάτων που συνδέονται μεταξύ τους με εγκάρσια στοιχεία για καλύτερη συνοχή και αντοχή. Παρατηρούνται δύο υποκατηγορίες δίστρωτων τοιχοποιιών: η δίστρωτη τοιχοποιία με κατακόρυφο αρμό (Σχήμα 1.1 (α),(β)) και η δίστρωτη τοιχοποιία με διάτονα λιθοσώματα (Σχήμα 1.1 (γ)). (Τουραλιάς, 2024)



Σχήμα 1.1 (α), (β) *Δίστρωτη τοιχοποιία με κατακόρυφο αρμό, (γ) Δίστρωτη τοιχοποιία με διάτονα λιθοσώματα (Σπυράκος, 2019).*

- *Τρίστρωτη:* αποτελούνται από δύο εξωτερικές στρώσεις διαφορετικής δόμησης και μια εσωτερική που αποτελείται από κονίαμα ή μικρούς λίθους και έχουν μεγάλο πάχος.
- *Συμπαγή, κοίλη ή με πυρήνα:* Η συμπαγής τοιχοποιία είναι ενιαία μάζα και δεν διακρίνονται κατακόρυφα ξεχωριστές στρώσεις ενώ η κοίλη αποτελείται από δύο παρειές, μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται ενδιάμεσος πυρήνας. Ανάλογα με τη διαμόρφωση του πυρήνα, η τοιχοποιία διακρίνεται σε δίστρωτη όταν ο πυρήνας είναι κενό και σε τρίστρωτη όταν ο πυρήνας πληρούται με κονίαμα.

Καταληκτικά, ανάλογα με τον οπλισμό που διαθέτουν διακρίνονται σε άοπλες τοιχοποιίες, οπλισμένες, διαζωματικές και προεντεταμένες. Η άοπλη τοιχοποιία δεν φέρει οπλισμό ενώ η οπλισμένη ενσωματώνει στοιχεία χάλυβα (ράβδους ή πλέγματα) μέσα στην τοιχοποιία για την παραλαβή των φορτίων και την αύξηση της δυσκαμψίας. Η διαζωματική τοιχοποιία αποτελείται περιμετρικά από οριζόντια και κατακόρυφα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος (υποστυλώματα και δοκούς) και σχεδιάζεται με βάση τον Ευρωκώδικα 6 (ΕC6) ενώ στη προεντεταμένη τοιχοποιία εισάγονται εσωτερικές θλιπτικές τάσεις μέσω εφελκυόμενου οπλισμού.

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύεται κατά κύριο λόγο η μηχανική συμπεριφορά της δίστρωτης τοιχοποιίας, δεδομένου ότι το αριθμητικό μοντέλο που θα παρουσιαστεί παρακάτω προσομοιώνει τον συγκεκριμένο τύπο τοιχοποιίας.

1.3 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΗΣ ΔΙΣΤΡΩΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ

Η τοιχοποιία συνιστά σύνθετο δομικό υλικό με ανομοιογενή και ανισότροπη συμπεριφορά, γεγονός που καθιστά άκρως απαιτητικό τον προσδιορισμό των μηχανικών της ιδιοτήτων. Σε αντίθεση με τα σύγχρονα βιομηχανικά δομικά υλικά, η τοιχοποιία δεν αποτελεί τυποποιημένο προϊόν σταθερής ποιότητας, αλλά η τελική της ποιότητα διαμορφώνεται από τον συνδυασμό των συστατικών που την απαρτίζουν καθώς και τον τρόπο κατασκευής της. Η τοιχοποιία αποτελεί ψαθυρό και ασυνεχές υλικό με μειωμένη ελαστικότητα και η μηχανική της συμπεριφορά σε θλίψη, εφελκυσμό και διάτμηση επηρεάζεται από πληθώρα παραγόντων.

Συνεπώς, για την εξαγωγή σε ακριβέστερων συμπερασμάτων, τα μηχανικά υλικά που προκύπτουν από εργαστηριακές δοκιμές συγκρίνονται με θεωρητικά και εμπειρικά μοντέλα.

1.3.1 Τρόποι υπολογισμού μηχανικών χαρακτηριστικών τοιχοποιίας

Γενικά, τα μηχανικά χαρακτηριστικά εξαρτώνται από ποικίλους παράγοντες όπως το ποσοστό κατεργασίας των λιθοσωμάτων και το είδος τους, την ποιότητα δόμησης και το είδος της δόμησης κατά το πάχος καθώς και από την ύπαρξη στοιχείων ανάληψης εφελκυσμού ή ξύλινων στοιχείων στον φέροντα οργανισμό. Εξετάζονται τρείς μέθοδοι εκτίμησης των μηχανικών ιδιοτήτων της τοιχοποιίας:

I. Με καταστροφικούς ή μη ελέγχους καθώς και με ελέγχους καθολικής φόρτισης συμπεριλαμβανομένου τους εργαστηριακούς ελέγχους και την ενόργανη παρακολούθηση της παραμορφωτικής ικανότητας του φορέα.

II. Με την χρήση πινάκων που προβλέπονται από τον αναθεωρημένο Ευρωκώδικα 8, οι αντιπροσωπευτικοί τύποι τοιχοποιίας αντιστοιχίζονται σε μέσες τιμές των μηχανικών χαρακτηριστικών τους. Για δίστρωτες τοιχοποιίες με διάτονα λιθοσώματα με κακή ποιότητα δόμησης, οι τιμές των μηχανικών χαρακτηριστικών λαμβάνονται απευθείας από τον Πίνακα 1.1. Στην περίπτωση καλής ποιότητας, οι μέσες τιμές των μηχανικών χαρακτηριστικών f, f_t, f_{v0}, E, G του Πίνακα 1.1 προσαρμόζονται μέσω των συντελεστών του Πίνακα 1.2.

Πίνακας 1.1 *Τιμές αναφοράς για τα μηχανικά χαρακτηριστικά διαφορετικών τύπων τοιχοποιίας (Σπυράκος,2019).*

	Τύπος τοιχοποιίας		*f [MPa]*	*f_t [MPa]*	*f_{v0} [MPa]*	*E [MPa]*	*G [MPa]*	*w [kN/m³]*
I	Ακατέργαστοι (αργοί) λίθοι με μη κανονική δόμηση (Αργολιθοδομή)	μ	1.5	0.039	-	870	290	19
		c.o.v.	0.29	0.24	-	0.21	0.21	
II	Εξωτερικές στρώσεις από ημικατεργασμένους (ημιλαξευτούς) λίθους και εσωτερική στρώση (πυρήνας) περιορισμένου πάχους με φτωχά μηχανικά χαρακτηριστικά (δίστρωτες, τρίστρωτες τοιχοποιίες)	μ	2.5	0.065	-	1230	410	20
		c.o.v.	0.20	0.19	-	0.17	0.17	
III	Ακατέργαστοι (αργοί) λίθοι με κανονική δόμηση	μ	3.2	0.097	-	1740	580	21
		c.o.v.	0.19	0.14	-	0.14	0.14	
IV	Μαλακοί λαξευτοί λίθοι με μη κανονική δόμηση	μ	1.8	0.052	-	1080	360	
		c.o.v.	0.23	0.14	-	0.17	0.17	
V	Μαλακοί λαξευτοί λίθοι με κανονική δόμηση	μ	2.6	-	0.145	1410	470	13 έως 16
		c.o.v.	0.23	-	0.31	0.15	0.15	
VI	Λαξευτοί λίθοι με κανονική δόμηση	μ	7.0	-	0.220	2800	860	22
		c.o.v.	0.14	-	0.14	0.14	0.09	
VII	Συμπαγείς οπτόπλινθοι και ασβεστοκονίαμα	μ	3.4	0.114	0.160	1500	500	18
		c.o.v.	0.26	0.21	0.21	0.20	0.20	
VIII	Διάτρητοι οπτόπλινθοι (ποσοστό οπών < 40%) και ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	μ	6.5	-	0.280	4550	1138	15
		c.o.v.	0.24	-	0.14	0.24	0.24	

[1]Καθορίζονται από το Εθνικό Προσάρτημα.
[2]με μέση τιμή.
[3]Η χρήση του συντελεστή διακύμανσης (coefficient of variation (c.o.v.)) λαμβάνει υπόψη τη διατιθέμενη ακρίβεια των δεδομένων μέσω διερευνητικών μεθόδων.

Πίνακας 1.2 *Διορθωτικοί συντελεστές λi που εφαρμόζονται στα μηχανικά χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας με κανόνες καλής πρακτικής (Σπυράκος, 2019).*

	Τύπος τοιχοποιίας	Καλό κονίαμα[2] λ_1	Κανονική αλληλεμπλοκή[3] λ_2	Εγκάρσια σύνδεση[3] λ_3
I	Ακατέργαστοι (αργοί) λίθοι με μη κανονική δόμηση (Αργολιθοδομή)	1.5	1.3	1.3
II	Εξωτερικές στρώσεις από ημικατεργασμένους (ημιλαξευτούς) λίθους και εσωτερική στρώση (πυρήνας) περιορισμένου πάχους με φτωχά μηχανικά χαρακτηριστικά (δίστρωτες, τρίστρωτες τοιχοποιίες)	1.3	1.2	1.5
III	Ακατέργαστοι (αργοί) λίθοι με κανονική δόμηση	1.4	1.1	1.3
IV	Μαλακοί λαξευτοί λίθοι με μη κανονική δόμηση	1.5	1.2	1.3
V	Μαλακοί λαξευτοί λίθοι με κανονική δόμηση	1.6	-	1.2
VI	Λαξευτοί λίθοι με κανονική δόμηση	1.2	-	1.2
VII	Συμπαγείς οπτόπλινθοι και ασβεστοκονίαμα	1.5	-	1.3
VIII	Διάτρητοι οπτόπλινθοι (ποσοστό οπών < 40%) και ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1.2	-	-

[1]Καθορίζονται από το Εθνικό Προσάρτημα.
[2]Διορθωτικοί συντελεστές που εφαρμόζονται σε όλα τα μηχανικά χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας (f, f_t, f_w, E, G).
[3]Διορθωτικοί συντελεστές που εφαρμόζονται στις παραμέτρους αντοχής (f, f_t, f_w), αλλά όχι στα μέτρα ελαστικότητας και διάτμησης (E, G).

Σύμφωνα με το ΚΑΔΕΤ(2022), εάν υπάρχει έλλειψη στοιχείων για τα λιθοσώματα, ο μηχανικός με οπτική παρατήρηση κατατάσσει το κτίριο σε κατηγορία λιθοσωμάτων (Πίνακας 1.3) και κονιαμάτων (Πίνακας 1.4) και να χρησιμοποιηθούν ερήμην αντιπροσωπευτικές τιμές για τις αντοχές τους.

Πίνακας 1.3 Ενδεικτικές τιμές μηχανικών χαρακτηριστικών συνηθέστερων πετρωμάτων και ερήμην τιμές λιθοσωμάτων με βάση την επί τόπου οπτική παρατήρηση, εξέταση και κατάταξη του λιθοσώματος στις κατηγορίες του πίνακα (ΚΑΔΕΤ 2022).

ΠΕΤΡΩΜΑ	Φαινόμενη πυκνότητα ρ (gr/cm³)	Αντοχή σε θλίψη (MPa)	Αντοχή σε εφελκυσμό (MPa)	Μέτρο ελαστικότητας E, (GPa)	Ενδεικτικές υφές πετρωμάτων	Ερήμην τιμή αντοχής σε θλίψη (MPa)
Γρανίτης	2,60 – 2,82	16 – 434	3 - 40	10 -77		Ισχυρό: 50 Μετρ. Ισχυρό: 25
Διορίτης	2,50 – 3,03	64 – 333	5 - 50	29 – 107		Ισχυρό: 50 Μετρ. Ισχυρό: 25
Πορφυρίτης	2,50 – 2,80	173 – 250	12 - 13	65 – 76		Ισχυρό: 50 Μετρ. Ισχυρό: 25
Ηφαιστειακός τόφφος	1,80 – 2,11	6– 300	1 - 40	2 – 55		Ισχυρό: 50 Μετρ. Ισχυρό: 25 Ασθενές: 5
Αργιλικός σχιστόλιθος	1,60 – 2,90	34 – 503	0,7 - 23	2 – 90		Ισχυρό: 50 Μετρ. Ισχυρό: 25
Δολομίτης	2,40 – 2,87	45 – 410	3 - 13	23 – 90		Ισχυρό: 50 Μετρ. Ισχυρό: 25
Μάρμαρο	2,64 – 3,02	38 – 280	2 - 29	24 – 103		Ισχυρό: 50 Μετρ. Ισχυρό: 25
Ασβεστόλιθοι	2,4– 2,70	18 -197	3,5 - 14	10.5-87.0		Ισχυρό: 50 Μετρ. Ισχυρό: 25 Ασθενές: 18
Τραβερτίνης	2,40 – 2,54	18 – 68	4 - 10	4 – 45		Ισχυρό: 50 Μετρ. Ισχυρό: 25 Ασθενές : 18
Σερπεντίνης	2,61 – 2,80	70 - 250	16 - 19	45 - 65		Ισχυρό: 50 Μετρ. Ισχυρό: 25
Ψαμμίτες (λ.χ. λιθαρενίτες)	2,50 – 2,80	35-140	5 - 16	13 - 54		Ισχυρό: 50 Μετρ. Ισχυρό: 25
Πωρόλιθοι (πορώδεις ψαμμίτες (π.χ. βιοκλαστικοί ασβεστόλιθοι, ασβεστομαργαϊκοί ψαμμίτες) ή απολιθωματοφόροι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, κλ.π.).	1,57 - 2,45	1-25	1,8 - 10	-		Ασθενές: 5 Πολύ Ασθενές: 1

Πίνακας 1.4 Εκτίμηση αντοχών παλαιών κονιαμάτων - Πρόταση ερήμην τιμών (ΚΑΔΕΤ 2022).

Κονιάματα δόμησης	**Εύρος τιμών θλιπτικής αντοχής (MPa)**	**Ερήμην τιμές για τη θλιπτική αντοχή (MPa)**
Πηλοκονιάματα	0,1 – 0,5	0,2
Ασβεστοπηλοκονιάματα	0,2 – 0,7	0,3
Ασβεστοκονιάματα	0,3 – 2,0	0,4
Αβεστοκονιάματα που περιέχουν ποζολάνη και πηλό	0,7 – 2,5	0,8
Ασβεστοποζολανικά κονιάματα	0,9 – 4,0	1,0
Ασβεστοκονιάματα με θραυστό κεραμικό και πιθανή χρήση ποζολάνης (κουρασάνια)	1,0 – 5,0	1,5
Ασβεστοτσιμεντοκονιάματα	2,0 – 10,0	2,0
Τσιμεντοκονιάματα	5,0 – 15,0	5,0

III. Με την χρήση ημιεμπειρικών μεθόδων. Για παράδειγμα, το μέτρο ελαστικότητας είτε μπορεί να μετρηθεί πειραματικά, βιβλιογραφικά από παρόμοια παραδείγματα τοιχοποιιών είτε σύμφωνα με την § 6.2.5 του ΚΑΔΕΤ 2022 από τη σχέση:

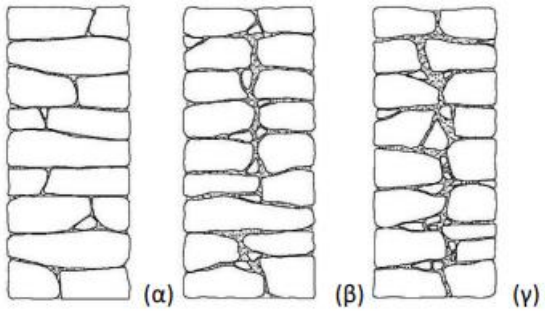
$$E_{WC} = 1.300 \cdot \left(1 - \frac{f_{wc}}{5}\right) \cdot f_{wc} \pm 140 \cdot f_{wc}^{\ 2} \quad \text{(MPa)} \qquad (1.1)$$

όπου 1 MPA $< f_{wc} <$ 3 MPa.

1.3.2 Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας

Η σημαντικά μεγαλύτερη θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας, σε σύγκριση με τα υπόλοιπα μηχανικά χαρακτηριστικά της, συνέβαλε στη χρήση της ως φέρον δομικό στοιχείο που καταπονείται κυρίως σε θλίψη (Ιγνατάκης και Στυλιανίδης, 2009).

Σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ (§6.2.1, 2022), στις δίστρωτες τοιχοποιίες η αστοχία εμφανίζεται στις όψεις της τοιχοποιίας, όπως και στις μονόστρωτες τοιχοποιίες, αλλά εμφανίζουν και κατακόρυφη ρωγμή που αναπτύσσεται εντός του πάχους της τοιχοποιίας, κατά μήκος της ενδιάμεσης στρώσης κονιάματος.



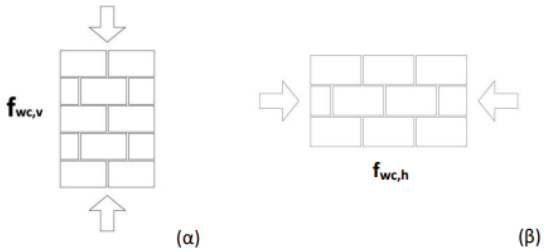
Σχήμα 1.2 *Δίστρωτες τοιχοποιίες (ΚΑΔΕΤ 2022, ΣΧ.Σ.6.15)*

Όταν οι δύο παρειές της δίστρωτης τοιχοποιίας συνδέονται αποτελεσματικά μέσω πυκνά διαταγμένων διάτονων λιθοσωμάτων, χωρίς να αναπτύσσεται διακριτή κατακόρυφη ρωγμή κατά το πάχος της, η συμπεριφορά και η μορφή αστοχίας της προσομοιάζουν εκείνες της μονόστρωτης τοιχοποιίας. (Σχήμα 1.2 (α)).

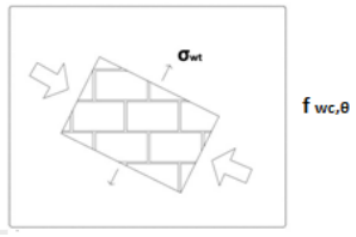
Στην περίπτωση αραιής διάταξης των διάτονων λιθοσωμάτων που συνδέουν τις δύο παρειές, η κατακόρυφη ρηγμάτωση κατά το πάχος της τοιχοποιίας ενδέχεται να επεκτείνεται διαμέσου των λιθοσωμάτων, καθώς και της ενδιάμεσης στρώσης κονιάματος (Σχήμα 1.2 (β)).

Στην περίπτωση που οι δύο παρειές δεν συνδέονται μέσω διάτονων λιθοσωμάτων, η κατακόρυφη ρωγμή που αναπτύσσεται κατά το πάχος της τοιχοποιίας ακολουθεί τον κατακόρυφο αρμό του ενδιάμεσου κονιάματος (Σχήμα 1.2 (γ)). Υπό αυτές τις συνθήκες, η αστοχία του στοιχείου καθορίζεται από την παρειά που παρουσιάζει την μικρότερη αντοχή (ΚΑΔΕΤ, § 6.2.2).

Η ανισοτροπία της τοιχοποιίας έχει ως αποτέλεσμα η θλιπτική αντοχή και ο τρόπος αστοχίας της να μεταβάλλονται ανάλογα με τη διεύθυνση εφαρμογής του φορτίου σε σχέση με τους οριζόντιους αρμούς, και ορίζονται: η αντοχή κατά την οριζόντια διεύθυνση $f_{wc,h}$ (Σχήμα 1.3 (β)) , κατά την κατακόρυφη διεύθυνση $f_{wc,v}$ (Σχήμα 1.3 (α)) και κατά τη λοξή διεύθυνση $f_{wc,1}$ (με παράλληλη ανάπτυξη εγκάρσιων εφελκυστικών τάσεων) (Σχήμα 1.4) .



Σχήμα 1.3 *Τοιχοποιία υπό κατακόρυφη ή οριζόντια θλίψη (ΚΑΔΕΤ 2022, ΣΧ.Σ.6.1)*



Σχήμα 1.4 *Τοιχοποιία υπό λοξή θλίψη (ΚΑΔΕΤ 2022, ΣΧ.Σ.6.2)*

Στο μοντέλο που θα παρουσιαστεί παρακάτω, η τοιχοποιία είναι δίστρωτη αργολιθοδομή με διάτονους λίθους χαμηλής αντοχής και θα αναφερθούν οι εξισώσεις προσδιορισμού της θλιπτικής αντοχής σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ για τον εξεταζόμενο τύπο τοιχοποιίας.

- Θλιπτική αντοχή δίστρωτης τοιχοποιίας με διάτονα λιθοσώματαf

Ο προσδιορισμός της θλιπτικής αντοχής δίστρωτης τοιχοποιίας με πυκνά διάτονα λιθοσώματα είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί με τη χρήση αξιόπιστων εμπειρικών σχέσεων της βιβλιογραφίας, εφόσον αυτές συνεκτιμούν το σύνολο ή το μεγαλύτερο μέρος των παραγόντων που επηρεάζουν την αντοχή τους(ΚΑΔΕΤ, § 6.2.4.1). Μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω σχέσεις:

a) Καλοδομημένη Οπτοπλινθοδομή:

$$f_{wc}= [f_{mc} + 0{,}40 \cdot (f_{bc} - f_{mc}) \cdot (1 - 0{,}80 \cdot \sqrt{\alpha^3})] \,,\ f_{bc} > f_{mc} \qquad (1.2)$$

όπου

f_{bc} και f_{mc} η θλιπτική αντοχή των λιθοσωμάτων και του κονιάματος αντίστοιχα

$\alpha= t_{jm}: h_{bm}$ ο λόγος του μέσου πάχους των οριζόντιων αρμών κονιάματος και του μέσου ύψους των λιθοσωμάτων.

b) Χαμηλής Αντοχής Λιθοδομής

Στην περίπτωση μας, για δίστρωτη τοιχοποιία με αργολιθοδομή με διάτονους λίθους χαμηλής αντοχής ισχύει η σχέση:

$$f_{wc}= \xi \cdot [\{ {}^{2}/_{3} \cdot \sqrt{f_{bc}} - f_0 \}] + \lambda \cdot f_{mc} \qquad (1.3)$$

όπου

f_O: συντελεστής (σε MPa) που εκφράζει την επίδραση του βαθμού κατεργασίας των λίθων και λαμβάνει τιμές ανάλογα με τον τύπο της λιθοδομής:

-0,00 για λαξευτή λιθοδομή

-0,50- 1,00 για λιθοδομή από ημικανονικούς λίθους

-1,50-2,50 για αργολιθοδομή, ανάλογα με την ποιότητα δομήσεως.

λ :συντελεστής συνάφειας λιθοσώματος- κονιάματος, ισούται με 0,50 για λιθοδομή και με 0,10 για οπτοπλινθοδομή.

ξ: συντελεστής που συνυπολογίζει τις αρνητικές συνέπειες του πάχους των αρμών του συνδετικού κονιάματος και δίνεται από την σχέση:

$$\xi \approx \frac{1}{1+3{,}5*(K-Ko)} < 1{,}0.$$

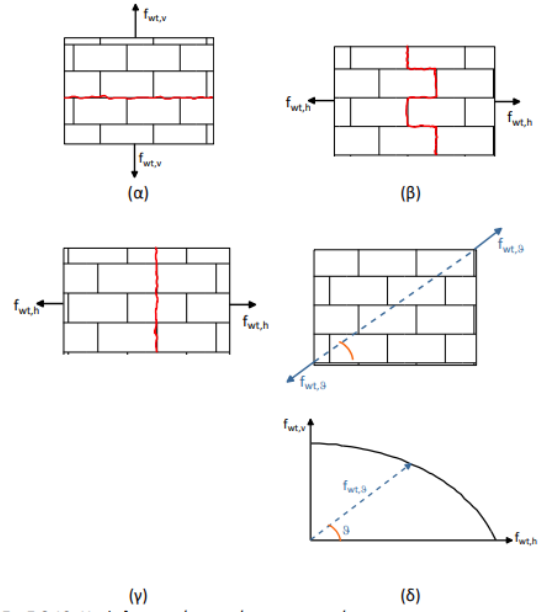
Εάν $V_m / V_w \leq 0{,}30$ τότε $\xi=1{,}00$ όπου:

$K= V_m / V_w \geq 0{,}30$ είναι το ποσοστό κατ' όγκο του κονιάματος στην τοιχοποιία. Θεωρείται K=0,30.

K_o: το ανώτατο ποσοστό κονιάματος σε όγκο, πέραν του οποίου παρατηρείται μείωση της αντοχής του τοίχου, με την τιμή να διαφοροποιείται ανάλογα με το είδος της τοιχοποιίας. Ισούται με K_o=0,30 για αργολιθοδομή και οπτοπλινθοδομή, K_o=0,20 για ημιλαξευτή και K_o=0,10 για λαξευτή λιθοδομή.

1.3.3 Εφελκυστική αντοχή τοιχοποιίας

Η εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας υπολείπεται σημαντικά της αντίστοιχης ούθλιπτικής αντοχής, ενώ οι εφελκυστικές τάσεις αναπτύσσονται λόγω του συνδυασμό κατακόρυφης θλιπτικής δύναμης, τέμνουσας και ροπή κάμψης. Η τιμή της εφελκυστικής αντοχής διαφέρει ανάλογα με την γωνία κατά την οποία ασκείται ο εφελκυσμός (Σχ. 1.5). Ωστόσο σε κάποιες περιπτώσεις αργολιθοδομών, συνήθως όταν αποτελούνται από υψηλή αναλογία κονιάματος, παρατηρείται μειωμένη ανισοτροπία και οι τιμές της εφελκυστικής αντοχής δεν επηρεάζονται από την γωνία που ασκείται ο εφελκυσμός. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας ανάλογα με την γωνία που ασκείται ο εφελκυσμός.

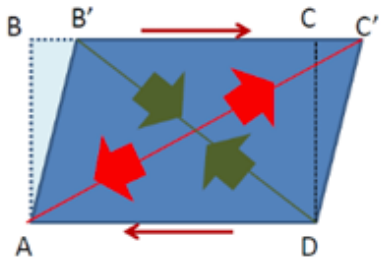


Σχήμα 1.5 *Η εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας (ΚΑΔΕΤ 2022, ΣΧ.Σ.6.19)*

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας κατά την κατακόρυφη διεύθυνση εκτιμάται περίπου στο 50% της αντίστοιχης αντοχής κατά την οριζόντια διεύθυνση, ενώ για τους ενδιάμεσους προσανατολισμούς των εφελκυστικών τάσεων προκύπτουν αντίστοιχα ενδιάμεσες τιμές αντοχής.

1.3.4 Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας

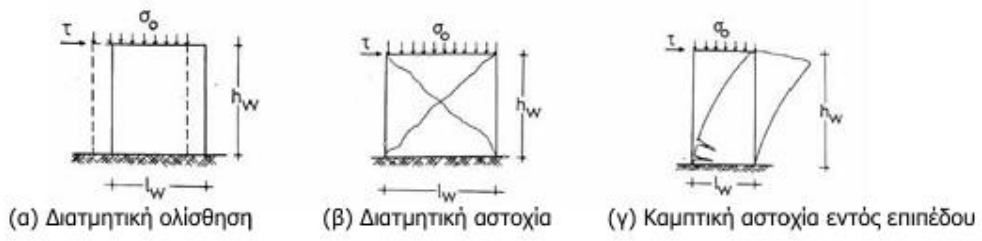
Η άοπλη τοιχοποιία έχει ψαθυρή συμπεριφορά έναντι τέμνουσας και με ταυτόχρονη παρουσία κατακόρυφης θλίψης μπορούν να εμφανιστούν λοξές ρωγμές είτε κατά την μια είτε και στις δύο διαγώνιους, ανάλογα τον σεισμό (Σχήμα 1.6).



Σχήμα 1.6 *Παραμόρφωση πεσσού τοιχοποιίας υπό διάτμηση.*

Οι τρόποι αστοχίας της τοιχοποιίας είναι (Σχήμα 1.7):

- Διατμητική ολίσθηση μέσω των αρμών του κονιάματος.
- Διαγώνια εφελκυστική ρηγμάτωση.
- Θλιπτική αντοχή λόγω τέμνουσας.



Σχήμα 1.7 *Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας (Τάσιος, 1992).*

Η αντοχή της τοιχοποιίας σε τέμνουσα υπολογίζεται συμφωνά με τον ΚΑΔΕΤ, ως εξής:

$$f_v = f_{vo} + \mu \cdot \sigma_d \qquad (1.4)$$

όπου,

f_{vo}: διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας υπό μηδενική θλιπτική τάση, σ.

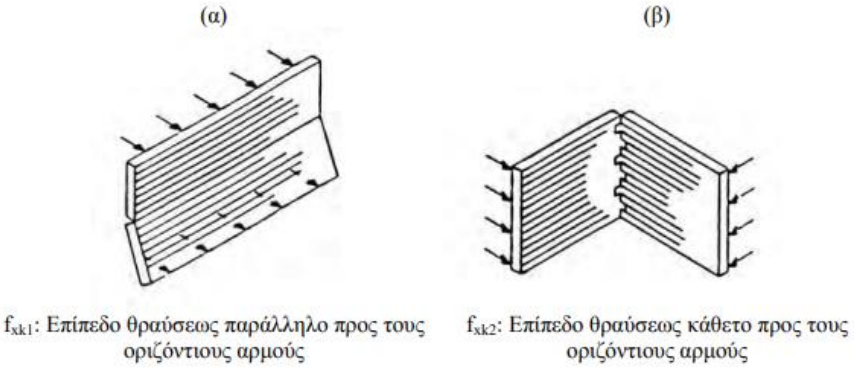
μ: συντελεστής τριβής

σ_d: θλιπτική τάση σχεδιασμού που αναφέρεται στο θλιβόμενο μέρος της διατομής, καθώς το εφελκυόμενο τμήμα δεν συμβάλλει στην ανάληψη διατμητικών φορτίων.

Σε κάθε περίπτωση, η διατμητική αντοχή περιορίζεται σε ανώτατη τιμή ίση με $0{,}065 \cdot f_{bc}$, όπου f_{bc} η μέση θλιπτική αντοχή των λιθοσωμάτων (ΚΑΔΕΤ,2022§ 6.5.2).

1.3.5 Καμπτική εφελκυστική αντοχή τοιχοποιίας

Η καμπτική εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας εξετάζεται σε συνάρτηση με τον προσανατολισμό του επιπέδου εφελκυσμού ως προς τους αρμούς και διακρίνεται σε αντοχή παράλληλα προς τους αρμούς (Σχήμα 1.8(α)) και σε αντοχή κάθετα προς αυτούς (Σχήμα 1.8(β)).



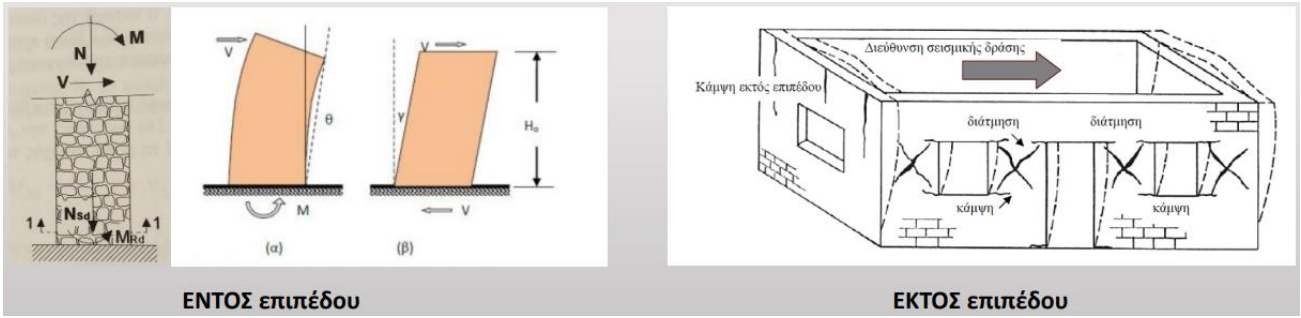
Σχήμα 1.8 *Καμπτικές αντοχές fxk1, fxk2 (Μέρος ΙΙ, Παρουσίαση EC6 1-1 (1995)-Σχεδιασμός κτιρίων από τοιχοποιία).*

- Κάμψη εντός επιπέδου:

Στην περίπτωση αυτή, εμφανίζονται οριζόντιες ρωγμές λόγω υπέρβασης της εφελκυστικής αντοχής, ωστόσο δεν αποτελούν ιδιαίτερο πρόβλημα για την φέρουσα τοιχοποιία, σε αντίθεση με τις βλάβες από διάτμηση εντός επιπέδου.

- Κάμψη εκτός επιπέδου:

Στην περίπτωση αυτή, οι ρωγμές είναι κατακόρυφες και στις περισσότερες υφιστάμενες κατασκευές όπου δεν υπάρχει καλή σύνδεση μεταξύ τοίχου και στέγης, οι ρωγμές μεγαλώνουν από κάτω προς τα πάνω (Σχ.1.9).



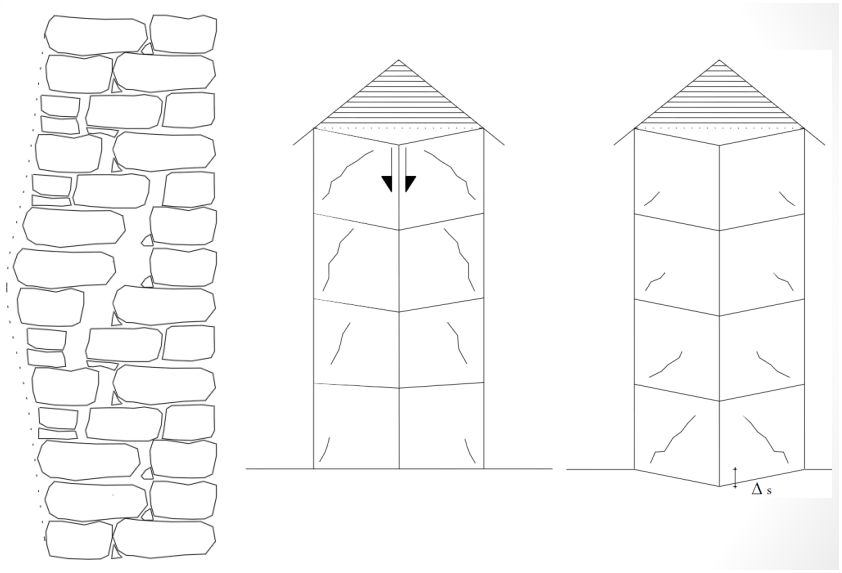
Σχήμα 1.9 *Κάμψη εντός και εκτός επιπέδου (Μπαγουρδή-Δεγκλέρη, Τσιτσίας,2020)**.***

1.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΒΛΑΒΕΣ ΣΤΗΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ

Οι βλάβες στην τοιχοποιία συνιστούν ένα συχνό και σύνθετο φαινόμενο, που επηρεάζει τόσο τη φέρουσα ικανότητα όσο και την λειτουργικότητα και την μακροχρόνια ανθεκτικότητα των κατασκευών. Παράλληλα, οι βλάβες προκύπτουν ως αποτέλεσμα συνδυασμού παραγόντων και ως εκ τούτου, η ορθή διερεύνηση των αιτιών που τις προκαλούν κρίνεται αναγκαία για την επιλογή των κατάλληλων επεμβάσεων και μεθόδων αποκατάστασης καθώς και για τη διασφάλιση της μακροχρόνιας λειτουργικότητας της κατασκευής .

Τα κατακόρυφα φορτία αποτελούν την πιο καταστροφική μορφή φόρτισης για την τοιχοποιία και οι κυριότερες βλάβες που μπορεί να προκληθούν είναι:

- Τοπικές ανεπάρκειες λόγω ατελειών σχεδιασμού ή δυσμενούς διάταξης ανοιγμάτων.
- Τοπικές ή γενικές ανεπάρκειες από διαφορικές καθιζήσεις της θεμελίωσης.
- Τοπικές ανεπάρκειες λόγω επεμβάσεων, διαρρυθμίσεων ή επεκτάσεων.
- Τοπικές ή γενικές ανεπάρκειες από καθ' ύψος προσθήκες.
- Τοπικές ή γενικές ανεπάρκειες λόγω αλλαγής χρήσης και αύξησης των φορτίων.
- Τοπικές ή γενικές ανεπάρκειες εξαιτίας της γήρανσης των υλικών.



(α) (β) (γ)

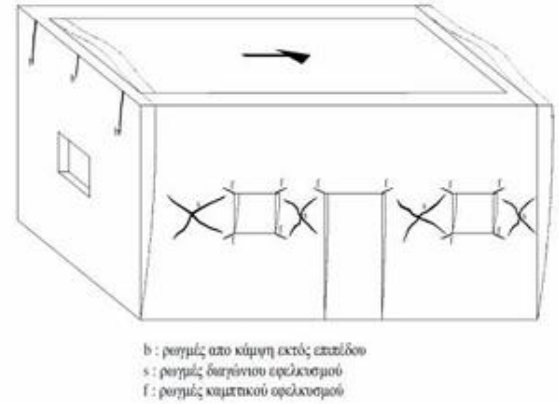
Σχήμα 1.10 *Βλάβες φέρουσας τοιχοποιίας (Γιαννάκας, 2015).*

Οι κατακόρυφες φορτίσεις προκαλούν βλάβες συνήθως των παρακάτω τύπων:

1. Σε περιπτώσεις τοπικής υπέρβασης της θλιπτικής αντοχής, λόγω ανεπαρκούς σχεδιασμού ή συγκέντρωσης φορτίων, αναπτύσσονται σε δίστρωτες λιθοδομές

κατακόρυφες ρωγμές οι οποίες οφείλονται στις εγκάρσιες εφελκυστικές τάσεις που συνοδεύουν τη μονοαξονική θλίψη της τοιχοποιίας (Σχήμα 1.10 (α)).
2. Οι διαφορικές καθιζήσεις της θεμελίωσης προκαλούν λοξές ρωγμές μιας διεύθυνσης κατά μήκος της θλιβόμενης διαγώνιου πεσσών ή τοιχοπληρώσεων, με εντονότερη εμφάνιση των βλαβών σε κατώτερους ορόφους (Σχήμα 1.10 (β)).
3. Η διαφορικής βράχυνση, κυρίως σε μεσαίους τοίχους, οδηγεί στην εμφάνιση λοξών ρωγμών μιας διεύθυνσης στους εγκάρσιους τοίχους, παρόμοιων με εκείνες των διαφορικών καθιζήσεων με τη διαφορά ότι οι βλάβες εκδηλώνονται εντονότερα στους ανωτέρους ορόφους (Σχήμα 1.10 (γ)).

Επιπλέον, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η ύπαρξη διαφράγματος και διαζώματος. Σε κατασκευές όπου απουσιάζουν πλήρως τα διαφράγματα και τα διαζώματα, οι τοίχοι είναι ασύνδετοι και σε περίπτωση σεισμικής καταπόνησης λειτουργούν ανεξάρτητα και ενδέχεται παρατηρηθεί αποκόλληση ή κατακόρυφες ρωγμές στις γωνίες. Στην περίπτωση ύπαρξης περιμετρικού διαζώματός αλλά όχι διαφράγματος στη στέψη της τοιχοποιίας, σε συνθήκες σεισμικής καταπόνησης αποτρέπεται ο διαχωρισμός των τοίχων στις γωνιακές συνδέσεις άλλα δεν μπορεί να αποτραπεί η τοπικά έντονη κάμψη κάθετα στη διεύθυνση του σεισμού. Αντίθετα, όταν εξασφαλίζεται πλήρης διαφραγματική λειτουργία, οι τοίχοι που είναι προσανατολισμένοι κατά τη διεύθυνση της σεισμικής δράσης αναλαμβάνουν σχεδόν το σύνολο της σεισμικής τέμνουσας δύναμης.

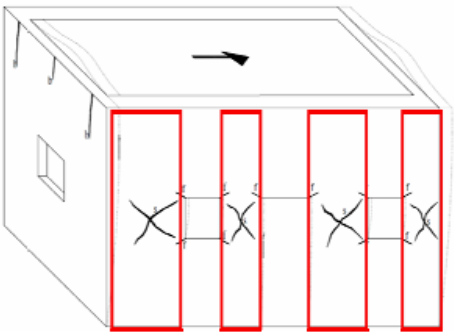


Σχήμα 1.11 *Συνήθεις βλάβες λόγω σεισμού σε τυπικό όροφο κτηρίου φέρουσας τοιχοποιίας (Γιαννάκας, 2015)*

Σε τοίχους κάθετους στη διεύθυνση της σεισμικής δράσης, η ανεπαρκής διαφραγματική λειτουργία προκαλεί καμπτικές ρωγμές εκτός επιπέδου τύπου b οι οποίες όταν η σύνδεση με τους εγκάρσιους τοίχους είναι ανεπαρκής, μπορεί να οδηγήσουν σε αποκόλληση. Η υπέρβαση της περιορισμένης καμπτικής εφελκυστικής αντοχής της τοιχοποιίας έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση καμπτικών ρωγμών τύπου f. Αντίστοιχα, όταν οι κύριες ορθές τάσεις στο σώμα του πεσσού υπερβούν τη λοξή εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας, αναπτύσσονται λοξές χιαστί καμπτοδιατμητικές ρωγμές τύπου s (Σχήμα 1.11).

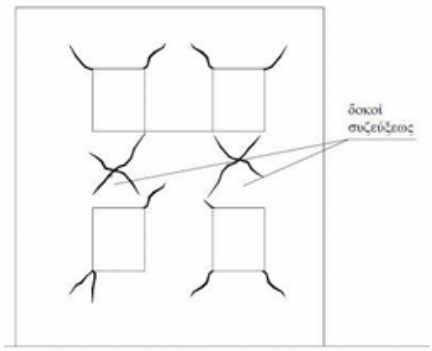
Σε τοίχους που είναι παράλληλοι προς τη διεύθυνση της σεισμικής διέγερσης, οι πεσσοί μεταξύ των ανοιγμάτων εμφανίζουν μικρότερη δυσκαμψία σε σχέση με τις γειτονικές ζώνες της τοιχοποιίας, με αποτέλεσμα η σεισμική παραμόρφωση να

συγκεντρώνεται κυρίως σε αυτούς (Σχήμα 1.12). Οι μέγιστες θλιπτικές και εφελκυστικές ορθές τάσεις αναπτύσσονται στην κεφαλή και τον πόδα των πεσσών, ενώ η τέμνουσα δύναμη, η οποία παραμένει σχεδόν σταθερή καθ' ύψος, δημιουργεί τις μεγαλύτερες διατμητικές τάσεις στην περιοχή του μέσου του πεσσού.



Σχήμα 1.12 *Τυπικές μορφές ρηγματώσεων σε πεσσούς (Ιγνατάκης και Στυλιανίδης,2009)*

Σε πολυώροφα κτίρια τοιχοποιίας χωρίς διαφραγματική λειτουργία και επαρκή διαζώματα (π.χ. κτίρια με ξύλινα πατώματα), οι ζώνες σύζευξης των πεσσών και των προβόλων αποτελούν κρίσιμες περιοχές συγκέντρωσης καμπτικών και διατμητικών καταπονήσεων (Σχήμα 1.13). Οι ζώνες αυτές ενδέχεται να εμφανίσουν πρόωρη αστοχία που να οδηγήσει σε απώλεια στήριξης των πατωμάτων. Η βελτίωση της σεισμικής συμπεριφοράς επιτυγχάνεται με την εξασφάλιση επαρκούς διαφραγματικής λειτουργίας μέσω άκαμπτων διαφραγμάτων ή οριζόντιων διαζωμάτων στα επίπεδα των ορόφων.



Σχήμα 1.13 *Ρηγματώσεις σε δοκούς σύζευξης πεσσών (Γιαννάκας, 2015).*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΑΔΕΤ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Σκοπός του παρόντος Κανονισμού είναι η θεσμοθέτηση κριτηρίων για την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας υφισταμένων δομημάτων από φέρουσα τοιχοποιία (Φ.Τ.). Ο Κανονισμός ρυθμίζει και τον ανασχεδιασμό αυτών των δομημάτων, μετά από ενδεχόμενες επεμβάσεις (επισκευές ή και ενισχύσεις) τους, καθώς και για τις ενδεχόμενες επεμβάσεις, επισκευές ή ενισχύσεις (ΚΑΔΕΤ 2022, § 1.1.1.) .

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται συνοπτική παρουσίαση των βασικών διατάξεων του ΚΑΔΕΤ, με σκοπό την κατανόηση της διαδικασίας αποτίμησης της σεισμικής συμπεριφοράς του εξεταζόμενου κτιρίου και τον καθορισμό των κατάλληλων επεμβάσεων ενίσχυσης ή επισκευής.

2.2 ΣΤΟΧΟΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΣΤΑΘΜΕΣ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (ΚΑΔΕΤ §2.3.1,2)

Κατά την αποτίμηση ή τον ανασχεδιασμό υφιστάμενων κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία, προηγείται ο καθορισμός των σταθμών επιτελεστικότητας, οι οποίοι αντιστοιχούν στους ανεκτούς βαθμούς βλάβης του φέροντος οργανισμού για δεδομένα επίπεδα ανηγμένης εδαφικής επιτάχυνσης. Τα επίπεδα αυτά συνδέονται με συγκεκριμένες περιόδους επαναφοράς και αντίστοιχες πιθανότητες υπέρβασης της σεισμικής δράσης εντός ενός συμβατικού χρόνου ζωής 50 ετών. Σύμφωνα με τον Κανονισμό, καθορίζονται τρείς στάθμες επιτελεστικότητας και εννέα επίπεδα σεισμικής δράσης. Ο στόχος της αποτίμησης ή του ανασχεδιασμού προκύπτει από τον συνδυασμό μιας στάθμης επιτελεστικότητας με ένα επίπεδο σεισμικής διέγερσης, λαμβάνοντας υπόψη την αποδεκτή πιθανότητα υπέρβασης κατά τη διάρκεια ζωής της κατασκευής.

Οι στάθμες επιτελεστικότητας κατηγοριοποιούνται ως εξής:

A. «Περιορισμένες Βλάβες» (Α): Το δόμημα παρουσιάζει μικρής έκτασης βλάβες, ενώ η φέρουσα ικανότητα και η δυσκαμψία των δομικών στοιχείων παραμένουν σε μεγάλο βαθμό ανεπηρέαστες. Οι μόνιμες σχετικές μετακινήσεις ορόφων θεωρούνται πρακτικά αμελητέες.
B. «Σημαντικές Βλάβες» (Β): Το δόμημα εμφανίζει εκτεταμένες βλάβες, οι οποίες σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να είναι σοβαρές, χωρίς όμως να έχουν προκληθεί τοπικές καταρρεύσεις. Παρά τη μείωση των μηχανικών χαρακτηριστικών, διατηρεί επαρκή φέρουσα ικανότητα και δυσκαμψία, ενώ τα κατακόρυφα στοιχεία εξακολουθούν να παραλαμβάνουν φορτία. Οι μόνιμες σχετικές μετακινήσεις ορόφων είναι αισθητές και ενδέχεται τοπικά να παρουσιάζουν αυξημένες τιμές. Η κατασκευή εξακολουθεί να διαθέτει ικανότητα αντίστασης σε μελλοντικές σεισμικές διεγέρσεις μέτριας έντασης.

C. «Οιονεί κατάρρευση» (Γ): Το δόμημα έχει υποστεί εκτεταμένες και κατά κανόνα μη επισκευάσιμες βλάβες. Η εναπομένουσα φέρουσα ικανότητα και δυσκαμψία είναι περιορισμένες, αν και τα κατακόρυφα στοιχεία συνεχίζουν να αναλαμβάνουν τα κατακόρυφα φορτία. Οι μόνιμες σχετικές μετακινήσεις ορόφων είναι σημαντικές και το διαθέσιμο περιθώριο ασφαλείας έναντι γενικευμένης κατάρρευσης είναι εξαιρετικά μικρό. Υπό τις συνθήκες αυτές, η κατασκευή είναι πιθανό να μην ανταποκριθεί επαρκώς σε έναν επόμενο σεισμό, ακόμη και μέτριας έντασης.

Πίνακας 2.1 Στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού Φέροντος Οργανισμού. (ΚΑΔΕΤ 2022).

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

Όπου:

- $\alpha_{g,ref}$: η οριζόντια εδαφική επιτάχυνση επαναφοράς, η οποία αντιστοιχεί σε πιθανότητα υπέρβασης της σεισμικής δράσης 10% κατά τη διάρκεια 50 ετών.
- α_g: η οριζόντια εδαφική επιτάχυνση, που αντιστοιχεί στο εκάστοτε επίπεδο σεισμικής δράσης, σύμφωνα με την αντίστοιχη πιθανότητα υπέρβασης που καθορίζεται στον Πίνακα 2.2.

Στον Πίνακα 2.2 παρουσιάζεται ενδεικτικά η αντιστοίχιση μεταξύ της περιόδου επαναφοράς, της πιθανότητας υπέρβασης της σεισμικής δράσης για συμβατική διάρκεια ζωής 50 ετών και της αντίστοιχης ανηγμένης τιμής της οριζόντιας εδαφικής επιτάχυνσης.

Πίνακας 2.2 Ενδεικτική συσχέτιση περιόδου επαναφοράς και πιθανότητας υπέρβασης της σεισμικής δράσης με την αντίστοιχη ανηγμένη οριζόντια εδαφική επιτάχυνση (ΚΑΔΕΤ 2022).

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

Η σεισμική κλάση ενός κτιρίου εκφράζει τον μέγιστο στόχο αποτίμησης ή ανασχεδιασμού που μπορεί να επιτευχθεί από την κατασκευή για την επιλεγμένη στάση επιτελεστικότητας.

Οι ελάχιστοι ανεκτοί στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού προσδιορίζονται σε συνάρτηση με την κατηγορία σπουδαιότητας του κτιρίου (Πίνακας 2.3).

Πίνακας 2.3 Ελάχιστοι ανεκτοί στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού υφιστάμενων κτιρίων (ΚΑΔΕΤ 2022).

Κατηγορία Σπουδαιότητας	Στόχοι
I	Γ2
II	Γ1
III	Β1
IV	Β1 και Α2 (Ικανοποίηση και των δύο στόχων)

Σε κάθε περίπτωση να θεωρηθεί ότι ισχύει Α1>Α2, Β1>Β2, Γ1>Γ2, Α1>Β1>Γ1 και Α2>Β2>Γ2

2.3 ΣΤΑΘΜΕΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (ΣΑΔ) (ΚΑΔΕΤ §3.10)

Οι στάθμες αξιοπιστίας σχετίζονται με τις δράσεις και τις αντιστάσεις της κατασκευής και εκφράζουν τόσο την πληρότητα όσο και την ποιότητα των διαθέσιμων στοιχείων για το υφιστάμενο κτίριο. Οι στάθμες αυτές συνεκτιμώνται κατά τη διαδικασία αποτίμησης και ανασχεδιασμού. Διακρίνονται τρείς στάθμες αξιοπιστίας:

a. «Υψηλή»
b. «Ικανοποιητική»
c. «Ανεκτή»

Η ΣΑΔ ενδέχεται να ποικίλει και να διαφέρει για τα διάφορα τμήματα ενός κτιρίου, αλλά για την επιλογή της μεθόδου ανάλυσης λαμβάνεται υπόψη η δυσμενέστερη από τις επιμέρους ΣΑΔ η οποία και επηρεάζει τους συντελεστές ασφαλείας δράσεων και υλικών. Η επίτευξη υψηλότερης ΣΑΔ συνεπάγεται τη χρήση μικρότερων μειωτικών συντελεστών ασφαλείας κατά τον προσδιορισμό των μηχανικών χαρακτηριστικών των υλικών της τοιχοποιίας.

Η στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων επηρεάζεται και διαμορφώνεται με βάση τα κριτήρια που αφορούν την πληρότητα της αποτύπωσης του φέροντος οργανισμού, το ιστορικό της κατασκευής καθώς και την καταγραφή των φθορών και τον βλαβών. Παράλληλα, αξιολογείται η πληρότητα των διαθέσιμων στοιχείων σχετικά με τα υλικά, τη δομή της τοιχοποιίας, τη θεμελίωση και τις γεωτεχνικές συνθήκες, καθώς και με τα πατώματα, τα δώματα, τους θόλους και τις στέγες του κτιρίου.

Όταν, σύμφωνα με τις προβλέψεις του ΚΑΔΕΤ, υιοθετούνται αντιπροσωπευτικές τιμές αντοχής των υλικών χωρίς τη διενέργεια ελέγχων ή δοκιμών, η στάθμη αξιοπιστίας των δεδομένων θεωρείται υποχρεωτικά ανεκτή (Τουραλιάς, 2024).

2.4 ΔΡΑΣΕΙΣ- ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΔΡΑΣΕΩΝ (ΚΑΔΕΤ §4.4.1,2)

Κατά τη διαδικασία αποτίμησης ή ανασχεδιασμού συνεκτιμώνται όλες οι προβλεπόμενες δράσεις:

- Οι βασικές δράσεις (μη-σεισμικές), καθώς και οι απαιτούμενοι συνδυασμοί τους με τους αντίστοιχους συντελεστές ασφαλείας γ_f (γ_g, γ_q,), σύμφωνα με τις διατάξεις των ισχυόντων κανονισμών.
- Οι τυχηματικές δράσεις, όπως η σεισμική δράση, η ένταση της οποίας προσδιορίζεται από τον επιλεγμένο στόχο αποτίμησης ή ανασχεδιασμού και λαμβάνει υπόψη τον συντελεστή σπουδαιότητας γ_I, όπως ορίζεται στον ΕΚ8-1.

Για σεισμική δράση με πιθανότητα υπέρβασης 10% εντός συμβατικής διάρκειας ζωής 50 ετών, εφαρμόζεται η σεισμική δράση που προβλέπεται από τον ΕΚ8-1. Αντίστοιχα, για πιθανότητα υπέρβασης 50% στο ίδιο χρονικό διάστημα, λαμβάνεται υπόψη το 60% της σεισμικής δράσης του ΕΚ8-1(ΚΑΔΕΤ, 2023, Πίνακας 2.1).

Οι συνδυασμοί των δράσεων για τον έλεγχο τόσο των οριακών καταστάσεων αστοχίας όσο και των οριακών καταστάσεων λειτουργικότητας καθορίζονται σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς, με τη χρήση των αντίστοιχων συντελεστών συνδυασμού των μεταβλητών δράσεων ψ_i, (ΚΑΔΕΤ 2023, §4.4.2)

2.5 ΦΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ (ΚΑΔΕΤ §4.1.3)

Σύμφωνα με τον ΕΚ 8-1, τα φάσματα απόκρισης διατυπώνονται σε όρους επιτάχυνσης και εξαρτώνται από την ιδιοπερίοδο Τ του κτιρίου και τον δείκτη συμπεριφοράς q.

Για τις ελαστικές μεθόδους ανάλυσης, χρησιμοποιείται το τροποποιημένο φάσμα σχεδιασμού, ενώ για $T_b \leq T \leq T_c$ ισχύει η ακόλουθη σχέση:

$$S_d(T) = \gamma_i \cdot \alpha_{gR} \cdot S \cdot \left(2{,}50/q\right) \qquad (2.1)$$

Για τις ανελαστικές μεθόδους ανάλυσης εφαρμόζεται το ομαλοποιημένο ελαστικό φάσμα σχεδιασμού, και για $T_b \leq T \leq T_c$ ισχύει η σχέση:

$$S_d(T) = \gamma_i \cdot \alpha_{gR} \cdot S \cdot 2{,}50 \qquad (2.2)$$

2.6 ΔΥΣΚΑΜΨΙΕΣ (ΚΑΔΕΤ §4.4.1.4)

Η εκτίμηση της δυσκαμψίας βασίζεται στα πραγματικά χαρακτηριστικά του δομικού στοιχείου και στην αναμενόμενη σεισμική του απόκριση, με χρήση των μέσων τιμών των ιδιοτήτων των υλικών και χωρίς τη συνεκτίμηση των συντελεστών γ_m. Για

σκοπούς προσομοίωσης, οι διατομές που εισάγονται στο μοντέλο ανάλυσης μπορούν να θεωρούνται ρηγματωμένες με τη δυσκαμψία να λαμβάνει τιμή μειωμένη ίση με το 50% των αντίστοιχων τιμών της αρηγματωμένης διατομής σύμφωνα με ΕΚ 8-1 και ΕΚ 8-3.

2.7 ΕΝΙΑΙΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ Q (ΚΑΔΕΤ §4.6)

Κατά την αποτίμηση ή τον ανασχεδιασμό χρησιμοποιείται ένας ενιαίος δείκτης συμπεριφοράς q για το σύνολο του δομήματος, ο οποίος προσδιορίζεται με βάση τους μηχανισμούς που συμβάλλουν στην απορρόφηση και διάχυση της σεισμικής ενέργειας. Ανάλογα με τη στάθμη επιτελεστικότητας που εξετάζεται, εφαρμόζονται οι αντίστοιχες τιμές του τροποποιημένου δείκτη q*, όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.4. Ως τιμή αναφοράς q' θεωρείται εκείνη που αντιστοιχεί στη στάθμη επιτελεστικότητας Β («Σημαντικές Βλάβες»).

Πίνακας 2.4 *Τιμές του λόγου q*/q' αναλόγως του στόχου επανελέγχου* (ΚΑΔΕΤ 2023, §4.6.1)

Στάθμη επιτελεστικότητας		
Περιορισμένες βλάβες (Α)	Σημαντικές βλάβες (Β)	Οιονεί κατάρρευση (Γ)
0,6 πάντως δε 1,0<q*<1,2	1,0	1,4

Κατά την αποτίμηση του κτιρίου, η τιμή αναφοράς q' καθορίζεται με βάση συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της κατασκευής όπως:

- Την περίοδο κατασκευής του κτιρίου
- Την ύπαρξη βλαβών σε κύρια φέροντα στοιχεία, οι οποίες έχουν επιφέρει μείωση της φέρουσας ικανότητας μεγαλύτερη του 25%. Σε περιπτώσεις που δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία μπορούν να ληφθούν υπόψη οι τιμές του Πίνακα 2.5.

Πίνακας 2.5 *Τιμές του δείκτη συμπεριφοράς q' για την στάθμη επιτελεστικότητας Β (Σημαντικές βλάβες)* (ΚΑΔΕΤ 2023, §4.6.2)

ΤΟΙΧΟΔΟΜΕΣ	ΟΥΣΙΩΔΕΙΣ ΒΛΑΒΕΣ (ΚΑΙ ΦΘΟΡΕΣ) ΣΕ ΠΡΩΤΕΥΟΝΤΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
	ΝΑΙ	ΟΧΙ
ΑΟΠΛΕΣ	1,20	1,50
ΔΙΑΖΩΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΔΙΑΖΩΜΑΤΑ ΜΟΝΟΝ	1,50	2,00
ΔΙΑΖΩΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΔΙΑΖΩΜΑΤΑ	2,00	2,50

- Η ομοιομορφία κατανομής των υπεραντοχών τόσο σε επίπεδο ορόφου όσο και καθ΄ ύψος του κτιρίου, καθώς και η αποφυγή σχηματισμού «μαλακού ορόφου» .
- Ο αριθμός των δομικών στοιχείων στα οποία είναι πιθανή η εκδήλωση αστοχιών, σε συνάρτηση με τον βαθμό υπερστατικότητας και την κανονικότητα της κατασκευής.
- Ο χαρακτήρας των αναμενόμενων αστοχιών (πλάστιμες ή ψαθυρές) .
- Η διαθέσιμη τοπική πλαστιμότητα στις κρίσιμες περιοχές των δομικών στοιχείων.
- Η ύπαρξη και η αποτελεσματικότητα πρόσθετων μηχανισμών αντισεισμικής παρουσίας, όπως τα διαζώματα, τα διαφράγματα κ.λπ.

2.8 ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ (ΚΑΔΕΤ §4.5)

Διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

➢ <u>Για τα προσομοιώματα:</u>

Για τα προσομοίωματα εφαρμόζονται οι συντελεστές ασφαλείας γ_{Ed} και γ_{Rd}, οι οποίοι λαμβάνουν υπόψη τις αβεβαιότητες που συνδέονται με τη διαδικασία προσομοίωσης. Για τον λόγο αυτό, οι συντελεστές αυτοί υιοθετούνται με αυξημένες τιμές. Ωστόσο, όταν η ανάληψη σχεδόν του συνόλου των σεισμικών δράσεων εξασφαλίζεται από νέους φορείς με αποδεδειγμένη επάρκεια και ικανότητα, μπορεί γενικά να θεωρηθεί γ_{Ed}=1. Στην περίπτωση όπου μέρος των σεισμικών δράσεων εξακολουθεί να παραλαμβάνεται από το υφιστάμενο δόμημα και δεν έχουν πραγματοποιηθεί παραμετρικές αναλύσεις ή πρόσθετοι έλεγχοι, οι τιμές του γ_{Ed} εξαρτώνται της σοβαρότητας, της έκτασης των βλαβών και των επεμβάσεων. Για τον βασικό συνδυασμό δράσεων για σεισμό μπορούν να χρησιμοποιούν τιμές κατά περίπτωση του Πίνακα 2.5.

Πίνακας 2.6 *Τιμές του συντελεστή* γ_{Ed} (ΚΑΔΕΤ 2023, §4.5.1)

Έντονες και εκτεταμένες βλάβες ή / και επεμβάσεις	Ελαφρές και τοπικές βλάβες ή / και επεμβάσεις	Χωρίς βλάβες και χωρίς επεμβάσεις
γ_{Ed} =1,10	γ_{Ed} =1,05	γ_{Ed} =1,00

Ο συντελεστής γ_{Rd} καθορίζεται κατά περίπτωση και η τιμή του εξαρτάται από τον μηχανισμό αστοχίας του στοιχείου (πλάστιμο ή ψαθυρό), από την επιλεγμένη στάθμη επιτελεστικότητας, καθώς και από τον χαρακτηρισμό του στοιχείου ελέγχου ως πρωτεύον ή δευτερεύον.

➢ <u>Για τις δράσεις:</u>

Για τις μεταβλητές δράσεις υιοθετούνται οι προβλεπόμενες από τους ισχύοντες κανονισμούς τιμές των συντελεστών γ_f και ψ_i.

Στις μόνιμες δράσεις, οι τιμές του γ_g λαμβάνουν τιμές ανάλογα με τη στάθμη αξιοπιστίας των γεωμετρικών δεδομένων των υφιστάμενων στοιχείων όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2.7 *Τιμές του συντελεστή* γ_g.

	Υψηλή ΣΑΔ	Ικανοποιητική ΣΑΔ	Ανεκτή ΣΑΔ
Βασικοί συνδυασμοί και δυσμενείς επιρροές δράσης	γ_g= 1.20	γ_g= 1.35	γ_g= 1.50
Υπόλοιπες περιπτώσεις συνδυασμών δράσης	γ_g= 1.00	γ_g= 1.10	γ_g= 1.20

- Για τα υφιστάμενα υλικά:

Η τιμή του συντελεστή γ_m προσδιορίζεται ανάλογα με τη στάθμη αξιοπιστίας των διαθέσιμων δεδομένων και το είδος του ελέγχου ασφαλείας που διενεργείται. Οι αντίστοιχες τιμές του παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 2.8 *Τιμές του συντελεστή* γ_m.

	Υψηλή ΣΑΔ	Ικανοποιητική ΣΑΔ	Ανεκτή ΣΑΔ
Έλεγχος ασφαλείας σε όρους εντατικών μεγεθών	γ_m= 1.20	γ_m= 1.35	γ_m= 1.50
Έλεγχος ασφαλείας σε όρους παραμορφωσιακών μεγεθών	γ_m= 1.00	γ_m= 1.10	γ_m= 1.20

- Για τα προστιθέμενα υλικά:

Για τα νέα υλικά που καλύπτονται από τον κανονισμό, για τον συντελεστή γ_m λαμβάνονται οι αντίστοιχες τιμές του κανονισμού συνδυαστικά με επιμέρους συντελεστές γ_m', γενικώς μεγαλύτεροι των καθιερωμένων, προκειμένου να καλυφθούν τυχόν πρόσθετες αβεβαιότητες.

Για τα νέα υλικά που δεν περιλαμβάνονται στις διατάξεις του κανονισμού, η διαμόρφωση των τιμών των συντελεστών ασφαλείας γίνεται εμπειρικά από τη χρήση των υλικών καθώς και από τις πρόσθετες αβεβαιότητες που αναφέρθηκαν για συνήθη υλικά.

Ελλείψει ακριβέστερων δεδομένων, μπορούν να υιοθετηθούν οι τιμές που παρατίθενται στον ακόλουθο πίνακα. Σε ενδιάμεσες περιπτώσεις επιτρέπονται οι ενδιάμεσες τιμές.

Πίνακας 2.9 Τιμές του λόγου $\frac{\gamma'_m}{\gamma_m}$ για προστιθέμενα «συμβατικά» υλικά (ΚΑΔΕΤ 2023, §4.5.3.2)

Διατομή (ή και όγκος) προστιθέμενων υλικών ή / και προσπελασιμότητα της θέσης όπου γίνεται η επέμβαση	
Κανονικές (συνήθεις)	Μειωμένες
1,00	1,10

2.9 ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΑ (ΚΑΔΕΤ §5.3.6)

Οι εντός επιπέδου παραμορφώσεις του διαφράγματος που αναπτύσσονται λόγω των σεισμικών αδρανειακών δράσεων και των αντιδράσεων των κατακόρυφων φερόντων στοιχείων που συνδέονται με το διάφραγμα, συνυπολογίζονται στον προσδιορισμό των μετακινήσεων των κατακόρυφων στοιχείων. Για την αξιολόγηση της συμπεριφοράς τους, τα διαφράγματα διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

i. Ευπαραμόρφωτα: χαρακτηρίζονται από μέγιστη εντός επιπέδου οριζόντια παραμόρφωση, λόγω σεισμικής δράσης, μεγαλύτερη από το διπλάσιο του μέσου σχετικού βέλους των κατακόρυφων φορέων του υποκείμενου ορόφου.
ii. Απαραμόρφωτα: η μέγιστη οριζόντια παραμόρφωση στο επίπεδο τους είναι μικρότερη από το 50% του μέσου σχετικού βέλους των κατακόρυφων στοιχείων του υποκείμενου ορόφου.
iii. Δυσπαραμόρφωτα: περιλαμβάνουν περιπτώσεις που δεν εντάσσονται στις δύο προηγούμενες κατηγορίες. Για λόγους πρακτικής εφαρμογής της ανάλυσης, μπορούν, εφόσον τεκμηριώνεται επαρκώς, να καταταχθούν στην πλησιέστερη από αυτές.

Για την κατάταξη των διαφραγμάτων, τόσο το σχετικό βέλος ορόφου όσο και οι παραμορφώσεις του διαφράγματος μπορούν να εκτιμηθούν με βάση τη μέθοδο των ισοδύναμων στατικών φορτίων.

2.10 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ (ΚΑΔΕΤ §5.3.3)

Η προσομοίωση του φορέα είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί με τη χρήση των παρακάτω καθιερωμένων μεθόδων ανάλυσης:

- Πεπερασμένων Στοιχείων

Το κτίριο διακριτοποιείται σε πεπερασμένα στοιχεία τύπου κελύφους συνεχούς μέσου, τα οποία προσομοιώνουν τόσο εντός όσο και εκτός επιπέδου καμπτικές δράσεις της τοιχοποιίας και των διαζωμάτων οπλισμένου σκυροδέματος. Η διακριτοποίηση επιλέγεται ώστε να εξασφαλίζεται επαρκής πυκνότητα πλέγματος στις περιοχές συγκέντρωσης εντάσεων για την εξαγωγή ακριβέστερων αποτελεσμάτων.

- Μακροστοιχείων

Το δόμημα προσομοιώνεται με μακροστοιχεία που αναπαριστούν επιμέρους τμήματα του φορέα και η ανάλυση πραγματοποιείται μέσω οριακής ανάλυσης για προδιαγεγραμμένο μηχανισμό αστοχίας. Οι μηχανισμοί αστοχίας καθορίζονται με βάση τη γεωμετρία του φορέα και τα μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών.

- Ισοδύναμου πλαισίου οιονεί -ραβδωτών στοιχείων- μελών

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην προσομοίωση της τοιχοποιίας με γραμμικά μέλη που αναπαριστούν τους πεσσούς και τα ανώφλια και συνδέονται με άκαμπτους κόμβους. Η εφαρμογή της μεθόδου προϋποθέτει την ύπαρξη επαρκούς διαφραγματικής λειτουργίας και σχετικά κανονικής γεωμετρίας, πράγμα το οποίο δεν πληρείται στην πλειονότητα των υφιστάμενων κτιρίων φέρουσας τοιχοποιίας.

- Συστήματος θλιπτήρων και ελκυστήρων

Η μέθοδος αυτή βασίζεται σε μακρομοντέλα, οι παράμετροι των οποίων βαθμονομούνται πειραματικά και ποικίλουν για περιπτώσεις γεωμετρίας και υλικών γεγονός που την κάνει δύσκολη στη χρήση της.

2.11 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ (ΚΑΔΕΤ §5.1.1, §5.4)

Οι μέθοδοι ανάλυσης που δύναται να χρησιμοποιηθούν για την αποτίμηση ή τον ανασχεδιασμό κτιρίων κατηγοριοποιούνται ως εξής:

A. Ελαστικές μέθοδοι ανάλυσης

- Ελαστική ισοδύναμη στατική ανάλυση
- Ελαστική ιδιομορφική φασματική ανάλυση (ελαστική δυναμική)

B. Ανελαστικές μέθοδοι ανάλυσης

- Ανελαστική στατική ανάλυση
- Ανελαστική δυναμική ανάλυση (ανάλυση χρονοϊστορίας)

Στις ελαστικές αναλύσεις η αξιολόγηση του φορέα είναι δυνατόν να πραγματοποιείται είτε με βάση τις αναπτυσσόμενες δυνάμεις, χρησιμοποιώντας τον δείκτη συμπεριφοράς q και το τροποποιημένο φάσμα S_d(T), είτε με βάση τις παραμορφώσεις μέσω του ελαστικού φάσματος S_e(T). Οι ανελαστικές αναλύσεις, από την άλλη πλευρά, στηρίζονται στον έλεγχο των παραμορφώσεων και εφαρμόζονται με χρήση του ελαστικού φάσματος S_e(T).

Μεταξύ των μεθόδων που περιλαμβάνει ο ΚΑΔΕΤ, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην ελαστική ισοδύναμη στατική ανάλυση, καθώς αποτελεί την κύρια μέθοδο αποτίμησης και ανασχεδιασμού κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία κατά το στάδιο του προκαταρκτικού ελέγχου. Οι λοιπές διαθέσιμες μέθοδοι αναφέρονται επιγραμματικά στη συνέχεια.

2.11.1 Ελαστική (ισοδύναμη) στατική ανάλυση

Σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ(2023), η ελαστική ισοδύναμη στατική ανάλυση αποτελεί τη βασική μέθοδο για τη σεισμική αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία. Επιπρόσθετα, μπορεί να εφαρμοστεί και για οριστική αξιολόγηση της κατασκευής, όταν η διαθέσιμη στάθμη αξιοπιστίας των δεδομένων δεν επαρκεί για την αξιόπιστη διαμόρφωση των ανελαστικών σχέσεων τάσης- παραμόρφωσης των υλικών της τοιχοποιίας.

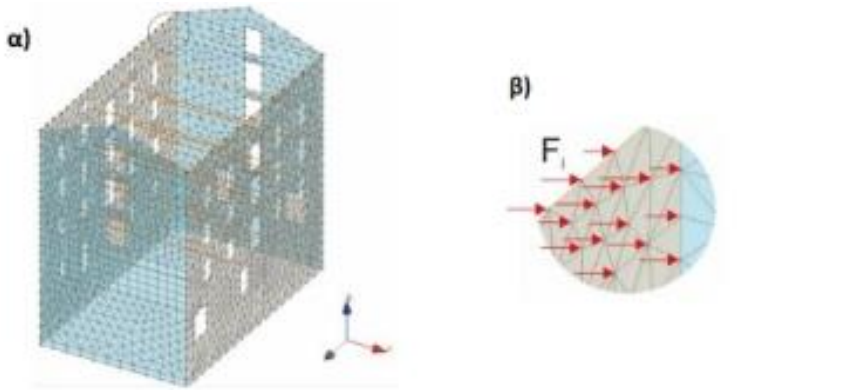
Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης μεθόδου εξετάζονται δύο εναλλακτικά πρότυπα κατανομής των οριζόντιων σεισμικών φορτίων κατά το ύψος του δομήματος:

a) την ανεστραμμένη τριγωνική

b) την ομοιόμορφη κατανομή

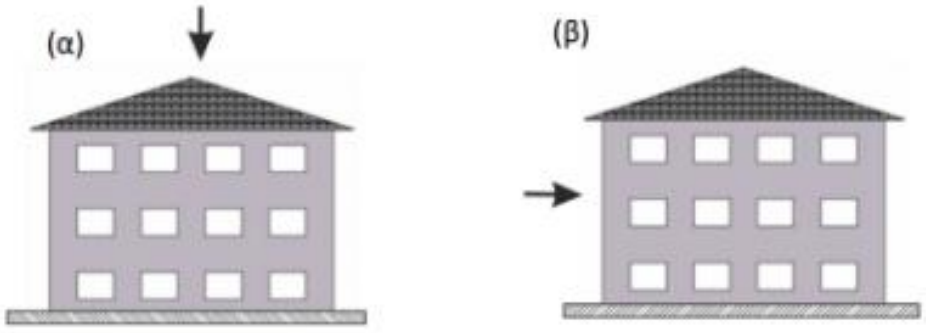
Για τις κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία με ευπαραμόρφωτα διαφράγματα με συνεχώς κατανεμημένη μάζα κτιρίου καθ' ύψος και μήκος των τοίχων, οι κατανομές γίνονται είτε:

1. Μέσω επιβολής επικόμβιων φορτίων στο μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων, κατανεμημένων σύμφωνα με τη συμμετοχή της μεταφορικής μάζας κάθε κόμβου για σεισμική φόρτιση κατά τη διεύθυνση Y (Σχήμα 2.1).



Σχήμα 2.1 *(α) Διακριτοποιημένο προσομοίωμα πεπερασμένων στοιχείων κτιρίου. (β) κατανομή των σεισμικών φορτίων κατά τη διεύθυνση Y σε τυχαίο τμήμα τοίχου (εντός του κύκλου στο α) (ΚΑΔΕΤ 2023).*

2. Μέσω εφαρμογής της επιτάχυνσης της βαρύτητας κατά μήκος των αξόνων της σεισμικής δράσης, εφόσον οι μάζες που προκύπτουν από τα κατακόρυφα φορτία έχουν αποδοθεί στο προσομοίωμα είτε κατανεμημένα κατά μήκος των τοίχων είτε συγκεντρωμένα στα επίπεδα των διαφραγμάτων (Σχήμα 2.2) .



Σχήμα 2.2 *(α) Ανάλυση για βαρυτικά φορτία για το σεισμικό συνδυασμό, (β) προσδιορισμός εσωτερικών δυνάμεων και μετατοπίσεων για ολική φασματική επιτάχυνση (απόκριση) ίση με 1.0g.(ΚΑΔΕΤ,2023).*

- **Προσδιορισμός της Ιδιοπεριόδου**

Ο υπολογισμός της ιδιοπεριόδου πραγματοποιείται κατά προσέγγιση από την εμπειρική έκφραση, που προέρχεται από τον EN1998-1, §4.3.3.2.2:

$$T_{1max} = C_t \cdot H^{3/4} \qquad (2.3)$$

όπου

Η= ύψος του κτιρίου σε m, μετρημένο από την θεμελίωση ή από την άνω επιφάνεια του άκαμπτου υπογείου

C_t= σταθερά η οποία δίνεται από την σχέση:

$$C_t = 0{,}075\sqrt{Ac} \geq 0{,}05 \qquad (2.4)$$

όπου το άνω όριο αναφέρεται σε κτίρια με ευπαραμόρφωτα διαφράγματα, και:

A_c= η συνολική δρώσα επιφάνεια των τοιχωμάτων στο ισόγειο του κτιρίου ανά κύρια διεύθυνση, σε m^2 και ισούται:

$$A_c = \Sigma \cdot [A_i \cdot (0{,}20 + \left(\frac{l_{wi}}{h}\right))^2] \qquad \textbf{(2.5)}$$

όπου:

A_i = η ενεργός επιφάνεια της διατομής του τοίχου i κατά την εξεταζόμενη διεύθυνση, στο επίπεδο του πρώτου ορόφου του κτιρίου, σε m^2.

l_{wi}= το μήκος του τοίχου i στη στάθμη του πρώτου ορόφου σε διεύθυνση παράλληλη με την επιβαλλόμενη φόρτιση, λαμβάνοντας υπόψη ότι η τιμή του λόγου l_{wi}/Η περιορίζεται κατ' ανώτατο όριο σε 0,90.

- **Προσδιορισμός ελαστικής σεισμικής τέμνουσας βάσης**

A. <u>Εφαρμογή της μεθόδου με κριτήριο ελέγχου τις δυνάμεις:</u>

Η τιμή της σεισμικής τέμνουσας βάσης υπολογίζεται με βάση το τροποποιημένο φάσμα S_d(Τ):

$$V_{el} = C_m \cdot S_d(T) \cdot \frac{W}{g} \qquad (2.6\alpha)$$

όπου:

C_m= συντελεστής δρώσας μάζας, θεωρείται ίσος με 1.0 για μονώροφα και διώροφα κτίρια και 0.8 για τρείς ή παραπάνω ορόφους.

$S_d(T)$= η φασματική ολική επιτάχυνση που αντιστοιχεί στη θεμελίωδη ιδιοπερίοδο Τ, όπως προκύπτει από το τροποποιημένο φάσμα.

W/g= η μάζα του δομήματος (συνολικό βάρος του κτιρίου ανηγμένο προς την επιτάχυνση της βαρύτητας).

B. Εφαρμογή της μεθόδου με κριτήριο ελέγχου τις παραμορφώσεις:

Η ελαστική τιμή της σεισμικής τέμνουσας βάσης θα υπολογίζεται ως εξής:

$$V_{el} = C_m \cdot S_e(T) \cdot \frac{W}{g} \quad (2.6\beta)$$

όπου:

C_m= συντελεστής δρώσας μάζας που λαμβάνεται ίσος με 1.0 για μονώροφα και διώροφα κτίρια και 0.8 για τρείς ή παραπάνω ορόφους.

$S_e(T)$= η φασματική ολική επιτάχυνση που αντιστοιχεί στη θεμελίωδη ιδιοπερίοδο Τ, όπως προκύπτει από το ελαστικό φάσμα.

W/g= η μάζα του δομήματος (συνολικό βάρος του κτιρίου ανηγμένο προς την επιτάχυνση της βαρύτητας)

Στην περίπτωση που οι κυριαρχούσες ιδιοπερίοδοι του κτιρίου σε κάθε διεύθυνση διαφέρουν ουσιωδώς, λαμβάνεται ως S_e(T) η αντίστοιχη τιμή σε κάθε ιδιοπερίοδο.

Ο λόγος της ανηγμένης μέγιστης ανελαστικής μετακίνησης προς την αντίστοιχη που υπολογίζεται από την γραμμική ελαστική ανάλυση, $d_{i,nel}/d_{el}$ παίρνει τιμές από τις σχέσεις:

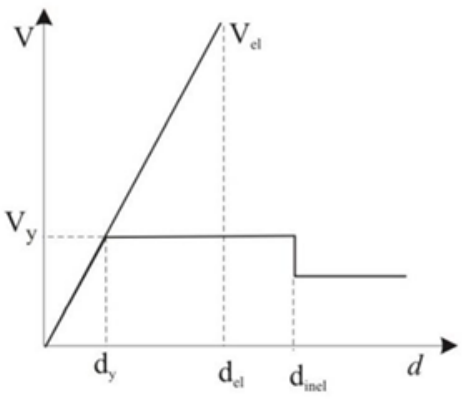
$$d_{i,nel}/d_{el} = 1 \quad \text{για } T \geq T_c \quad (2.7\alpha)$$

$$d_{i,nel}/d_{el} = \left[1 + (R-1) \cdot \left(T_c/T\right)\right], R \geq 1 \quad \text{για } T < T_c \quad (2.7\beta)$$

Ο συντελεστής R= V_{el}/V_y είναι ο λόγος ελαστικής απαίτησης V_{el} προς την τέμνουσα που αντιστοιχεί στην διαρροή του φορέα V_y και ισχύει η σχέση:

$$V_{el}/V_y = d_{el}/d_y \quad (2.8)$$

Όπου αναπαρίσταται γραφικά στο παρακάτω σχήμα και προκύπτει από την ομοιότητα τριγώνων της γραφικής παράστασης V-d.



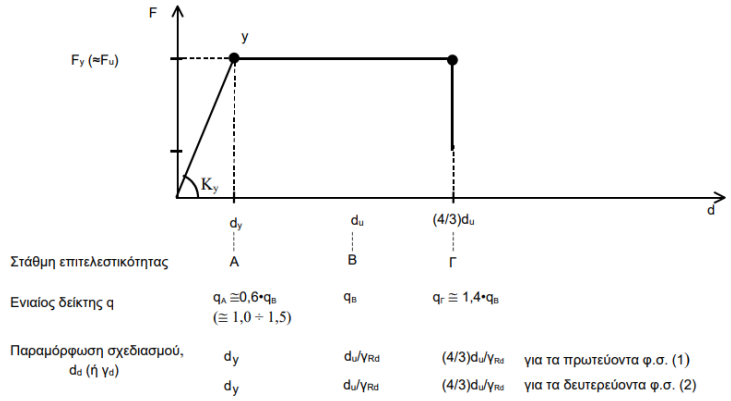
Σχήμα 2.3 Διάγραμμα τέμνουσας σεισμικής βάσης-μετακίνησης (ΚΑΔΕΤ 2023).

- **Ελαστική ισοδύναμη στατική ανάλυση με την χρήση τοπικών δεικτών πλαστιμότητας (m)**

Οι τοπικοί δείκτες εκφράζουν την τοπική πλαστιμότητα στις κρίσιμες περιοχές των δομικών στοιχείων με όρους παραμορφώσεων και εξαρτώνται από την στάθμη επιτελεστικότητας. Ισχύει:

$$m = {d_d}/{d_y} = {\gamma_d}/{\gamma_y} = {\theta_d}/{\theta_y} \qquad (2.9)$$

Με βάση το διάγραμμα F-d που ακολουθεί, οι αντίστοιχες τιμές και τα όρια για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας προσδιορίζεται ως εξής:



Σχήμα 2.4 Σκελετικό διάγραμμα συμπεριφοράς (ΚΑΔΕΤ 2023)

Σε κάθε στάθμη επιτελεστικότητας ισχύει:

-Στάθμη επιτελεστικότητας Α: για $d_d = d_y$ ισχύει m≈1 με γ_{Rd}=1

- Στάθμη επιτελεστικότητας Β: για $d_d = {d_y}/{\gamma_{Rd}}$ ισχύει m $\approx {(d_u/\gamma_{Rd})}/{dy}$

- Στάθμη επιτελεστικότητας Γ: για $d_d = \frac{4}{3} \cdot \left({d_y}/{\gamma_{Rd}}\right)$ ισχύει m $\approx \left(\frac{4}{3}\right) \cdot {(d_u/\gamma_{Rd})}/{dy}$

2.11.2 Ελαστική ιδιομορφική φασματική ανάλυση (ελαστική δυναμική)

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου συνεκτιμάται η συνεισφορά όλων των ιδιομορφών ταλάντωσης που επηρεάζουν ουσιαστικά τη δυναμική απόκριση της κατασκευής. Οι απαιτήσεις της μεθόδου θεωρούνται ότι πληρούνται όταν ισχύει μια από τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

i. το άθροισμα των ενεργών ιδιομορφικών μαζών για τις ιδιομορφές που περιλαμβάνονται στην ανάλυση αντιστοιχεί τουλάχιστον στο 75% της συνολικής μάζας του φορέα.

ii. στην ανάλυση συμπεριλαμβάνονται όλες οι ιδιομορφές των οποίων η ενεργός ιδιομορφική μάζα υπερβαίνει το 5% της συνολικής μάζας της κατασκευής.

Στην περίπτωση χωρικών προσομοιωμάτων, οι παραπάνω έλεγχοι απαιτείται να ικανοποιούνται ανεξάρτητα για κάθε κύρια διεύθυνση ανάλυσης.

2.11.3 Ανελαστική στατική ανάλυση

Η απαίτηση που προκύπτει από τη σεισμική δράση αξιολογείται μέσω της μετακίνησης στη στέψη των φερόντων τοίχων, η οποία λαμβάνεται ως μετακίνηση- στόχος. Η τιμή αυτή υπολογίζεται από το ελαστικό φάσμα απόκρισης ενός ισοδύναμου συστήματος ενός βαθμού ελευθερίας και καθορίζεται με βάση την επιλεγμένη τιμή απόσβεσης που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο κτίριο.

2.11.4 Ανελαστική δυναμική ανάλυση (ανάλυση χρονοιστορίας)

Η εφαρμογή της μεθόδου δεν προτείνεται γενικά και περιορίζεται σε περιπτώσεις ιδιαίτερα σημαντικών κατασκευών (π.χ. μνημεία). Για την υλοποίηση της εφαρμόζονται οι προϋποθέσεις και τα κριτήρια που καθορίζονται στον ΚΑΝΕΠΕ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΑΔΕΤ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ (ΚΑΔΕΤ §4.1)

Κατά τη διάρκεια ενός σεισμού, οι τοίχοι που είναι προσανατολισμένοι παράλληλα με τη διεύθυνση της σεισμικής δράσης παραλαμβάνουν τις σεισμικές δυνάμεις και αναπτύσσουν κάμψη και διάτμηση εντός του επιπέδου τους. Σε αντίθεση, οι τοίχοι που είναι προσανατολισμένοι εγκάρσια ως προς τη διεύθυνση της σεισμικής δράσης αναπτύσσουν εκτός επιπέδου καμπτικές παραμορφώσεις, οι οποίες εκδηλώνονται τόσο στον οριζόντιο όσο και στον κατακόρυφο άξονα.

Κατά συνέπεια, ο έλεγχος ασφάλειας, ο οποίος διενεργείται είτε σε επιμέρους μέλος ή τμήμα είτε συνολικά στο δόμημα, πρέπει να τεκμηριώνει ότι το επιβαλλόμενο κρίσιμο μέγεθος, εντατικό ή και παραμορφωσιακό, παραμένει με αξιοπιστία μικρότερο από την αντίστοιχη διαθέσιμη ικανότητα.

Για να επιτευχθεί το παραπάνω, σε όλους τους ελέγχους αποτίμησης και ανασχεδιασμού, εφαρμόζεται η ανίσωση ασφαλείας του ΚΑΔΕΤ:

$$E_d < R_d \tag{3.1}$$

και ισχύει:

$$E_d = \gamma_{Ed} \cdot \left(E_k \cdot \gamma_f\right) \tag{3.2}$$

$$R_d = \left({}^{1}/_{\gamma_{Rd}}\right) \cdot \left({}^{R_k}/_{\gamma_m}\right) \tag{3.3}$$

όπου:

-E_d = οι τιμές σχεδιασμού ή επανελέγχου των εντατικών μεγεθών και των παραμορφώσεων που προκύπτουν από την επιβολή των δράσεων.

-R_d = οι τιμές σχεδιασμού ή επανελέγχου των διαθέσιμων αντιστάσεων σε όρους εντατικών μεγεθών ή παραμορφώσεων.

-E_k = οι αντιπροσωπευτικές τιμές των βασικών και τυχηματικών δράσεων.

-R_k = οι αντιπροσωπευτικές τιμές των χαρακτηριστικών των υλικών από τα οποία εξαρτάται η αντοχή του φορέα.

-γ_f, γ_m = οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας που εφαρμόζονται στις δράσεις και στις ιδιότητες των υλικών, αντίστοιχα, ώστε να λαμβάνονται υπόψη πιθανές δυσμενείς αποκλίσεις από τις αντιπροσωπευτικές τους τιμές.

-γ_{Ed}, γ_{Rd} = οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας που χρησιμοποιούνται για τη συνεκτίμηση των αβεβαιοτήτων των προσομοιωμάτων, οι οποίες είναι αυξημένες σε σχέση με τον σχεδιασμό νέων κατασκευών, και αφορούν την εκτίμηση των επιπτώσεων των δράσεων και των διαθέσιμων αντιστάσεων, αντίστοιχα.

Ο χαρακτηρισμός της αστοχίας ενός στοιχείου ως πλάστιμης ή ψαθυρής βασίζεται στην τιμή του δείκτη πλαστιμότητας, ο οποίος μπορεί να λάβει τιμές έως 1,50. Με βάση αυτό αποφασίζεται εάν ο έλεγχος επάρκειας της τοιχοποιίας θα γίνει σε όρους εντατικών

μεγεθών (ψαθυρή αστοχία) ή σε όρους παραμορφώσεων (πλάστιμη αστοχία). Ο δείκτης πλαστιμότητας των παραμορφώσεων δίνεται από τη σχέση:

$$\mu = {}^{\delta}/_{\delta_y} = {}^{\theta}/_{\theta_y} \qquad (3.4)$$

όπου η μέγιστη τιμής του δείκτη πλαστιμότητας $\mu_{\delta u}$ προκύπτει για δ= δ_u.

3.2 ΚΑΘΟΛΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ

3.2.1 Φαινόμενα δεύτερης τάξης (ΚΑΔΕΤ, §5.3.7)

Γενικά, όταν ένα κτίριο διαθέτει τοιχώματα ή κατακόρυφα στοιχεία δυσκαμψίας επαρκούς πάχους και ακαμψίας, δεν προκύπτει πρόβλημα μεταθετότητας και τα φαινόμενα δεύτερης τάξεως μπορούν να αγνοηθούν.

Σύμφωνα με τον EC6-1-1 (§5.4) και τον ΚΑΔΕΤ (§5.3.7),για τα απαραμόρφωτα διαφράγματα, ο έλεγχος μεταθετότητας για τη βάση του κτιρίου, κατά την εξεταζόμενη διεύθυνση γίνεται μέσω του ακολούθου κριτηρίου:

$$h_{tot} = \sqrt{{}^{N_{ed}}/_{\Sigma E_i}} \leqslant 0{,}60 \qquad \text{για n} \geqslant 4 \qquad (3.5\alpha)$$

$$h_{tot} = \sqrt{{}^{N_{ed}}/_{\Sigma E_i}} \leqslant 0{,}20 + 0{,}10 \cdot \text{n} \qquad \text{για } 1 \leqslant \text{n} \leqslant 4 \qquad (3.5\beta)$$

όπου:

h_{tot}= το συνολικό ύψος της κατασκευής, μετρούμενο από τη στάθμη στέψης της θεμελίωσης.

N_{ed}= το άθροισμα των τιμών σχεδιασμού των κατακόρυφων φορτίων που μεταφέρονται στη βάση του κτιρίου.

ΣE_i= το συνολικό άθροισμα των δυσκαμψιών των επιμέρους δομικών στοιχείων κατά την εξεταζόμενη διεύθυνση.

n= ο συνολικός αριθμός των ορόφων του κτιρίου.

- Εάν το εμβαδόν των ανοιγμάτων των κατακόρυφων στοιχείων δυσκαμψίας είναι μικρότερο των $2m^2$ ενώ το ύψος τους δεν ξεπερνά το 0,60 · h του στοιχείου μπορούν να αγνοηθούν.

Όταν το παραπάνω κριτήριο δεν ικανοποιείται, τα φαινόμενα δεύτερης τάξεως δεν μπορούν να αγνοηθούν και απαιτείται αναλυτικός έλεγχος ευστάθειας του φορέα.

3.2.2 Έλεγχος ανατροπής (ΚΑΔΕΤ, §5.3.8)

Πραγματοποιείται έλεγχος της κατασκευής έναντι της ανατροπής που ενδέχεται να προκληθεί από τις σεισμικές δράσεις. Ο έλεγχος γίνεται ως εξής:

3.2.2.1 Έλεγχος εκκεντρότητας

Απαιτείται ο λόγος της ροπής ανατροπής M_{ed} που προκαλείται από τη σεισμική δράση, προς το ίδιο βάρος του κτιρίου N_{ed}, το οποίο προκύπτει από τον σεισμικό σχεδιασμό G+ψ_2 ·Q κατά τις διευθύνσεις x και y, και ορίζονται αντίστοιχα οι εκκεντρότητες e_x και e_y να ικανοποιούνται οι παρακάτω σχέσεις:

$e_x \leq e_{lim,x} = 1/6 \cdot L_x$ (3.6)

$e_y \leq e_{lim,y} = 1/6 \cdot L_y$ (3.7)

όπου L_x, L_y οι διαστάσεις του κτιρίου κατά τις κύριες διευθύνσεις x,y αντίστοιχα.

Όταν οι προαναφερθείσες σχέσεις δεν επαληθεύονται και η εκκεντρότητα λαμβάνει τιμές μεγαλύτερες από το καθορισμένο όριο, έως και το 1/2, πρέπει να αποδεικνύεται ότι οι θλιβόμενες ζώνες της τοιχοποιίας μπορούν να παραλάβουν με ασφάλεια όλες τις κατακόρυφες και σεισμικές δράσεις.

3.2.2.2 Έλεγχος αδρανούς περιοχής

Αδρανείς χαρακτηρίζονται οι περιοχές της διατομής όπου, λόγω του συνδυασμού αξονικής δύναμης και καμπτικής ροπής, αναπτύσσονται ορθές εφελκυστικές τάσεις. Για την αποφυγή αδρανούς περιοχής στην κάτοψη του δομήματος θα πρέπει να ικανοποιείται η σχέση:

$$\frac{S_d(T)}{g} \leq \frac{\zeta_e \cdot \Omega_w}{C_m \cdot n \cdot S_{h,tot}} \cdot \left[\frac{f_{tm}}{N_{ed}} + \frac{1}{A_w}\right] \quad (3.8)$$

όπου:

C_m= συντελεστής δρώσας μάζας και ισχύει: C_m=1 για μονώροφα και διώροφα κτίρια και C_m=0,8 για τρείς ή παραπάνω ορόφους.

ζe= συντελεστής σχήματος κατανομής οριζόντιων σεισμικών δυνάμεων και ισχύει: ζ=2 για ομοιόμορφη κατανομή και ζ=1,5 για ανεστραμμένη τριγωνική κατανομή.

$S_d(T)$/g= η ανηγμένη επιτάχυνση φασματικής ανάλυσης που ορίζεται από το φάσμα σχεδιασμού, για την θεμελιώδη ιδιοπερίοδο T του κτιρίου και g η επιτάχυνση της βαρύτητας.

Ω_w= ροπή αντίστασης της κάτοψης του φορέα ως προς τον άξονα περί τον οποίο εκδηλώνεται η ροπή ανατροπής.

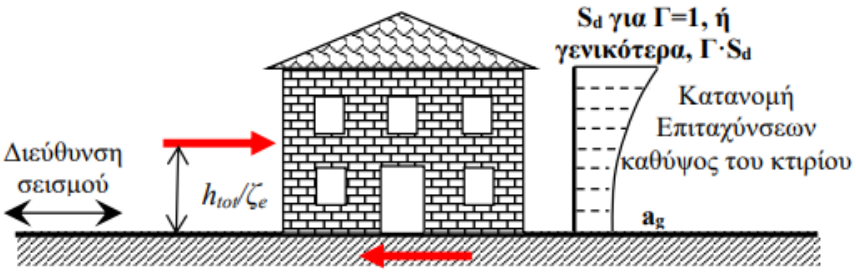
A_w= συνολικό εμβαδόν φερόντων τοίχων στη στάθμη ελέγχου

H= ύψος του κτιρίου.

n= συντελεστής που εξαρτάται από την απόσβεση.

S= συντελεστής που εξαρτάται από το βάρος.

f_{tm}= χαρακτηριστική εφελκυστικής αντοχή της τοιχοποιίας.



Σχήμα 3.1 *Κατανομή πραγματικών σεισμικών επιταχύνσεων καθ' ύψος του κτιρίου την στιγμή της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης και ορισμός του μοχλοβραχίονα της ροπής ανατροπής (ΚΑΔΕΤ 2023).*

3.2.2.3 Έλεγχος μέγιστης ορθής θλιπτικής τάσης

Πραγματοποιείται έλεγχος ώστε η μέγιστη αναπτυσσόμενη θλιπτική τάση στο πλέον θλιβόμενο άκρο να μην υπερβαίνει ούτε τη μέση θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας ούτε τη φέρουσα ικανότητα του υποκείμενου εδάφους. Υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$\sigma_{wc} = -\frac{N}{A_w} - \frac{M}{\Omega_w} \qquad (3.9)$$

όπου:

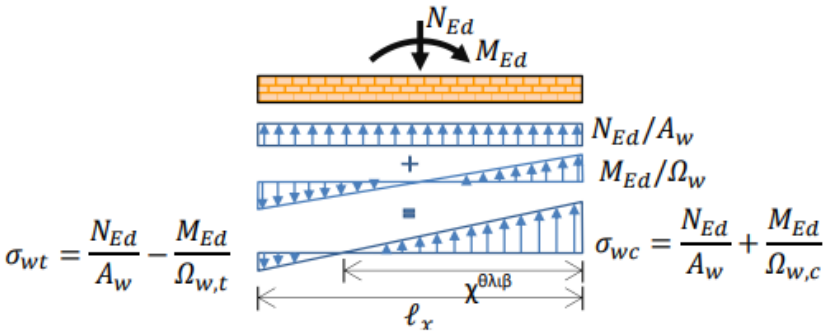
σ_{wc}= η ορθή τάση στη θέση ελέγχου, θεωρώντας ότι οι θλιπτικές τάσεις λαμβάνονται με αρνητικό πρόσημο.

N= το συνολικό κατακόρυφο φορτίο που προκύπτει από τον εξεταζόμενο σεισμικό συνδυασμό.

M= η ροπή ανατροπής που υπολογίζεται ως το γινόμενο της τέμνουσας βάσης επί την απόσταση μεταξύ της στάθμης ελέγχου και του σημείου εφαρμογής της συνισταμένης των οριζόντιων σεισμικών δυνάμεων. Η απόσταση αυτή λαμβάνεται ίση με Ο,5Η όταν θεωρείται ομοιόμορφη κατανομή των σεισμικών φορτίων καθ' ύψος φορτίων και ίση με 0,67Η όταν υιοθετείται ανεστραμμένη τριγωνική κατανομή.

Ω_w= ροπή αντίστασης της κάτοψης του δομήματος περί τον άξονα κάμψης στον οποίο αναπτύσσεται η ροπή ανατροπής.

A_w= συνολικό εμβαδόν φερόντων τοίχων στη στάθμη ελέγχου.



Σχήμα 3.2 *Ορισμός ορθών τάσεων στην βάση του κτιρίου (ΚΑΔΕΤ 2023).*

3.3 ΈΛΕΓΧΟΙ ΕΝΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ

Στον παρούσα μελέτη, εφαρμόζεται η ισοδύναμη ελαστική στατική ανάλυση, ενώ το κριτήριο ελέγχου για την εντός και την εκτός επιπέδου σεισμική δράση, βασίζεται στα εντατικά μεγέθη σε όρους δυνάμεων, όπου χρησιμοποιείται ο δείκτης συμπεριφοράς q και το τροποποιημένο φάσμα $S_d(T)$.

3.3.1 Έλεγχος σε εντός επιπέδου δράση σε όρους δυνάμεων (ΚΑΔΕΤ, §7.2)

Όταν τα κατακόρυφα στοιχεία της άοπλης τοιχοποιίας καταπονούνται ταυτόχρονα από κατακόρυφη αξονική δύναμη και εντός επιπέδου τέμνουσα δύναμη, η αστοχία τους δύναται να εκδηλωθεί με ποικίλους μηχανισμούς, είτε με τη δημιουργία λοξών ρωγμών κατά μήκος της μιας ή και των δύο διαγώνιων, είτε με θλιπτική θραύση του διαγώνιου θλιπτήρα συνδυαστικά με εγκάρσιες εφελκυστικές τάσεις, είτε με ολίσθηση κατά μήκος των οριζόντιων αρμών της τοιχοποιίας.

3.3.1.1 Έλεγχος σε εντός επιπέδου κάμψη

Κατά τον έλεγχο μιας διατομής έναντι εντός επιπέδου κάμψη, γίνεται θεώρηση αδρανούς περιοχής και η εφελκυστική αντοχή θεωρείται αμελητέα. Η ροπή κάμψεως MRd εξαρτάται από την θλιπτική αντοχή και δίνεται ως εξής:

$$M_{Rd} = N_{sd} \cdot (1 - 1{,}15 \cdot v_{sd}) \cdot \frac{L}{2} \qquad (3.10)$$

και το ανηγμένο αξονικό φορτίο δίνεται ως εξής:

$$v_{sd} = {}^{N_{sd}}/_{L \cdot t \cdot f_d} \qquad (3.11)$$

με $f_d = {}^{f_{mc}}/_{\gamma_w}$, όπου f_{mc}:μέση θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας, γ_w:: συντελεστής ασφάλειας της τοιχοποιίας κατά τον ΚΑΔΕΤ.

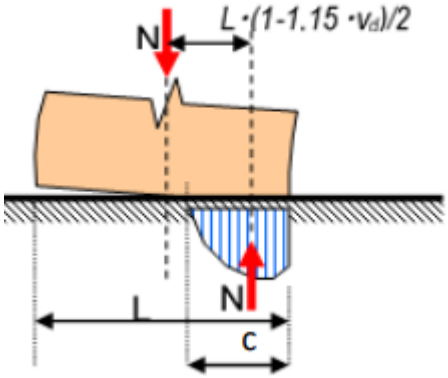
όπου

N_{sd}= το αξονικό φορτίο του τοίχου για το σεισμικό συνδυασμό και λαμβάνεται υπόψη μόνο όταν είναι θλιπτικό.

L= το μήκος, η οριζόντια εντός επιπέδου διάσταση του τοιχώματος.

t= το πάχος του τοίχου.

Η ροπή M_{ed} των δράσεων που εφαρμόζονται στο δομικό στοιχείο προκύπτει από την στατική επίλυση του φορέα και πρέπει $M_{Rd} \geq M_{ed}$.



Σχήμα 3.3 *Ορισμός εσωτερικής ροπής σε εντός επιπέδου κάμψη (ΚΑΔΕΤ 2023).*

3.3.1.2 Ικανοτική τέμνουσα V_f

Η καμπτική αντοχή που αναπτύσσεται στην κρίσιμη περιοχή εξαιτίας της οριζόντιας σχετικής μετάθεσης των άκρων του τοίχου, εξισορροπείται με την βοήθεια της ικανοτικής τέμνουσας, μιας δύναμης που δρα στο διατμητικό μήκος H_o και υπολογίζεται ως εξής:

$$V_f = \frac{L \cdot N}{2 \cdot H_o} \cdot (1\text{-}1{,}15 \cdot v_{sd}) \qquad (3.12)$$

όπου

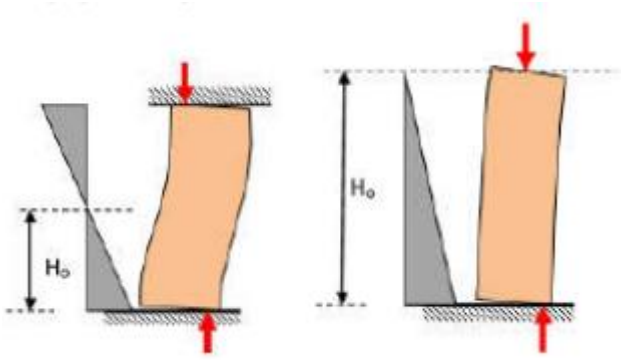
H_o =η απόσταση μεταξύ της κρίσιμης διατομής, όπου εμφανίζεται η μέγιστη καμπτική ροπή, και του σημείου στο οποίο η ροπή μηδενίζεται.

L= το μήκος της διατομής.

N= το αξονικό φορτίο του τοίχου για το σεισμικό συνδυασμό (λαμβάνεται υπόψη μόνο όταν είναι θλιπτικό).

v_{sd} = ανηγμένο αξονικό φορτίο

Η οριζόντια σχετική μετάθεση των ακρών του τοίχου είναι άμεσα εξαρτώμενη με την ύπαρξη ή μη διαφράγματος.



Σχήμα 3.4 *Προσδιορισμός διατμητικού ύψους Ho σε άκαμπτα (1ο σχήμα) και μη άκαμπτα διαφράγματα (2ο σχήμα). (ΚΑΔΕΤ 2023).*

Για την υπέρβαση του ελαστικού ορίου, πραγματοποιείται σύγκριση της ικανοτικής τέμνουσας V_f με την δρώσα τέμνουσα V_{ed}.

3.3.1.3 Διατμητική αντοχή V_y

Η διατμητική αντίσταση ενός τοίχου από άοπλη τοιχοποιία υπολογίζεται από την σχέση:

$V_y = f_{vd} \cdot L' \cdot t$ (3.13)

και $f_{vd} = f_{vmo} + (0{,}4 \cdot N_{sd}) / L' \cdot t \leq 0{,}065 \cdot f_{bc}$ (3.14)

όπου

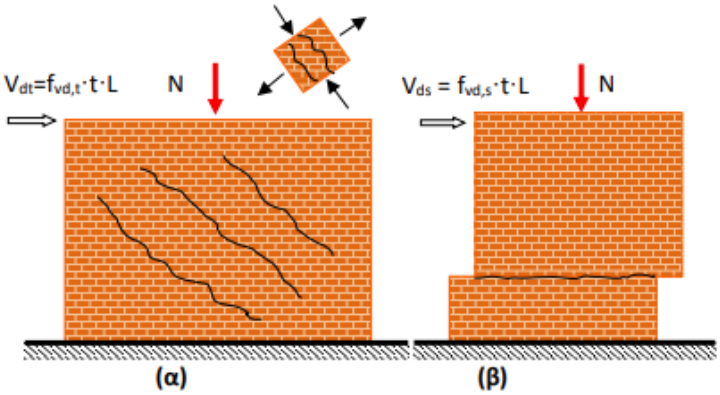
L'= το μήκος ης θλιβόμενης περιοχής του τοίχου

t=το πάχος του τοίχου

f_{vd}= η χαρακτηριστική τιμή της διατμητικής αντοχής της τοιχοποιίας, όπως αυτή διαμορφώνεται υπό την παρουσία κατακόρυφων θλιπτικών φορτίων.

f_{vmo}= η διατμητική αντοχή αναφοράς όταν δεν υφίσταται κατακόρυφο θλιπτικό φορτίο και εκφράζει τη συνοχή του υλικού.

f_{bc}= η θλιπτική αντοχή του λιθοσώματος.



Σχήμα 3.5 *(α) Διαγώνια εφελκυστική αστοχία, (β) Ολίσθηση κατά μήκος οριζόντιου αρμού κονιάματος.*

Η διατμητική αντοχή του τοίχου λόγω διαγώνιας εφελκυστικής αστοχίας (Σχ.3.3 (α)) δίνεται ως εξής:

$$f_{vd,t} = [\,(-f_{wt,d} - v_d \cdot f_d/2\,)^2 - (v_d \cdot {}^{f_d}/_{2})^2\,]^2$$

$$= \sqrt{[\,f_{wt,d} \cdot (f_{wt,d} + v_d \cdot f_d)\,]} \quad (3.15)$$

όπου:

$f_{vd,t}$= η διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας που συνδέεται με την εμφάνιση διαγώνιων εφελκυστικών ρωγμών.

$f_{wt,d}$= η μέση αντοχή της τοιχοποιίας σε εφελκυσμό.

f_d= f_{mc}/γ_w : η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας.

f_{mc}= η μέση θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας.

γ_w= ο συντελεστής ασφαλείας για την τοιχοποιία σύμφωνα με την στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων.

Η διατμητική αντοχή του τοίχου που οφείλεται σε ολίσθηση κατά μήκος οριζόντιου αρμού κονιάματος (Σχ.3.3(β)) αναπτύσσεται αποκλειστικά στη θλιβόμενη ζώνη των τοίχων, που είναι προσανατολισμένοι παράλληλα προς τη διεύθυνση της σεισμικής δράσης.

Δίνεται ως εξής:

$$f_{vd,s} = f_{vmo} + \mu \cdot (v_d \cdot f_d) \qquad (3.16)$$

όπου:

$f_{vd,s}$= η διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας η οποία σχετίζεται με ολίσθηση κατά μήκος επιφάνειας τριβής.

f_{vmo}= η συνοχή στην διεπιφάνεια του κονιάματος-λιθοσώματος

μ= ο φαινόμενος συντελεστής τριβής κατά μήκος της επιφάνειας ολισθήσεως και η τιμή του είναι συναρτήσει της θλιπτικής τάσεως και της τραχύτητα της διεπιφάνειας. Στην περίπτωση που δεν υπάρχουν στοιχεία, λαμβάνεται ίσος με 0,40.

($v_d \cdot f_d$)= σ_d= N_{sd}/ (L'· t) : η υπερκείμενη θλιπτική τάση στο επίπεδο ολίσθησης.

Κατά τον έλεγχο επάρκειας με όρους εντατικών μεγεθών, θα πρέπει:

$$V_d < \min\{V_{vd,t}, V_{vd,s}\} \qquad (3.17)$$

όπου V_d η τέμνουσα σχεδιασμού και $V_{vd,t}$ η τιμή της διατμητικής αντίστασης για $f_{vd,t}$ και $V_{vd,s}$ για $f_{vd,s}$ αντίστοιχα

.

- Διατμητική αντοχή τοιχοποιίας λόγω οριζόντιων ξύλινων στοιχείων

Κάθε ξύλινο στοιχείο που τέμνεται από μια ιδεατή ρωγμή με κλίση 45° συμβάλει στη διατμητική αντίσταση του στοιχείου με δύναμη V_{tier} και σε κάθε περίπτωση δεν μπορεί να υπερβαίνει την εφελκυστική αντοχή του στοιχείου. Υπολογίζεται ως εξής:

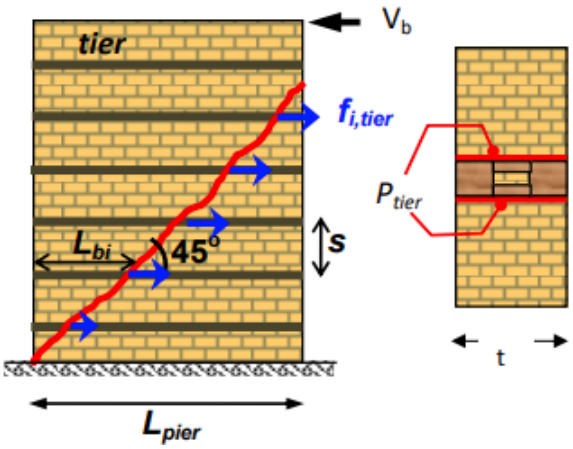
$$V_{tier} = u_{b,tier} \cdot p_{,tier} \cdot L_{b,t} \qquad (3.18)$$

όπου:

$u_{b,tier}$= η τάση συνάφειας που αναπτύσσεται στη διεπιφάνεια μεταξύ του διαζώματος και της άοπλης φέρουσας τοιχοποιίας.

$p_{,tier}$= η συνολική περίμετρος επαφής του διαζώματος με την άοπλη φέρουσα τοιχοποιία.

$L_{b,t}$= το ελάχιστο μήκος συνεργασίας μεταξύ διαζώματος και τοιχοποιίας, μετρούμενο εκατέρωθεν του επιπέδου της διαγώνιας ρωγμής.

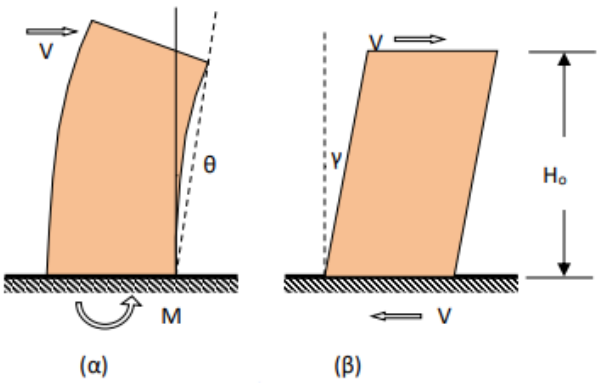


Σχήμα 3.6 *Η συμβολή των οριζόντιων ξύλινων στοιχείων (ΚΑΔΕΤ, 2023).*

Σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ, η φέρουσα ικανότητα τοιχοποιίας με ξυλοδεσιές υπολογίζεται ως η αθροιστική συνεισφορά της άοπλης τοιχοποιίας V_f και των ξύλινων συνδετήριων στοιχείων V_{tier}.

3.3.2 Έλεγχος σε εντός επιπέδου δράση σε όρους παραμορφώσεων (ΚΑΔΕΤ, §7.2)

Κατά την ελαστική απόκριση της τοιχοποιίας σε εντός επιπέδου φόρτιση, λαμβάνεται ως κατάλληλο μέγεθος ελέγχου η στροφή χορδής θ όταν επικρατεί μηχανισμός κάμψης (Σχ.3.(α)), ενώ όταν επικρατεί μηχανισμός διάτμησης (Σχ.3. (β)) λαμβάνεται η γωνιακή διατμητική παραμόρφωση γ.



Σχήμα 3.7 *Παραμόρφωση εντός επιπέδου του τοίχου σε (α)κάμψη, (β) διάτμηση (ΚΑΔΕΤ, 2023).*

Εάν ισχύει $V_f \geq V_v$, η ικανότητα ενός τοίχου άοπλης τοιχοποιίας ελέγχεται από την τέμνουσα με όρους παραμορφώσεων εκφράζεται σε όρους ανηγμένης μετατόπισης και ισχύει:

-Σε εντός επιπέδου κάμψη ή διάτμηση, θ_y =0,0015

-Σε πρωτεύοντα δομικά στοιχεία, d_u=0,004

-Σε δευτερεύοντα δομικά στοιχεία, d_u=0,006

Εάν ισχύει $V_f < V_v$, η ικανότητα ενός τοίχου άοπλης τοιχοποιίας ελέγχεται από την κάμψη με όρους παραμορφώσεων εκφράζεται σε όρους σχετικής μετατόπισης και ισχύει:

-Σε εντός επιπέδου κάμψη ή διάτμηση, θ_y=0,0015.

-Σε πρωτεύοντα δομικά στοιχεία, d_u=0,008· H_o/L.

-Σε δευτερεύοντα δομικά στοιχεία, d_u=0,012· H_o/L.

3.4 ΈΛΕΓΧΟΙ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ

3.4.1 Έλεγχος σε εκτός επιπέδου κάμψη

Οι εγκάρσιοι τοίχοι σε ευπαραμόρφωτα διαφράγματα, ελέγονται σε εκτός επιπέδου κάμψη για την επίδραση του παρακάτω κατανεμημένου φορτίου:

$$W_{ed} = S_e(Tc) \cdot B \cdot {}^{C_m}/_{g} \quad (3.19)$$

όπου

$S_e(Tc)$= φασματική επιτάχυνση.

B= το ίδιο βάρος σε kN/m^2 ανα μονάδα επιφάνειας τοίχου.

C_m= συντελεστής δρώσας μάζας.

Κατά την ανάλυση, λαμβάνονται επιπλέον υπόψη οι εγκάρσιες δυνάμεις που ακούνται επί του τοίχου στη στάθμη του δαπέδου και υπολογίζονται ως εξής:

F_{ed}= $S_e(Tc) \cdot C_m \cdot M_{di}$ (3.20)

όπου M_{di}= η επιμεριζόμενη μάζα του οριζόντιου διαγράματος.

3.4.2 Έλεγχος σε εκτός επιπέδου κάμψη, σε όρους δυνάμεων (ΚΑΔΕΤ, §7.3)

Ο προσδιορισμός της φέρουσας ικανότητας στοιχείου που καταπονείται σε εκτός επιπέδου κάμψη προσδιορίζεται εξετάζοντας δύο μηχανισμούς αστοχίας, έναν με διεύθυνση παράλληλη προς τους οριζόντιους αρμούς κονιάματος της τοιχοποιίας και τον άλλον με διεύθυνση κάθετης προς αυτούς.

3.4.2.1 Εκτός επιπέδου ροπή κάμψεως περί οριζόντιο άξονα

Στην περίπτωση κατά την οποία το επίπεδο αναπτύσσεται παράλληλα προς τους οριζόντιους αρμούς, η συμβολή της εφελκυστικής αντοχής της μονόστρωτης ή δίστρωτης τοιχοποιίας με διάτονα λιθοσώματα παραλείπεται. Υπό την παραδοχή αδρανούς εφελκυόμενης

ζώνης, η αντοχή της διατομής σε κάμψη εξαρτάται από τη θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας και το μέγεθος του αξονικού φορτίου υπολογίζεται από την ακόλουθη έκφραση:

$$M_{Rd1,0} = \frac{1}{2} \cdot l \cdot {t_w}^2 \cdot \sigma_o \cdot \left(1 - {}^{\sigma_o}/_{f_d}\right) \quad (3.21)$$

όπου

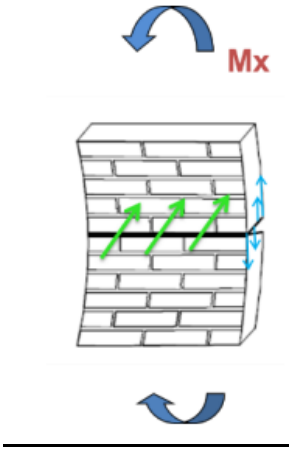
l= μήκος διατομής.

t_w= πάχος διατομής.

σ_o= μέση θλιπτική τάση της τοιχοποιίας λόγω αξονικής δράσης στη διατομή ελέγχου.

f_d= θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας.

Σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ, πρέπει $M_x \leq M_{Rd1,0}$.



Σχήμα 3.8 *Καμπτική αντοχή παράλληλα στον οριζόντιο αρμό (ΚΑΔΕΤ, 2023).*

3.4.2.2 Εκτός επιπέδου ροπή κάμψεως περί κατακόρυφο άξονα

Όταν το επίπεδο αστοχίας της διατομής αναπτύσσεται κάθετα προς τους οριζόντιας αρμούς, η ροπή κάμψης που αναλαμβάνει η κρίσηση διατομή υπολογίζεται με βάση της εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας ως εξής:

$$M_{Rd2,0} = \frac{1}{6} \cdot l \cdot {t_w}^2 \cdot f_{wt,d} \quad (3.22)$$

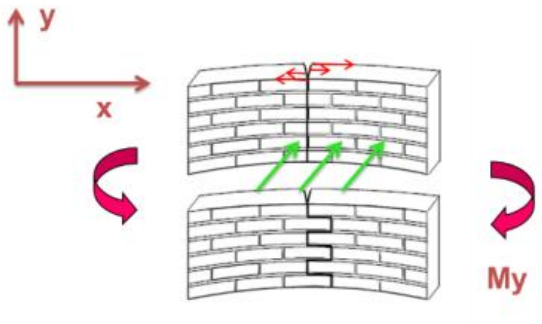
όπου:

l= μήκος διατομής.

t= πάχος διατομής.

$f_{wt,d}$= ${f_{wt}}/{\gamma_w}$ = εφελκυστική αντοχή τοιχοποιίας με γ(=1,35)= συντελεστής ασφαλείας εξαρτάται από τη ΣΑΔ.

Σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ, πρέπει $M_y \leq M_{Rd2,0}$.



Σχήμα 3.9 *Καμπτική αντοχή παράλληλα στον κατακόρυφο αρμό (ΚΑΔΕΤ, 2023).*

3.4.2.3 Ικανοτική τέμνουσα F_y , F_x έναντι εκτός επιπέδου κάμψη

Η ικανοτική τέμνουσα προκύπτει από τη διαίρεση της αντίστοιχης καμπτικής ροπής περί τον κατακόρυφο (F_x) ή τον οριζόντιο άξονα (F_y) με το μήκος διάτμησης του τοίχου H_o). Ως μήκος διάτμησης θεωρείται η απόσταση μεταξύ της κρίσιμης διατομής, όπου αναπτύσσεται η μέγιστη ροπή, και του σημείο στο οποίο η ροπή μηδενίζεται. Η τιμή της υπολογίζεται από τη σχέση:

$$F_x = {}^{M_{Rd,2}}/_{H_o} \quad (3.23)$$

$$F_y = {}^{M_{Rd,1}}/_{H_o} \quad (3.24)$$

3.4.2.4 Αντοχή ανατροπής F_{Rd}

Η αντοχή του στοιχείου έναντι ανατροπής ορίζεται ως Frd και δίνεται ως εξής:

$$F_{Rd} = l \cdot W \cdot (1 + \Psi) \cdot {}^{t_w}/_{H_o} \quad (3.25)$$

όπου:

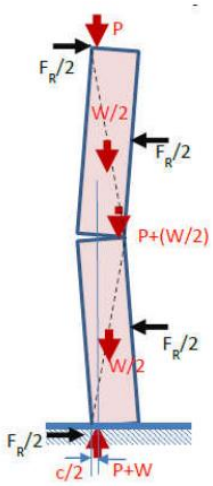
l= μήκος διατομής.

t_w= πάχος διατομής.

H_o=μήκος διάτμησης τοίχου.

Ψ= 2· P / W

Σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ, πρέπει $F_y \leq F_{Rd}$.



Σχήμα 3.10 *Αντοχή ανατροπής πεσσού σε εκτός επιπέδου αστοχία (ΚΑΔΕΤ, 2023).*

3.4.3 Έλεγχος σε εκτός επιπέδου κάμψη, σε όρους παραμορφώσεων (ΚΑΔΕΤ, §7.4.2)

Η ικανοτική παραμόρφωσης που οδηγείται σε αστοχία ενός φέρον στοιχείου από εκτός επιπέδου κάμψη καθορίζεται από πλήθος παραγόντων. Μεταξύ αυτών συγκαταλέγονται η μορφή και η ποιότητα δόμησης της τοιχοποιίας, ο τρόπος έδρασης στη βάση, στην άνω στάθμη και στα κατακόρυφα άκρα του τοίχου, η ύπαρξη ανοιγμάτων καθώς επίσης και η ενσωμάτωση στοιχείων οπλισμού στο σώμα της κατασκευής.

3.4.3.1 Στροφή διαρροής θy και στροφή ανατροπής θ_{Ru}

Ως στροφή «οιονεί διαρροής» (θ_y) των επιφανειακών στοιχείων τοιχοποιίας λαμβάνεται η μέση ανηγμένη γωνιακή απόκλιση μεταξύ της παραμορφωμένης μορφής του στοιχείου και της χορδής του, κατά τη στιγμή της ρηγμάτωσης. Στην περίπτωση εκτός επιπέδου κάμψης, η στροφή χορδής στη διαρροή λαμβάνεται υπόψη ίση με θ_y=0,0020.

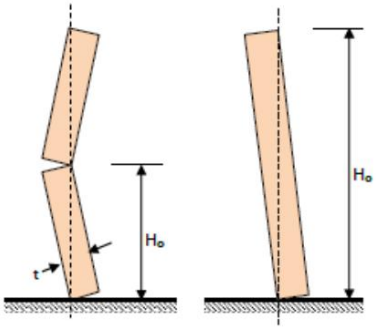
Η οριακή στροφή ανατροπής θ_{Ru} τμήματος τοίχου που κάμπεται περί άξονα υπολογίζεται ως εξής:

$$\theta_{Ru} = {}^{t}/_{H_o} \qquad (3.26)$$

όπου:

t= πάχος του τοίχου

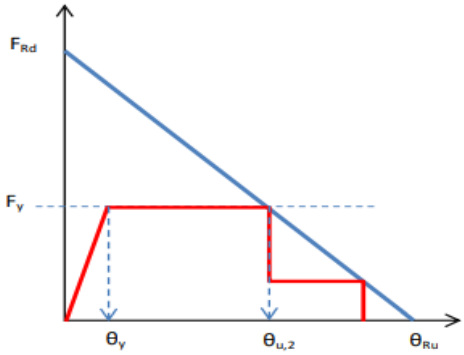
H_o= η απόσταση του σημείου ανάπτυξης της μέγιστης μετακίνησης από την ακμή αστοχίας.



Σχήμα 3.11 *Ορισμός οριακής στροφής θ_{Ru} (ΚΑΔΕΤ, 2023)*

3.4.3.2 Ικανότητα παραμόρφωσης θ_u

Η τιμή της διαθέσιμη ικανότητα παραμόρφωσης θu προκύπτει από το παρακάτω διάγραμμα (F-θ), από το σημείο τομής της περιβάλλουσας ευθείας που ορίζουν τα σημεία (F_{Rd}, θ_{Ru}) με την ευθεία F_y όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 3.12 *Ορισμός των σημείων περιβάλλουσας αντοχής τοίχου σε εκτός επιπέδου αστοχία (ΚΑΔΕΤ, 2023).*

Για στοιχεία τοιχοποιίας που υπόκεινται σε ελέγχο κάμψης εκτός επιπέδου , η διαθέσιμη παραμορφωσιακή ικανότητα θ_u δίνεται ως εξής:

$$\theta_u = \min\{\theta_{u1}, \theta_{u2}\} \quad (3.27)$$

όπου:

$$\theta_{u1} = 0{,}003 \cdot {H_o}/{t} \quad (3.28\alpha)$$

$$\theta_{u2} = \theta_{Ru} \cdot (1 - {F_y}/{F_{Rd}}) \quad (3.28\beta)$$

Στους ορόφους που εντοπίζονται άκαμπτα διαφράγματα, πραγματοποιείται έλεγχος τέμνουσας, ορίζεται η σχετική μετακίνηση ορόφου που ορίζεται ως το ποσοστό % της σχέσης (μετακίνηση οροφής- μετακίνηση βάσης)/ ύψος κτίριου και με κριτήριο τον τρόπο δόμησης της τοιχοποιίας παίρνει τις εξής τιμές:

-0,70% σε τοιχοποιία με συμπαγείς πλίνθους.

-0,45% σε τοιχοποιία με διάτρητους λίθους.

-0,60% σε τοιχοποιία από αργολιθοδομή.

3.4.4 Τοπικοί Έλεγχοι (ΚΑΔΕΤ, §9.3.3)

3.4.4.1 Έλεγχος σε διάτρηση

Σε περιπτώσεις μη άκαμπτου διαφράγματος, πραγματοποιείται έλεγχος στα σημεία στα οποία συγκεντρώνονται δυνάμεις, σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$F_{ed} \leq R_d + \mu \cdot \sigma_d \cdot A_{contact} \quad (3.29)$$

όπου:

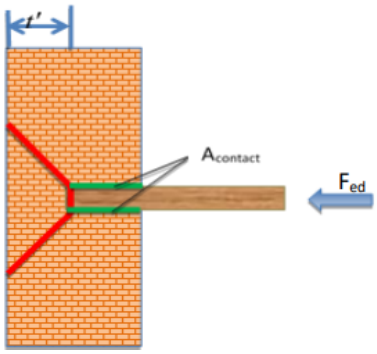
μ= ο συντελεστής τριβής, λαμβάνει την τιμή 0,40.

σ_d= η μέση ορθή τάση η οποία δρα κάθετα στο επίπεδο ολισθήσεως για το σεισμικό συνδυασμό (για τοίχους είναι η μέση αξονική τάση στη στάθμη ελέγχου) .

$A_{contact}$= η επιφάνεια επαφής της διαδοκίδας κατά μήκος της έδρασης.

R_d= η αντίσταση του τοίχου έναντι διάτρησης, η οποία για αργολιθοδομή μπορεί, ελλείψει ακριβέστερων δεδομένων, να εκτιμηθεί με βάση την σχέση:

$$R_d = (0.10 \cdot f_d) \cdot \pi \cdot t^2 \cdot \sqrt{2} \quad (3.30)$$



Σχήμα 3.12 *Κρίσιμη επιφάνεια διάτρησεως (ΚΑΔΕΤ, 2023).*

3.4.4.2 Έλεγχος έναντι αποκόλλησης

Όταν δεν διασφαλίζεται διαφραγματική λειτουργία, απαιτείται ικανοτικός έλεγχος αποκόλλησης κατά μήκος των κατακόρυφων ακμών των φέροντων τοίχων στις γωνίες της περιμέτρου, καθώς και σε εσωτερικούς τοίχους που δεν στηρίζονται στη στέψη τους σε διάφραγμα. Ο έλεγχος αφορά την καταπόνηση για ορθό εφελκυσμό σε συνδυασμό με εκτός επιπέδου καμπτικές ροπές, με τα μεγέθη σχεδιασμού S_d να προκύπτουν από συνθήκες ισορροπίας βάσει της συνολικής δύναμης $F_{ed,tot}$. Το R_d εκφράζει τη διαθέσιμη αντίσταση έναντι συνδυασμού κάμψης και ορθού εφελκυσμού και πρέπει να ικανοποιείται η σχέση $S_d \leq R_d$. Σε περιπτώση διαφραγματικής λειτουργίας, ο συγκεκριμένος έλεγχος παραλείπεται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΑΟΠΛΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ως ενίσχυση νοείται κάθε επέμβαση σε φέρον στοιχείο ή σε ολόκληρο το δόμημα, ανεξάρτητα από την ύπαρξη βλαβών, με στόχο την αύξηση της αντοχής τόσο σε όρους δυνάμεων όσο και σε όρους παραμορφώσεων σε επίπεδο ανώτερο από το αρχικό ή το υφιστάμενο. Οι επεμβάσεις αυτές μπορεί να αφορούν είτε τη αναβάθμιση των ιδιοτήτων του υλικού (π.χ. ομογενοποίηση της τοιχοποιίας μέσω ενεμάτων), είτε την αναβάθμιση της δομικής λειτουργίας του κτιρίου συνολικά (π.χ. ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας των πατωμάτων και της στέγης). Επιπλέον, είναι δυνατή η προσθήκη νέων φερόντων στοιχείων τοιχοποιίας ή άλλου υλικού, τα οποία στη συνέχεια μελετώνται και διαστασιολογούνται σύμφωνα με τον ισχύοντα κανονισμό. Στην πλειονότητα των περιπτώσεων, για την ενίσχυση ενός κτιρίου είναι απαραίτητη η εφαρμογή συνδυασμό μεθόδων ενίσχυσης. Μετά την εφαρμογή των επεμβάσεων, το ενισχυμένο κτίριο προσομοιώνεται και αναλύεται εκ νέου, ώστε να προσδιοριστούν τα τροποποιημένα εντατικά μεγέθη και να πραγματοποιηθούν οι απαιτούμενοι έλεγχοι επάρκειας. Στο παρόν κεφάλαιο, παρουσιάζονται και αναλύονται διάφορες μέθοδοι ενίσχυσης σε φέροντα στοιχεία υφιστάμενων κτιρίων από τοιχοποιία.

4.2 ΒΑΘΙΑ ΑΡΜΟΛΟΓΗΜΑΤΑ (ΚΑΔΕΤ §8.9.3)

Τα βαθιά αρμολογήματα αποτελούν ήπια τεχνική ενίσχυσης της φέρουσας τοιχοποιίας, κατά την οποία αφαιρείται το αποδιοργανωμένο κονίαμα από τους αρμούς σε βάθος τουλάχιστον 50mm και έπειτα επαναπληρώνεται με νέο, συμβατό κονίαμα κατάλληλων μηχανικών χαρακτηριστικών. Η συγκεκριμένη μέθοδος εφαρμόζεται κυριώς σε τοίχους περιορισμένου πάχους (έως 0,60m) και χαμηλής αντοχής, όπου η αναλογιά κονιάματος είναι επαρκής ώστε η αντικατάσταση του να επιφέρει ουσιαστική βελτίωση της συνοχής και της διατμητικής συμπεριφοράς, ενώ δεν προτείνεται σε παχύτερες μικτές (δίστρωτες ή τρίστρωτες) τοιχοποιίες καθώς το μηχανικό όφελος είναι περιορισμένο. Η αποτελεσματικότητα της επέμβασης προυποθέτει τον πλήρη καθαρισμό κα γέμισμα των ορμών σε όλη την έκταση του τοίχου, την χρήση κονιάματος με αντοχή και δυσκαμψία συμβατές με των λιθοσωμάτων, καθώς και την σταδιακή και εναλλάξ εφαρμογή στις δύο παρειές ώστε να αποφεύγεται η προσωρινή μείωση της ενεργούς διατομής και της φέρουσας ικανότητας. Η τεχνική στοχεύει κυριώς στη αύξηση της διατμητικής αντοχής και στη βελτίωση της συνεργασίας μεταξύ των λιθοσωμάτων χωρις να μεταβάλλει ριζικά τη δομική λειτουργία του συστήματος.

4.3 ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ (ΚΑΔΕΤ §8.9.4)

Η εφαρμογή οπλισμένων επιχρισμάτων θεωρείται τεχνική ενίσχυσης της φέρουσας τοιχοποιίας. Στην συγκεκριμένη τεχνική, εφαρμόζεται στρώση κατάλληλης σύνθεσης κονιάματος, με σύνηθες πάχος 40mm, εντός της οποίας ενσωματώνεται οπλισμός και τοποθετούνται στις δυο ή στην μια παρειά της τοιχοποιίας (Σχήμα 4.1) . Για τον οπλισμό χρησιμοποιούνται ράβδοι υψηλής συνάφειας, με ελάχιστη ονομαστική διάμετρο 5mm και

διαμορφώνονται σε εσχάρες ή τυποποιημένα δομικά πλέγματα. Το σύστημα αυτό των ράβδων συνεργάζεται με το επίχρισμα ώστε να αναλαμβάνει τις εφελκυστικές τάσεις τις οποίες η άοπλη τοιχοποιία αδυνατεί να παραλάβει.

Προϋπόθεση της άρτιας εφαρμογής της τεχνικής είναι να έχει προηγηθεί η αποκατάσταση των βλαβών της τοιχοποιίας ή η ενίσχυση του σώματός της (π.χ. με ενέματα μάζας) για να διασφαλιστεί η επαρκής συνοχή του υποστρώματος. Επιπλέον, απαραίτητη είναι και η προετοιμασία της επιφάνειας που πρόκειται να εφαρμοστούν καθώς και η εξασφάλιση ισχυρής σύνδεσης μεταξύ του επιχρίσματος και της τοιχοδομής. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω αγκύρωσης πλήθους αγκυρίων, τη δημιουργία φωλεών κ.λπ. για να αποφευχθεί η αποκόλληση τους από την τοιχοποιία. Η διεπιφάνεια που δημιουργήθηκε, οπλίζεται με κατάλληλα συνδετήρια στοιχεία ώστε να εξασφαλίζεται η μεταφορά των εντατικών μεγεθών για τα οποία διαστασιολογείται το σύστημα. Η ανεπαρκής αγκύρωση ενδέχεται να οδηγήσει σε αποκόλληση του επιχρίσματος και μείωση της αποτελεσματικότητας της ενίσχυσης.

Δεδομένου ότι τα οπλισμένα επιχρίσματα εφαρμόζονται εξωτερικά του σώματος της τοιχοποιίας, δεν μεταβάλλουν άμεσα τα μηχανικά χαρακτηριστικά του υφιστάμενου υλικού. Επηρεάζουν, ωστόσο, τη φέρουσα ικανότητα της τοιχοποιίας, καθώς ενισχύουν την εφελκυόμενη ζώνη σε εκτός επιπέδου κάμψη και αυξάνουν σημαντικά την ικανότητα παραλαβής εντός επιπέδου κάμψης και τέμνουσας. Επιπλέον, αυξάνεται η μάζα και η δυσκαμψία της τοιχοποιίας, γεγονός που επηρεάζει την συνολική απόκριση του φορέα και επηρεάζει τα δεδομένα του ανασχεδιασμού.

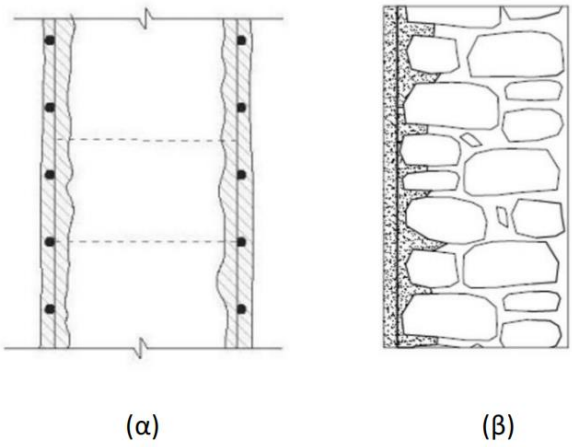
Κατά τον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας των στοιχείων της τοιχοποιίας ενισχυμένων με οπλισμένα επιχρίσματα, ο ΚΑΔΕΤ παρουσιάζει παραδοχές ανάλογα με το είδος της καταπόνησης:

Ως προς τη θλίψη, το ενεργό πάχος του στοιχείου θεωρείται ίσο με το αρχικό πάχος προσαυξημένο με το πάχος του οπλισμένο επιχρίσματος, και πολλαπλασιάζεται με την αναλογία μεταξύ του μέτρου ελαστικότητας του επιχρίσματος και του μέτρου ελαστικότητας της τοιχοποιίας. Επιπλέον, η αντοχή της τοιχοποιίας που λαμβάνεται είναι εκείνη που προκύπτει με την ενίσχυση.

Σχετικά με την εντός επιπέδου κάμψη, οι εφελκυόμενες κατακόρυφες και οριζόντιες ράβδοι των επιχρισμάτων συνυπολογίζονται στην ροπή αντοχής της διατομής τοιχοποιία-επίχρισμα, εφόσον διασφαλίζεται η απαιτούμενη αγκύρωση των στοιχείων. Ο υπολογισμός του απαιτούμενου κατακόρυφου οπλισμού στηρίζεται στην παραδοχή ότι η ακραία θλιβόμενη ίνα έχει φθάσει την οριακή θλιπτική παραμόρφωση της, ενώ η εφελκυστική τάση του οπλισμού λαμβάνεται ίση με την αντοχή διαρροής σχεδιασμού του χάλυβα.

Σχετικά με την εντός επιπέδου τέμνουσα, η φέρουσα ικανότητα προκύπτει από τον συνδυασμό της συμβολής της άοπλης τοιχοποιίας (όπως διαμορφώνεται μετά την ενίσχυση) και του οριζόντιου οπλισμού των επιχρισμάτων.

Τέλος για την εκτός επιπέδου κάμψη, το ποσοστό οπλισμού που απαιτείται προσδιορίζεται με βάση τα εντατικά μεγέθη της διατομής, λαμβάνοντας ως θλιπτική τάση της τοιχοποιίας τη θλιπτική της αντοχή και ως εφελκυστική εκείνη του οπλισμού διαρροής του χάλυβα μειωμένο με κατάλληλο συντελεστή.



Σχήμα 4.1 *Εφαρμογή μονόπλευρου (β) και αμφιπλεύρου (α) επιχρίσματος σε τοιχοποιία (Παπαχρηστίδης και Βαδαλούκας 2024).*

4.4 ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΜΑΖΑΣ (ΕΝΕΜΑΤΑ) (ΚΑΔΕΤ §8.9.5)

Η ομογενοποίηση της μάζας της τοιχοποιίας με τη διαδικασία ενεμάτων συνιστά μια από τις βασικότερες τεχνικές ενίσχυσης καθώς συνεισφέρει στην αποκατάσταση της συνέχειας και της συνοχής του εσωτερικού πυρήνα των τοίχων. Εφαρμόζεται κυρίως σε τοιχοδομές μικτές κατά το πάχος , όπως δίστρωτες ή τρίστρωτες αργολιθοδομές, στις οποίες ενδεχομένως να παρατηρούνται εσωτερικά κενά ,αποδιοργάνωση του πυρήνα ή ασθενής σύνδεση μεταξύ των παρειών. Η ύπαρξη ασυνεχειών στο σώμα της τοιχοποιίας μειώνει τη διατμητική της αντοχή, την ικανότητα συνεργασίας των υλικών που την απαρτίζουν, και την συνολική της φέρουσα ικανότητα.

Η τεχνική της ομογενοποίησης της μάζας περιλαμβάνει την έγχυση κατάλληλου ρευστού ενέματος στο εσωτερικό της τοιχοποιίας υπό ελεγχόμενη πίεση μέσω οπών ώστε να επιτευχθεί η πλήρωση των ρωγμών, των κενών και των ασυνεχειών χωρίς να αποδιοργανωθεί η δόμηση της τοιχοποιίας. Πριν την εφαρμογή απαιτείται η αφαίρεση των επιχρισμάτων και ο έλεγχος του τρόπου δόμησης προκειμένου να υπάρχει ολοκληρωμένη εικόνα της κατάστασής του πυρήνα και να αποφασισθεί η κατάλληλη μορφή επέμβασης. Τα ενέματα πρέπει να είναι συμβατά με τα υφιστάμενα υλικά της τοιχοποιίας και διαθέτουν την κατάλληλη ρευστότητα ώστε να διείσδυση ομοιόμορφα στα εσωτερικά κενά. Μετά την εφαρμογή της μεθόδου βελτιώνονται τα χαρακτηριστικά την συνάφειας μεταξύ κονιάματος και λιθοσωμάτων και ενισχύεται η σύνδεση των παρειών και επιτυγχάνεται βελτίωση της μηχανικής συμπεριφοράς του στοιχείου χωρίς να μεταβάλλεται η γεωμετρία του.

4.4.1 Ενέματα μάζας σε δίστρωτες τοιχοποιίες με διάτονα λιθοσώματα (ΚΑΔΕΤ, §8.9.5.1)

- Αντοχή σε θλίψη:

Μετά την ομογενοποίηση του τοίχου, η θλιπτική αντοχή υπολογίζεται ως εξής:

$$f_{wc,f} = f_{wc,0} + \Delta f_o + \lambda \cdot n \cdot f_{grc} \qquad (4.1)$$

όπου:

$f_{wc,f}$ & $f_{wc,0}$: η τελική και η αρχική θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας αντίστοιχα.

n : η αναλογία του όγκου του εισαγόμενου ενέματος ως προς τον συνολικό όγκο του κονιάματος.

$\Delta f_o = f_o : \left(1 + {}^{1}/_{10} \cdot n\right)$: η παρουσία ενεμάτων οδηγεί σε εξομάλυνση της ανομοιογένειας και της δομικής ακανονιστίας της τοιχοποιίας, οι οποίες οφείλονται κυρίως στον βαθμό επεξεργασίας των λιθών, γεγονός που δικαιολογεί τη μείωση του συντελεστή f_o.

λ: συντελεστής συνάφειας λιθοσώματος- κονιάματος.

Η παραμορφωσιακή ικανότητα της ενισχυμένης τοιχοποιίας είναι στην πραγματικότητα ίση με αυτή πρίν την επέμβαση.

- Για την αντοχή σε εφελκυσμό και διάτμηση συνυπολογίζεται η εφελκυστική και διατμητική αντοχή του μικτού κονιάματος και ενέματος και προκύπτει ότι η εφελκυστική αντοχή της ενισχυμένης τοιχοποιίας ισουταί με την αρχική προσαυξημένη κατά 10%, ενώ το τελικό μέτρο διάτμησης ισούται με το αρχικό προσαυξημένο κατά 15%.

- Μέτρο ελαστικότητας της ενισχυμένης τοιχοποιίας:

Η εφαρμογή των ενεμάτων στην τοιχοποιία συμβάλλει στην αύξηση του μέτρου ελαστικότητας και το μέγεθος της αύξησης είναι ανάλογο της σύνθεση του κονιάματος. Η εφαρμογή ενεμάτων με μεγάλο ποσοστό σκυροδέματος συνεπάγεται αύξηση του μέτρου ελαστικότητας της τοιχοποιίας, ωστόσο αυτός ο τύπος κονιαμάτων δεν χρησιμοποιείται πλέον καθώς δεν αυξάνει την αντοχή της τοιχοποιίας. Για τα ενέματα που εφαρμόζονται πλεόν (τριμερή και υδραυλικής ασβέαστου), η αύξηση του μέτρου ελαστικότητας είναι περιορισμένη, με συνηθέστερη προσαύξηση εκείνη του 60%.

4.5 ΜΑΝΔΥΕΣ (ΚΑΔΕΤ §8.9.7)

Οι μανδύες αποτελούν μια ιδιαίτερα επεμβατική μέθοδο ενίσχυσης της φέρουσας τοιχοποιίας και εφαρμόζονται όταν διαπιστώνεται έλλειμμα φέρουσας ικανότητας των δομικών στοιχείων κατά την διαδικασία της αποτίμησης. Κατασκευάζονται μονόπλευρα ή αμφίπλευρα από οπλισμένο σκυρόδεμα με κατακόρυφο ή οριζόντιο οπλισμό, με πάχος που η τιμή του δεν υπερβαίνει τα 100mm, και δεν συνιστάται η εφαρμογή τοπικών μανδυών. Προϋπόθεση της αποτελεσματικότητας της μεθόδου, είναι η επαρκής αγκύρωση του μανδύα στη υφιστάμενη τοιχοποιία, προκειμένου να εξασφαλίζεται η συνεργασία των δύο στοιχείων, γεγονός που ενδέχεται να οδηγήσει σε μεταβολή των διαστάσεων των εσωτερικών και εξωτερικών χώρων του κτιρίου. Επιπλέον, η προσθήκη των μανδυών αυξάνει τη διατομή, τη μάζα και την δυσκαμψία του φορέα με αποτέλεσμα την αύξηση των σεισμικών δράσεων και ενδεχομένως η αύξηση της μάζας να οδηγήσει στην ανάγκη συμπληρωματικών επεμβάσεων στη θεμελίωση. Παράλληλα, η εφαρμογή μανδυών θεωρείται γενικά ασύμβατη με τις αρχές αποκατάστασης των μνημείων καθώς αλλοιώνουν την αρχική κατασκευή και αποτελεί δύσκολα αναστρέψιμη παρέμβαση.



Σχήμα 4.2 *Τοποθέτηση αγκυριών και διαμόρφωση μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος (Horseen.com)*

4.6 ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ (ΚΑΔΕΤ §8.9.8)

Τα ινοπλισμένα υλικά αποτελούν σύγχρονη μέθοδο ενίσχυσης των φερόντων στοιχείων της τοιχοποιίας και εφαρμόζονται για την αύξηση της αντοχής έναντι εντός και εκτός επιπέδου κάμψης, έναντι τέμνουσας καθώς και για την περίδεση στοιχείων. Εντοπίζονται σε διάφορες μορφές όπως ίνες, πλέγματα, ράβδοι, ελάσματα και υφάσματα και εφαρμόζονται είτε μέσω ρητινών και ονομάζονται ινοπλισμένα πολυμερή (FRP), είτε μέσω ανόργανων υλικών και ονομάζονται ινοπλέγματα από ανόργανη μήτρα (ινοπλισμένα επιχρίσματα). Τόσο στα υλικά της πρώτης όσο και της δεύτερης κατηγορίας εφαρμόζονται ενισχύσεις με ίνες άνθρακα, υάλου, βασάλτη και PBO, τα οποία χαρακτηρίζονται από υψηλή εφελκυστική αντοχή.

Τα συστήματα FRP εφαρμόζονται κυρίως με τη μορφή λωρίδων ή ελασμάτων που τοποθετούνται στην επιφάνεια της τοιχοποιίας και επικολλιούνται με ειδικές ρητίνες και λειτουργούν ως εξωτερικός οπλισμός υψηλής αντοχής. Διαθέτουν μικρή μάζα και σχετικά περιορισμένο πάχος εφαρμογής, χαρακτηριστικά που αποτελούν σημαντικά πλεονεκτήματα καθώς δεν μεταβάλλουν ουσιαστικά τη γεωμετρία του κτιρίου και τα δυναμικά χαρακτηριστικά του φορέα. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητα τους επηρεάζεται από την ποιότητα της επιφάνειας εφαρμογής και την επιφάνεια της αγκύρωσης, καθώς ενδεχόμενη αποκόλληση στην διεπιφάνεια τοιχοποιίας-FRP μπορεί να προκαλέσει πρόωρη αστοχία. Αντίστοιχα, τα ινοπλισμένα επιχρίσματα χρησιμοποιούν ανόργανη μήτρα κονιάματος αντί οργανικών ρητινών επιτρέποντας μεγαλύτερη διαπνοή του δομικού στοιχείου και διαθέτουν καλύτερη συμπεριφορά σε υψηλές θερμοκρασίες.

Για την ενίσχυση της τοιχοποιίας έναντι ορθής και διατμητικής έντασης προβλέπεται αμφίπλευρη τοποθέτηση των ινών σε οριζόντια και κατακόρυφη διεύθυνση ώστε τα στοιχεία ενίσχυσης (λωρίδες, ελάσματα, πλέγμα ή ράβδοι) να παραλαμβάνουν τις εφελκυστικές και θλιπτικές τάσεις και πρέπει να αγκυρώνονται στην επιφάνεια για να αποφευχθεί η αποκόλλησή τους. Στην περίπτωση ενίσχυσης έναντι εκτός επιπέδου κάμψης, όπου οι μέγιστες ροπές εντοπίζονται στη στέψη και στη βάση του τοίχου, απαιτείται η κατάλληλη αγκύρωση των

υλικών στις ακραίες ζώνες και στις γωνίες του κτιρίου προκειμένου να εξασφαλιστεί η αποτελεσματικότητα τους. Γενικά, προκειμένου να είναι επιτυχής η μέθοδος πρέπει το σύνθετο υλικό να αγκυρώνεται σωστά στην τοιχοποιία και η επιφάνεια εφαρμογής τους να είναι κατάλληλα προετοιμασμένη έτσι ώστε να εξασφαλισθεί η συνεργασία μεταξύ υφιστάμενου στοιχείου και υλικού ενίσχυσης. Με την εξασφάλιση των ανωτέρω προϋποθέσεων επιτυγχάνεται η αποτελεσματική συμβολή των ινοπλισμένων υλικών στη βελτίωση της φέρουσας ικανότητας της τοιχοποιίας χωρίς να μεταβάλλεται σημαντικά η γεωμετρία και η μάζα του φορέα.

4.7 ΔΙΑΖΩΜΑΤΑ (ΚΑΔΕΤ §8.9.12)

Τα διαζώματα κατασκευάζονται στις στάθμες των ορόφων και της στέγης δομημάτων από φέρουσα τοιχοποιία και συμβάλλουν στην ομοιόμορφη μεταφορά των κατακόρυφων και οριζόντιων φορτίων προς τους τοίχους, καθώς και στη βελτίωση της σύνδεσης τόσο των κατακόρυφων στοιχείων όσο και μεταξύ των οριζόντιων φορέων και της τοιχοποιίας. Σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ, τα διαζώματα πρέπει να διαμορφώνονται με τρόπο τέτοιο ώστε να εξασφαλίζεται η συνέχεια και η αποτελεσματική συνεργασία τους με τους τοίχους σε όλη την περίμετρο του κτιρίου, ιδίως όταν συνδυάζονται με την ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας των πατωμάτων και της στέγης. Η αποτελεσματική λειτουργία τους προϋποθέτει να έχει προηγηθεί επαρκή ενίσχυση των κατακόρυφων στοιχείων με τα οποία συνδέονται (πχ. με ενέματα), ώστε τα στοιχεία αυτά να μπορούν να παραλαμβάνουν με ασφάλεια τις αυξημένες εντατικές καταπονήσεις που συγκεντρώνονται στη στάθμη της σύνδεσης.

Τα διαζώματα μπορεί να είναι ξύλινα, μεταλλικά ή από άοπλο σκυρόδεμα και η επιλογή του τύπου να καθορίζεται από τα γεωμετρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά της κατασκευής. Στα ξύλινα και στα μεταλλικά διαζώματα απαιτείται εξομάλυνση της στέψης των τοίχων πριν την τοποθέτηση τους για να εξασφαλιστεί ομοιόμορφη έδραση, ενώ στα διαζώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα η σύνδεση με την τοιχοποιία πραγματοποιούνται μέσω κατάλληλων διαστασιολογημένων βλήτρων. Η σύνδεση αυτή αναλαμβάνει την οριζόντια τέμνουσα λόγω σεισμού και αποτρέπει την ολίσθηση και την αποκόλληση συμβάλλοντας στη συνολική συνεργασία του φορέα στο χώρο.

4.8 ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΑ (ΚΑΔΕΤ §8.9.13)

Η ενίσχυση ή διαμόρφωση διαφραγμάτων στα πατώματα και στη στέγη κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία στοχεύει στη βελτίωση της διαφραγματικής λειτουργίας τους, ώστε να επιτυγχάνεται η αποτελεσματική κατανομή και μεταφορά των οριζόντιων σεισμικών δράσεων προς τους κατακόρυφους φέροντες τοίχους. Η ύπαρξη άκαμπτου και συνεχούς διαφράγματος εξασφαλίζει τη συνεργασία των τοίχων και περιορίζει την ανεξάρτητη λειτουργία τους συμβάλλοντας έτσι στην αποφυγή τοπικών μηχανισμών αστοχίας. Προϋπόθεση για την επιτυχή ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας, αποτελεί η προηγούμενη επισκευή και ενίσχυση των τοίχων στους οποίους εδράζονται τα διαφράγματα ώστε να μπορούν να παραλαμβάνουν τις αυξημένες εντατικές καταπονήσεις.

Σε υφιστάμενα κτίρια τοιχοποιίας, όπου τα πατώματα και οι στέγες δε διαθέτουν επαρκή διαφραγματική δυσκαμψία, προβλέπεται η ενίσχυση του οριζόντιου φορέα με μέτρα όπως:

δεύτερο σανίδωμα υπό γωνία, πλάκες τεχνητής ξυλείας, χαλύβδινοι ελκυστήρες/ ελάσματα, λεπτή στρώση οπλισμένου ελαφροσκυροδέματος με διατμητικούς συνδέσμους και αγκύρωση στη τοιχοποιία, ή κατασκευή σύμμικτης πλάκας.

4.9 ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΠΑΡΕΙΩΝ ΤΟΙΧΩΝ (ΚΑΔΕΤ §8.9.2)

Σε περιπτώσεις τοιχοποιίας μικτής κατά το πάχος, όπως η δίστρωτη χωρίς επαρκή διάτονα λιθοσώματα, η συνεργασία των εξωτερικών παρειών μπορεί να αποκατασταθεί μέσω ομογενοποίησης της μάζας της τοιχοποιίας με την εφαρμογή ενεμάτων και εάν απαιτείται συμπληρωματικά και με εγκάρσιους μεταλλικούς συνδέσμους. Οι σύνδεσμοι αυτοί αποτελούνται από τμήματα ράβδων οπλισμού υψηλής συνάφειας ή από βιομηχανικούς συνδέσμους κατάλληλης μορφής και τοποθετούνται σε διατρήσεις κατάλληλη διαμέτρου ώστε να είναι δυνατή η πλήρωση του κενού συνδέσμου- τοιχώματος με κατάλληλο υλικό. Διατάσσονται ομοιόμορφα σε όλη την επιφάνεια του στοιχείου με ελάχιστη πυκνότητα δύο συνδέσμων ανά τετραγωνικό μέτρο της κάθε όψης, τοποθετημένες εναλλάξ στις δυο παρειές και το μήκος τους πρέπει να ισούται τουλάχιστον με το 85% του πάχους του τοίχους και να εξασφαλίζεται μήκος αγκύρωσης 250mm σε κάθε παρειά. Σε περιοχές όπου η δόμηση δεν είναι επαρκώς συμπαγής, όπως για παράδειγμα σε γωνίες ή κοντά σε ανοίγματα, ενδέχεται να απαιτείται πύκνωση των συνδέσμων ή χρήση διαμπερών συνδέσμων με κατάλληλες αγκυρώσεις, λαμβάνοντας υπόψη την προστασία και την αισθητική αποκατάσταση.

4.10 ΠΕΡΙΔΕΣΕΙΣ ΠΕΣΣΩΝ- ΣΤΥΛΩΝ (ΚΑΔΕΤ §8.9.6)

Η περίδεση πεσσών ή στύλων φέρουσας τοιχοποιίας εφαρμόζεται κυρίως σε στοιχεία μικρής διατομής και στοχεύει στη βελτίωση της συμπεριφοράς έναντι θλίψης. Η επέμβαση πραγματοποιείται με την τοποθέτηση περιδετικών στοιχείων από χάλυβα ή άλλα υλικά με επαρκή σύσφιγξη, τα οποία δημιουργούν περίσφιγξη γύρω από το στοιχείο και αυξάνουν την αντοχή και τη συνοχή της τοιχοποιίας. Συνήθως χρησιμοποιούνται γωνιακά ελάσματα που συνδέονται μεταξύ τους με εγκάρσιους συνδέσμους σε μικρές αποστάσεις και σχηματίζουν έναν μεταλλικό κλωβό γύρω από τον πεσσό ή τον στύλο. Τα μεταλλικά στοιχεία καλύπτονται με επίχρισμα, το οποίο συμβάλλει στην προστασία τους και στην καλύτερη ενσωμάτωση τους στην τοιχοποιία. Η αποτελεσματικότητα της επέμβασης μπορεί να εκτιμάται σύμφωνα με τον ΚΑΝΕΠΕ.

4.11 ΠΛΑΙΣΙΩΣΗ- ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ (ΚΑΔΕΤ §8.9.9)

Η μέθοδος της πλαισίωσης ή συμπλήρωσης («κτίσματος») των ανοιγμάτων ή μεγάλων εσοχών στο σώμα της τοιχοποιίας, χρησιμοποιείται για την ενίσχυση της, ιδιαίτερα κοντά στις γωνίες ή σε κρίσιμες περιοχές ενός κτιρίου. Η ενίσχυση μπορεί να γίνει είτε με κλειστά μεταλλικά ή ξύλινα πλαίσια με ισχυρούς κόμβους, είτε με πλήρωση του ανοίγματος με ισχυρότερη τοιχοποιία που καλύπτει τουλάχιστον το 85% του πάχος του τοίχου. Τα νέα στοιχεία πρέπει να συνδέονται επαρκώς με την υπάρχουσα τοιχοποιία, τουλάχιστον δύο συνδέσεις ανά μέτρο, ώστε να λειτουργούν ενιαία. Ενναλακτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί δικτυωτό πλαίσιο σε κάθε πλευρά του τοίχου, ενώ η σύνδεση μπορεί να βελτιωθεί με εφαρμογή ενέσεων περιμετρικά.

4.12 ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ/ΘΛΙΠΤΗΡΩΝ, ΠΕΡΙΔΕΣΕΙΣ (ΚΑΔΕΤ §8.9.10)

Οι οριζόντιοι ελκυστήρες ή/και θλιπτήρες είναι στην πλειονότητα τους χαλύβδινοι και χρησιμοποιούνται για τον περιορισμό της εκτός επιπέδου αποκόλλησης των τοίχων καθώς και για την ανάληψη των οριζόντιων ωθήσεων σε καμπύλους φορείς όπως τόξα, αψίδες και θόλοι. Η διάταξη και το πλήθος τους καθορίζονται από τις γεωμετρικές συνθήκες του κτιρίου, αγκυρώνονται στα κατακόρυφα στοιχεία και δεν είναι προεντεταμένοι. Διαστασιολογούνται για τον δυσμενέστερο συνδυασμό δράσεων, συμπεριλαμβανομένης της σεισμικής, και τοποθετούνται συνήθως κοντά στη στέψη των τοίχων. Δεν επιτρέπεται προένταση λόγω της περιορισμένης αντοχής της τοιχοποιίας αλλά εφαρμόζεται μόνο ελαφρά τάνυση για την ευθυγράμμιση τους και ενεργοποιούνται κυρίως έπειτα από εμφάνιση ανελαστικών παραμορφώσεων στον φέροντα οργανισμό.

4.13 ΔΙΑΤΑΞΗ ΑΝΤΗΡΙΔΩΝ (ΚΑΔΕΤ §8.9.11)

Η διάταξη εξωτερικών λιθόκτιστων αντηρίδων συνιστά μέθοδο ενίσχυσης της τοιχοποιίας αυξάνοντας τη δυσκαμψία, τη φέρουσα ικανότητα του κτιρίου και βελτιώνει την εκτός επιπέδου συμπεριφορά των τοίχων. Οι αντηρίδες έχουν ύψος ίσο με τον τοίχο που υποστηρίζουν, πάχος τουλάχιστον ίσο με το πάχος του τοίχου και πλάτος βάσης τουλάχιστον διπλάσιο. Θεμελιώνονται και συνδέονται κατάλληλα με τον τοίχο και το θεμέλιο του ώστε να λειτουργούν ενιαία, ενώ ο σχεδιασμός τους γίνεται για τον δυσμενέστερο συνδυασμό δράσεων, συμπεριλαμβανομένης της σεισμικής. Η μεταφορά των δυνάμεων μεταξύ τοίχου και αντηρίδας εξασφαλίζεται μέσω κατάλληλων συνδέσμων και συρραφών της διεπιφάνειας.

4.14 ΝΕΟΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΦΕΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ (ΚΑΔΕΤ §8.9.14)

Ο νέος εσωτερικός φέρων οργανισμός, στις περισσότερες περιπτώσεις από οπλισμένο σκυρόδεμα, χάλυβα ή ξύλο, εφαρμόζεται όταν ο υφιστάμενος φέρων οργανισμός παρουσιάζει γενικευμένη ανεπάρκεια και οι άλλες επεμβάσεις δεν επαρκούν. Στόχος του είναι να αναλαμβάνει μέρος των σεισμικών δράσεων, για αυτό και απαιτείται ισχυρή σύνδεση με τα υπάρχοντα στοιχεία του κτιρίου, ιδιαίτερα επειδή στα κτίρια από τοιχοποιία το μεγαλύτερο μέρος της μάζας βρίσκεται στους τοίχους. Ο σχεδιασμός του γίνεται σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς και βασικό κριτήριο, πέρα από την φέρουσα ικανότητα, είναι η συμβατότητα των παραμορφώσεων μεταξύ νέου και υφιστάμενου οργανισμού, δηλαδή η δυσκαμψία του να είναι τουλάχιστον ίση με του παλαιού. Επιπλέον, απαιτείται κατάλληλη θεμελίωση και σωστός σχεδιασμός των διεπιφανειών ώστε να μεταφέρονται με ασφάλεια οι αναπτυσσόμενες δυνάμεις.

4.15 ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ Η/ΚΑΙ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΣ (ΚΑΔΕΤ, §8.9.15)

Σε περίπτωση που διαπιστωθεί ανεπάρκεια της θεμελίωσης ή του υπεδάφους ενός κτιρίου, που προκαλεί σημαντικές βλάβες στην ανωδομή ή όταν αυξάνονται τα φορτία λόγω επεμβάσεων, κρίνεται απαραίτητος ο σχεδιασμός κατάλληλων επεμβάσεων στη θεμελίωση ή στο έδαφος. Οι επεμβάσεις αυτές βασίζονται σε νέα ή συμπληρωματική εδαφοτεχνική έρευνα και μπορεί να περιλαμβάνουν λύσεις όπως ομογενοποίηση της μάζας, μανδύες, κλειστά οριζόντια πλαισιώματα ή μικροπασσάλους. Ωστόσο, αν δεν υπάρχει τεκμηριωμένη ανάγκη, δεν προτείνεται προληπτική επέμβαση καθώς ενδέχεται να διαταραχθεί η υπάρχουσα θεμελίωση. Οι συντελεστές ασφαλείας και ο σχεδιασμός των συνδέσεων καθορίζονται κατά την κρίση του μηχανικού.

4.16 ΣΥΝΟΨΗ

Γενικά, οι μέθοδοι ενίσχυσης της φέρουσας τοιχοποιίας διαφοροποιούνται κυρίως ως προς τον βαθμό επεμβατικότητας, την μηχανική αποτελεσματικότητα, την συνεργασία με τα υφιστάμενα υλικά του φορέα καθώς και την επίδραση τους στη συνολική σεισμική του απόκριση. Τα βαθιά αρμολογήματα και τα ενέματα αποτελούν ήπιες τεχνικές και στοχεύουν κυρίως στη βελτίωση της συνοχής, της συνάφειας και της ομοιογένειας της τοιχοποιίας και δεν μεταβάλλουν την γεωμετρία, την μάζα και την αρχική μορφολογία του κτιρίου. Για τον λόγο αυτό, προτιμώνται ιδιαίτερα σε ιστορικές κατασκευές καθώς διατηρείται η αυθεντικότητα και η αρχική δομική λειτουργία του φορέα. Οι επεμβάσεις αυτές δεν οδηγούν συνηθώς σε αξιοσημείωτη αύξηση της αντοχής, αλλά συμβάλλουν ουσιαστικά στη βελτίωση της συνολικής συνεργασίας των επιμέρους στοιχείων της τοιχοποιίας και στην ενίσχυση της ικανότητας του φορέα έναντι τοπικών αστοχιών.

Αντίθετα, τεχνικές ενισχύσεις όπως τα οπλισμένα επιχρίσματα και οι μανδύες επιτυγχάνουν σημαντική αύξηση της αντοχή, της δυσκαμψίας και της πλαστιμότητας των δομικών στοιχείων, μεταβάλλοντας όμως σε μεγάλο βαθμό τον αρχικό τρόπο λειτουργίας της κατασκευής. Σε τέτοιας κατηγορίας ενισχύσεις, η μάζα και η δυσκαμψία αυξάνονται και ενδέχεται να επηρεαστεί η δυναμική συμπεριφορά του κτιρίου με δυσμενή τρόπο. Έτσι, η αύξηση της μάζας και της δυσκαμψίας μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση των σεισμικών δράσεων ή σε συγκέντρωση εντατικών μεγεθών στις ασθενέστερες περιοχές του φορέα.

Τα συνθετικά υλικά, όπως τα FRP και τα ινοπλισμένα επιχρίσματα, αποτελούν ενδιάμεση επιλογή των παραπάνω αλλά ιδιαίτερα εξελιγμένη μορφή επεμβάσεων. Συνδυάζουν υψηλή μηχανική απόδοση χωρίς να αυξάνεται η μάζα του φορέα και λόγω του μικρού τους πάχους είναι ιδιαίτερα ελκυστικά για την σεισμική αναβάθμιση των κτιρίων. Επιπλέον, παρουσιάζουν αυξημένη συμβατότητα με τα παραδοσιακά δομικά υλικά. Ωστόσο, ο βαθμός αποτελεσματικότητα τους συνδέεται με την ποιότητα της αγκύρωσης καθώς πιθανές αστοχίες αποκόλλησης περιορίζουν σημαντικά τη συμβολή τους.

Επιπρόσθετα, ολοκληρωτικές επεμβάσεις όπως τα διαζώματα, τα διαφράγματα και οι ελκυστήρες , στοχεύουν κυρίως στη βελτίωση της χωρικής συνεργασίας του φορέα και στην σωστή κατανομή των σεισμικών δράσεων. Ιδιαίτερα στις κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία όπου η ανεπαρκής σύνδεση μεταξύ τοίχων, πατωμάτων και στέγης αποτελεί βασική αιτία

εμφάνισης αστοχιών, η ύπαρξη των παραπάνω επεμβάσεων είναι ιδιαίτερα σημαντική. Συνεπώς, η αποτελεσματική σεισμική αναβάθμιση ενός κτιρίου δεν εξαρτάται μόνο από την ενίσχυση της αντοχής των επιμέρους στοιχείων αλλά κυρίως από την εξασφάλιση της συνολικής συνεργασίας του φορέα.

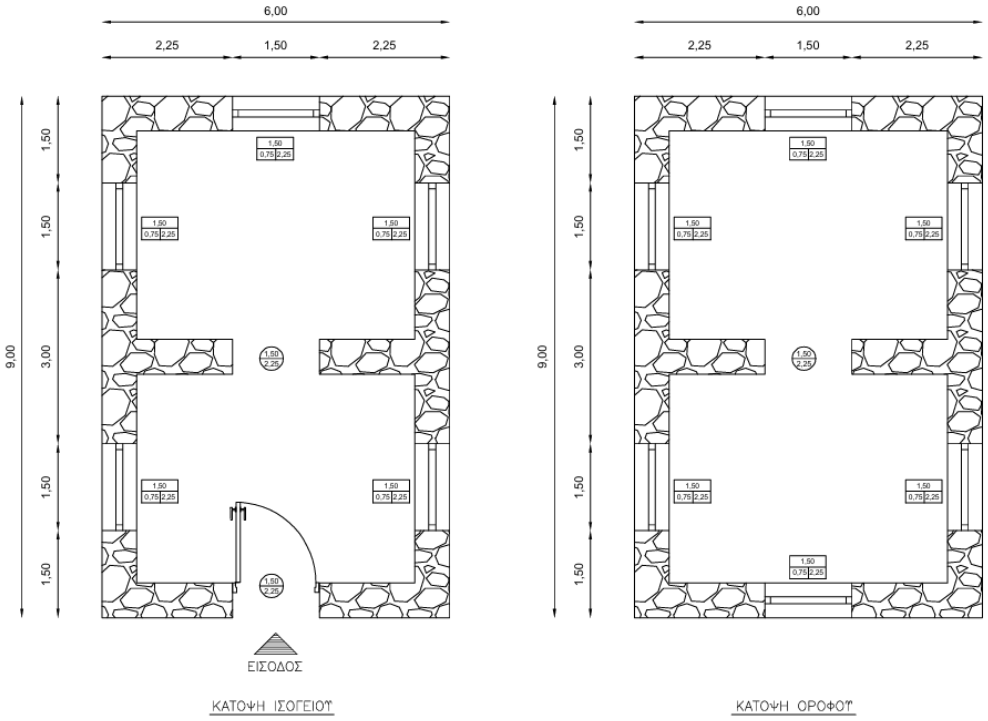
Συμπερασματικά, η επιλογή της κατάλληλης τεχνικής ενίσχυσης δεν δύναται να βασίζεται αποκλειστικά στη μέγιστη δυνατή αύξηση της αντοχής, αλλά πρέπει να είναι αποτέλεσμα ολοκληρωμένης αξιολόγησης που θα λαμβάνει υπόψη τη συμβατότητα των νέων, καινοτόμων υλικών με την υφιστάμενη τοιχοποιία, τη μεταβολή της δυσκαμψίας και της μάζας, τη διατήρηση της αρχιτεκτονικής αξίας του κτιρίου καθώς και την δυνατότητα συνεργασίας των επιμέρους επεμβάσεων κατά τη σεισμική διέγερση.

Στην παρούσα εργασία, κατά την ανάλυση και τον ανασχεδιασμό του προσομοιώματος του εξεταζόμενου κτιρίου, θα εξετασθεί η εφαρμογή επιλεγμένων μεθόδων ενίσχυσης με στόχο τη βελτίωση της σεισμικής συμπεριφοράς και της φέρουσας ικανότητας του. Ειδικότερα, θα εξετασθεί η επίδραση επεμβάσεων όπως η ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας των πατωμάτων, η ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενεμάτων, τα βαθιά αρμολογήματα, τα οπλισμένα επιχρίσματα, οι μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος καθώς και η εφαρμογή σύνθετων υλικών, όπως FRP λωρίδων ή ελασμάτων και ινοπλισμένων επιχρισμάτων. Οι μέθοδοι αυτές επιλέχθηκαν ώστε να καλύπτουν διαφορετικού βαθμού επεμβάσεις, από ήπιες και συμβατές τεχνικές έως περισσότερο επεμβατικές λύσεις, προκειμένου να αξιολογηθεί συγκριτικά η αποτελεσματικότητα τους ως προς τη βελτίωση της συνολικής δομικής απόκρισης του φορέα.

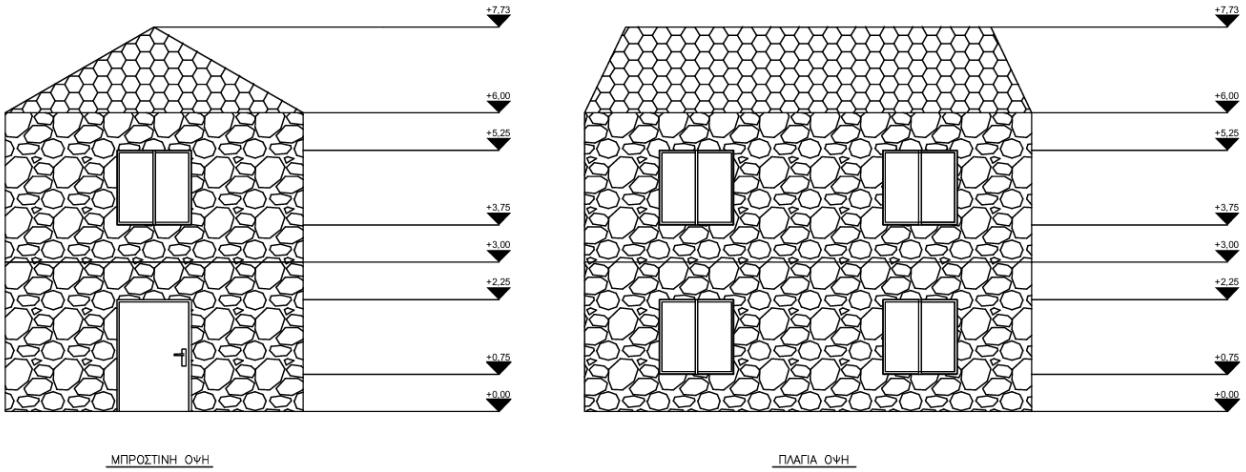
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

5.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

Το υπό εξέταση δομικό σύστημα αφορά διώροφο κτίριο φέρουσας τοιχοποιίας, με ορθογωνική κάτοψη εξωτερικών διαστάσεων 6.00m · 9.00m και καθαρό ύψος ορόφου 3.00m. Η γεωμετρία του κτιρίου, όπως αποτυπώνεται στα παρακάτω αρχιτεκτονικά σχέδια (κατόψεις και τομές), χαρακτηρίζονται από κανονικότητα ως προς την κάτοψη, χωρίς εμφανείς εκκεντρότητες μεγάλης κλίμακας.



Σχήμα 5.1 *Κάτοψη ισογείου και ορόφου του κτιρίου του παραδείγματος.*



Σχήμα 5.2 *Μπροστινή και πλάγια όψη του κτιρίου του παραδείγματος.*

Ο φέρων οργανισμός της κατασκευής συγκροτείται από 6 άοπλες φέρουσες τοιχοποιίες από αργολιθοδομή, κατανεμημένες σε έξι κύριες τοιχοσειρές ανά όροφο κατά τις διευθύνσεις Χ και Υ. Η τοιχοποιία είναι κατασκευασμένη από αργούς φυσικούς λίθους (αργολιθοδομή) με καλή πλοκή των λιθοσωμάτων, ενώ χρησιμοποιείται ασβεστοτσιμεντοκονίαμα σε καλή κατάσταση διατήρησης, γεγονός που επιτρέπει σε επίπεδο αποτίμησης, την υιοθέτηση αντιπροσωπευτικών μηχανικών χαρακτηριστικών σύμφωνα με τις προβλέψεις του ΚΑΔΕΤ. Οι περιμετρικοί τοίχοι παρουσιάζουν ικανοποιητική σύνδεση μεταξύ τους, χωρίς όμως να εξασφαλίζεται αντίστοιχη σύνδεση με τους εσωτερικούς τοίχους. Η διατομή των τοιχοποιιών θεωρείται κατά την έννοια του πάχους δίστρωτη με έντονα λιθοσώματα με συνολικό πάχος 60cm και στους δύο ορόφους.

Ιδιαίτερη σημασία παρουσιάζει η απουσία οριζόντιων διαζωμάτων καθ' ύψος του κτιρίου, με εξαίρεση τη στάθμη της στέγης όπου υφίσταται περιμετρικό σενάζ. Η έλλειψη διαζωμάτων συνδυαστικά με τη μη επαρκή διασύνδεση μεταξύ εσωτερικών και περιμετρικών τοιχοποιιών, υποδηλώνει περιορισμένη ικανότητα συνεργασίας των επιμέρους δομικών στοιχείων και δυσκολεύει την αναπτύξει κιβωτοειδής λειτουργίας όπως απαιτείται από τις αρχές αντισεισμικού σχεδιασμού του Eurocode 8 και τις κατευθύνσεις του ΚΑΔΕΤ για υφιστάμενες κατασκευές.

Στην περίμετρο του κτιρίου καθώς και στην εσωτερική τοιχοποιία διαμορφώνονται ανοίγματα που ορίζουν το δομικό σύστημα πεσσών- υπερθύρων κάθε όψης. Η παραπάνω μορφολογία είναι κρίσιμη για την αποτίμηση της εντός επιπέδου φέρουσας ικανότητας, καθώς η σεισμική απόκριση ελέγχεται με μηχανισμούς διάτμησης και κάμψης των πεσσών, καθώς και από την αντοχή των υπερθύρων.

Το πάτωμα του ορόφου είναι ξύλινο, και διαμορφώνεται με δοκούς διατομής 8 ·14cm , τοποθετημένες κατά την διεύθυνση Χ, ανά αποστάσεις 75cm. Επί των δοκών εδράζεται διπλό σανίδωμα πάχους 4cm. Οι ξύλινες δοκοί στηρίζονται απευθείας με "φωλιές" επί των τοίχων της διεύθυνσης Υ. Η συγκεκριμένη κατασκευαστική διάταξη αντιστοιχεί σε εύκαμπτο οριζόντιο διάφραγμα με περιορισμένη ικανότητα κατανομής των οριζόντιων σεισμικών δράσεων στα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία, γεγονός που λαμβάνεται υπόψη στις αναλύσεις αποτίμησης του ΚΑΔΕΤ.

Η στέγη του κτιρίου είναι ξύλινη, δίρριχτη, , με κλίση 30˚ και αναπτύσσεται κατά την διεύθυνση Χ. Φέρει ζευκτά διατομής 8 ·14cm και ύψους 1,73m , τα οποία εδράζονται επί του σεναζίου της στέψης και των τοίχων της διεύθυνσης Υ. Επί των κεκλιμένων στοιχείων της στέγης τοποθετούνται ξύλινες σανίδες πάχους 2cm, ενώ η επικάλυψη πραγματοποιείται με κεραμίδια συνολικού χαρακτηριστικού βάρους 1kN/m^2 επί της κεκλιμένης επιφάνειας (συμπεριλαμβανομένου του σανιδώματος). Γενικά, η παρουσία του σεναζιού στη στάθμη της στέγης αποτελεί το μοναδικό στοιχείο βελτίωσης της περιμετρικής περίσφιγξης και η στέγη συμβάλει στη συνολική μάζα της κατασκευής.

Για τις ανάγκες της παρούσας αποτίμησης, η Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων (Σ.Α.Δ), αξιολογείται ως «Ικανοποιητική» ως προς την «αποτύπωση του φέροντος οργανισμούς», ως «προς το ιστορικό της κατασκευής», την «καταγραφή των φθορών και των βλαβών», την «τεκμηρίωση των υλικών και του τρόπου δομήσεως της τοιχοποιίας», την «τεκμηρίωση της θεμελίωσης και του εδάφους της» και ως προς την «τεκμηρίωση των οριζόντιων πατωμάτων και στεγών». Επομένως, επιτρέπεται η εφαρμογή των προβλεπόμενων μεθόδων ανάλυσης και αποτίμησης με τους αντίστοιχους συντελεστές αξιοπιστίας που ορίζει ο κανονισμός.

Συνολικά, το δομικό σύστημα ανήκει στην κατηγορία υφιστάμενων κατασκευών φέρουσας τοιχοποιίας με περιορισμένη διαφραγματική λειτουργία και ανεπαρκή συνδεσμολογία, χαρακτηριστικά που σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ και τον Eurocode 8, συνδέονται με αυξημένη τρωτότητα έναντι σεισμικών δράσεων και πιθανή ενεργοποίηση τοπικών μηχανισμών αστοχίας.

5.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ

5.2.1 Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας

Η τοιχοποιία θεωρείται ότι δομείται με αργούς φυσικούς λίθους με χρήση ασβεστοκονιάματος.

Πίνακας 5.1 Είδος τοιχοποιίας παραδείγματος.

Επιμέρους δομικό στοιχείο	Είδος τοιχοποιίας
Κατακόρυφοι τοίχοι	Δίστρωτη αργολιθοδομή με διάτονους λίθους

Αναφορικά με τους λίθους και το ασβεστοκονίαμα ισχύουν οι τιμές του παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 5.2 Χαρακτηριστικά λίθων και κονιάματος τοιχοποιίας παραδείγματος.

ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ		
Επιμέρους Στοιχείο	**Πυκνότητα ρ**	**Χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή**
Ασβεστολιθικός Λίθος	23,00 kN/m³	f_{bc} = 0,75x34,00=25,50 MPa
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	13,00 kN/m³	f_{mc} = 0,75x3,00=2,25 MPa

Το φαινόμενο βάρος της τοιχοποιίας προκύπτει:

$\gamma = 0{,}70 \cdot \gamma_b + 0{,}30 \cdot \gamma_m = 0{,}70 \cdot 23 + 0{,}30 \cdot 13 = 20 kN/m^3$.

- Θλιπτική αντοχή δίστρωτης αργολιθοδομής με διάτονους λίθους:

Δίνεται από την σχέση

$f_{wc} = \xi \cdot [(2/3) \cdot \sqrt{f_{bc}} - f_o + \lambda \cdot f_{mc}]$

όπου:

-f_o= 2,50.

- λ=0,50.

-f_{bc}, f_{mc} λαμβάνουν τιμές του Πίνακα 5.2

Έτσι, για το κτίριο του παραδείγματος, **η θλιπτική αντοχή της αργολιθοδομής** ισούται:

$\boldsymbol{f_{wc}}$**= 1,00· [(2/3) ·** $\sqrt{\mathbf{25,50}}$ **– 2,50 + 0,50 · 2,25] ≈ 2,00 MPa.**

Ο συντελεστής ασφαλείας του υλικού για Σ.Α.Δ. «Ικανοποιητική» είναι ίσος με γ_m=1,35 για ελέγχους σε όρους δυνάμεων.

5.2.2 Εφελκυστική αντοχή τοιχοποιίας

Η εφελκυστική συμπεριφορά της τοιχοποιίας παρουσιάζει ανισοτροπία, καθώς η τιμή της αντοχής της εξαρτάται από την γωνία με την οποία εφαρμόζεται η εφελκυστική καταπόνηση.

Για θ=0˚: $f_{wt^{0^\circ}} \approx$ 0,20 MPa.

Για θ=90˚: $f_{wt^{90^\circ}} \approx 0{,}50 \cdot f_{wt^{0^\circ}} \approx$ 0,10 MPa.

Ο συντελεστής ασφαλείας του υλικού για Σ.Α.Δ. «Ικανοποιητική» είναι ίσος με γ_m=1,35 για ελέγχους σε όρους δυνάμεων.

5.2.3 Παραμορφωσιακά χαρακτηριστικά υφιστάμενης τοιχοποιίας

1) Το **μέτρο ελαστικότητας** προκύπτει:

-Για μέθοδο δυνάμεων: $\boldsymbol{E_{wc,F}}$**= 1.560,00 MPa**

2) Ο **λόγος Poisson** λαμβάνεται **ν = 0,25**.

3) Το **μέτρο διάτμησης G** της τοιχοποιίας είναι ισούται περίπου με G=0,40· Ε και ισούται:

-Για μέθοδο δυνάμεων: $\boldsymbol{G_f}$**= 0,40 ·1560= 624MPa.**

5.2.4 Ιδιότητες ξύλινου στοιχείου

Το ξύλο που χρησιμοποιείται είναι κατηγορίας **C24** και σύμφωνα με το πρότυπο EN338 το μέσο μέτρο ελαστικότητας του ισούται με $\boldsymbol{E_{o,mean}}$**=11000 MPa**, το μέσο μέτρο διάτμησης $\boldsymbol{G_{,mean}}$**=690MPa** και η μέση πυκνότητα με $\boldsymbol{p_{,mean}}$**=3,60 kN/**$\boldsymbol{m^3}$.

5.2.5 Γεωτεχνικά στοιχεία

Θεωρείται για το κτίριο του παραδείγματος ότι σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα το υπέδαφος ταξινομείται στην **κατηγορία Β** και η ευρύτερη περιοχή που βρίσκεται το κτίριο ανήκει στη **σεισμική ζώνη Z2** με εδαφική επιτάχυνση **α=0,24g.**

5.2.6 Θεμελίωση

Θεωρείται για το κτίριο του παραδείγματος συνθήκες **πάκτωσης** των τοιχοποιιών στο έδαφος τόσο για δράση εντός και εκτός επιπέδου.

5.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Για την αποτίμηση της υφιστάμενης κατασκευής υιοθετείται η ελαστική (ισοδύναμη) στατική ανάλυση με χρήση ενιαίου δείκτη συμπεριφοράς (q), η οποία εφαρμόζεται τόσο για τον προσδιορισμό των εντατικών μεγεθών όσο και των παραμορφώσεων. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί ανεξάρτητα από τη στάθμη αξιοπιστίας των δεδομένων (ΣΑΔ), όταν ο έλεγχος πραγματοποιείται με κριτήριο τις δυνάμεις.

Υιοθετείται ομοιόμορφη κατανομή των αδρανειακών σεισμικών δυνάμεων καθ΄ ύψος του κτιρίου, δεδομένου ότι στις κατασκευές φέρουσας τοιχοποιίας η μάζα κατανέμεται σε όλο το ύψος τους και δεν συγκεντρώνεται στις στάθμες των ορόφων.

Αναφορικά με το **φάσμα σχεδιασμού**, στην ελαστική (ισοδύναμη) στατική ανάλυση με κριτήριο ελέγχου τα εντατικά μεγέθη σε όρους δυνάμεων χρησιμοποιείται ο καθολικός δείκτης συμπεριφοράς (q) και εισάγεται ως σεισμική δράση το τροποποιημένο φάσμα σχεδιασμού $S_d(T)$ του ΕΝ1998-1, ενώ με κριτήριο ελέγχου τις παραμορφώσεις γίνεται χρήση του ελαστικού φάσματος σχεδιασμού $S_e(T)$ του ΕΝ1998-1 με παραδοχή q=1.50.

Κατά την αποτίμηση του κτιρίου, η επιλογή της τιμής αναφοράς του συντελεστή συμπεριφοράς (q΄) πραγματοποιείται λαμβάνοντας υπόψη ότι δεν παρατηρούνται ουσιώδεις βλάβες στα πρωτεύοντα δομικά στοιχεία. Για κατασκευή από άοπλη τοιχοποιία χωρίς εμφανείς βλάβες, η τιμή του q΄ λαμβάνεται ίση με 1,50. Για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β1, από τον Πίνακα 2.4 προκύπτει λόγος q*/ q΄=1,0. Επομένως, ο ενιαίος δείκτης συμπεριφοράς προσδιορίζεται ως q*=1,50.

Με την ελαστική (ισοδύναμη) στατική ανάλυση, ο έλεγχος των δομικών στοιχείων του φέροντος οργανισμού, ανεξάρτητα από το αν εμφανίζουν πλάστιμη ή ψαθυρή συμπεριφορά, δύναται να πραγματοποιηθεί σε όρους δυνάμεων για όλες τις στάθμες επιτελεστικότητας.

Η επιλογή του **στόχου αποτίμησης** ή αλλιώς την **στάθμη επιτελεστικότητας** συνεπάγεται και την κατάλληλη επιλογή του δείκτη συμπεριφοράς (q) για την ανάλυση. Ανάλογα την σπουδαιότητα του κτιρίου, ορίζεται ένας ελάχιστος αποδεκτός στόχος για την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό. Για τις ανάγκες του παραδείγματος, το κτίριο που μελετάτε θα επιλυθεί για στις στάθμες Β1 έως Β4 ώστε να προκύψει ο καθολικός δείκτης ανεπάρκειας λ του κτιρίου.

5.4 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Ο φέρων οργανισμός της κατασκευής προσομοιώνεται σύμφωνα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά και τις διατάξεις του ΚΑΔΕΤ με την μέθοδο προσομοίωσης των πεπερασμένων στοιχείων. Για την προσομοίωση του κτιρίου και την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας του, κατά την επίδραση στατικών και δυναμικών φορτίσεων, χρησιμοποιήθηκε το λογισμό PESSOS της εταιρίας 3DR. Με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης του προσομοιώματος αξιολογείται κατά πόσο ικανοποιούνται οι απαιτήσεις φέρουσας ικανότητας του κτιρίου ή αν καθίσταται αναγκαία η εφαρμογή κατάλληλων επεμβάσεων ενίσχυσης.

Για την προσομοίωση και αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας του εξεταζόμενου κτιρίου, χρησιμοποιήθηκε το εξειδικευμένο λογισμικό 3DR PESSOS, το οποίο βασίζεται στην μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων. Η μέθοδος αυτή αποτελεί αποδεκτή αριθμητική προσέγγιση για την ανάλυση σύνθετων δομικών συστημάτων, επιτρέποντας την προσομοίωση της μηχανικής συμπεριφοράς της τοιχοποιίας με ικανοποιητική ακρίβεια.

Στο πλαίσιο της μεθόδου, ο φέρων οργανισμός του κτιρίου διακριτοποιείται σε ένα πλήθος επιμέρους περιοχών πεπερασμένου μεγέθους και απλής γεωμετρίας, τα λεγόμενα πεπερασμένα στοιχεία. Στην παρούσα ανάλυση χρησιμοποιούνται επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία κελύφους συνεχούς μέσου, δύο διαστάσεων (thick shell) με τέσσερις (4) κόμβους, τα οποία είναι κατάλληλα για την προσομοίωση επιπέδων δομικών στοιχείων, όπως είναι οι τοιχοποιίες, λαμβάνοντας υπόψη τόσο την εντός όσο και την εκτός επιπέδου συμπεριφορά τους.

Οι κορυφές των πεπερασμένων στοιχείων αντιστοιχούν σε κόμβους, στους οποίους επιβάλλεται η ικανοποίηση των συνθηκών ισορροπίας δυνάμεων και συμβατότητας μετατοπίσεων, σύμφωνα με τις αρχές της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων. Ως αποτέλεσμα της ανάλυσης προκύπτουν οι κατανομές των ορθών και διατμητικών τάσεων εντός των στοιχείων. Μέσω ολοκλήρωσης των τάσεων αυτών επί της επιφάνειας κάθε στοιχείου, υπολογίζονται τα εντατικά μεγέθη που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της φέρουσας ικανότητας του συστήματος.

Το λογισμικό χρησιμοποιεί επιφανειακά τετράκομβα ορθογώνια στοιχεία (squad shell elements), και ως αποτέλεσμα παρέχει τάσεις, οι οποίες μετά την ολοκλήρωση τους, δίνουν τις δυνάμεις του κάθε πεπερασμένου στοιχείου. Οι αποστάσεις μεταξύ των επιμέρους δομικών στοιχείων προσδιορίζονται με βάση τις θέσεις των κέντρων βάρους των αντίστοιχων διατομών τους.

Μέσω της ανάλυσης του αριθμητικού προσομοιώματος καθίσταται δυνατή η εκτίμηση της συμπεριφοράς του κτιρίου συνολικά, υπό την επιβολή στατικών και δυναμικών δράσεων. Ειδικότερα, προσδιορίζεται η κατανομή τάσεων και παραμορφώσεων, καθώς και οι περιοχές συγκέντρωσης εντατικών μεγεθών, όπου και ενδέχεται να εκδηλωθεί αστοχία.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της επάρκειας του φορέα έναντι των απαιτήσεων των ισχυουσών κανονιστικών διατάξεων. Στις περιπτώσεις που διαπιστώνεται ότι τα κριτήρια φέρουσας ικανότητας δεν ικανοποιούνται, τα αποτελέσματα της προσομοίωσης αποτελούν τη βάση για τη διαμόρφωση κατάλληλων προτάσεων επεμβάσεων και ενίσχυσης του δομήματος.

5.5 ΚΑΘΟΛΙΚΟΙ & ΤΟΠΙΚΟΙ ΑΞΟΝΕΣ 3DR PESSOS

- Το καθολικό σύστημα αξόνων ορίζεται ως ακολούθως:

Οριζόντιος Άξονας X: παράλληλος με την μεγάλη πλευρά του κτιρίου

Οριζόντιος Άξονας Y: παράλληλος με την μικρή πλευρά του κτιρίου

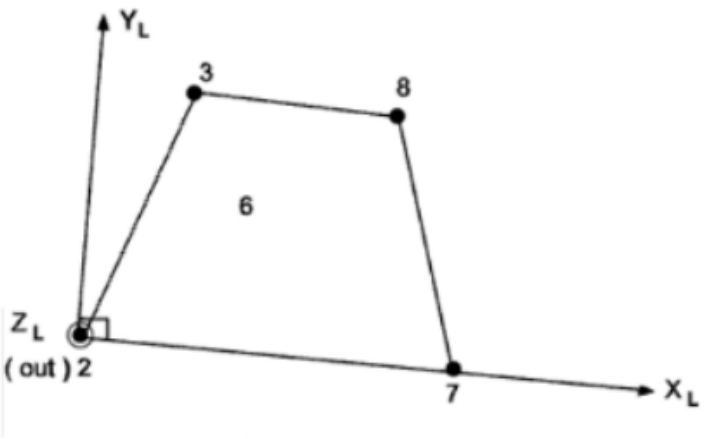
Κατακόρυφος Άξονας Z: καθ' ύψος του κτιρίου.

- Το τοπικό σύστημα αξόνων ορίζεται ως ακολούθως:

Οριζόντιος Τοπικός Άξονας X: κατά μήκος της διατομής του πεπερασμένου στοιχείου.

Κατακόρυφος Τοπικός Άξονας Y: καθ' ύψος της διατομής του πεπερασμένου στοιχείου (ταυτίζεται με τον καθολικό κατακόρυφο άξονα Z).

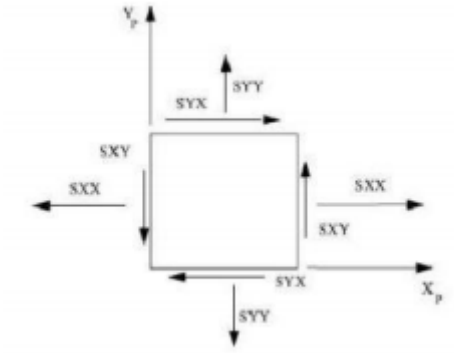
Τοπικός Άξονας Z: κάθετος στο επίπεδο του πεπερασμένου στοιχείου.



Σχήμα 5.3 *Τοπικό Σύστημα Αξόνων Πεπερασμένων Στοιχείων (3DR 2023, Οδηγός Μελέτης Αποτίμησης με βάση τον ΚΑΔΕΤ, Εικ.15)*

5.5.1 Διευθύνσεις εφαρμογής τάσεων και εντατικών μεγεθών στα τοπικά και καθολικά συστήματα

Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται οι θετικές φορές των ορθών και διατμητικών τάσεων που αναπτύσσονται στην επιφάνεια των πεπερασμένων στοιχείων, σύμφωνα με το τοπικό σύστημα αναφοράς, καθώς και η εντατική κατάσταση των ροπών αντίστοιχα, σύμφωνα με το πρόγραμμα 3DR PESSOS.



Σχήμα 5.4 *Επίπεδη εντατική κατάσταση των ορθών & διατμητικών τάσεων στην επιφάνεια των πεπερασμένων στοιχείων (Παπαχρηστίδης, 2021)*

Παρακάτω περιγράφονται οι τάσεις που απεικονίζονται στο παραπάνω σχήμα και η αντίστοιχη διεύθυνση τους:

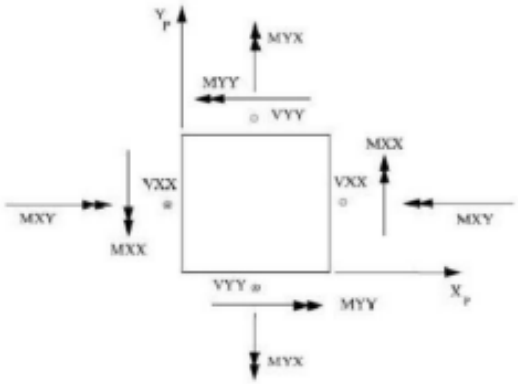
-S_{xx}: ορθές αξονικές τάσεις, εντός επιπέδου // στην διεύθυνση x

-S_{yy}: ορθές αξονικές τάσεις, εντός επιπέδου // στην διεύθυνση y

-S_{yx}: διατμητικές τάσεις, εντός επιπέδου // στην διεύθυνση x

-S_{xy}: διατμητικές τάσεις, εντός επιπέδου // στην διεύθυνση y

Αφού υπολογιστούν οι τάσεις στη βάση, στο μέσο και την κορυφή του στοιχείου, το πρόγραμμα προσδιορίζει τις αντίστοιχες τρεις συνιστώσες δυνάμεων και τις τρεις συνιστώσες ροπών.



Σχήμα 5.5 *Επίπεδη εντατική κατάσταση ροπών στην επιφάνεια των πεπερασμένων στοιχείων (Παπαχρηστίδης, 2021).*

Οι ροπές που αναπτύσσονται στις επιφάνειες των πεπερασμένων στο τοπικό σύστημα αναφοράς:

-M_{xx}: ροπή περί τον οριζόντιο άξονα Y του πεπερασμένου.

-M_{yy}: ροπή περί τον οριζόντιο άξονα X του πεπερασμένου.

5.6 ΔΡΑΣΕΙΣ ΕΠΙ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

5.6.1 Μόνιμα φορτία

Οι μόνιμες δράσεις προκύπτουν από το ίδιο βάρος των επιμέρους στοιχείων του φέροντος οργανισμού και επιβάλλονται κατά την κατακόρυφη διεύθυνση (Z). Η εκτίμησή τους γίνεται αυτόματα από το υπολογιστικό λογισμικό, το οποίο λαμβάνει υπόψη τη γεωμετρική διαμόρφωση του φορέα, τις διαστάσεις των στοιχείων και τα αντίστοιχα ειδικά βάρη των υλικών.

Ο υπολογισμός του **ίδιου βάρους της φέρουσας τοιχοποιίας** βασίζεται στην ογκομετρική αναλογία των συστατικών της υλικών. Για την προσομοίωση και τον προσδιορισμό των αντοχών θεωρήθηκε ποσοστό συμμετοχής 70% για τα λιθοσώματα και 30% για το κονίαμα επί του συνολικού όγκου της τοιχοποιίας. Επομένως:

γ_w= 0,70 · γ_b + 0,30 · γ_m= 0,70 ·23 +0,30·13= 20kN/m^3.

Πίνακας 5.3 Ίδιο βάρος λιθοδομής και ξυλείας.

Περιγραφή	Ειδικό βάρος
Ίδιο βάρος φέρουσας τοιχοποιίας – Λιθοδομή	20.00 kN/m³
Ίδιο βάρος ξυλείας – Κατηγορία αντοχής C24	3.60 kN/m³

Στους συνδυασμούς φόρτισης που ακολουθούν αναφέρεται ως **G**.

Η φόρτιση χαρακτηρίζεται ως **μόνιμη**.

5.6.2 Πρόσθετα μόνιμα φορτία

Τα προσθετά μόνιμα φορτία οφείλονται στις επικαλύψεις των δαπέδων και της οροφής. Στον παρακάτω πίνακα προσδιορίζονται και παρατίθενται τα πρόσθετα μόνιμα φορτία που εισάγονται στο λογισμικό για την ανάλυση.

Η **επικάλυψη των δαπέδων** γίνεται με διπλό σανίδωμα συνολικού πάχους 4cm. Επομένως, το κατανεμημένο φορτίο στις ξύλινες δοκούς των πατωμάτων είναι 0.04· 3.60= **0.144 kN/m^2**.

Η **επικάλυψη της στέγης** γίνεται με σανίδωμα πάχους 2cm πάνω στο οποίο τοποθετούνται κεραμίδια. Το συνολικό βάρος του σανιδώματος και των κεραμιδιών επί των κεκλιμένων στοιχείων της στέγης είναι **1.0 kN/m^2** .

Πίνακας 5.4 Φορτία επικάλυψης πατωμάτων και στέγης.

Πρόσθετα Μόνιμα Φορτία	Τιμή
Επικάλυψη πατωμάτων	0.144 kN/m²
Επικάλυψη στέγης (κεκλιμένης επιφάνειας)	1.00 kN/m²

Στους συνδυασμούς φόρτισης που ακολουθούν αναφέρεται ως **G1**.

Η φόρτιση χαρακτηρίζεται ως **μόνιμη**.

5.6.3 Κινητά φορτία

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται τα κινητά φορτία που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση των δαπέδων και της στέγης.

Η ταξινόμηση των επιφανειών πραγματοποιείται σύμφωνα με το Εθνικό Προσάρτημα του EN1991-1-1, όπου τα δάπεδα εντάσσονται στην κατηγορία Α, η οποία αφορά χώρους κατοικίας, ενώ η στέγη στην κατηγορία Η, που αντιστοιχεί σε μη βατές στέγες.

Πίνακας 5.5 Κινητά φορτία δαπέδων και στέγης.

Κινητά Φορτία	Τιμή
Δάπεδα – Κατηγορία Α	2.00 kN/m²
Μη βατές στέγες – Κατηγορία Η	0.50 kN/m²

Στους συνδυασμούς φόρτισης που ακολουθούν αναφέρεται ως **Q** το **φορτίο κατηγορίας Α** και ως **QR** το **φορτίο κατηγορίας Η**.

Η φόρτιση χαρακτηρίζεται ως **μεταβλητή**.

5.6.4 Φορτία χιονιού και ανέμου

Για ανάγκες του παραδείγματος δεν λαμβάνεται υπόψη φορτίου χιονιού και φορτίο ανέμου επι της στέγης.

5.7 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Στο πλαίσιο της σεισμικής αποτίμησης και του ανασχεδιασμού υφιστάμενων δομημάτων, οι έλεγχοι περιορίζονται στις οριακές καταστάσεις αστοχίας, ενώ δεν εξετάζονται κριτήρια που σχετίζονται με τη λειτουργικότητα ή την ανθεκτικότητα της κατασκευής. Οι συνδυασμοί δράσεων που χρησιμοποιούνται προκύπτουν από τους ισχύοντες κανονισμούς και περιλαμβάνουν τόσο τους βασικούς όσο και τους τυχηματικούς συνδυασμούς, με εφαρμογή των αντίστοιχων συντελεστών συνδυασμού ψ_i για τις μεταβλητές δράσεις. Για τις συνήθεις κατασκευές, ο σεισμικός συνδυασμός δράσεων διατυπώνεται ως ακολούθως:

$$S_d = \mathrm{G} + \psi_2 \cdot \mathrm{Q} \pm \mathrm{E} \qquad (5.1)$$

όπου G=μόνιμα φορτία, Q=κινητά φορτία, E=σεισμικά φορτία, ψ_2=συντελεστής δράσης ανάλογα με τη φύση της μεταβλητής δράσης. Για συνήθη κτίρια λαμβάνεται ψ_2=0.30.

Οι συνδυασμοί φόρτισης δημιουργήθηκαν αυτόματα από το λογισμικό, κατά EC1. Παρακάτω παρουσιάζονται οι βασικοί σεισμικοί συνδυασμοί φόρτισης:

Πίνακας 5.6 *Βασικοί συνδυασμοί φόρτισης, όπου G και Q τα μόνιμα και κινητά φορτία αντίστοιχα και Ex και Ey οι σεισμικές δράσεις κατά x και y αντίστοιχα.*

Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
1	EC1-006	1.1*(G+G1)+0.3*(Q+QR)+EQ_X+ 0.3*EQ_Y
2	EC1-015	1.1*(G+G1)+0.3*(Q+QR)+EQ_X- 0.3*EQ_Y
3	EC1-024	1.1*(G+G1)+0.3*(Q+QR)-EQ_X+ 0.3*EQ_Y
4	EC1-033	1.1*(G+G1)+0.3*(Q+QR)-EQ_X- 0.3*EQ_Y
5	EC1-042	1.1*(G +G1)+0.3*(Q+QR)+ 0.3* EQ_X +EQ_Y
6	EC1-051	1.1*(G+G1)+0.3(Q+QR) +0.3* EQ_X - EQ_Y
7	EC1-060	1.1*(G+G1)+0.3 *(Q+QR)-0.3 * EQ_X+EQ_Y
8	EC1-069	1.1*(G+G1)+0.3 *(Q+QR)-0.3 * EQ_X - EQ_Y
9	EC2_002	1.35*G+1.35*G1+1.5*Q+1.5*QR

5.8 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ - ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ

5.8.1 Αντισεισμικός Κανονισμός

Για την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό της κατασκευής από φέρουσα τοιχοποιία θα εφαρμοστεί το ισχύον κανονιστικό πλαίσιο, ο Ευρωκώδικας 8-3. Οι παράμετροι αντισεισμικού σχεδιασμού που λήφθηκαν για την προσομοίωση παρουσιάζονται παρακάτω:

-Μέθοδος ανάλυσης: Ελαστική ισοδύναμη στατική ανάλυση με χρήση ενιαίου δείκτη συμπεριφοράς q, όπου χρησιμοποιείται το τροποποιημένο φάσμα σχεδιασμού Sd(T) του EC8-1, δηλαδή το ελαστικό φάσμα διαιρεμένο με q.

-Στάθμη επιτελεστικότητας: Σημαντικών βλαβών (Β).

Για τις ανάγκες του παραδείγματος το κτίριο μελέτης θα επιλυθεί για στάθμες επιτελεστικότητας από Β1 έως Β4. Επομένως, η σεισμική επιτάχυνση του εδάφους διαμορφώνεται για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας σύμφωνα με τον Πίνακα 5.7.

Πίνακας 5.7 *Σεισμική επιτάχυνση του εδάφους για την κάθε στάθμη επιτελεστικότητας.*

Στάθμη επιτελεστικότητας	A_g / $a_{g,ref}$	Σεισμική επιτάχυνση εδάφους
B1	1.00	a_{gR}=1.00·0.24g=**0.24g**
B2+	0.75	a_{gR}=0.75·0.24g=**0.18g**
B2	0.60	a_{gR}=0.60·0.24g=**0.144g**
B3+	0.45	a_{gR}=0.45·0.24g=**0.108g**
B3	0.35	a_{gR}=0.35·0.24g=**0.084g**
B4+	0.25	a_{gR}=0.25·0.24g=**0.06g**
B4	<0.25 (0.15)	a_{gR}=0.15·0.24g=**0.036g**

-Ιδιότητες φάσματος:

1)Σύμφωνα με πίνακα του ΚΑΔΕΤ, η τιμή του καθολικού δείκτη συμπεριφοράς για στάθμη επιτελεστικότητας Β θα είναι q*= 1.50 (χωρίς ουσιώδεις βλάβες και φθορές). Στην ελαστική (ισοδύναμη) στατική ανάλυση με κριτήριο ελέγχου τα εντατικά μεγέθη σε όρους δυνάμεων γίνεται χρήση του καθολικού δείκτη συμπεριφοράς (q) και εισάγεται ως σεισμική δράση το τροποποιημένο φάσμα σχεδιασμού Sd(T) του EN1998-1.

2) Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας: Z2 κατά EC-8

3)Κατηγορία σπουδαιότητας: Σ2 (κατοικία)

4) Συντελεστής σπουδαιότητας : γ=1.00

5) Τύπος εδάφους: Β τύπος 1

6) Συντελεστής εδάφους: S=1.20

7) Χαρακτηριστικές περίοδοι φάσματος: T_b=0.15sec , T_c=0.50sec, T_d=2.50sec.

8) Λόγος απόσβεσης: ζ=5%

9)Εδαφική επιτάχυνση: a_{gR}=0.24g

10) Ιδιοπερίοδος του κτιρίου: T_x= T_y=0.19sec.

Η ιδιοπερίοδος του κτιρίου δίνεται από την σχέση: $\mathbf{T=C_t \cdot H^{3/4}}$ **(5.2)**

όπου:

C_t=0.05 (για λιθοδομή)

H=6.00m

Συνεπώς, $\mathbf{T=0.05 \cdot 6^{3/4} =0.19\ sec}$

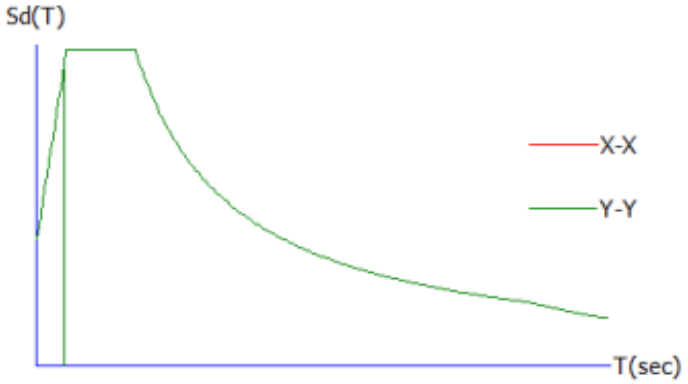
Για T_b < T< T_b χρησιμοποιείται η σχέση:

$$\boldsymbol{S_d(T)= \gamma \cdot a_{gR} \cdot S \cdot (2.5/q) \cdot \xi} \qquad \textbf{(5.3)}$$

όπου:

$S_d(T)$(x-x) = 1.00 ·0.24g · 1.20 · (2.5/1.5)= 0.48g

$S_d(T)$(y-y) = 1.00 · 0.24g · 1.20 · (2.5/1.5)= 0.48g



Σχήμα 5.6 *Φάσμα σχεδιασμού.*

Συνοψίζοντας, οι παράμετροι της σεισμικής δράσης παρουσιάζονται περιγραφικά στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5.8 *Παράμετροι σεισμικής δράσης.*

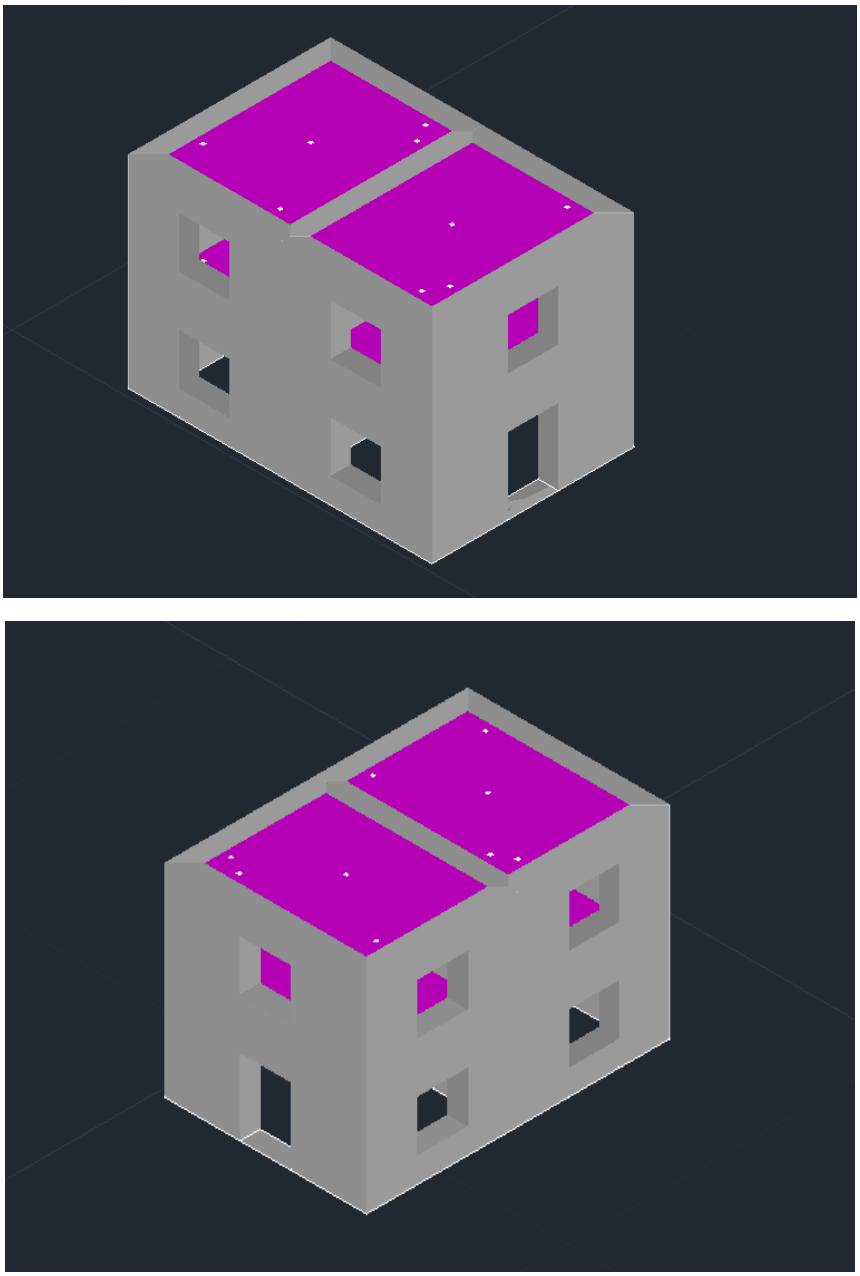
Παράμετροι σεισμικής φόρτισης	
Σπουδαιότητα κατασκευής	Σ2
Συντελεστής σπουδαιότητας κατασκευής (§4.4.1.2 ΚΑΔΕΤ)	γ_I=1.00
Κατηγορία εδάφους	Β
Συντελεστής επιρροής εδάφους	S=1.20 (T_B=0.15s, T_C=0.5s, T_D=2.5s)
Καθολικός δείκτης συμπεριφοράς μέθοδος δυνάμεων	q*=1.50

Η σεισμικά ενεργός μάζα του προσομοιώματος προκύπτει από την εφαρμογή του οιονεί μόνιμου συνδυασμού φορτίσεων, ο οποίος χρησιμοποιείται για τον καθορισμό των μαζών αδράνειας του φορέα.

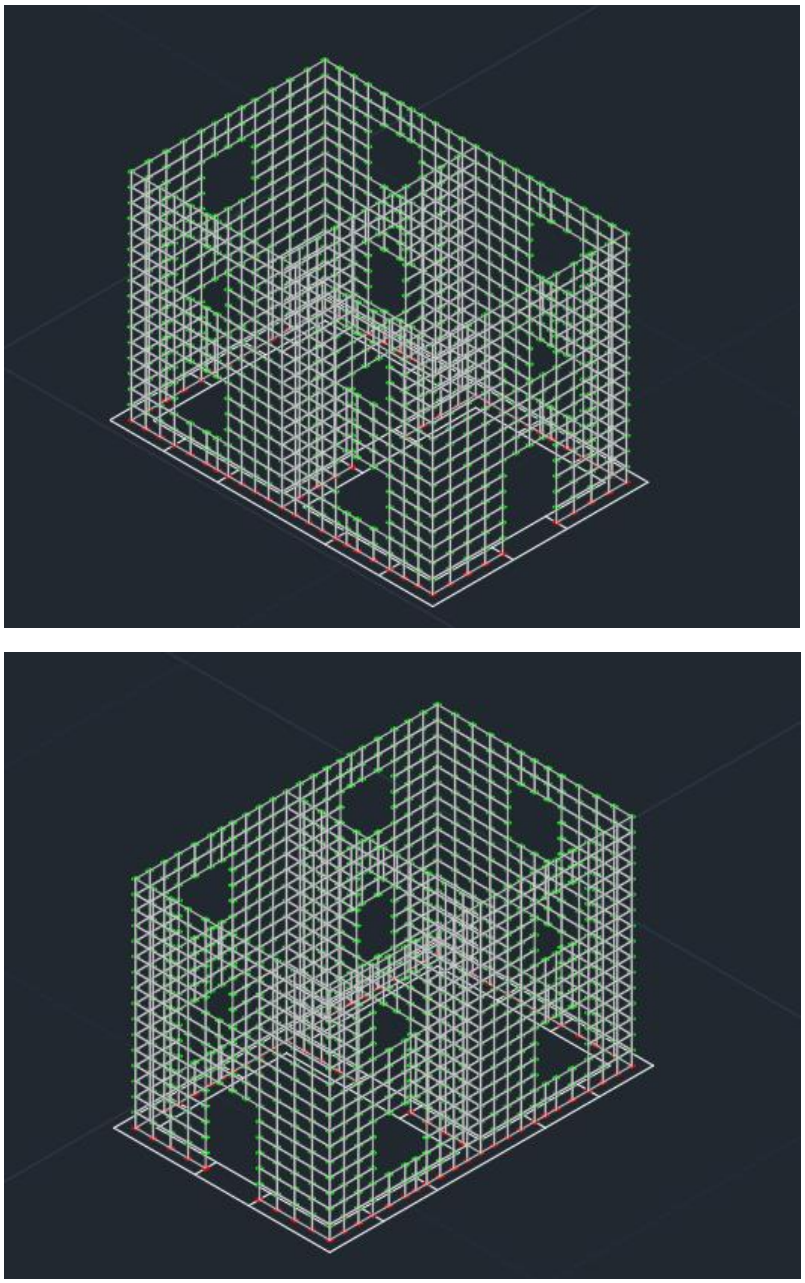
5.9 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

Η προσομοίωση του κτιρίου πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό PESSOS της 3DR, χρησιμοποιώντας πλέγμα πεπερασμένων στοιχείων κελύφους κατάλληλης πυκνότητας και απλοποιημένης γεωμετρικής διακριτοποίησης (Σχήμα 5.7). Οι συνδέσεις των τοίχων του ισογείου με το έδαφος θεωρήθηκαν πλήρως πακτωμένες, ενώ τα πατώματα του κτιρίου προσομοιώθηκαν ως ξύλινα διαφράγματα με το πάχος που έχει περιγραφεί παραπάνω, ώστε να συνυπολογιστούν τα ίδια βάρη τους, και τα μόνιμα και κινητά φορτία να κατανεμηθούν περιμετρικά στους τοίχους.

Παρακάτω παρουσιάζονται εικόνες του προσομοιώματος ως τρισδιάστατη απεικόνιση (Σχήμα 5.7) και αναλυτικό μοντέλο προσομοιώματος (Σχήμα 5.8).



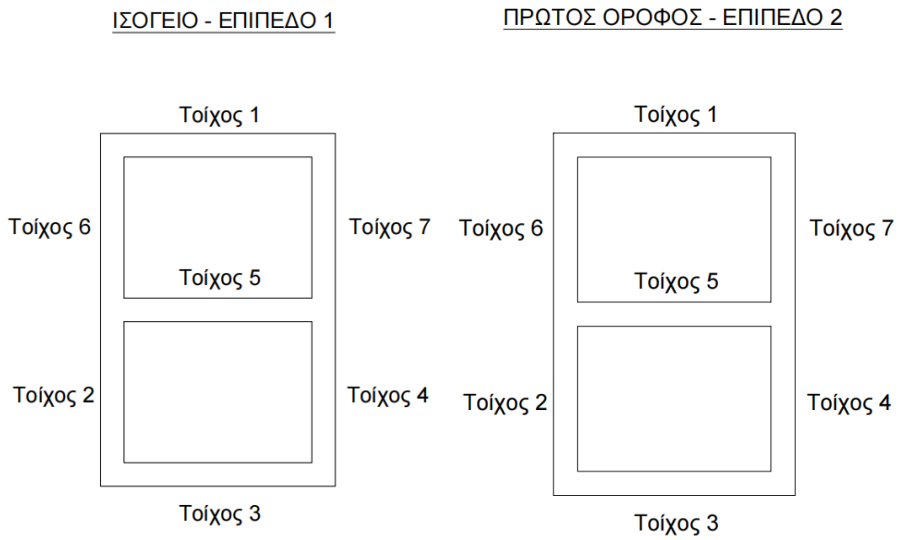
Σχήμα 5.7 *Τρισδιάστατη απεικόνιση προσομοιώματος (α)SW VIEW (β) SE VIEW στο λογισμικό 3DR PESSOS.*



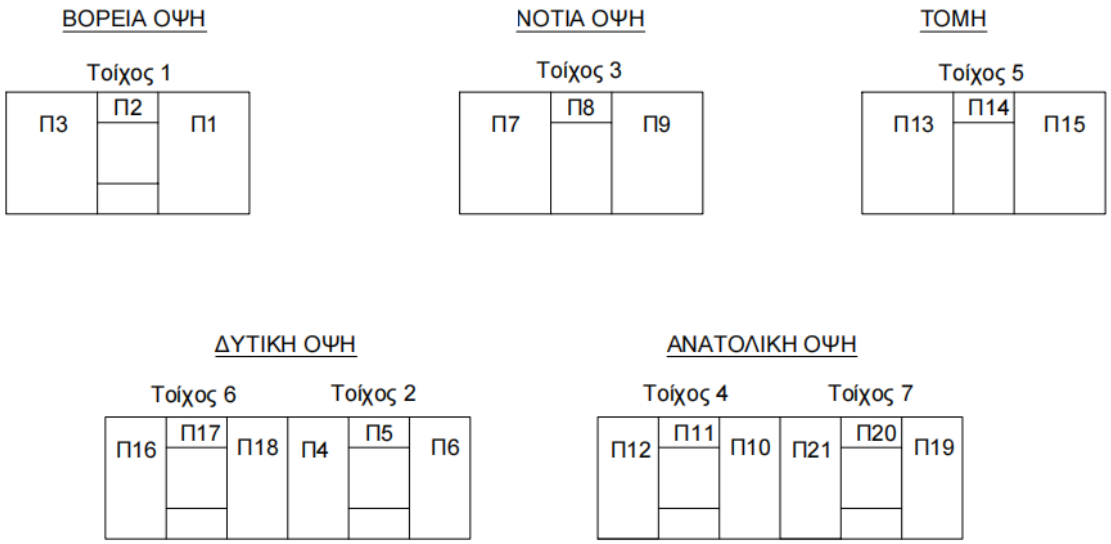
Σχήμα 5.8 *Αναλυτικό μοντέλο προσομοιώματος (α)SW VIEW (β) SE VIEW στο λογισμικό 3DR PESSOS.*

5.10 ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΤΟΙΧΩΝ ΚΑΙ ΠΕΣΣΩΝ

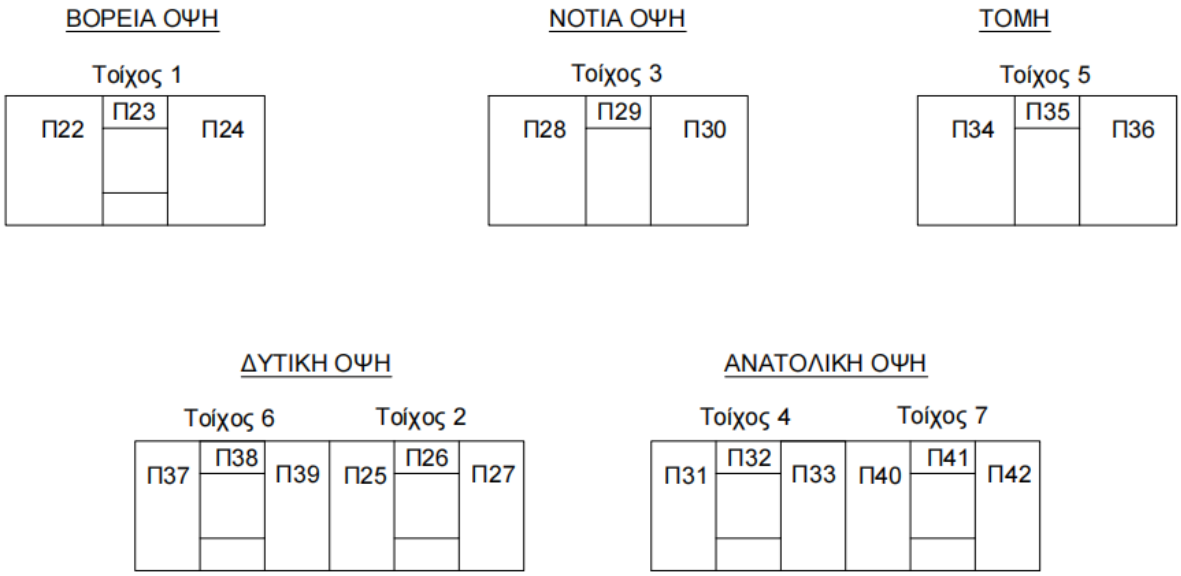
Στα σχήματα που ακολουθούν περιγράφονται και παρουσιάζονται οι τοίχοι και οι πεσσοί του ισογείου και του πρώτου ορόφου όπως εκείνοι αναγνωρίστηκαν στο λογισμικό, για τους οποίους γίνεται ο έλεγχος επάρκειας.



Σχήμα 5.9 *Αρίθμηση τοίχων στην κάτοψη του (α)ισογείου (β) Α 'ορόφου.*



Σχήμα 5.10 *Ονομαστική απεικόνιση πεσσών στις διάφορες όψεις του ισογείου.*



Σχήμα 5.11 *Ονομαστική απεικόνιση πεσσών στις διάφορες όψεις του Α' ορόφου.*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

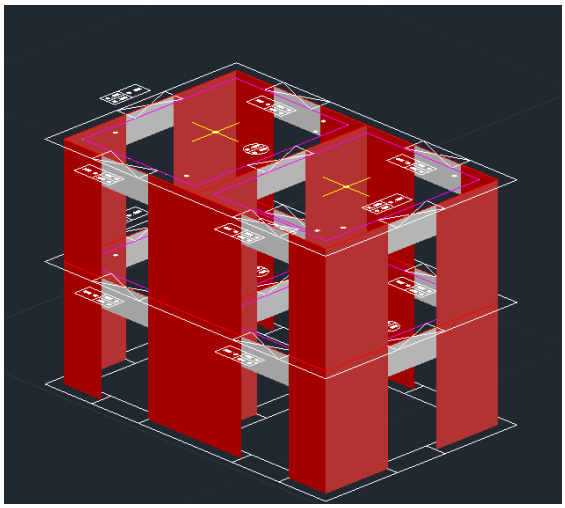
Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων του προσομοιώματος της διώροφης κατοικίας από φέρουσα λιθοδομή που παρουσιάστηκε παραπάνω, στην υφιστάμενη κατάστασή της, χωρίς την εφαρμογή επεμβάσεων, για την στάθμη επιτελεστικότητας Β1. Αρχικά, διενεργούνται οι απαιτούμενοι έλεγχοι επάρκειας των δομικών στοιχείων και προσδιορίζονται οι μέγιστοι συντελεστές ανεπάρκειας λ, με στόχο την αξιολόγηση της φέρουσας ικανότητας και της συνολικής σεισμικής συμπεριφοράς του φορέα.

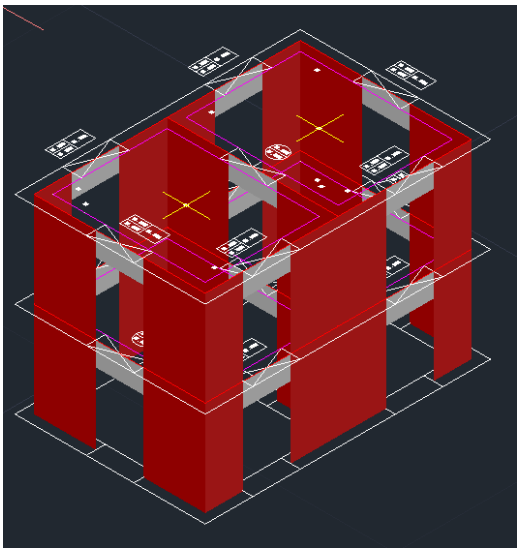
Ειδικότερα, εξετάζονται οι έλεγχοι εντός και εκτός επιπέδου των τοιχοποιιών, λαμβάνοντας υπόψη τις αναπτυσσόμενες καμπτικές και διατμητικές καταπονήσεις. Παρουσιάζονται οι έλεγχοι σε κατακόρυφα φορτία, διάτμηση και κάμψη, καθώς και οι αντίστοιχοι λόγοι επάρκειας των επιμέρους δομικών στοιχείων, με σκοπό τον εντοπισμό πιθανών τοπικών ανεπαρκειών και κρίσιμων περιοχών του φορέα.

Παράλληλα, παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα αποτελέσματα των εντατικών μεγεθών, καθώς και τα αντίστοιχα σχήματα τάσεων και παραμορφώσεων, προκειμένου να διερευνηθεί η συνολική απόκριση της κατασκευής και να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με τη συμπεριφορά της φέρουσας λιθοδομής στη συγκεκριμένη στάθμη επιτελεστικότητας. Τέλος, αναφέρεται η στάθμη επιτελεστικότητας στην οποία κατατάσσεται το κτίριο, βάσει των αποτελεσμάτων της αποτίμησης και των ελέγχων επάρκειας.

6.2 ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΟΥ ΦΟΡΕΑ ΓΙΑ ΤΗ ΣΤΑΘΜΗ Β1

Παρακάτω απεικονίζονται (Σχ.6.1) οι ανεπάρκειες του αρχικού κτιρίου σε όρους εντατικών μεγεθών, για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β1. Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης προκύπτει ότι το σύνολο των πεσσών του κτιρίου αστοχεί, γεγονός που αποδίδεται γραφικά με κόκκινο χρώμα.





Σχήμα 6.1 *Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β1 στη διεύθυνση (α)SW VIEW (β) SE VIEW στο λογισμικό 3DR PESSOS.*

6.3 ΓΕΝΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕΛΕΤΗΣ, ΕΝΑΝΤΙ ΑΝΑΤΡΟΠΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΤΑΘΜΗ Β1

Παρακάτω παρουσιάζονται οι γενικοί έλεγχοι κτιρίου που έχει πραγματοποιήσει το λογισμικό 3DR PESSOS με βάση της §5.3.8 του ΚΑΔΕΤ. Η επάρκεια του κτιρίου έναντι ανατροπής λόγω σεισμικών δράσεων πρέπει να επαληθεύεται μέσω ειδικών ελέγχων ευστάθειας. Ο έλεγχος ανατροπής περιλαμβάνει τους ακόλουθους τρεις επιμέρους ελέγχους:

6.3.1 Έλεγχος εκκεντρότητας (ΚΑΔΕΤ §5.3.8)

Η σεισμική τέμνουσα που εφαρμόζεται κατά τις δυο κύριες διευθύνσεις του σεισμού με βάση την ιδιοπερίοδο του κτιρίου είναι:

$$\mathbf{F= M \cdot} S_d(T) = \left(N_{ed}/g\right) \cdot S_d(T) \qquad \textbf{(6.1)}$$

όπου για τις διευθύνσεις x,y αντίστοιχα:

$$F_x = \mathrm{M} \cdot S_{dx}(T) = \left(N_{ed}/g\right) \cdot S_{dx}(T) = \left(2002{,}07/g\right) \cdot 0{,}48\mathrm{g} = 960{,}99\ \mathrm{kN}$$

$$F_y = \mathrm{M} \cdot S_{dy}(T) = \left(N_{ed}/g\right) \cdot S_{dy}(T) = \left(2002{,}07/g\right) \cdot 0{,}48\mathrm{g} = 960{,}99\ \mathrm{kN}$$

Οι ανατρεπτικές ροπές του φορέα προσδιορίζονται από τη δράση της τέμνουσας βάσης μέσω του αντίστοιχου μοχλοβραχίονα, ο οποίος ισούται με το ύψος του κέντρου μάζας από τη στάθμη αναφοράς. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του υπολογιστικού προσομοιώματος, το ύψος του κέντρου μάζας είναι πρακτικά το ίδιο και στις δύο κύριες διευθύνσεις του κτιρίου με τιμή Z_x=Z_y ≈ 1,985m. Κατά συνέπεια, οι ροπές ανατροπής για τις διευθύνσεις X και Y προκύπτουν από τις ακόλουθες σχέσεις:

$\boldsymbol{M_{ed}}$**= F · Z** **(6.2)**

όπου για τις διευθύνσεις x,y αντίστοιχα:

$M_{ed,X}$=F_x · Z_x=2002,07 · 1,985= 3975,04 kNm

$M_{ed,Y}$=F_y · Z_y=2002,07 · 1,985= 3975,04 kNm

Ο έλεγχος εκκεντρότητας πραγματοποιείται βάσει του Πίνακα 6.1, τα οποία προέκυψαν από την ανάλυση του προγράμματος 3DR PESSOS, κατά τη διεύθυνση x και y ως εξής:

Πίνακας 6.1 *Έλεγχος εκκεντρότητας.*

Έλεγχος εκκεντροτήτων (βάσει παρ. 5.3.8(α))

Διεύθυνση	L	M	N	Έλεγχος
	[m]	[kNm]	kN	
X	6.00	3975.04	2002.07	1.99
Y	9.00	3975.04	2002.07	1.32

Ο έλεγχος εκκεντρότητας είναι: **e= M/N ≤** $\boldsymbol{e_{lim}}$**=L/6.** **(6.3)**

Διεύθυνση X: e= 3975,04/ 2002,07 =1,985 ≥ e_{lim}=6/6=1

Διεύθυνση Y: e= 3975,04/ 2002,07 =1,985 ≥ e_{lim}=9/6=1,50

Επομένως, οι έλεγχοι εκκεντρότητας δεν ικανοποιούνται σε καμία από τις δύο διευθύνσεις.

6.3.2 Έλεγχος αδρανούς περιοχής (ΚΑΔΕΤ §5.3.8)

Για να αποφευχθεί η δημιουργία αδρανών περιοχών (ουδέτερων ζωνών), στις οποίες εμφανίζονται ορθές εφελκυστικές τάσεις στην κάτοψη του δομήματος, εφαρμόζεται η σχέση (6.4) και στις δύο κύριες διευθύνσεις σεισμικής δράσης:

$$\frac{S_d(T)}{g} \leq \frac{\zeta_e \cdot \Omega_w}{C_m \cdot n \cdot S \cdot Htot} \cdot \left[\frac{f_{tm}}{N_{ed}} + \frac{1}{A_w}\right] \qquad \textbf{(6.4)}$$

όπου:

C_m: συντελεστής δρώσας μάζας. Λαμβάνεται ίσος με 1 για μονώροφα και διώροφα κτίρια.

ζ_e: συντελεστής σχήματος κατανομής οριζόντιων σεισμικών δυνάμεων. Λαμβάνεται ίσος με 2 για θεώρηση ομοιόμορφης κατανομής.

$S_e(T)$/g : η τιμή της ανηγμένης φασματικής ολικής επιταχύνσεις που ορίζεται από το φάσμα σχεδιασμού (σχέση (6.5)) για την θεμελιώδη ιδιοπερίοδο T του κτιρίου και g η επιτάχυνση της βαρύτητας και δίνεται από την σχέση (6.6).

Επειδή T_b= 0.15 ≤ T_x=T_y=0.19sec ≤ T_c=0.50 ισχύει:

$\boldsymbol{S_e(T)}$ **=** $\boldsymbol{a_g}$**· S · n · 2.5** **(6.5)**

όπου: a_g=0,24g (ζώνης σεισμικής επικινδυνότητας Z2) , S=1,20 (κατ. εδάφους 2), n=1 για απόσβεση ζ=5%.

Άρα προκύπτει:

$$\frac{S_e(T)}{g} = \frac{a_g \cdot S \cdot n \cdot 2.50}{g} \qquad \textbf{(6.6)}$$

Για τις διευθύνσεις X και Y ισχύει: $\frac{S_e(Tx)}{g} = \frac{S_e(Tx)}{g} = \frac{a_g \cdot S \cdot n \cdot 2.50}{g}$ =0,72

η=1.

H=6.00m.

S= 1,20.

f_{tm}: η εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας: $f_{tm,x}$= 200kN/ m^2 , $f_{tm,y}$=100kN/m^2

N_{ed}=2002,07 kN

Για την διεύθυνση X:

$$0,72 \leq \frac{\zeta_e \cdot \Omega_w}{C_m \cdot n \cdot S \cdot H} \cdot \left[\frac{f_{tm}}{N} + \frac{1}{A_w}\right] = \frac{2 \cdot 36,74}{1 \cdot 1 \cdot 1,20 \cdot 6} \cdot \left[\frac{200}{2002,07} + \frac{1}{9,72}\right] = 2,07$$

Για την διεύθυνση Y:

$$0,72 \leq \frac{\zeta_e \cdot \Omega_w}{C_m \cdot n \cdot S \cdot H} \cdot \left[\frac{f_{tm}}{N} + \frac{1}{A_w}\right] = \frac{2 \cdot 59,00}{1 \cdot 1 \cdot 1,20 \cdot 6} \cdot \left[\frac{100}{2002,07} + \frac{1}{10,08}\right] = 2,44$$

Οι παραπάνω έλεγχοι ικανοποιούνται και στις δύο διευθύνσεις.

Ο έλεγχος της αδρανούς περιοχής πραγματοποιείται βάσει του Πίνακα 6.2 τα οποία προέκυψαν από την ανάλυση του προσομοιώματος στο λογισμικό 3DR PESSOS:

Πίνακας 6.2 Έλεγχος αδρανούς περιοχή.

Έλεγχος αδρανούς περιοχής (βάσει παρ. 5.3.8(β))

Διεύθυνση	T	Se	Ωw	Aw	Έλεγχος
	[s]	[g]	[m^3]	[m^2]	
X	0.19	0.72	36.74	9.72	0.46
Y	0.19	0.72	59.00	10.08	0.29

6.3.3 Έλεγχος μέγιστης ορθής θλιπτικής τάσης (ΚΑΔΕΤ §5.3.8)

Η μέγιστη ορθή θλιπτική τάση που αναπτύσσεται στο πλέον θλιβόμενο άκρο πρέπει να είναι μικρότερη από την οιονεί μέση χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή τόσο της τοιχοποιίας όσο και του υποκείμενου εδάφους. Δίνεται από την σχέση:

$$\sigma_w = -\left[\frac{N_{ed}}{A_w} + \frac{M_{ed}}{\Omega_w}\right] \leq f_{mc} \qquad \textbf{(6.7)}$$

όπου σw: η ορθή τάση στη θέση ελέγχου.

Υπολογίζεται στις δύο διευθύνσεις X, Y του σεισμού:

$\sigma_{w,x}$= -[$\frac{2002,07}{9,72} + \frac{3975,04}{36,74}$] = 314,17 ≤ f_{mc}=2000 kN/m^2

$\sigma_{w,y}$= -[$\frac{2002,07}{10,08} + \frac{3975,04}{59,00}$] = 265,99 ≤ f_{mc}=2000 kN/m^2

Οι παραπάνω έλεγχοι ικανοποιούνται. Επομένως ο έλεγχος της μέγιστης ορθής θλιπτικής τάσης αποτυπώνεται στον Πίνακα 6.3.

Πίνακας 6.3 *Έλεγχος μέγιστης ορθής θλιπτικής τάσης.*

Έλεγχος μέγιστης ορθής θλιπτικής τάσης (βάσει παρ. 5.3.8(γ))

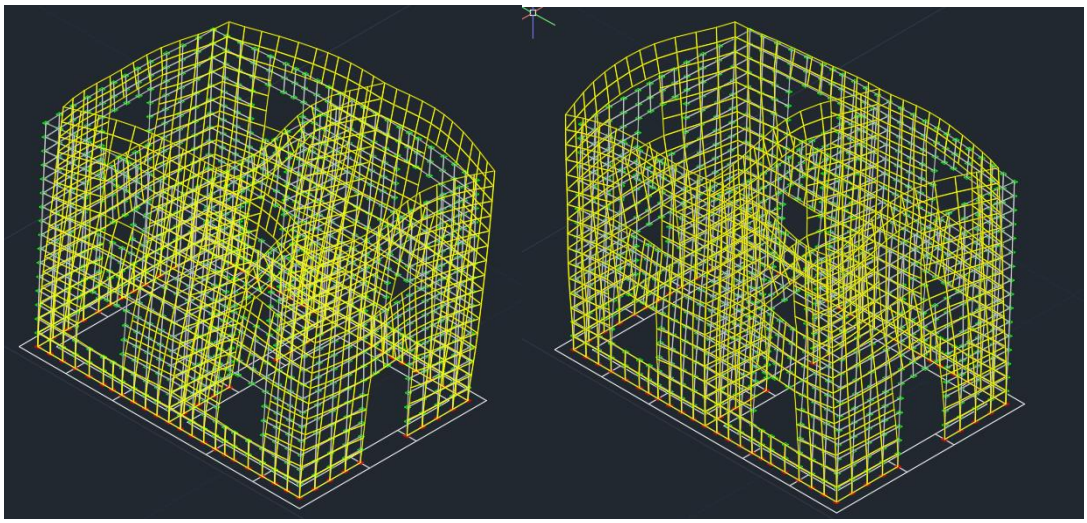
Διεύθυνση	N	Aw	M	Ωw	fmc	Έλεγχος
	[kN]	[m²]	[kNm]	[m³]	[kN/m²]	
X	2002.07	9.72	3975.04	36.74	2000.00	0.16
Y	2002.07	10.08	3975.04	59.00	2000.00	0.13

6.4 ΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΔΥΟ ΚΥΡΙΕΣ ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΤΑΘΜΗ Β1

Η γραφική παρουσίαση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης του φορέα πραγματοποιείται για δυο σεισμικούς συνδυασμούς φόρτισης. Συγκεκριμένα, εξετάζονται οι συνδυασμοί 1.10G+0.3Q+E_x+0.3E_y και 1.10G+0.3Q+E_y+0.3E_x, όπου ως κύρια διεύθυνση της σεισμικής δράσης θεωρούνται αντίστοιχα οι άξονες X και Y. Οι συνδυασμοί αυτοί αντιστοιχούν στις φορτίσεις EC1_006 και EC1_042 του προγράμματος και χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της σεισμικής συμπεριφοράς της κατασκευής στις δύο κύριες διευθύνσεις. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων γίνεται στο τρισδιάστατο προσομοίωμα του φορέα, ώστε να επιτυγχάνεται σαφέστερη εποπτεία των ανεπαρκειών και των αστοχιών.

6.4.1 Γραφική ανάλυση παραμορφωμένου φορέα

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η γραφική απεικόνιση της παραμορφωμένης μορφής του φορέα (Σχ. 6.2), όπως προέκυψε από το πρόγραμμα ανάλυσης. Για την καλύτερη οπτικοποίηση της παραμόρφωσης χρησιμοποιήθηκε πολλαπλασιαστικός συντελεστής ίσος με 200, ώστε οι μετακινήσεις του φορέα να καθίσταται ευδιάκριτες στο προσομοίωμα.



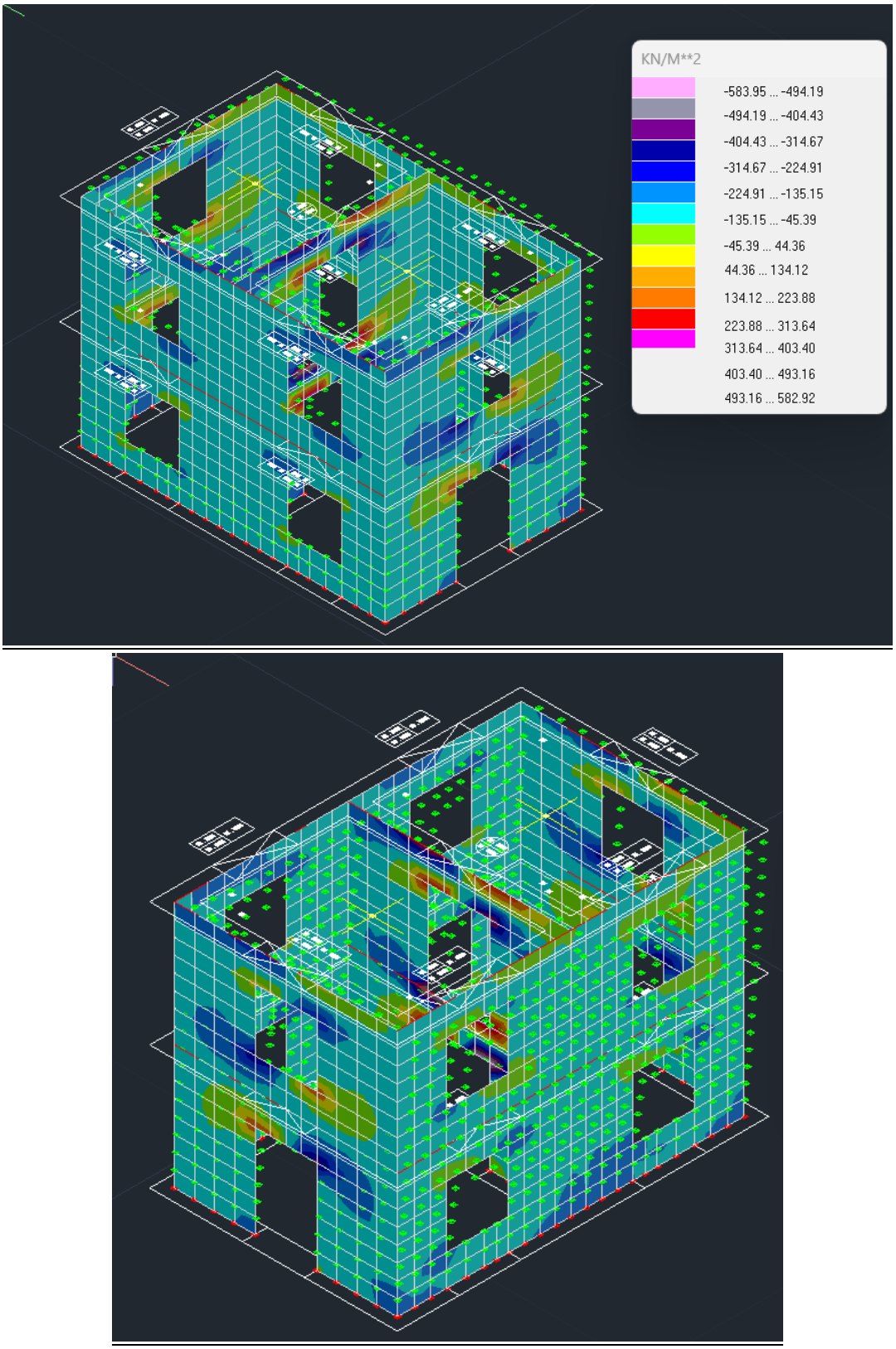
Σχήμα 6.2 *Γραφική απεικόνιση παραμορφωμένης μορφής για τους συνδυασμούς (α)EC1_006 (β)EC1_042 αντίστοιχα.*

Στις παραμορφωμένες μορφές του φορέα για τους δυο σεισμικούς συνδυασμούς παρατηρούνται διαφοροποιήσεις στην απόκριση της κατασκευής ανάλογα με τη διεύθυνση της σεισμικής δράσης. Παράλληλα, διακρίνεται μη ομοιόμορφη κατανομή των μετακινήσεων στις τοιχοποιίες, καθώς διαφορετικά τμήματα του φορέα εμφανίζουν διαφοροποιημένη παραμορφωσιακή συμπεριφορά. Επιπλέον, οι μετακινήσεις και οι παραμορφώσεις εμφανίζονται εντονότερες στον δεύτερο όροφο του κτιρίου.

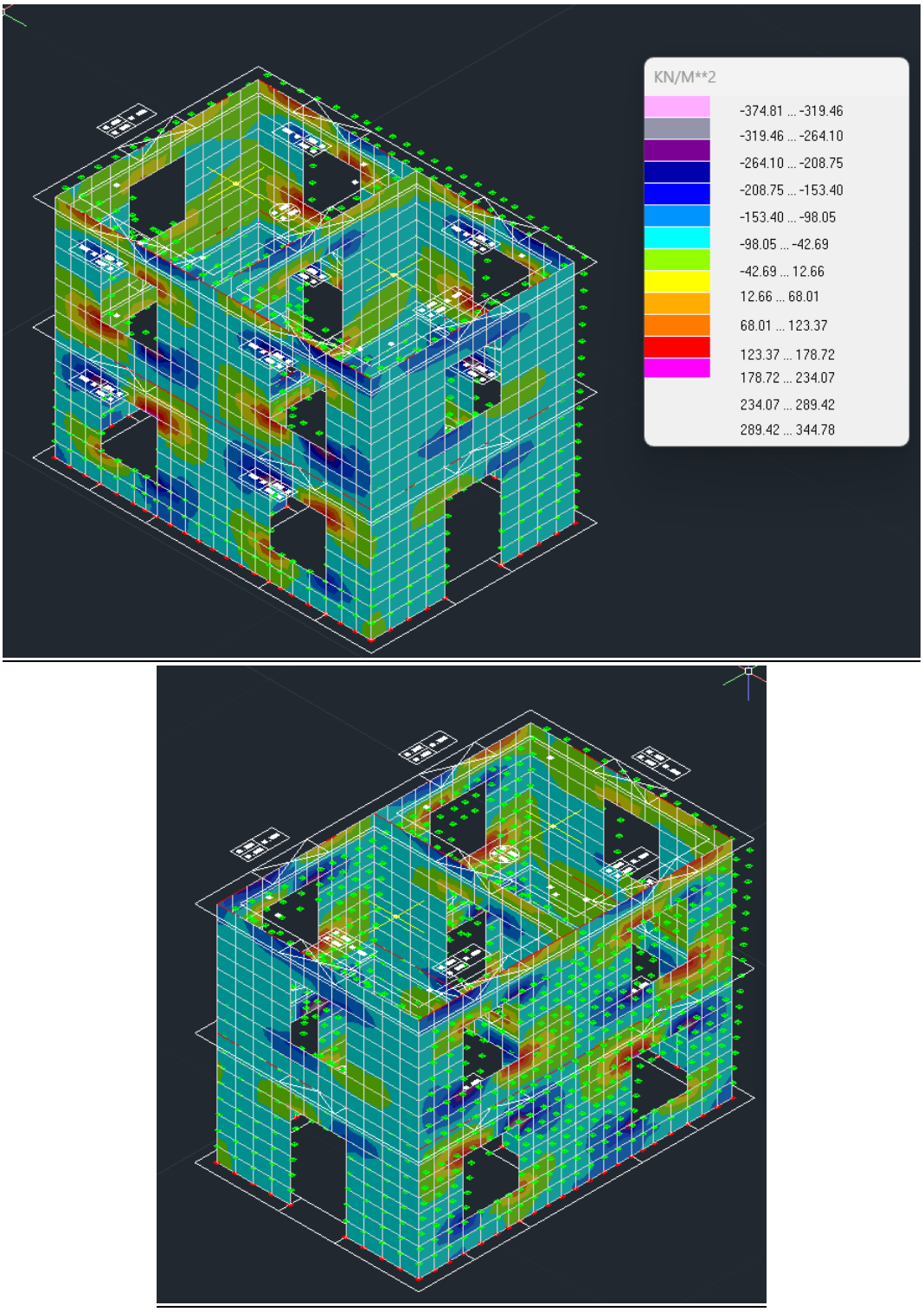
6.4.2 Γραφική ανάλυση των κύριων τάσεων

6.4.2.1 Κυρίες εφελκυστικές τάσεις S_{xx} καιS_{yy}

Η γραφική ανάλυση των εφελκυστικών τάσεων, όταν το επίπεδο θραύσης είναι κάθετο προς τον οριζόντιο αρμό, S_{xx}, παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.3 και 6.4 για τους συνδυασμούς φόρτισης που εξετάζονται.

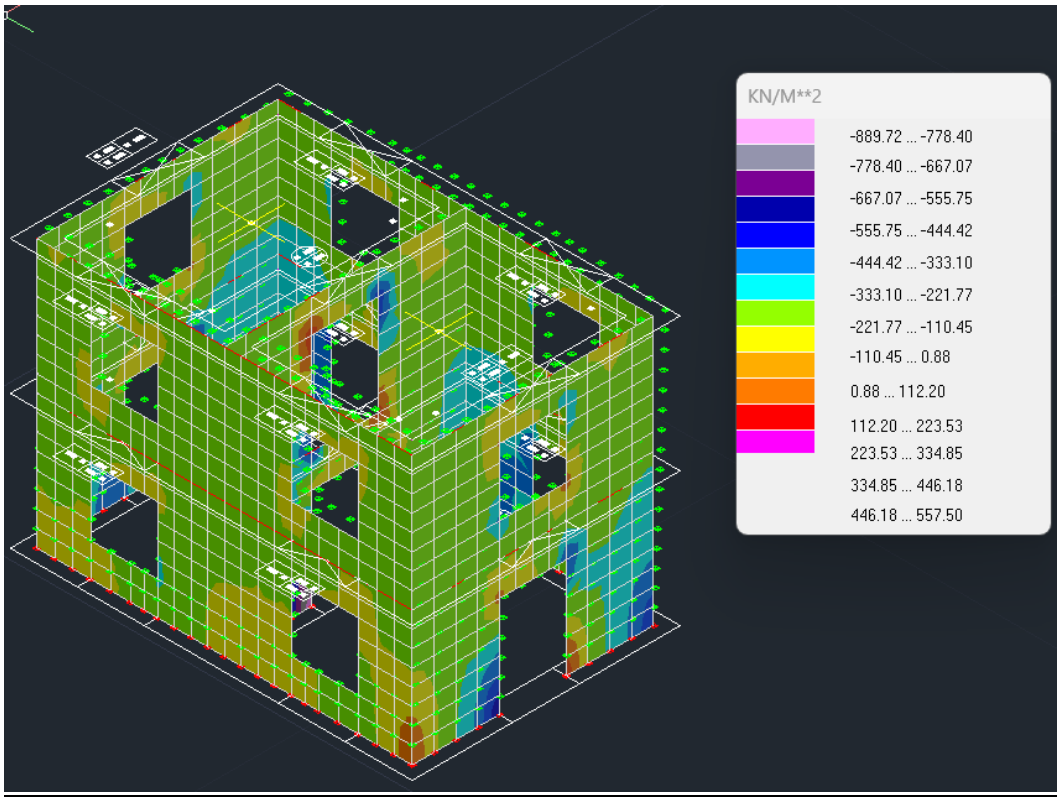


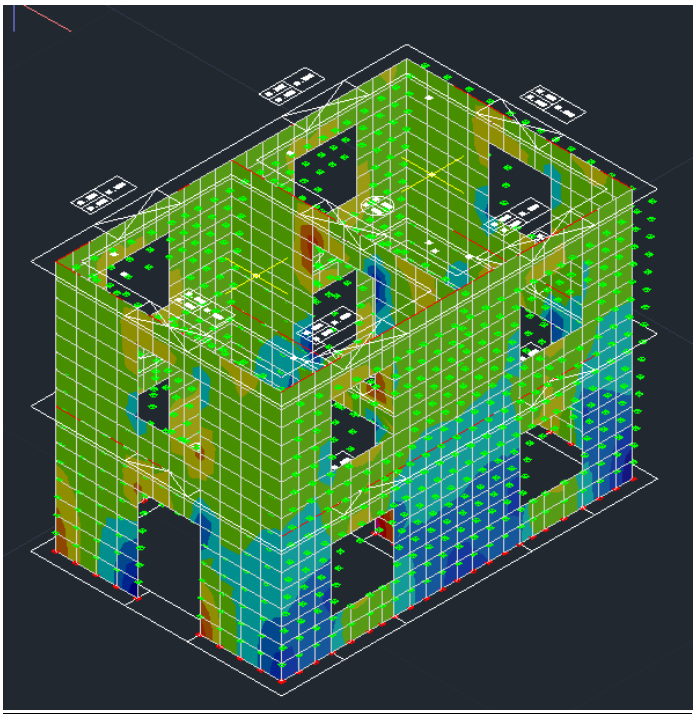
Σχήμα 6.3 *Γραφική απεικόνιση εφελκυστικών τάσεων Sxx για τον συνδυασμό EC1_006 διεύθυνση (α)SW VIEW (β) SE VIEW στο λογισμικό 3DR PESSOS.*



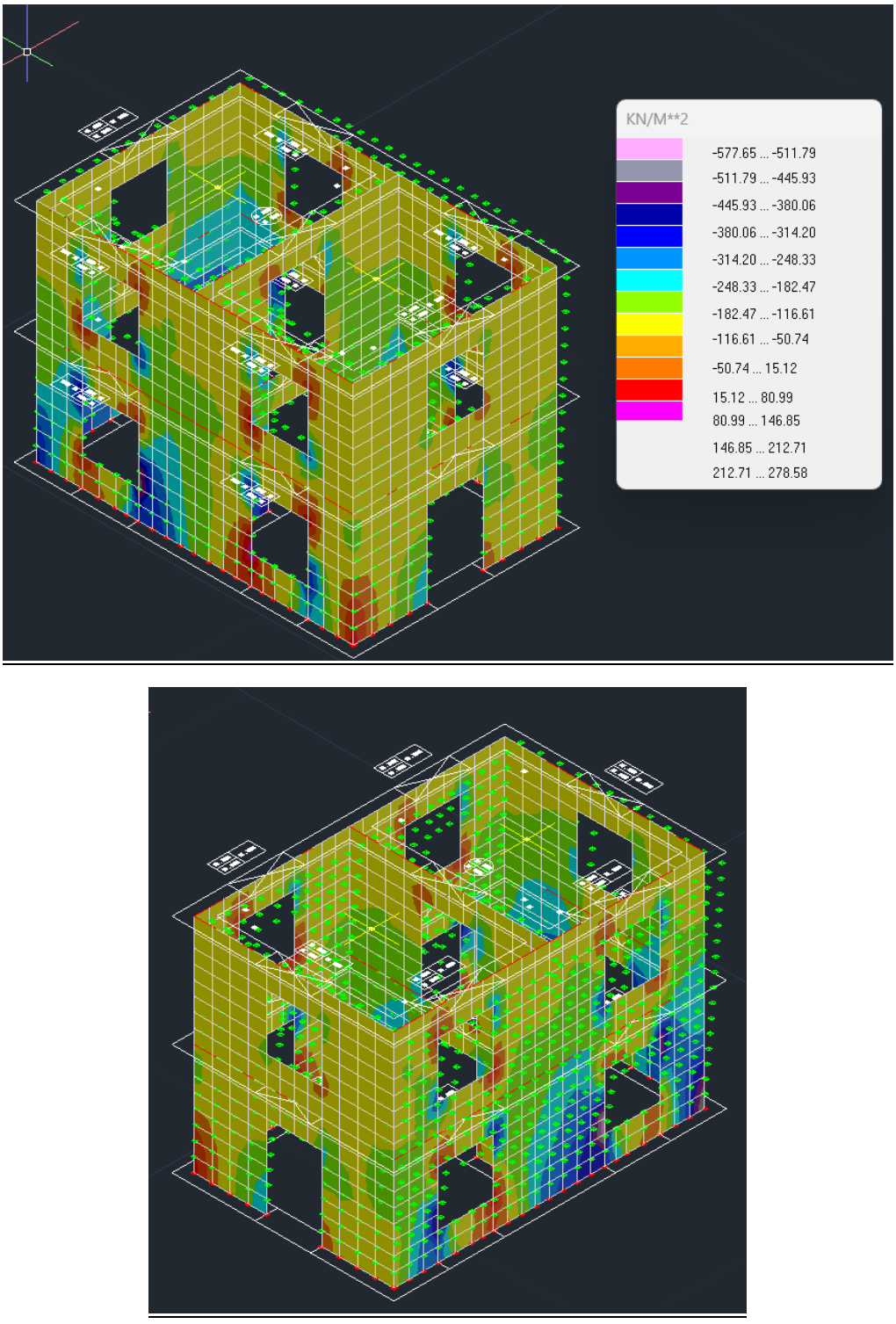
Σχήμα 6.4 *Γραφική απεικόνιση εφελκυστικών τάσεων Sxx για τον συνδυασμό EC1_042 διεύθυνση (α)SW VIEW (β) SE VIEW στο λογισμικό 3DR PESSOS.*

Η γραφική ανάλυση των εφελκυστικών τάσεων, όταν το επίπεδο θραύσης είναι κάθετο προς τον κατακόρυφο αρμό, S_{yy}, παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.5 και 6.6 για τους συνδυασμούς φόρτισης που εξετάζονται.





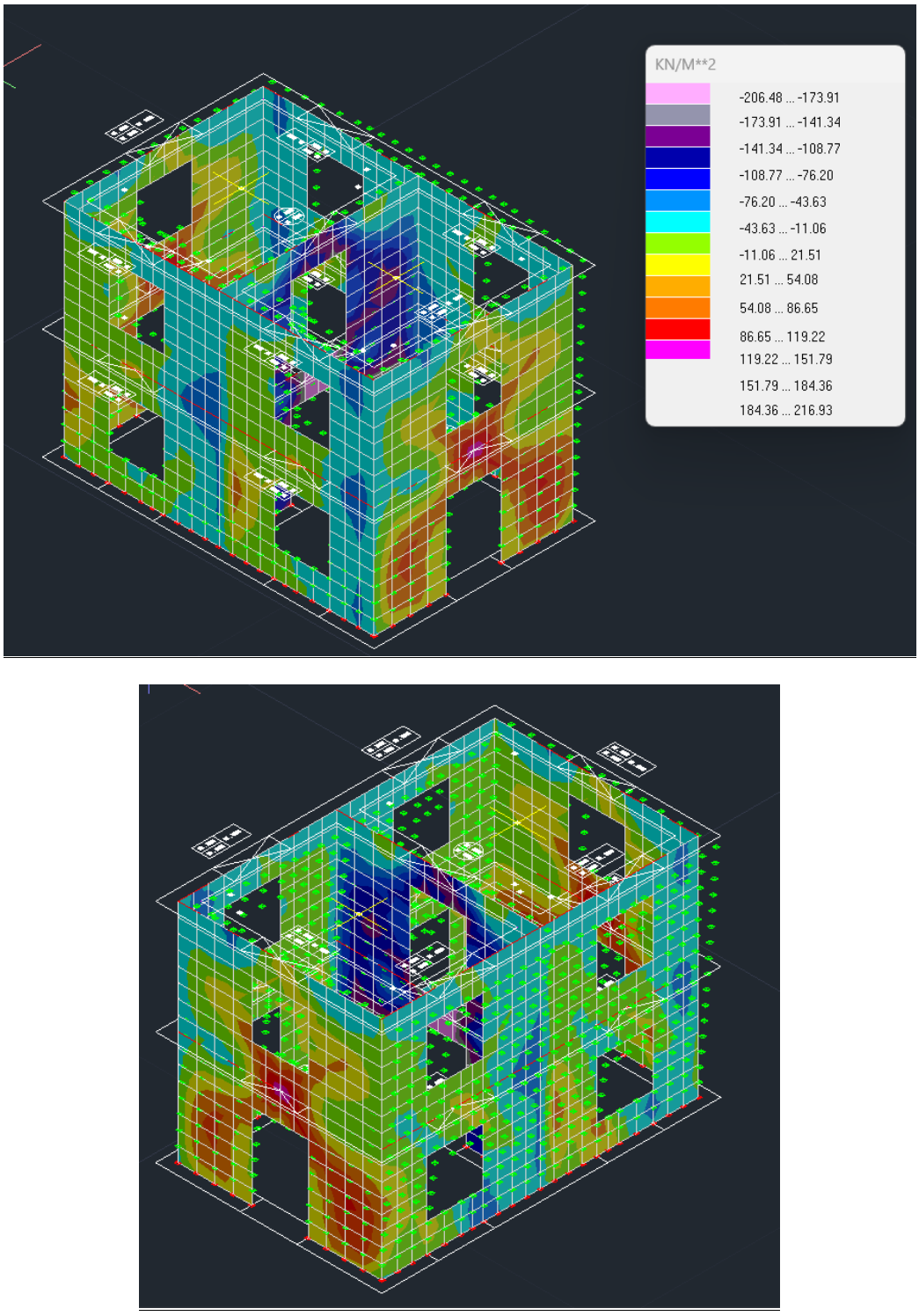
Σχήμα 6.5 *Γραφική απεικόνιση εφελκυστικών τάσεων Syy για τον συνδυασμό EC1_006 διεύθυνση (α)SW VIEW (β) SE VIEW στο λογισμικό 3DR PESSOS.*



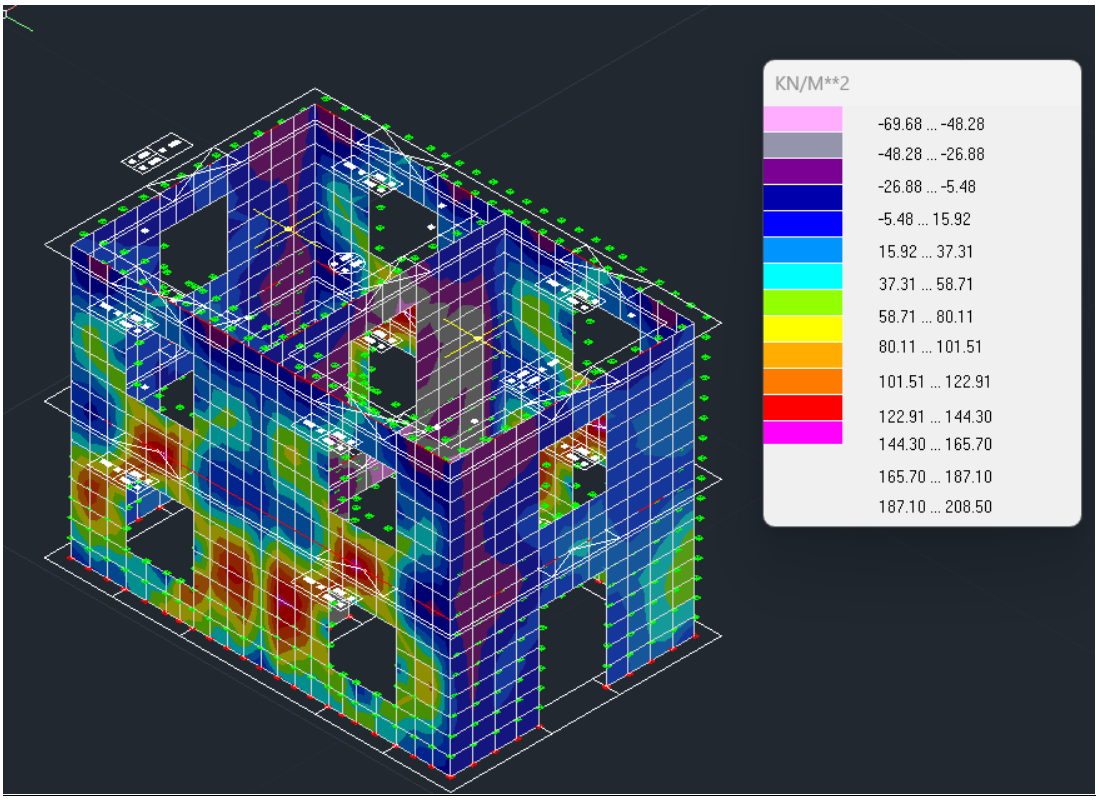
Σχήμα 6.6 *Γραφική απεικόνιση εφελκυστικών τάσεων Syy για τον συνδυασμό EC1_042 διεύθυνση (α)SW VIEW (β) SE VIEW στο λογισμικό 3DR PESSOS.*

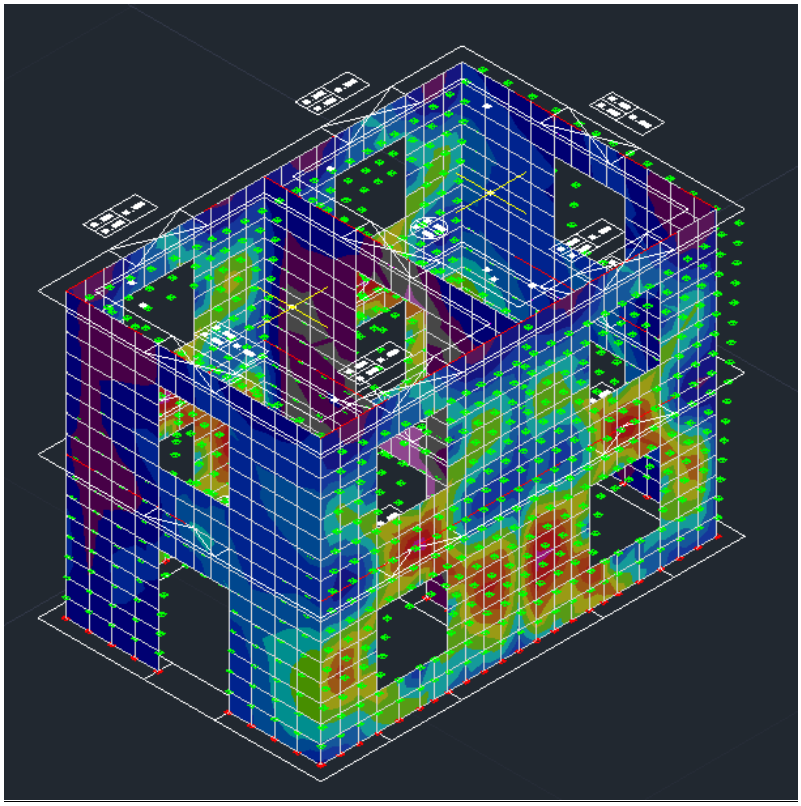
6.4.2.2 Διατμητική τάση S_{xy} στο επίπεδο x-y

Η γραφική ανάλυση των διατμητικών τάσεων S_{xy}, που αναπτύσσονται παράλληλα στον οριζόντιο αρμό και δύναται να προκαλέσουν ολίσθηση κατά μήκος του επιπέδου επαφής, παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.7 και 6.8 για τους συνδυασμούς φόρτισης που εξετάζονται.



Σχήμα 6.7 *Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxy για τον συνδυασμό EC1_006 διεύθυνση (α)SW VIEW (β) SE VIEW στο λογισμικό 3DR PESSOS.*



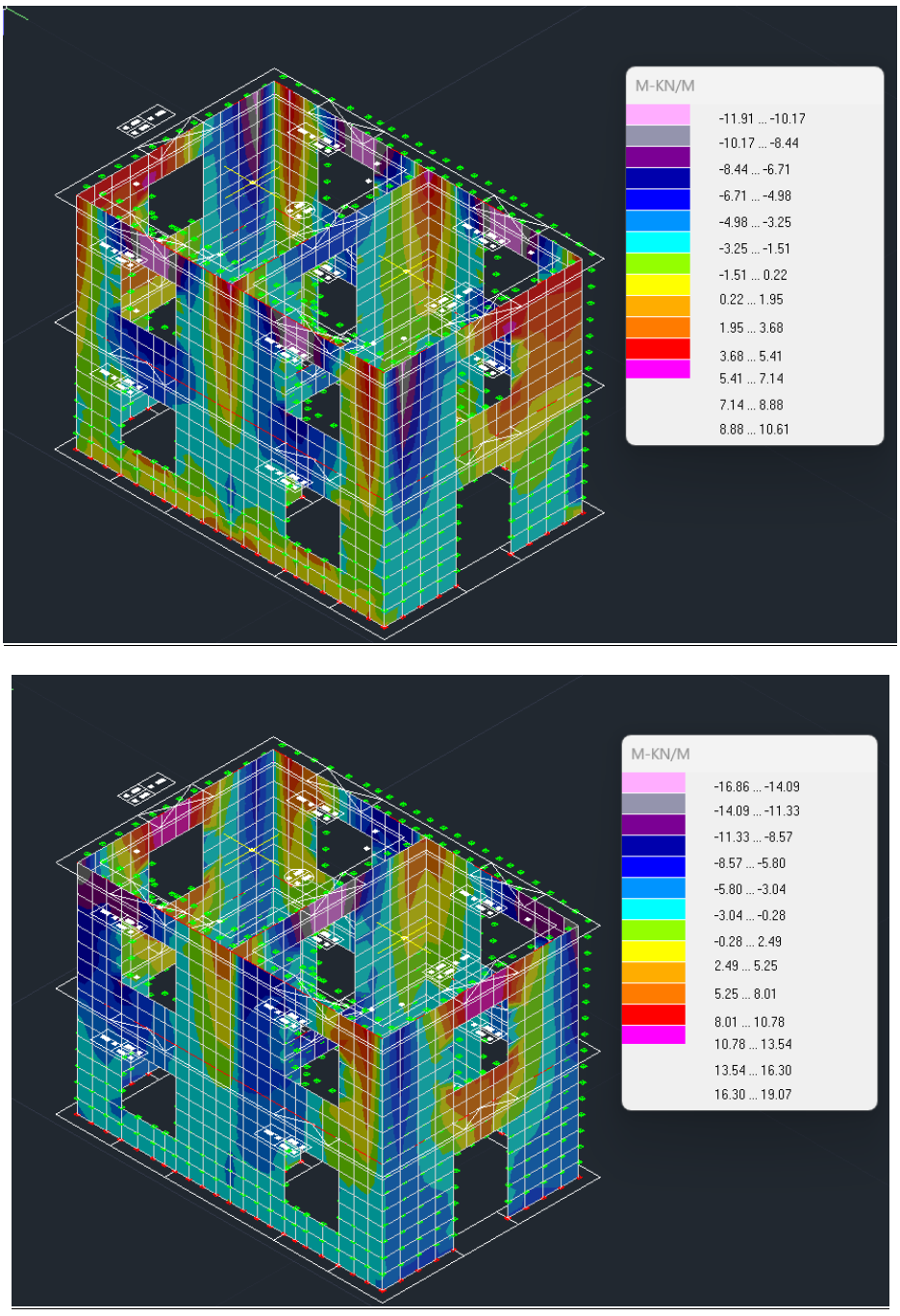


Σχήμα 6.8 *Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxy για τον συνδυασμό EC1_042 διεύθυνση (α)SW VIEW (β) SE VIEW στο λογισμικό 3DR PESSOS.*

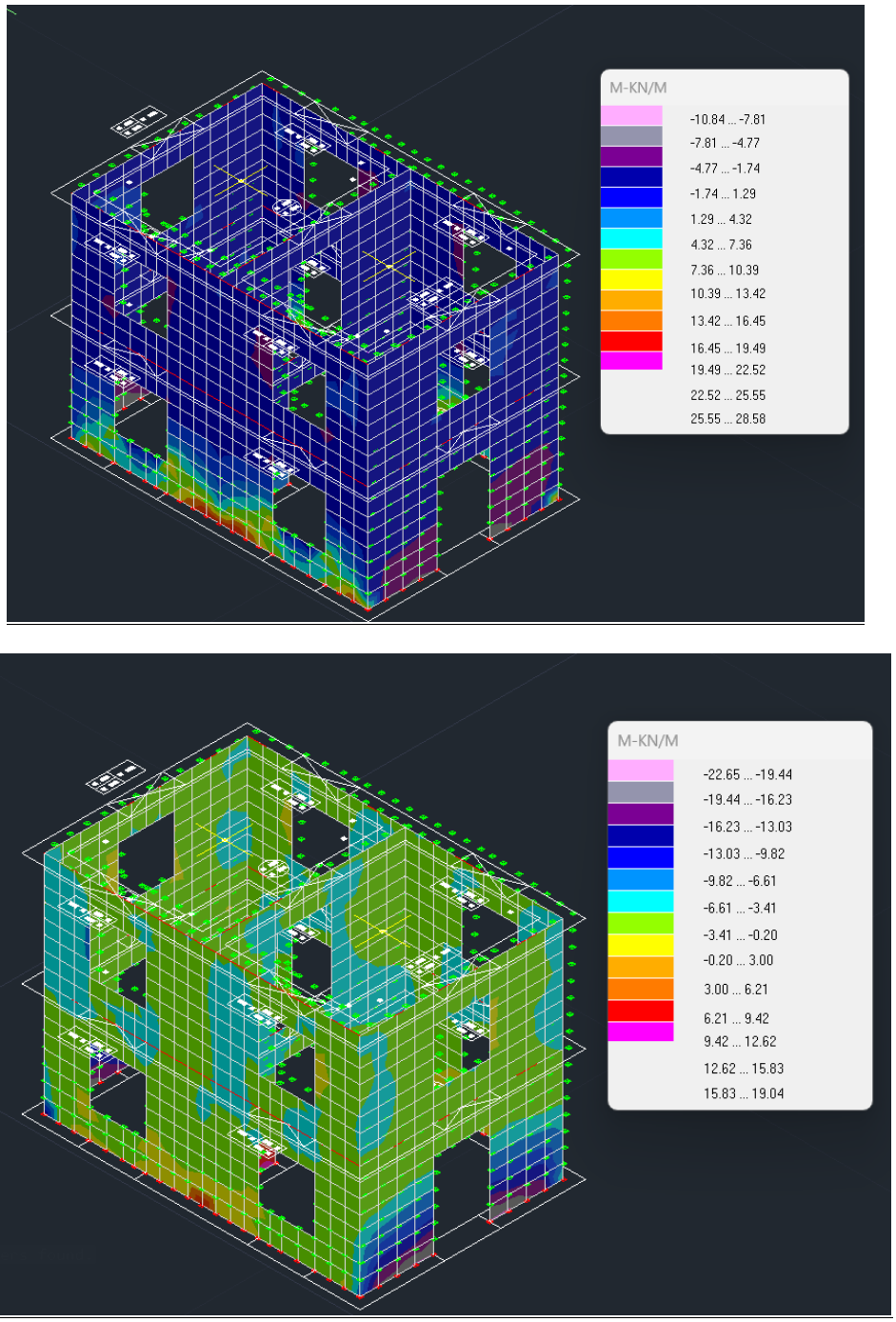
6.4.3 Γραφική ανάλυση εκτός επιπέδου ροπών κάμψης

Η γραφική ανάλυση των ροπών κάμψης εκτός επιπέδου περί κατακόρυφου άξονα M_{xx} και περί οριζόντιου άξονα M_{yy} παρουσιάζονται στα Σχήματα 6.9 και 6.10 για τους συνδυασμούς φόρτισης που εξετάζουμε.

Οι ροπές M_{xx}, οι οποίες αντιστοιχούν σε εκτός επιπέδου κάμψη, προκύπτουν από την ολοκλήρωση των ορθών τάσεων S_{xx} ως προς την απόσταση z από το κέντρο βάρους της κάθε στρώσεις του πεπερασμένου στοιχείου, περί τον άξονα Y που είναι ταυτόσημος με τον καθολικό άξονα της τομής. Αντίστοιχα, προκύπτουν και οι ροπές M_{yy}.



Σχήμα 6.9 *Ροπές κάμψης Mxx εκτός επιπέδου περί κατακόρυφο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα.*



Σχήμα 6.10 *Ροπές κάμψης Myy εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα.*

Συμπερασματικά προκύπτει:

Α) Οι μέγιστες ροπές κάμψης M_{xx} περί κατακόρυφο άξονα (Σχήμα 6.9), αναπτύσσονται κυρίως στα υπέρθυρα και γενικότερα περιμετρικά των ανοιγμάτων του ανώτερου ορόφου.

Β) Οι μέγιστες ροπές κάμψης M_{yy} περί οριζόντιο άξονα (Σχήμα 6.10) , απαντώνται στο κέντρο της βάσης των πεσσών του ισογείου Εάν η κατεύθυνση της σεισμικής φόρτισης (EC1_042)

είναι παράλληλη με τον ενδιάμεσο εσωτερικό πεσσό, παρατηρείται επιπρόσθετη συγκέντρωση ροπών στην στέψη αυτού.

6.5 ΕΛΕΓΧΟΙ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΕΝΤΑΤΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΣΤΑΘΜΗ Β1

Οι έλεγχοι επάρκειας με όρους εντατικών μεγεθών στους πεσσούς των τοίχων του φορέα, πραγματοποιούνται για κατακόρυφα φορτία, καθώς και καμπτική και διατμητική καταπόνηση, τόσο εντός όσο και εκτός επιπέδου. Συγκεκριμένα, η εκτός επιπέδου σεισμική δράση εξετάζεται για τον συνδυασμό φόρτισης EC1_006, ενώ η εντός επιπέδου σεισμική δράση για τον συνδυασμό EC1_042.

Σε όλους τους παρακάτω ελέγχους εξετάζεται ο δείκτης λ (επάρκειας ή ανεπάρκειας), ο οποίος εκφράζει τη δυσμενέστερη τιμή που προκύπτει για κάθε εντατική κατάσταση ανά πεσσό. Στο τέλος του πίνακα παρουσιάζεται η μέγιστη τιμή του δείκτη λ που προκύπτει συνολικά για κάθε πεσσό. Ο δείκτης λ λαμβάνει τιμές από 0 έως μεγαλύτερες μονάδες. Τιμές του λ <1,00 υποδηλώνουν επάρκεια, τιμή λ=1,00 οριακή κατάσταση, ενώ τιμές λ>1,00 υποδηλώνουν ανεπάρκεια του ελέγχου. Όσο μικρότερη είναι η τιμή του λ, τόσο μεγαλύτερο είναι το περιθώριο ασφαλείας του στοιχείου.

Πίνακας 6.4 *Παράμετροι και σχέσεις ελέγχου εντατικών μεγεθών πεσσών.*

Πεδίο	Περιγραφή
N_{Sdmax}	Μέγιστη Αξονική δύναμη στην βάση του πεσσού
σ_c	Μέγιστη ορθή τάση στην βάση του πεσσού
f_d	Θλιπτική αντοχή σχεδιασμού
Έλεγχος σε κατακόρυφα φορτία	σ_c/f_d
l_c	Μήκος θλιβόμενης ζώνης
f_{Vd}	Διατμητική αντοχή σχεδιασμού τοιχοποίας
V_{Sd}	Τέμνουσα στη βάση του πεσσού
V_F	Ικανοτική τέμνουσα (ελεγχόμενη από κάμψη)
V_V	Ικανοτική τέμνουσα (ελεγχόμενη από διάτμηση)
V_{Rd}	Διατμητική αντοχή min(V_F, V_V) (έχουν ληφθεί υπόψη και οι ξυλοδεσιές (αν υπάρχουν)) ή διατμητική αντοχή εκτός επιπέδου στην βάση του πεσσού
Έλεγχος σε διάτμηση	V_{Sd}/V_{Rd}
N_{Sd}	Αξονική δύναμη στην βάση του πεσσού
vsd	Ανηγμένο αξονικό φορτίο στην βάση του πεσσού
$M_{Sd,Z}$	Έλεγχος σε κάμψη (εντός επιπέδου)
M_{Rd}	Καμπτική ροπή αντοχής (εντός επιπέδου)
Έλεγχος Καμπτική ροπή (εντός επιπέδου)	$M_{Sd,Z}/M_{Rd}$
$M_{Sd,X}$	Καμπτική ροπή (εκτός επιπέδου) περί οριζοντίου άξονα στην κορυφή/μέση/βάση του πεσσού
M_{Rd1}	Καμπτική ροπή αντοχής (εκτός επιπέδου) περί οριζόντιο άξονα στην κορυφή/μέση/βάση
Έλεγχος Καμπτική ροπή (εκτός επιπέδου)	max($M_{Sd,X}$)/M_{Rd1} στην κορυφή/μέση/βάση
$M_{Sd,Y}$	Καμπτική ροπή (εκτός επιπέδου) περί κατακόρυφο άξονα στην κορυφή/μέση/βάση του πεσσού
M_{Rd2}	Καμπτική ροπή αντοχής (εκτός επιπέδου) περί κατακόρυφο άξονα στην κορυφή/μέση/βάση
Έλεγχος Καμπτική ροπή (εκτός επιπέδου)	max($M_{Sd,Y}$)/M_{Rd2} στην κορυφή/μέση/βάση

6.5.1 Έλεγχος σε κατακόρυφα φορτία

Η μέγιστη ορθή θλιπτική τάση σ_c οφείλει να είναι μην υπερβαίνει την θλιπτική αντοχή σχεδιασμού f_d, προκειμένου να ικανοποιείται ο έλεγχος σε κατακόρυφα φορτία. Ισχύει η παρακάτω σχέση:

$$\sigma_c = \frac{N_{sd,max}}{A_w} \leq f_d \qquad \textbf{(6.8)}$$

Στους παρακάτω πίνακες εμφανίζονται η μέγιστες αξονικές δυνάμεις για τον κάθε πεσσό του κάθε ορόφου και Aw το εμβαδόν στη στάθμη ελέγχου. Για τη στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων ανεκτή γ_m=1.35 το f_d προκύπτει από την παρακάτω σχέση για f_{mc}=2000 kN/m^2.

$$f_d = \frac{f_{mc}}{\gamma_m} = \frac{2000}{1.35} = 1481.48 \text{ kPa} \qquad \textbf{(6.9)}$$

Το αποτελέσματα και ο έλεγχος των πεσσών σε κατακόρυφα φορτία συνοψίζονται στους Πίνακες 6.5 & 6.6 για την κάθε στάθμη αντίστοιχα, από τους οποίους προκύπτει επάρκεια όλων των πεσσών σε αξονικά φορτία.

Πίνακας 6.5 *Έλεγχος πεσσών πρώτης στάθμης σε κατακόρυφα φορτία.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	$N_{sd,max}$ (KN)	$\sigma_{,c}$ (KPa)	$f_{,d}$ (kPA)	ΈΛΕΓΧΟΣ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	334.00	285.47	1481.48	0.19
	3	334.00	285.47	1481.48	0.19
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	266.12	369.61	1481.48	0.25
	6	330.27	366.97	1481.48	0.25
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	344.91	294.79	1481.48	0.20
	9	344.91	294.79	1481.48	0.20
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	266.12	369.61	1481.48	0.25
	12	330.27	366.97	1481.48	0.25
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	341.83	292.16	1481.48	0.20
	15	341.83	292.16	1481.48	0.20
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	329.75	366.39	1481.48	0.25
	18	258.15	358.53	1481.48	0.24
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	329.75	366.39	1481.48	0.25
	21	258.15	358.53	1481.48	0.24

Πίνακας 6.6 *Έλεγχος πεσσών δεύτερης στάθμης σε κατακόρυφα φορτία.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	$N_{sd,max}$(KN)	$\sigma_{,c}$ (KPA)	$f_{,d}$ (KPA)	ΈΛΕΓΧΟΣ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	140.23	119.86	1481.48	0.08
	24	140.23	119.86	1481.48	0.08
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	97.24	135.06	1481.48	0.09
	27	120.13	133.48	1481.48	0.09
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	140.51	120.09	1481.48	0.08
	30	140.51	120.09	1481.48	0.08
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	97.24	135.06	1481.48	0.09
	33	120.13	133.48	1481.48	0.09
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	130.77	111.77	1481.48	0.08
	36	130.77	111.77	1481.48	0.08
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	120.36	133.73	1481.48	0.09
	39	99.04	137.56	1481.48	0.09
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	120.36	133.73	1481.48	0.09
	43	99.04	137.56	1481.48	0.09

6.5.2 Έλεγχος σε διάτμηση

6.5.2.1 Έλεγχος σε διάτμηση εντός επιπέδου

Ο έλεγχος σε εντός επιπέδου διάτμηση των πεσσών του ισογείου παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 6.7.

Πίνακας 6.7 *Έλεγχος πεσσών σε διάτμηση εντός επιπέδου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	$l_{,c}$ (M)	$f_{,Vd}$ (kPa)	$V_{,Sd}$ (kN)	$V_{,F}$ (kN)	$V_{,V}$ (kN)	$V_{,RD}$ (kN)	ΈΛΕΓΧΟΣ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	1.58	156.14	74.13	25.74	147.58	25.74	2.88
	3	EC1_006	1.51	196.70	66.04	35.89	177.64	35.89	1.84
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	0.00	83.33	26.52	7.68	0.00	0.00	10.00
	6	EC1_042	0.00	83.33	68.42	6.02	0.00	0.00	10.00
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	0.00	83.33	92.20	21.90	0.00	0.00	10.00
	9	EC1_006	0.00	83.33	105.83	20.38	0.00	0.00	10.00
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	1.19	147.97	36.15	23.32	105.35	23.32	1.55
	12	EC1_042	0.00	83.33	57.19	16.79	0.00	0.00	10.00
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	0.00	83.33	118.22	5.49	0.00	0.00	10.00
	15	EC1_006	1.26	264.66	122.39	98.15	199.43	98.15	1.25
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	1.50	170.92	72.63	46.42	153.83	46.42	1.56
	18	EC1_042	0.55	189.41	36.35	18.05	62.75	18.05	2.01
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	1.50	207.60	83.82	60.21	186.84	60.21	1.39
	21	EC1_042	1.02	191.37	27.93	30.78	116.85	30.78	0.91

Από τα αποτελέσματα των ελέγχων προκύπτει ότι όλοι οι πεσσοί του ισογείου, με εξαίρεση τον πεσσό 21, δεν επαρκούν έναντι εντός επιπέδου διάτμησης, ενώ ορισμένοι εμφανίζουν πλήρη αστοχία. Για τους πεσσούς στους οποίους προκύπτει l_c=0, θεωρείται ότι δεν αναπτύσσεται ενεργή θλιβόμενη ζώνη και συνεπώς το στοιχείο αδυνατεί να παραλάβει διατμητικές τάσεις. Για τον λόγο αυτό, το πρόγραμμα του αποδίδει ενδεικτική τιμή του δείκτη ανεπάρκειας λ=10,00 , υποδηλώνοντας πλήρη ανεπάρκεια ή αστοχία του στοιχείου. σε διάτμηση.

6.5.2.2 Έλεγχος σε διάτμηση εκτός επιπέδου

Ο έλεγχος σε εκτός επιπέδου διάτμηση των πεσσών του ισογείου παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 6.8.

Πίνακας 6.8 *Έλεγχος πεσσών σε διάτμηση εκτός επιπέδου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	$V_{,SD}$ (kN)	$V_{,RD}$ (kN)	ΈΛΕΓΧΟΣ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	35.38	162.70	0.22
	3	EC1_042	37.59	176.12	0.21
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	27.33	21.90	1.25
	6	EC1_006	28.65	21.83	1.31
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	26.51	5.53	4.79
	9	EC1_042	23.95	4.88	4.91
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	42.16	121.39	0.35
	12	EC1_006	38.21	124.85	0.31
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	39.81	25.83	1.54
	15	EC1_042	39.89	45.43	0.88
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	28.90	12.98	2.23
	18	EC1_006	19.31	10.78	1.79
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	37.77	159.68	0.24
	21	EC1_006	35.16	126.21	0.28

Για να επαρκούν οι πεσσοί σε εκτός επιπέδου θα πρέπει ο δείκτης ανεπάρκειας που ορίζεται από τον λόγο λ=V_{sd} / V_{rd}< 1 .

Η δρώσα τέμνουσα εξάγεται απευθείας από τα αποτελέσματα της ανάλυση του προσομοιώματος στο λογισμικό υπολογισμού και συμβολίζεται με V_{sd}.

Η ικανοτική τέμνουσα έναντι ανατροπής δίνεται από την σχέση:

$$\boldsymbol{V_{rd}= \lambda \cdot W \cdot (1+\Psi) \cdot (t/H_o)} \qquad \textbf{(6.10)}$$

Όπου Ψ=2P/W με W=N_{sd}.

Επιπλέον, λαμβάνεται λ=2 και Ψ=0 υπερ. της ασφάλειας.

Από τα αποτελέσματα των ελέγχων προκύπτει ότι περίπου οι μισοί πεσσοί επαρκούν έναντι διάτμησης εκτός επιπέδου παρουσιάζοντας ικανοποιητικές φέρουσες ικανότητες που συνεπάγονται χαμηλότερες τιμές του δείκτη λ. Αντίθετα, στους ελέγχους εντός επιπέδου διάτμησης παρατηρούνται σημαντικές ανεπάρκειες σε μεγάλο αριθμό πεσσών, μα αρκετά στοιχεία να εμφανίζουν ιδιαίτερα αυξημένους δείκτες ανεπάρκειας.

Συνεπώς, το δόμημα εμφανίζει συνολικά ευνοϊκότερη συμπεριφορά έναντι δράσεων εκτός επιπέδου, ενώ η απόκριση του σε εντός επιπέδου διάτμηση κρίνεται σαφώς δυσμενέστερη και περισσότερο ευάλωτη σε τοπικές αστοχίες.

6.5.3 Έλεγχος σε κάμψη

6.5.3.1 Έλεγχος σε κάμψη εντός επιπέδου

Ο έλεγχος σε εντός επιπέδου κάμψη των πεσσών του ισογείου και του πρώτου ορόφου παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πιν. 6.9 και Πιν.6.10 αντίστοιχα.

Πίνακας 6.9 *Έλεγχος πεσσών ισογείου σε κάμψη εντός επιπέδου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	$N_{,SD}$ (kN)	$v_{,SD}$	$M_{,SD,Z}$ (kNM)	$M_{,RD}$ (kNm)	ΈΛΕΓΧΟΣ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	172.04	0.10	77.40	148.60	0.52
	3	EC1_006	255.95	0.15	121.14	207.17	0.58
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	34.46	0.03	31.49	19.91	1.58
	6	EC1_042	21.21	0.02	40.51	15.61	2.59
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	142.34	0.08	148.94	125.68	1.19
	9	EC1_006	131.42	0.08	141.68	116.96	1.21
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	115.06	0.11	23.52	60.47	0.39
	12	EC1_042	61.30	0.05	48.11	43.54	1.10
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	14.94	0.01	188.20	14.42	13.05
	15	EC1_006	341.59	0.20	190.05	257.57	0.74
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	197.07	0.15	39.98	122.68	0.33
	18	EC1_042	87.85	0.08	36.54	47.72	0.77
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	279.59	0.21	31.71	159.13	0.20
	21	EC1_042	164.92	0.15	43.01	81.36	0.53

Πίνακας 6.10 *Έλεγχος πεσσών Α'ορόφου σε κάμψη εντός επιπέδου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	$N_{,SD}$ (kN)	$v_{,SD}$	$M_{,SD,Z}$ (kNm)	$M_{,RD}$ (kNm)	ΈΛΕΓΧΟΣ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	72.82	0.04	16.36	67.57	0.24
	24	EC1_006	123.53	0.07	24.30	110.57	0.22
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_042	21.15	0.02	2.62	12.40	0.21
	27	EC1_042	35.63	0.03	16.77	25.90	0.65
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	40.92	0.02	11.62	38.82	0.30
	30	EC1_006	99.47	0.06	23.59	90.59	0.26
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_042	42.43	0.04	3.94	24.29	0.16
	33	EC1_042	61.34	0.05	14.95	43.57	0.34
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	52.81	0.03	81.89	49.68	1.65
	36	EC1_006	130.73	0.08	79.31	116.41	0.68
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_042	67.40	0.05	6.12	47.61	0.13
	39	EC1_042	55.31	0.05	9.25	31.21	0.30
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_042	93.34	0.07	7.80	64.37	0.12
	42	EC1_042	77.81	0.07	9.67	45.37	0.21

όπου:

Η τιμή του ανηγμένου αξονικού φορτίου που χρησιμοποιείται στους ελέγχους εντός επιπέδου κάμψης ορίζεται από τη σχέση:

$$v_{sd} = N_{sd} / (L \cdot t \cdot f_d) \qquad (6.11)$$

Η ροπή αντίστασης στην εντός επιπέδου κάμψη δίνεται:

$$M_{sd} = N_{sd} \cdot (1 - 1.15 \cdot v_{sd}) \cdot (L/2) \qquad (6.12)$$

Ο δείκτης ανεπάρκειας λ σε εντός επιπέδου κάμψη δίνεται:

$$\lambda = M_{sd,z} / M_{Rd} \qquad (6.13)$$ και για να ικανοποιείται πρέπει <1.

Από τα αποτελέσματα των ελέγχων προκύπτει ότι περίπου το 25% των πεσσών δεν επαρκούν σε κάμψη εντός επιπέδου, ενώ οι περισσότερες αστοχίες συγκεντρώνονται στο ισόγειο του δομήματος. Το παραπάνω δείχνει ότι το ισόγειο αποτελεί την πλέον επιβαρυμένη στάθμη του δομήματος παρουσιάζοντας μειωμένη καμπτική επάρκεια συγκριτικά με τον όροφο.

6.5.3.2 Έλεγχος σε κάμψη εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα

Ο έλεγχος σε εκτός επιπέδου κάμψη περί τον οριζόντιο άξονα του ισογείου και του Α' ορόφου παρουσιάζονται στους Πιν.6.11 και Πιν.6.12 αντίστοιχα. Προκύπτει ότι οι αστοχίες παρατηρούνται αποκλειστικά στους πεσσούς του ισογείου, με δυσμενέστερη περίπτωση τον τοίχο 3, ενώ οι πεσσοί του ορόφου παρουσιάζουν πλήρη επάρκεια.

Η γραφική απεικόνιση της ροπής κάμψης M_{yy} περί τον οριζόντιο άξονα καθώς και οι τάσεις S_{yy} που την προκαλούν, παρουσιάζονται για τους εξεταζόμενους συνδυασμούς στα σχήματα 6.10 και 6.6 αντίστοιχα.

Πίνακας 6.11 *Έλεγχος πεσσών ισογείου σε κάμψη εκτός επιπέδου (περί οριζόντιο άξονα).*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	$N_{,SD}$ (kN)	$M_{,SD,X}$ (kNm)	$M_{,RD,1}$ (kNm)	ΕΛΕΓΧΟΣ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	305.06	37.03	70.04	0.52
	3	EC1_042	330.23	37.79	73.90	0.51
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	41.06	22.28	11.69	1.91
	6	EC1_006	40.93	30.45	11.78	2.59
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	27.65	35.59	8.12	4.36
	9	EC1_042	24.38	34.25	7.18	4.77
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	227.61	27.97	48.86	0.57
	12	EC1_006	234.09	34.07	53.79	0.63
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	129.15	36.44	34.90	1.04
	15	EC1_042	227.14	36.11	56.24	0.64
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	24.33	30.09	7.12	4.23
	18	EC1_006	20.22	17.87	5.91	3.02
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	299.40	33.44	62.93	0.53
	21	EC1_006	236.65	23.83	49.99	0.48

Πίνακας 6.12 *Έλεγχος πεσσών Α' ορόφου σε κάμψη εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	$N_{,SD}$ (kN)	$M_{,SD,X}$ (kNm)	$M_{,RD,1}$ (kNm)	ΈΛΕΓΧΟΣ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_042	122.74	4.00	33.25	0.12
	24	EC1_042	137.95	3.33	36.99	0.09
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	13.22	1.89	3.90	0.48
	27	EC1_006	18.69	2.85	5.50	0.52
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_042	29.70	2.73	8.71	0.31
	30	EC1_042	47.27	3.43	13.67	0.25
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	79.67	1.80	21.52	0.08
	33	EC1_006	55.87	2.21	15.82	0.14
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_042	80.03	2.79	22.53	0.12
	36	EC1_042	103.41	2.92	28.56	0.10
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	32.07	1.67	9.31	0.18
	39	EC1_006	16.84	1.18	4.95	0.24
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	70.07	3.55	19.55	0.18
	42	EC1_006	59.65	1.36	16.56	0.08

6.5.3.3 Έλεγχος σε κάμψη εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα

Ο έλεγχος σε εκτός επιπέδου κάμψη περί τον κατακόρυφο άξονα του ισογείου και του Α' ορόφου παρουσιάζονται στους Πιν.6.13 και Πιν.6.14 αντίστοιχα. Από τα αποτελέσματα των ελέγχων προκύπτει ότι οι αστοχίες παρατηρούνται αποκλειστικά στους πεσσούς του ορόφου, με δείκτες ανεπάρκειας όχι ιδιαίτερα αυξημένους και σχετικά κοντά στην αποδεκτή μονάδα, ενώ οι πεσσοί του ισογείου παρουσιάζουν πλήρη επάρκεια.

Η γραφική απεικόνιση της ροπής κάμψης M_{xx} περί τον οριζόντιο άξονα καθώς και οι τάσεις S_{xx} που την προκαλούν, παρουσιάζονται για τους εξεταζόμενους συνδυασμούς στα σχήματα 6.9 και 6.7 αντίστοιχα.

Πίνακας 6.13 *Έλεγχος πεσσών ισογείου σε κάμψη εκτός επιπέδου (περί κατακόρυφο άξονα).*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	$M_{,SD,Y}$ (kNm)	$M_{,RD,2}$ (kNm)	ΈΛΕΓΧΟΣ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.19	17.33	0.01
		EC1_042	3.16	17.33	0.18
	3	EC1_006	0.77	17.33	0.04
		EC1_042	3.16	17.33	0.18
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	0.66	10.67	0.06
		EC1_042	0.41	10.67	0.04
	6	EC1_006	0.66	13.33	0.05
		EC1_042	0.41	13.33	0.03
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	1.93	17.33	0.11
		EC1_042	6.54	17.33	0.38
	9	EC1_006	1.93	17.33	0.11
		EC1_042	6.54	17.33	0.38
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.87	10.67	0.08
		EC1_042	0.87	10.67	0.08
	12	EC1_006	0.87	13.33	0.07
		EC1_042	0.87	13.33	0.07
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	1.55	17.33	0.09
		EC1_042	5.11	17.33	0.29
	15	EC1_006	1.55	17.33	0.09
		EC1_042	5.11	17.33	0.29
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	1.27	13.33	0.10
		EC1_042	1.11	13.33	0.08
	18	EC1_006	1.27	10.67	0.12
		EC1_042	1.11	10.67	0.10
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.56	13.33	0.04
		EC1_042	0.68	13.33	0.05
	21	EC1_006	0.56	10.67	0.05
		EC1_042	0.68	10.67	0.06

Πίνακας 6.14 *Έλεγχος πεσσών Α'ορόφου σε κάμψη εκτός επιπέδου (περί κατακόρυφο άξονα).*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	$M_{,SD,Y}$ (kNm)	$M_{,RD,2}$ (kNm)	ΕΛΕΓΧΟΣ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	6.26	17.33	0.36
		EC1_042	20.78	17.33	1.20
	24	EC1_006	6.26	17.33	0.36
		EC1_042	20.78	17.33	1.20
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	11.35	10.67	1.06
		EC1_042	1.18	10.67	0.11
	27	EC1_006	11.35	13.33	0.85
		EC1_042	1.18	13.33	0.09
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	6.73	17.33	0.39
		EC1_042	21.89	17.33	1.26
	30	EC1_006	6.73	17.33	0.39
		EC1_042	21.89	17.33	1.26
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	12.73	10.67	1.19
		EC1_042	6.32	10.67	0.59
	33	EC1_006	12.73	13.33	0.95
		EC1_042	6.32	13.33	0.47
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	3.69	17.33	0.21
		EC1_042	12.24	17.33	0.71
	36	EC1_006	3.69	17.33	0.21
		EC1_042	12.24	17.33	0.71
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	12.84	13.33	0.96
		EC1_042	6.18	13.33	0.46
	39	EC1_006	12.84	10.67	1.20
		EC1_042	6.18	10.67	0.58
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	11.14	13.33	0.84
		EC1_042	1.08	13.33	0.08
	42	EC1_006	11.14	10.67	1.04
		EC1_042	1.08	10.67	0.10

6.6 ΕΛΕΓΧΟΙ ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΙΑΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΣΤΑΘΜΗ Β1

Οι έλεγχοι επάρκειας με κριτήριο τις παραμορφώσεις πραγματοποιούνται για κάθε τοίχο ξεχωριστά. Για να θεωρείται ένας τοίχος επαρκής, πρέπει να ικανοποιείται η ανίσωση ασφάλειας:

$$\lambda = {E_d}/{R_d} \qquad \textbf{(6.14)}$$ και για να ικανοποιείται πρέπει <1.

όπου:

λ: συντελεστής ασφαλείας

E_d: οι παραμορφώσεις που προκαλούνται από τις δράσεις στο δυσμενέστερο συνδυασμό φόρτισης.

R_d: οι διαθέσιμες αντιστάσεις με όρους παραμόρφωσης.

Οι έλεγχοι επάρκειας με κριτήριο τις παραμορφώσεις ταξινομούνται ανάλογα με τον τρόπο που επιδρά η κύρια σεισμική φόρτιση.

Στους παρακάτω ελέγχους προσδιορίζεται ο λόγος ανεπάρκειας

$$\lambda = {\theta_{sd}}/{\theta_u} < 1 \qquad (6.15)$$

Όπου θsd: η απαίτηση του τοίχου με όρους σχετικής μετατόπισης

θu: η ικανότητα του τοίχου με όρους σχετικής μετατόπισης και ισχύει:

$$\theta = 0.008 \cdot {H_o}/{L} \qquad (6.16)$$

Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα των ελέγχων χωρίς περαιτέρω ανάλυση, καθώς στην παρούσα διπλωματική η έμφαση δίνεται κυρίως στους ελέγχους με όρους εντατικών μεγεθών. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι όλοι οι τοίχοι επαρκούν τόσο σε εντός όσο και σε εκτός επιπέδου κλίση, παρουσιάζοντας ικανοποιητική συμπεριφορά ως προς τις αναπτυσσόμενες παραμορφώσεις.

6.6.1 Έλεγχος σε κλίση εντός επιπέδου

Ο έλεγχος σε κλίση εντός επιπέδου των τοίχων σε όρους παραμορφωσιακών μεγεθών παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πιν. 6.15.

Πίνακας 6.15 *Έλεγχος τοίχων σε κλίση εντός επιπέδου με όρους παραμορφωσιακών μεγεθών.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	$\theta_{,SD}$	$\theta_{,RD}$	ΈΛΕΓΧΟΣ
ΤΟΙΧΟΣ 1	EC1_006	0.00039	0.0086	0.05
ΤΟΙΧΟΣ 2	EC1_042	0.00045	0.0049	0.09
ΤΟΙΧΟΣ 3	EC1_006	0.00041	0.0085	0.05
ΤΟΙΧΟΣ 4	EC1_042	0.00045	0.0049	0.09
ΤΟΙΧΟΣ 5	EC1_006	0.00061	0.0039	0.16
ΤΟΙΧΟΣ 6	EC1_042	0.00045	0.005	0.09
ΤΟΙΧΟΣ 7	EC1_042	0.00045	0.005	0.09

6.6.2 Έλεγχος σε κλίση εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα

Ο έλεγχος σε κλίση εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα των τοίχων σε όρους παραμορφωσιακών μεγεθών παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πιν. 6.16.

Πίνακας 6.16 *Έλεγχος τοίχων σε κλίση εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα με όρους παραμορφωσιακών μεγεθών.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	$\theta_{,SD}$	$\theta_{,RD}$	ΈΛΕΓΧΟΣ
ΤΟΙΧΟΣ 1	EC1_042	0.00069	0.011	0.06
ΤΟΙΧΟΣ 2	EC1_006	0.00061	0.011	0.05
ΤΟΙΧΟΣ 3	EC1_042	0.00083	0.03	0.03
ΤΟΙΧΟΣ 4	EC1_006	0.00061	0.011	0.05
ΤΟΙΧΟΣ 5	EC1_042	0.00071	0.03	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 6	EC1_006	0.00059	0.011	0.05
ΤΟΙΧΟΣ 7	EC1_006	0.00059	0.011	0.05

6.6.3 Έλεγχος σε κλίση εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα

Ο έλεγχος σε κλίση εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα των τοίχων σε όρους παραμορφωσιακών μεγεθών παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πιν. 6.17.

Πίνακας 6.17 *Έλεγχος τοίχων σε κλίση εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα με όρους παραμορφωσιακών μεγεθών.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	$\theta_{,SD}$	$\theta_{,RD}$	ΈΛΕΓΧΟΣ
ΤΟΙΧΟΣ 1	EC1_042	0.00084	0.013	0.06
ΤΟΙΧΟΣ 2	EC1_006	0.00033	0.011	0.03
ΤΟΙΧΟΣ 3	EC1_042	0.00085	0.013	0.06
ΤΟΙΧΟΣ 4	EC1_006	0.00042	0.011	0.04
ΤΟΙΧΟΣ 5	EC1_042	0.00059	0.013	0.04
ΤΟΙΧΟΣ 6	EC1_006	0.00075	0.011	0.07
ΤΟΙΧΟΣ 7	EC1_006	0.0007	0.011	0.07

6.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το δόμημα επιλύθηκε για τις στάθμες επιτελεστικότητας Β1 έως Β4. Από τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν παραπάνω προκύπτει ότι στη στάθμη Β1 εμφανίζονται σημαντικές αστοχίες και ανεπάρκειες στους ελέγχους σε αρκετά δομικά στοιχεία. Ωστόσο, στις ενδιάμεσες στάθμες επιτελεστικότητας παρατηρείται σταδιακή βελτίωση της συμπεριφοράς του φορέα, με τις αστοχίες και τις ανεπαρκείς διατομές να μειώνονται προοδευτικά, καθώς περιορίζονται οι απαιτήσεις των ελέγχων. Τελικά, στη στάθμη Β4 διαπιστώνεται πλήρης επάρκεια του δομήματος, χωρίς να εμφανίζονται αστοχίες στους εξεταζόμενους ελέγχους. Παρόλα αυτά, η εμφάνιση εκτεταμένων ανεπαρκειών στις χαμηλότερες στάθμες επιτελεστικότητας καθιστά αναγκαία τη διερεύνηση μέτρων ενίσχυσης, τα οποία παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο μαζί με τις αντίστοιχες δοκιμές και προτάσεις επεμβάσεων.

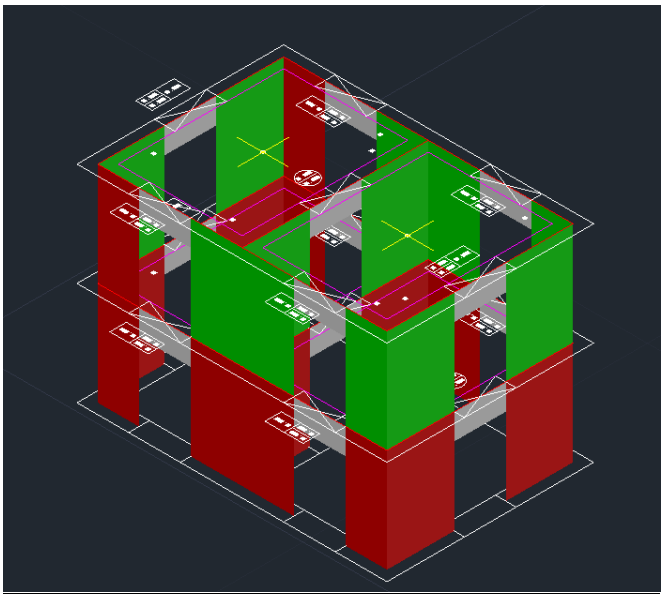
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο παρόν κεφάλαιο εξετάζεται η ενίσχυση της υφιστάμενης τοιχοποιίας του κτιρίου, με στόχο τη βελτίωση της φέρουσας ικανότητας και τον περιορισμό των αστοχιών που προέκυψαν από τη διαδικασία αποτίμησης. Για τον σκοπό αυτό αναπτύχθηκαν επτά (7) διαφορετικά ενισχυμένα προσομοίωματα καθένα από τα οποία αντιστοιχεί σε διαφορετική μέθοδο ενίσχυσης. Σε όλα τα ενισχυμένα προσομοίωματα διατηρήθηκαν αμετάβλητες οι βασικές παράμετροι του αρχικού μοντέλου του κτιρίου, ώστε να είναι δυνατή η άμεση σύγκριση των αποτελεσμάτων και η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας κάθε επέμβασης. Για κάθε περίπτωση πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις και παρουσιάζονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα σε όρους εντατικών μεγεθών, με στόχο την εκτίμηση της συμπεριφοράς του φορέα μετά την εφαρμογή των ενισχύσεων και τη διερεύνηση του βαθμού βελτίωσης της δομικής του απόκρισης.

7.2 ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΣΕΝΑΖ ΣΤΗΝ ΣΤΑΘΜΗ ΤΟΥ ΟΡΟΦΟΥ

Στην πρώτη περίπτωση ενίσχυσης, το κτίριο ενισχύθηκε μέσω της διαφραγματικής λειτουργίας στα επίπεδα των πατωμάτων, καθώς και με την προσθήκη σενάζ στη στάθμη του ορόφου, δεδομένου ότι στη στάθμη της στέγης προϋπήρχε αντίστοιχη περιμετρική ενίσχυση. Η κατασκευή του σενάζ συμβάλλει στη βελτίωση της συνεργασίας των τοίχων, στην καλύτερη κατανομή των οριζόντιων δράσεων και στη συνολική ενίσχυση της δυσκαμψίας και της συνδεσιμότητας του φορέα. Παράλληλα, με την ενεργοποίηση της επιλογής διαφράγματος, το λογισμικό επιβάλλει αυτόματα κινηματική δέσμευση των κόμβων στις αντίστοιχες στάθμες, εξασφαλίζοντας κοινή μετακίνηση των σημείων κάθε διαφράγματος και συνεπώς πιο ομοιόμορφη κατανομή των σεισμικών δράσεων.



Σχήμα 7.1 *Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β1 στη διεύθυνση SW VIEW με την προσθήκη διαφράγματος και σενάζ στο λογισμικό 3DR PESSOS.*

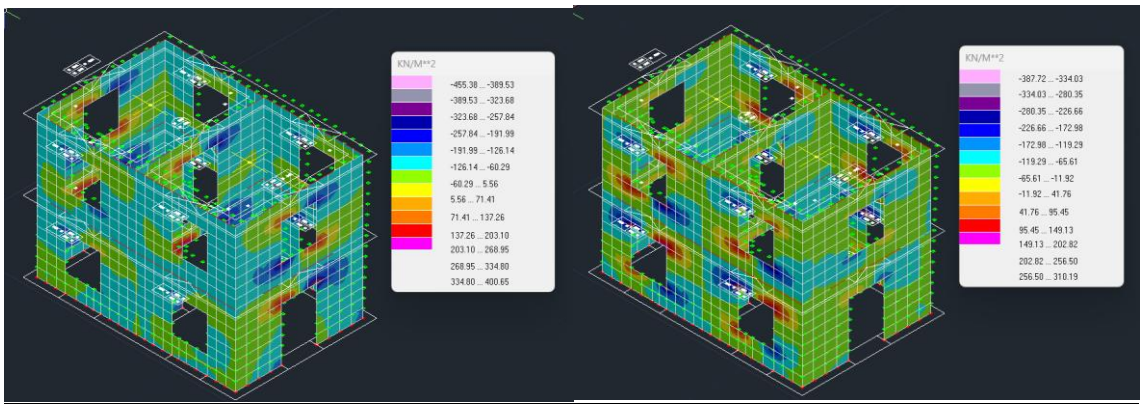
Στο Σχήμα 7.1 παρουσιάζονται οι ανεπάρκειες των πεσσών της τοιχοποιίας σε όρους εντατικών μεγεθών μετά την εφαρμογή διαφράγματος και σενάζ ως τρόπο ενίσχυσης. Παρατηρείται σημαντική βελτίωση της συνολικής συμπεριφοράς του δομήματος σε σχέση με την αρχική κατάσταση, καθώς η πλειονότητα των πεσσών του ορόφου εμφανίζει πλέον επάρκειες (πράσινος χρωματισμός). Αντίθετα, αρκετοί πεσσοί του ισογείου εξακολουθούν να παρουσιάζουν αστοχίες και ανεπάρκειες (κόκκινος χρωματισμός), γεγονός που δείχνει ότι το ισόγειο παραμένει η πλέον επιβαρυμένη και ευάλωτη στάθμη του φορέα.

Το δόμημα αναλύθηκε και στη συγκεκριμένη περίπτωση ενίσχυσης για τις στάθμες επιτελεστικότητας Β1 έως Β4. Ήδη από την στάθμη Β1 παρατηρείται σημαντική βελτίωση της συνολικής συμπεριφοράς του φορέα σε σχέση με την αρχική κατάσταση. Ωστόσο, ορισμένοι πεσσοί του ισογείου εξακολουθούν να εμφανίζουν αυξημένες απαιτήσεις και να καθυστερούν να καταστούν επαρκείς στις επόμενες στάθμες επιτελεστικότητας. Με την εξέλιξη από τη στάθμη Β1 προς τη Β4, οι ανεπάρκειες μειώνονται σταδιακά, χωρίς όμως να παρατηρείται αντίστοιχα έντονη βελτίωση στους πλέον επιβαρυμένους πεσσούς του ισογείου, όπου επικρατεί σχετική στασιμότητα στη συμπεριφορά. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι οι συγκεκριμένοι πεσσοί συνεχίζουν να συγκεντρώνουν εντατικές καταπονήσεις ακόμη και μετά την εφαρμογή της ενίσχυσης. Τελικά, στη στάθμη Β4 επιτυγχάνεται πλήρης επάρκεια όλων των πεσσών του ισογείου, χωρίς να εμφανίζονται αστοχίες στους εξεταζόμενους ελέγχους.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης για τη στάθμη Β1 με την εφαρμογή διαφράγματος και σενάζ σαν μέθοδο ενίσχυσης

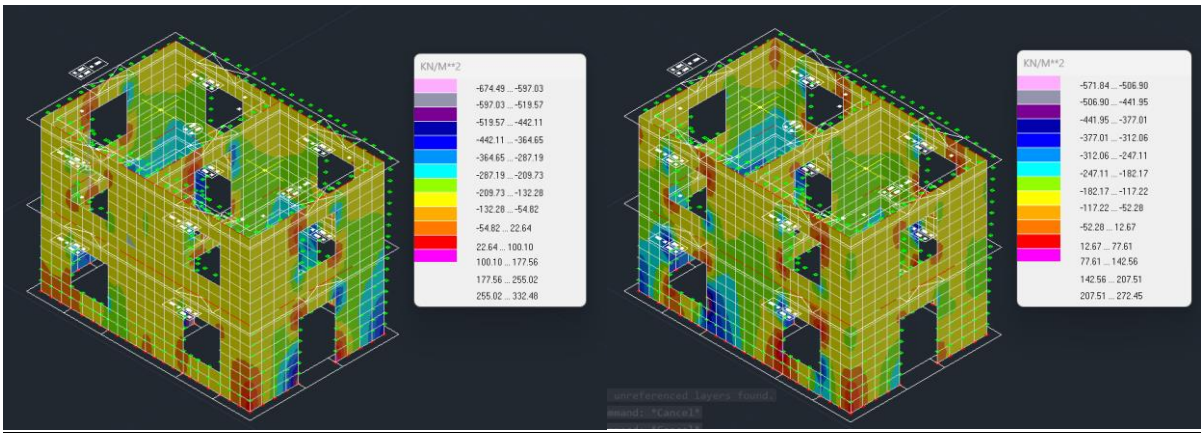
7.2.1 Γραφική ανάλυση των κύριων τάσεων και ροπών κάμψης

Παρακάτω παρουσιάζεται η γραφική ανάλυση των κύριων τάσεων και ροπών κάμψης για τους συνδυασμούς φόρτισης που εξετάζονται.

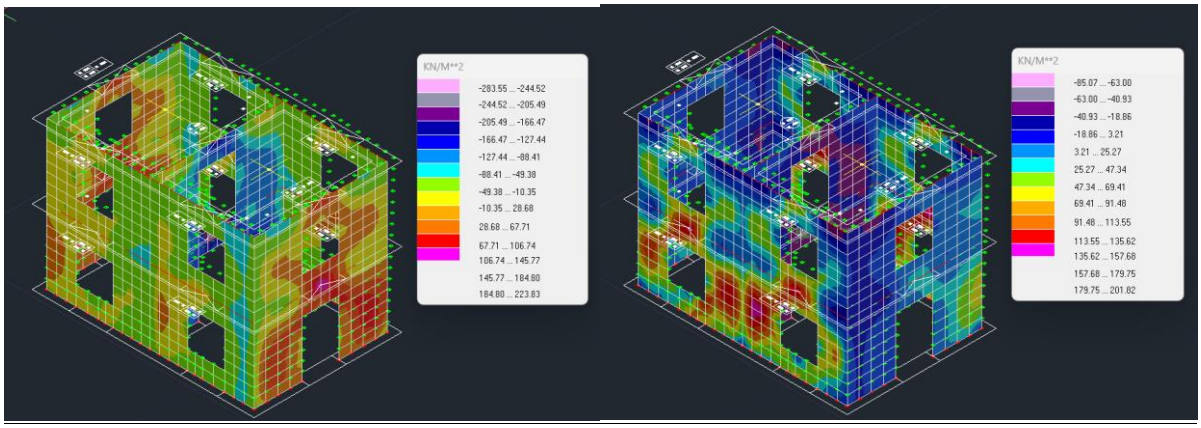


Σχήμα 7.2 *Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxx για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με την προσθήκη διαφράγματος και σενάζ*

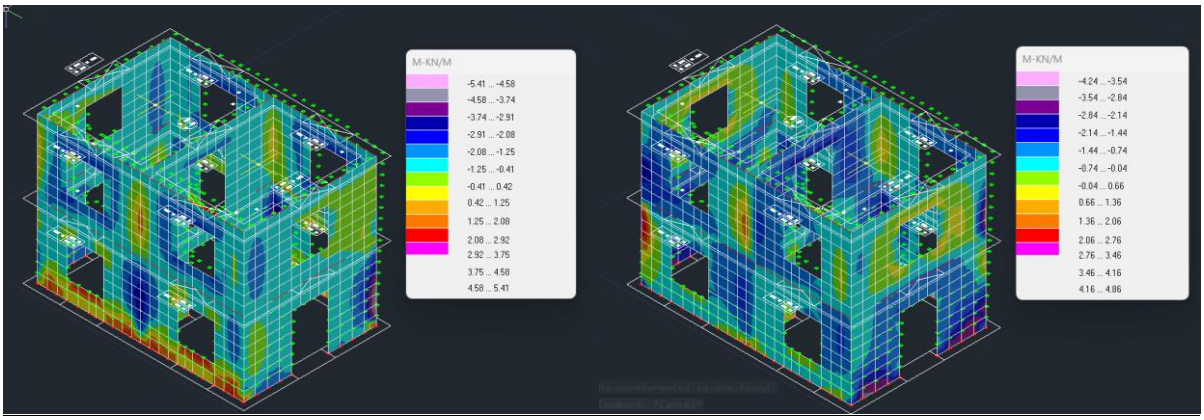
.



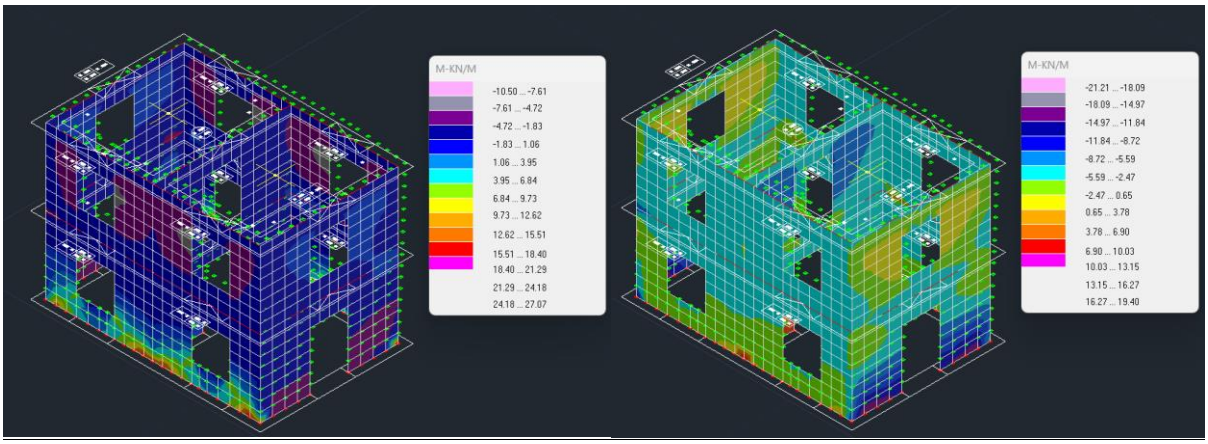
Σχήμα 7.3 *Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Syy για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με την προσθήκη διαφράγματος και σενάζ.*



Σχήμα 7.4 *Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxy για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με την προσθήκη διαφράγματος και σενάζ.*



Σχήμα 7.5 *Ροπές κάμψης Mxx εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα με την προσθήκη διαφράγματος και σενάζ.*



Σχήμα 7.6 *Ροπές κάμψης Myy εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα με την προσθήκη διαφράγματος και σενάζ.*

Από τη γραφική ανάλυση των κύριων τάσεων και των ροπών κάμψης παρατηρείται ότι στη συγκεκριμένη μέθοδο ενίσχυσης, την προσθήκη διαφράγματος και σενάζ στις στάθμες του δομήματος, τόσο η κατανομή όσο και το εύρος τιμών των τάσεων και των ροπών εμφανίζονται μειωμένα σε σχέση με την αρχική κατάσταση. Παρότι η διαφοροποίηση δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλη, διακρίνεται μια γενικά ευνοϊκότερη συμπεριφορά του φορέα και μια πιο ομαλή κατανομή των εντατικών μεγεθών μετά την εφαρμογή της ενίσχυσης. Συνεπώς, η συγκεκριμένη μέθοδος φαίνεται να λειτουργεί θετικά για το δόμημα, χωρίς όμως να επιφέρει δραστική μεταβολή στη συνολική απόκριση του στις χαμηλότερες στάθμες.

7.2.2 Σύγκριση των δεικτών ανεπάρκειας του ενισχυμένου κτιρίου με το υφιστάμενο για διάτμηση και κάμψη

-Διάτμηση εντός επιπέδου

Πίνακας 7.1 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με διάφραγμα και σενάζ κτιρίου με το υφιστάμενο.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	2.88	3.50
	3	EC1_006	1.84	2.19
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	10.00	10.00
	6	EC1_042	10.00	10.00
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	10.00	10.00
	9	EC1_006	10.00	10.00
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	1.55	1.37
	12	EC1_042	10.00	10.00
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	10.00	10.00
	15	EC1_006	1.25	0.69
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	1.56	1.29
	18	EC1_042	2.01	1.84
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	1.39	1.18
	21	EC1_042	0.91	0.73

Οι λόγοι ανεπάρκειας μειώνονται σχεδόν σε όλους τους πεσσούς, ενώ επιπλέον ένας πεσσός εμφανίζεται επαρκής συγκριτικά με την υφιστάμενη κατάσταση. Παρότι παρατηρείται μια γενική βελτίωση της συμπεριφοράς του φορέα, η μεταβολή δεν είναι ιδιαίτερα σημαντική. Συνεπώς, η προσθήκη διαφραγματικής λειτουργίας και σενάζ φαίνεται να έχει περιορισμένη επιρροή στη συμπεριφορά του δομήματος έναντι εντός επιπέδου διάτμησης.

-Διάτμηση εκτός επιπέδου

Πίνακας 7.2 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου του ενισχυμένου με διάφραγμα και σενάζ κτιρίου με το υφιστάμενο.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.22	0.20
	3	EC1_042	0.21	0.20
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.25	1.15
	6	EC1_006	1.31	3.35
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.79	4.18
	9	EC1_042	4.91	4.99
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.35	0.35
	12	EC1_006	0.31	0.31
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.54	1.25
	15	EC1_042	0.88	0.94
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	2.23	1.02
	18	EC1_006	1.79	1.30
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.24	0.23
	21	EC1_006	0.28	0.29

Για την εκτός επιπέδου διάτμηση παρατηρείται ουσιαστικά στασιμότητα στη συμπεριφορά του δομήματος, καθώς δεν εμφανίζονται σημαντικές μεταβολές στους δείκτες ανεπάρκειας των πεσσών. Οι διαφοροποιήσεις που καταγράφονται περιορίζονται σε μικρές αυξομειώσεις των τιμών λ, χωρίς να μεταβάλλεται ουσιαστικά η συνολική εικόνα επάρκειας του φορέα. Συνεπώς, η εφαρμογή διαφραγματικής λειτουργίας και σενάζ φαίνεται να έχει περιορισμένη επιρροή στη συμπεριφορά του δομήματος έναντι εκτός επιπέδου διάτμησης.

-Κάμψη εντός επιπέδου

Πίνακας 7.3 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με διάφραγμα και σενάζ κτιρίου με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.52	0.61
	3	EC1_006	0.58	0.62
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	1.58	1.69
	6	EC1_042	2.59	4.12
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	1.19	1.23
	9	EC1_006	1.21	1.34
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	0.39	0.40
	12	EC1_042	1.10	1.29
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	13.05	1.53
	15	EC1_006	0.74	0.67
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	0.33	0.32
	18	EC1_042	0.77	0.79
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	0.20	0.21
	21	EC1_042	0.53	0.51

Πίνακας 7.4 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με διάφραγμα και σενάζ κτιρίου με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.24	0.17
	24	EC1_006	0.22	0.20
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_042	0.21	0.09
	27	EC1_042	0.65	0.33
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.30	0.26
	30	EC1_006	0.26	0.25
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_042	0.16	0.10
	33	EC1_042	0.34	0.21
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	1.65	0.60
	36	EC1_006	0.68	0.56
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_042	0.13	0.10
	39	EC1_042	0.30	0.29
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_042	0.12	0.10
	42	EC1_042	0.21	0.18

Για την κάμψη εντός επιπέδου παρατηρείται μείωση των δεικτών ανεπάρκειας στους πεσσούς του ισογείου, χωρίς όμως να εμφανίζονται επιπλέον επάρκειες συγκριτικά με την αρχική κατάσταση του κτιρίου. Παρομοίως στον όροφο οι δείκτες ανεπάρκειας μειώνονται και με τον μοναδικό πεσσό που αστοχούσε στην υφιστάμενη κατάσταση εμφανίζεται πλέον επαρκής. Συνεπώς, η εφαρμογή της ενίσχυσης φαίνεται να επιδρά ευνοϊκότερα στους πεσσούς του ορόφου, ενώ η βελτίωση στο ισόγειο παραμένει περιορισμένη.

-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα

Πίνακας 7.5 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα του ενισχυμένου με διάφραγμα και σενάζ κτιρίου με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.52	0.43
	3	EC1_042	0.51	0.43
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.91	1.68
	6	EC1_006	2.59	2.26
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.36	3.62
	9	EC1_042	4.77	4.70
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.57	0.56
	12	EC1_006	0.63	0.56
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.04	0.81
	15	EC1_042	0.64	0.63
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	4.23	1.80
	18	EC1_006	3.02	2.02
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.53	0.45
	21	EC1_006	0.48	0.49

Πίνακας 7.6 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα του ενισχυμένου με διάφραγμα και σενάζ κτιρίου με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_042	0.12	0.09
	24	EC1_042	0.09	0.09
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	0.48	0.35
	27	EC1_006	0.52	0.18
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_042	0.31	0.11
	30	EC1_042	0.25	0.08
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	0.08	0.08
	33	EC1_006	0.14	0.14
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_042	0.12	0.09
	36	EC1_042	0.10	0.08
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.18	0.15
	39	EC1_006	0.24	0.17
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.18	0.16
	42	EC1_006	0.08	0.08

Για την εκτός επιπέδου κάμψη περί τον οριζόντιο άξονα παρατηρείται συνολική μείωση των λόγων ανεπάρκειας στους πεσσούς του δομήματος. Σε ορισμένες περιπτώσεις η βελτίωση

είναι πιο έντονη, με αποτέλεσμα ανεπαρκείς πεσσοί να μετατρέπονται σε επαρκείας, ενώ σε άλλες οι μεταβολές είναι μικρότερες και περιορίζονται σε μείωση των τιμών λ. Συνεπώς, η εφαρμογή της ενίσχυσης φαίνεται να επιδρά γενικά θετικά στη συμπεριφορά του φορέα έναντι εκτός επιπέδου κάμψης περί τον οριζόντιο άξονα.

-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον κατακύφο άξονα

Πίνακας 7.7 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα του ενισχυμένου με διάφραγμα και σενάζ κτιρίου με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.01	0.03
		EC1_042	0.18	0.10
	3	EC1_006	0.04	0.03
		EC1_042	0.18	0.10
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	0.06	0.18
		EC1_042	0.04	0.05
	6	EC1_006	0.05	0.15
		EC1_042	0.03	0.04
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	0.11	0.01
		EC1_042	0.38	0.02
	9	EC1_006	0.11	0.01
		EC1_042	0.38	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.08	0.20
		EC1_042	0.08	0.07
	12	EC1_006	0.07	0.16
		EC1_042	0.07	0.05
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	0.09	0.01
		EC1_042	0.29	0.01
	15	EC1_006	0.09	0.01
		EC1_042	0.29	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	0.10	0.14
		EC1_042	0.08	0.03
	18	EC1_006	0.12	0.17
		EC1_042	0.10	0.04
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.04	0.16
		EC1_042	0.05	0.06
	21	EC1_006	0.05	0.19
		EC1_042	0.06	0.08

Πίνακας 7.8 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα του ενισχυμένου με διάφραγμα και σενάζ κτιρίου με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.36	0.02
		EC1_042	1.20	0.05
	24	EC1_006	0.36	0.02
		EC1_042	1.20	0.05
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	1.06	0.09
		EC1_042	0.11	0.03
	27	EC1_006	0.85	0.07
		EC1_042	0.09	0.03
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.39	0.02
		EC1_042	1.26	0.05
	30	EC1_006	0.39	0.02
		EC1_042	1.26	0.05
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	1.19	0.08
		EC1_042	0.59	0.02
	33	EC1_006	0.95	0.06
		EC1_042	0.47	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	0.21	0.02
		EC1_042	0.71	0.04
	36	EC1_006	0.21	0.02
		EC1_042	0.71	0.04
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.96	0.07
		EC1_042	0.46	0.03
	39	EC1_006	1.20	0.09
		EC1_042	0.58	0.03
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.84	0.06
		EC1_042	0.08	0.02
	42	EC1_006	1.04	0.08
		EC1_042	0.10	0.02

Για την εκτός επιπέδου κάμψη περί τον κατακόρυφο άξονα οι δείκτες ανεπάρκειας μειώνονται σε όλους τους πεσσούς του δομήματος. Οι πεσσοί του ισογείου, οι οποίοι ήταν ήδη επαρκείς, εμφανίζουν περαιτέρω βελτίωση των δεικτών επάρκειας, ενώ στους πεσσούς του ορόφου, η μείωση των λόγων ανεπάρκειας είναι πιο έντονη με αποτέλεσμα όλοι οι πεσσοί εμφανίζονται πλέον επαρκείς. Συνεπώς, η εφαρμογή της ενίσχυσης φαίνεται να επιδρά αρκετά θετικά στη συμπεριφορά του φορέα έναντι εκτός επιπέδου κάμψης περί τον κατακόρυφο άξονα.

7.3 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗ ΜΑΖΑΣ ΜΕΣΩ ΕΝΕΣΕΩΝ

Στην δεύτερη περίπτωση ενίσχυσης, το κτίριο ενισχύθηκε με ομογενοποίησης της μάζας μέσω ενέσεων (ενέματα). Οι ενέσεις που χρησιμοποιήθηκαν έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

-θλιπτική αντοχή ενέματος: f_{grc}=10 MPa

-όγκος ενέματος/ όγκος κονιάματος: n=0.30

-συντελεστής συνάφειας λιθοσώματος- κονιάματος: λ=0.50

-συντελεστής βαθμού λάξευσης λιθοσωμάτων: f_o=2.50

-όγκος μεσαίας στρώσης/ όγκο τοίχου : V_i/V_w=0.45

Συνεπώς, προκύπτει η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας μετά την ενίσχυση από την σχέση:

$$f_{wc} = f_{wco} + \Delta f_o + \lambda \cdot n \cdot f_{grc} \quad (7.1)$$

όπου: f_{wco}= 2 MPa (αρχική θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας)

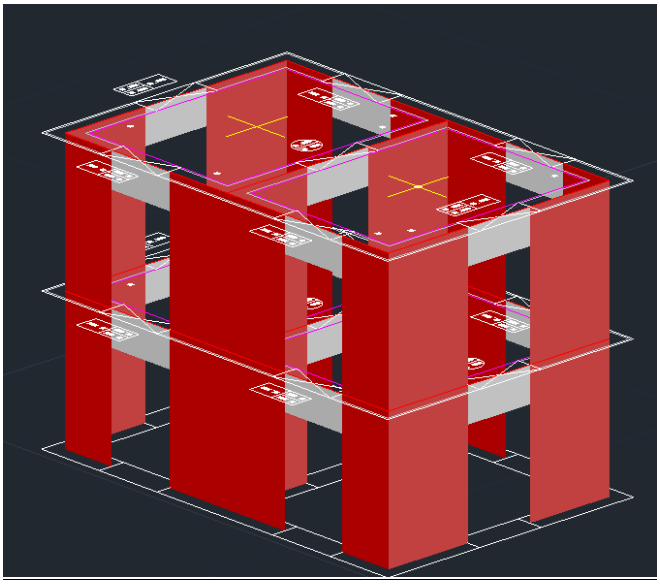
$$\Delta f_o = f_o / (1 + 1/10 \cdot n) \quad (7.2)$$

Άρα: Δf_o= 2,50 / (1 + $1/10 \cdot 0.3$) = 1,87

Επομένως, η νέα θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας:

f_{wc} = 2 + 1,87 + 0,50·0,30·10 = 5,37 MPa

Γενικά, τα ενέματα κατατάσσονται στις ήπιες έως μέτριας έντασης συμβατές επεμβάσεις ενίσχυσης λιθοδομών, καθώς βελτιώνουν εσωτερικά τη συνοχή και την μηχανική συμπεριφορά της τοιχοποιίας χωρίς μεγάλη αύξηση μάζας ή δυσκαμψίας.



Σχήμα 7.7 *Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας B1 στη διεύθυνση SW VIEW με ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενέσεων στο λογισμικό 3DR PESSOS.*

Στο Σχήμα 7.7 παρουσιάζονται οι ανεπάρκειες των πεσσών της τοιχοποιίας σε όρους εντατικών μεγεθών μετά την ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενέσεων. Παρατηρείται ότι οι πεσσοί εξακολουθούν να εμφανίζουν ανεπάρκειες, παρόμοιες με αυτές του υφιστάμενου μοντέλου, γεγονός που κρίνεται αναμενόμενο, καθώς τα ενέματα δεν αποτελούν συνήθως μεμονωμένη μέθοδο ενίσχυσης φέρουσας λιθοδομής αλλά

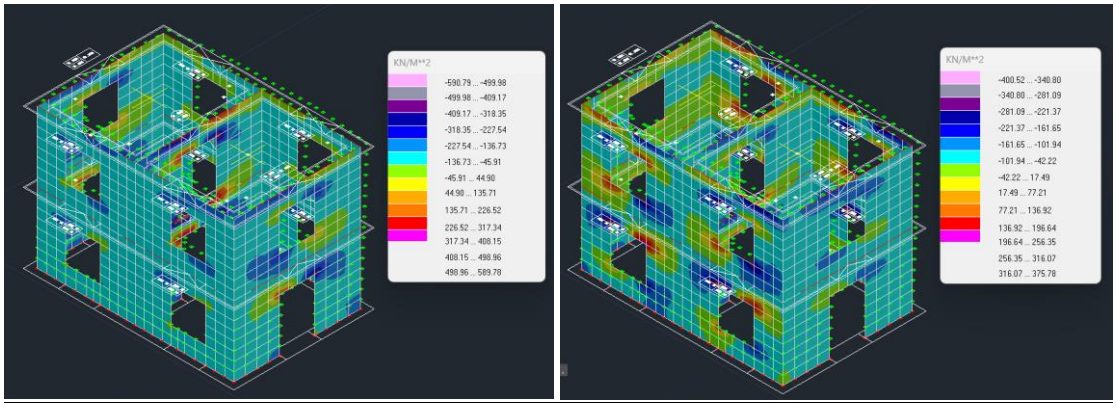
λειτουργούν κυρίως συμπληρωματικά, βελτιώνοντας τη συνοχή και τη συνεργασία της τοιχοποιίας.

Το δόμημα αναλύθηκε για τις στάθμες επιτελεστικότητας B1-B4 και παρατηρήθηκε σταδιακή βελτίωση της συνολικής συμπεριφοράς του φορέα σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Παρότι ορισμένοι πεσσοί του ισογείου συνέχισαν να εμφανίζουν αυξημένες απαιτήσεις στις ενδιάμεσες στάθμες, οι ανεπάρκειες μειώθηκαν προοδευτικά, και στη στάθμη B4 επιτεύχθηκε πλήρης επάρκεια όλων των πεσσών χωρίς εμφάνιση αστοχιών.

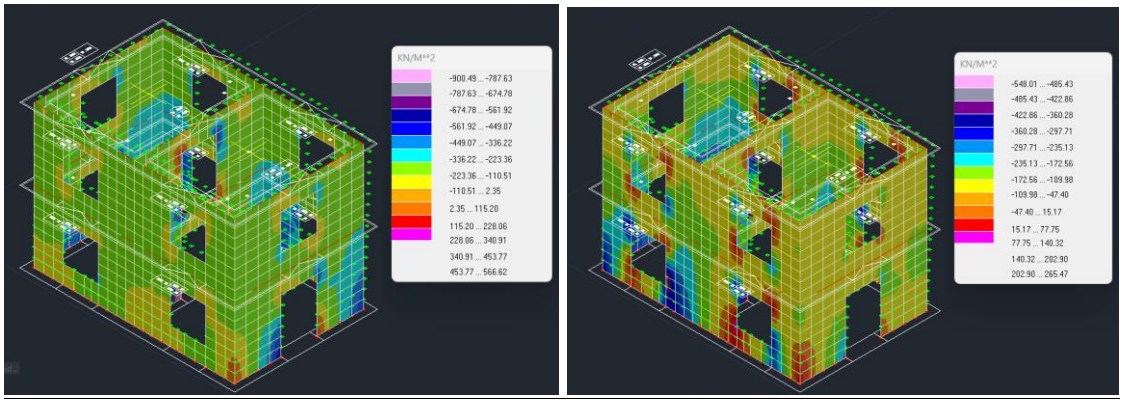
Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης για τη στάθμη B1 με την εφαρμογή ενεμάτων.

7.3.1 Γραφική ανάλυση των κύριων τάσεων και ροπών κάμψης

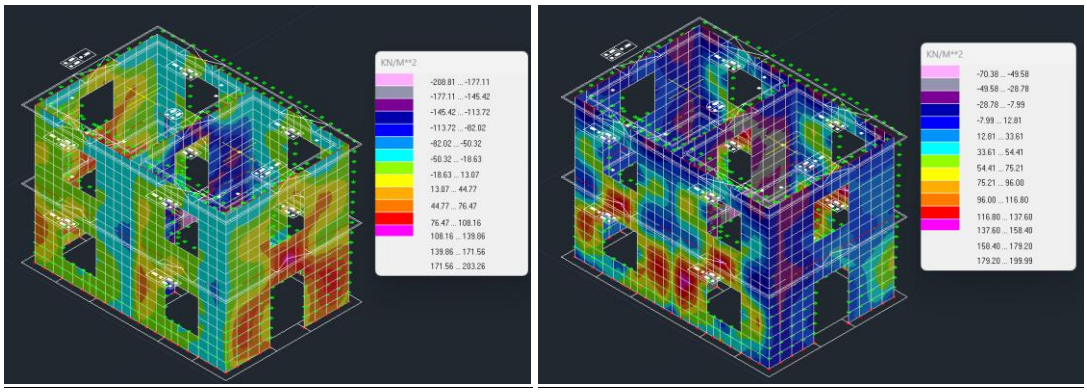
Παρακάτω παρουσιάζεται η γραφική ανάλυση των κύριων τάσεων και ροπών κάμψης για τους συνδυασμούς φόρτισης που εξετάζονται.



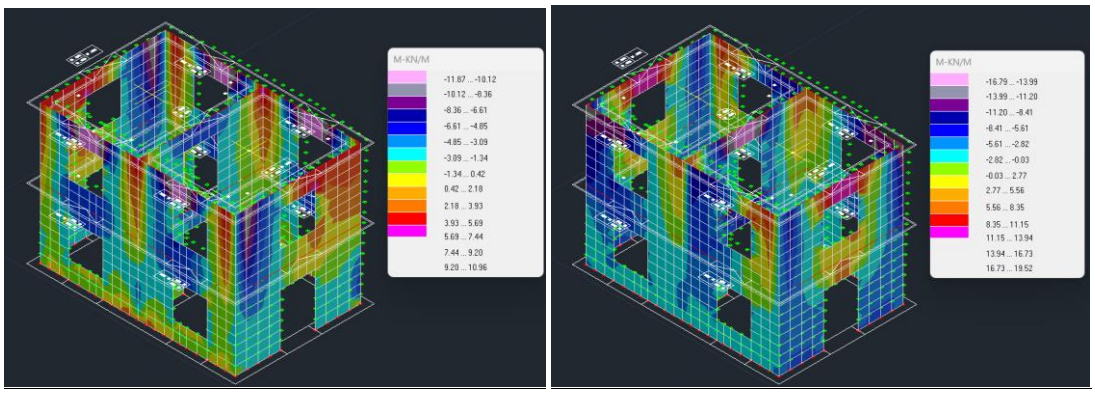
Σχήμα 7.8 *Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxx για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με την με ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενέσεων.*



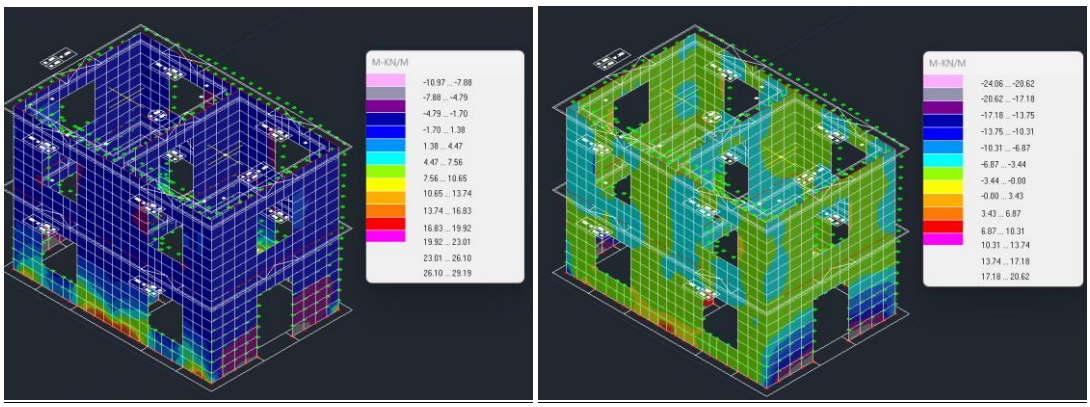
Σχήμα 7.9 *Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Syy για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με την με ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενέσεων.*



Σχήμα 7.10 *Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxy για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με την με ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενέσεων.*



Σχήμα 7.11 *Ροπές κάμψης Mxx εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα με την με ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενέσεων.*



Σχήμα 7.12 *Ροπές κάμψης Myy εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα με την με ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενέσεων.*

Από την γραφική ανάλυση των κύριων τάσεων και των ροπών κάμψης προκύπτει ότι η ενίσχυση μέσω ομογενοποίησης της μάζας με ενέματα δεν επιφέρει ουσιαστική μεταβολή στην κατανομή ή στο εύρος των εντατικών μεγεθών σε σχέση με την αρχική κατάσταση. Παρότι σε ορισμένες περιοχές παρατηρείται μικρή βελτίωση, συνολικά η συμπεριφορά του δομήματος παραμένει σε παρόμοια επίπεδα με το υφιστάμενο μοντέλο.

7.3.2 Σύγκριση των δεικτών ανεπάρκειας του ενισχυμένου κτιρίου με το υφιστάμενο για διάτμηση και κάμψη

-Διάτμηση εντός επιπέδου

Πίνακας 7.9 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενέσεων με το υφιστάμενο.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	2.88	2.73
	3	EC1_006	1.84	1.82
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	10.00	10.00
	6	EC1_042	10.00	10.00
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	10.00	10.00
	9	EC1_006	10.00	10.00
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	1.55	1.48
	12	EC1_042	10.00	10.00
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	10.00	10.00
	15	EC1_006	1.25	1.15
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	1.56	1.17
	18	EC1_042	2.01	1.93
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	1.39	1.02
	21	EC1_042	0.91	0.79

Οι λόγοι ανεπάρκειας μειώνονται σε όλους τους πεσσούς, γεγονός που υποδηλώνει γενική βελτίωση της συμπεριφοράς του φορέα. Ωστόσο, η μεταβολή δεν κρίνεται ιδιαίτερα σημαντική. Συνεπώς, η ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενεμάτων φαίνεται να έχει περιορισμένη επιρροή στη συμπεριφορά του δομήματος έναντι εντός επιπέδου διάτμησης

-Διάτμηση εκτός επιπέδου

Πίνακας 7.10 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου του ενισχυμένου με ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενέσεων με το υφιστάμενο.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.22	0.23
	3	EC1_042	0.21	0.23
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.25	1.32
	6	EC1_006	1.31	1.17
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.79	5.48
	9	EC1_042	4.91	6.81
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.35	0.34
	12	EC1_006	0.31	0.31
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.54	1.67
	15	EC1_042	0.88	0.95
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	2.23	1.96
	18	EC1_006	1.79	1.55
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.24	0.23
	21	EC1_006	0.28	0.29

Για την εκτός επιπέδου διάτμηση δεν παρατηρείται ουσιαστική μεταβολή στη συμπεριφορά του δομήματος, καθώς οι δείκτες ανεπάρκειας των πεσσών παρουσιάζουν μόνο μικρές διαφοροποιήσεις. Συνεπώς, η ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενεμάτων φαίνεται να έχει περιορισμένη επιρροή στη συμπεριφορά του δομήματος έναντι εκτός επιπέδου διάτμησης.

-Κάμψη εντός επιπέδου

Πίνακας 7.11 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενέσεων με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.52	0.54
	3	EC1_006	0.58	0.61
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	1.58	1.38
	6	EC1_042	2.59	1.73
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	1.19	1.14
	9	EC1_006	1.21	1.26
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	0.39	0.42
	12	EC1_042	1.10	1.58
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	13.05	13.76
	15	EC1_006	0.74	0.68
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	0.33	0.35
	18	EC1_042	0.77	0.92
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	0.20	0.23
	21	EC1_042	0.53	0.55

Πίνακας 7.12 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου του με ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενέσεων με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.24	0.29
	24	EC1_006	0.22	0.24
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_042	0.21	0.38
	27	EC1_042	0.65	0.84
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.30	0.38
	30	EC1_006	0.26	0.30
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_042	0.16	0.26
	33	EC1_042	0.34	0.42
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	1.65	1.64
	36	EC1_006	0.68	0.66
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_042	0.13	0.19
	39	EC1_042	0.30	0.36
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_042	0.12	0.17
	42	EC1_042	0.21	0.22

Για την εντός επιπέδου κάμψη δεν παρατηρείται ουσιαστική βελτίωση, καθώς οι δείκτες ανεπάρκειας μεταβάλλονται ελάχιστα μετά την εφαρμογή ενέματος.

-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα

Πίνακας 7.13 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα του ενισχυμένου με ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενέσεων με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.52	0.51
	3	EC1_042	0.51	0.50
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.91	2.01
	6	EC1_006	2.59	2.29
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.36	4.79
	9	EC1_042	4.77	6.24
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.57	0.51
	12	EC1_006	0.63	0.59
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.04	1.03
	15	EC1_042	0.64	0.64
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	4.23	3.69
	18	EC1_006	3.02	2.55
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.53	0.47
	21	EC1_006	0.48	0.44

Πίνακας 7.14 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα του ενισχυμένου με ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενέσεων με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_042	0.12	0.11
	24	EC1_042	0.09	0.09
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	0.48	0.43
	27	EC1_006	0.52	0.49
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_042	0.31	0.30
	30	EC1_042	0.25	0.25
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	0.08	0.05
	33	EC1_006	0.14	0.13
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_042	0.12	0.11
	36	EC1_042	0.10	0.09
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.18	0.09
	39	EC1_006	0.25	0.25
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.18	0.05
	42	EC1_006	0.08	0.05

Για την εκτός επιπέδου κάμψη περί τον οριζόντιο άξονα, δεν παρατηρείται ουσιαστική βελτίωση, παρότι η πλειονότητα των δεικτών ανεπάρκειας παρουσιάζουν μικρή μείωση μετά την εφαρμογή ενέματος.

-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα

Πίνακας 7.15 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα του ενισχυμένου με ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενέσεων με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.01	0.07
		EC1_042	0.18	0.26
	3	EC1_006	0.04	0.07
		EC1_042	0.18	0.26
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	0.06	0.15
		EC1_042	0.04	0.03
	6	EC1_006	0.05	0.12
		EC1_042	0.03	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	0.11	0.12
		EC1_042	0.38	0.41
	9	EC1_006	0.11	0.12
		EC1_042	0.38	0.41
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.08	0.19
		EC1_042	0.08	0.13
	12	EC1_006	0.07	0.15
		EC1_042	0.07	0.10
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	0.09	0.09
		EC1_042	0.29	0.29
	15	EC1_006	0.09	0.09
		EC1_042	0.29	0.29
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	0.10	0.17
		EC1_042	0.08	0.11
	18	EC1_006	0.12	0.21
		EC1_042	0.10	0.14
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.04	0.11
		EC1_042	0.05	0.04
	21	EC1_006	0.05	0.14
		EC1_042	0.06	0.05

Πίνακας 7.16 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα του ενισχυμένου με ομογενοποίηση της μάζας μέσω ενέσεων με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.36	0.34
		EC1_042	1.20	1.11
	24	EC1_006	0.36	0.34
		EC1_042	1.20	1.11
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	1.06	0.98
		EC1_042	0.11	0.10
	27	EC1_006	0.85	0.78
		EC1_042	0.09	0.08
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.39	0.36
		EC1_042	1.26	1.16
	30	EC1_006	0.39	0.36
		EC1_042	1.26	1.16
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	1.19	1.10
		EC1_042	0.59	0.55
	33	EC1_006	0.95	0.88
		EC1_042	0.47	0.44
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	0.21	0.21
		EC1_042	0.71	0.70
	36	EC1_006	0.21	0.21
		EC1_042	0.71	0.70
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.96	0.89
		EC1_042	0.46	0.43
	39	EC1_006	1.20	1.11
		EC1_042	0.58	0.53
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.84	0.77
		EC1_042	0.08	0.07
	42	EC1_006	1.04	0.96
		EC1_042	0.10	0.09

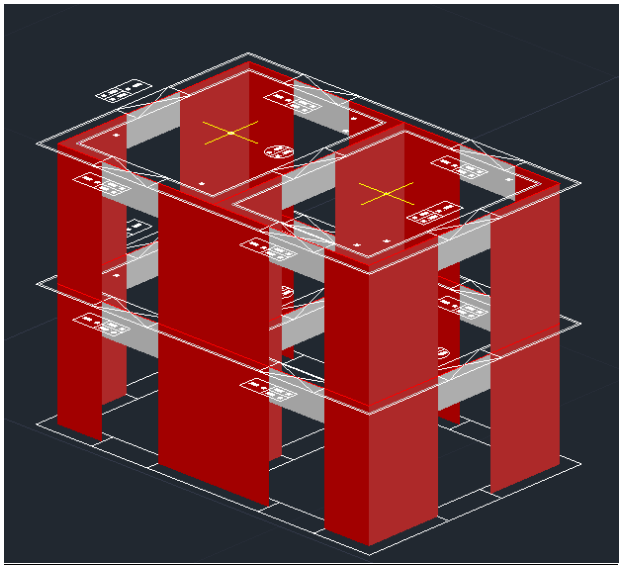
Για την εκτός επιπέδου κάμψη περί τον κατακόρυφο άξονα, παρατηρείται γενική μείωση των λόγων ανεπάρκειας, με ορισμένους πεσσούς να καθίστανται επαρκείς. Συνεπώς, η ενίσχυση επιδρά θετικά στη συμπεριφορά του φορέα έναντι εκτός επιπέδου κάμψης.

7.4 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ ΒΑΘΥ ΑΡΜΟΛΟΓΗΜΑ

Στην τρίτη περίπτωση ενίσχυσης, το κτίριο ενισχύθηκε με βαθύ αρμολόγημα, το οποίο αποτελεί συμβατή και ήπια μέθοδο επέμβασης για φέρουσες λιθοδομές που στοχεύει στη βελτίωση της συνοχής και της μηχανικής συνεργασίας της λιθοδομής μέσω αντικατάστασης του αποσαθρωμένου κονιάματος σε σημαντικό βάθος. Το κονίαμα αρμολόγησης που χρησιμοποιήθηκε παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά:

-θλιπτική αντοχή κονιάματος αρμολόγησης: f_j=10 MPa

-βάθος αμφίπλευρης αρμολόγησης: 120mm.

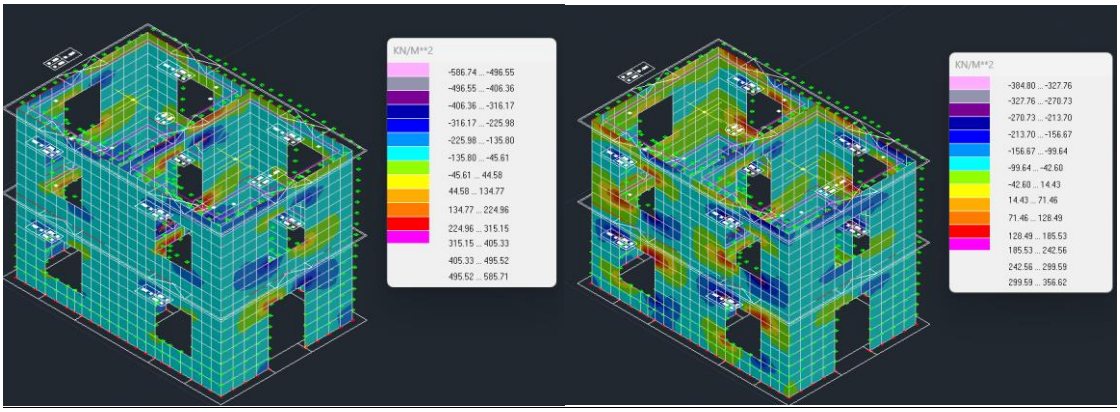


Σχήμα 7.13 *Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β1 στη διεύθυνση SW VIEW με ενίσχυση με βαθύ αρμολόγημα στο λογισμικό 3DR PESSOS.*

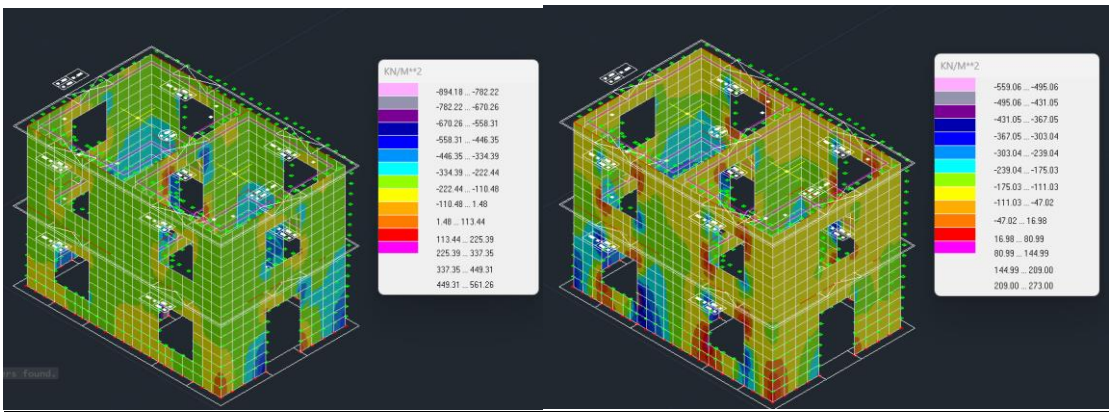
Στο Σχήμα 7.13 παρουσιάζονται οι ανεπάρκειες των πεσσών της τοιχοποιίας σε όρους εντατικών μεγεθών μετά ενίσχυση με βαθύ αρμολόγημα. Οι περισσότεροι πεσσοί συνεχίζουν να εμφανίζουν ανεπάρκειες παρόμοιες με αυτές της αρχικής κατάστασης, γεγονός αναμενόμενο, καθώς το βαθύ αρμολόγημα λειτουργεί κυρίως συμπληρωματικά, ενισχύοντας τη συνοχή και την συνεργασία της τοιχοποιίας. Παρόλα αυτά, παρατηρείται σταδιακή βελτίωση της συμπεριφοράς του φορέα στις υψηλότερες στάθμες επιτελεστικότητας, μέχρι τη στάθμη Β4, όπου όλοι οι πεσσοί καθίστανται επαρκείς χωρίς εμφάνιση αστοχιών.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης για τη στάθμη Β1 με την εφαρμογή ενεμάτων.

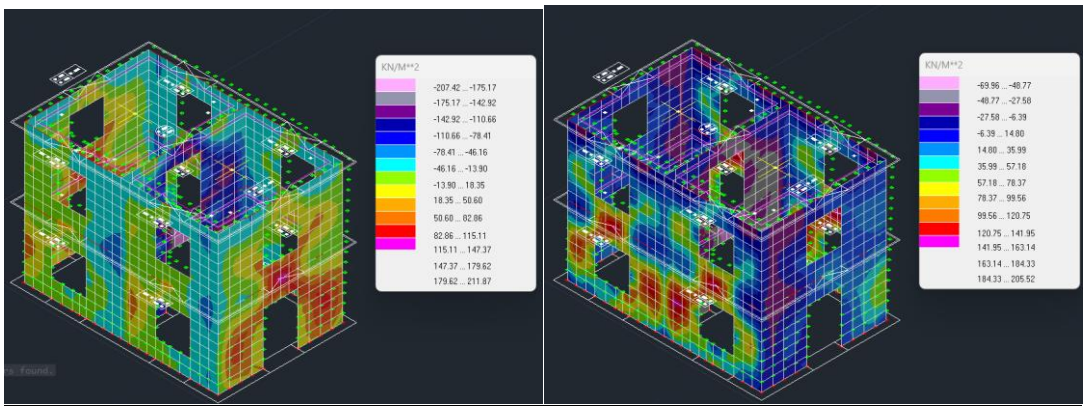
7.4.1 Γραφική ανάλυση των κύριων τάσεων και ροπών κάμψης



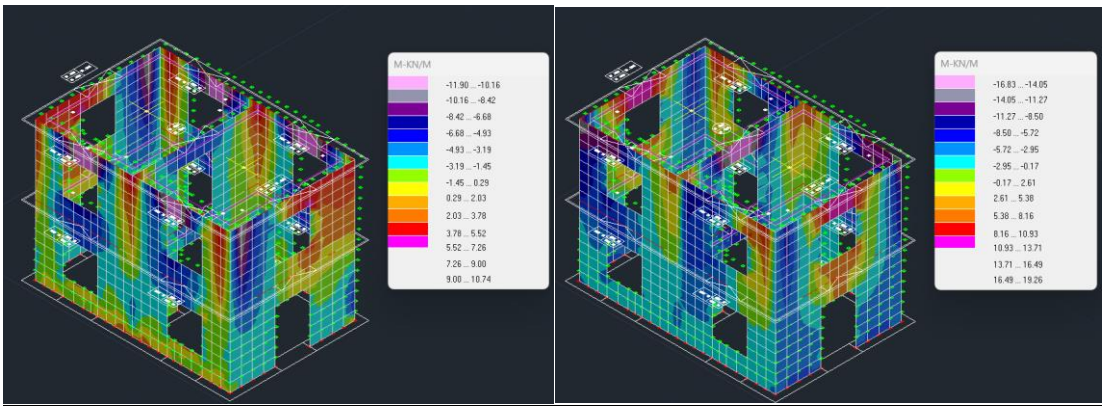
Σχήμα 7.14 *Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxx για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με ενίσχυση με βαθύ αρμολόγημα.*



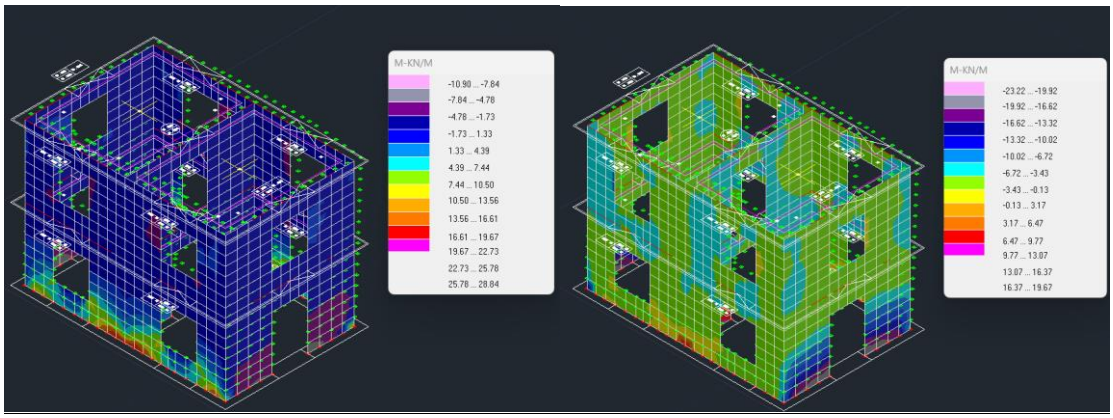
Σχήμα 7.15 *Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Syy για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με την με ενίσχυση με βαθύ αρμολόγημα.*



Σχήμα 7.16 *Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxy για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με την με ενίσχυση με βαθύ αρμολόγημα.*



Σχήμα 7.17 *Ροπές κάμψης Mxx εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα με την με ενίσχυση με βαθύ αρμολόγημα.*



Σχήμα 7.18 *Ροπές κάμψης Myy εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα με την με ενίσχυση με βαθύ αρμολόγημα.*

Από την γραφική ανάλυση των κύριων τάσεων και των ροπών κάμψης προκύπτει ότι η ενίσχυση μέσω αρμολογήματος δεν επιφέρει ουσιαστική μεταβολή στην κατανομή ή στο εύρος των εντατικών μεγεθών σε σχέση με την αρχική κατάσταση.

7.4.2 Σύγκριση των δεικτών ανεπάρκειας του ενισχυμένου κτιρίου με το υφιστάμενο για διάτμηση και κάμψη

-Διάτμηση εντός επιπέδου

Πίνακας 7.17 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση με βαθύ αρμολόγημα με το υφιστάμενο.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	2.88	2.79
	3	EC1_006	1.84	1.84
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	10.00	10.00
	6	EC1_042	10.00	10.00
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	10.00	10.00
	9	EC1_006	10.00	10.00
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	1.55	1.50
	12	EC1_042	10.00	10.00
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	10.00	10.00
	15	EC1_006	1.25	1.17
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	1.56	1.49
	18	EC1_042	2.01	2.01
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	1.39	1.39
	21	EC1_042	0.91	0.88

Οι λόγοι ανεπάρκειας μειώνονται σχεδόν σε όλους τους πεσσούς, αν και η μεταβολή δεν κρίνεται ιδιαίτερα σημαντική. Συνεπώς, το βαθύ αρμολόγημα σαν μέθοδος ενίσχυσης φαίνεται να έχει περιορισμένη επιρροή στη συμπεριφορά του δομήματος έναντι εντός επιπέδου διάτμησης.

-Διάτμηση εκτός επιπέδου

Πίνακας 7.18 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση με βαθύ αρμολόγημα με το υφιστάμενο.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.22	0.22
	3	EC1_042	0.21	0.21
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.25	1.24
	6	EC1_006	1.31	1.26
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.79	5.07
	9	EC1_042	4.91	5.58
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.35	0.34
	12	EC1_006	0.31	0.31
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.54	1.59
	15	EC1_042	0.88	0.91
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	2.23	2.12
	18	EC1_006	1.79	1.69
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.24	0.23
	21	EC1_006	0.28	0.28

Για την εκτός επιπέδου διάτμηση δεν παρατηρείται ουσιαστική μεταβολή στη συμπεριφορά του δομήματος, καθώς οι δείκτες ανεπάρκειας των πεσσών παρουσιάζουν μόνο μικρές διαφοροποιήσεις. Συνεπώς, το βαθύ αρμολόγημα σαν μέθοδος ενίσχυσης φαίνεται να έχει περιορισμένη επιρροή στη συμπεριφορά του δομήματος έναντι εκτός επιπέδου διάτμησης.

-Κάμψη εντός επιπέδου

Πίνακας 7.19 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση με βαθύ αρμολόγημα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.52	0.52
	3	EC1_006	0.58	0.58
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	1.58	1.48
	6	EC1_042	2.59	2.13
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	1.19	1.16
	9	EC1_006	1.21	1.21
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	0.39	0.40
	12	EC1_042	1.10	1.25
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	13.05	13.31
	15	EC1_006	0.74	0.69
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	0.33	0.33
	18	EC1_042	0.77	0.81
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	0.20	0.21
	21	EC1_042	0.53	0.53

Πίνακας 7.20 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου του με ενίσχυση με βαθύ αρμολόγημα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.24	0.26
	24	EC1_006	0.22	0.22
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_042	0.21	0.28
	27	EC1_042	0.65	0.71
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.30	0.33
	30	EC1_006	0.26	0.27
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_042	0.16	0.20
	33	EC1_042	0.34	0.37
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	1.65	1.64
	36	EC1_006	0.68	0.67
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_042	0.13	0.15
	39	EC1_042	0.30	0.32
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_042	0.12	0.14
	42	EC1_042	0.21	0.19

Για την εντός επιπέδου κάμψη δεν παρατηρείται ουσιαστική βελτίωση, καθώς οι δείκτες ανεπάρκειας μεταβάλλονται ελάχιστα μετά την εφαρμογή αρμολογήματος.

-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα

Πίνακας 7.21 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα του ενισχυμένου με ενίσχυση με βαθύ αρμολόγημα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.52	0.51
	3	EC1_042	0.51	0.49
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.91	1.90
	6	EC1_006	2.59	2.45
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.36	4.52
	9	EC1_042	4.77	5.27
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.57	0.53
	12	EC1_006	0.63	0.60
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.04	1.04
	15	EC1_042	0.64	0.63
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	4.23	3.99
	18	EC1_006	3.02	2.81
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.53	0.49
	21	EC1_006	0.48	0.44

Πίνακας 7.22 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα του ενισχυμένου με ενίσχυση με βαθύ αρμολόγημα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_042	0.12	0.12
	24	EC1_042	0.09	0.09
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	0.48	0.39
	27	EC1_006	0.52	0.20
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_042	0.31	0.31
	30	EC1_042	0.25	0.25
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	0.08	0.08
	33	EC1_006	0.14	0.10
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_042	0.12	0.12
	36	EC1_042	0.10	0.10
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.18	0.09
	39	EC1_006	0.25	0.25
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.18	0.05
	42	EC1_006	0.08	0.04

Για την εκτός επιπέδου κάμψη περί τον οριζόντιο άξονα, δεν παρατηρείται ουσιαστική βελτίωση, παρότι η πλειονότητα των δεικτών ανεπάρκειας παρουσιάζουν μείωση μετά την εφαρμογή του αρμολογήματος.

-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα

Πίνακας 7.23 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα του ενισχυμένου με ενίσχυση με βαθύ αρμολόγημα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.01	0.06
		EC1_042	0.18	0.22
	3	EC1_006	0.04	0.06
		EC1_042	0.18	0.22
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	0.06	0.10
		EC1_042	0.04	0.03
	6	EC1_006	0.05	0.08
		EC1_042	0.03	0.03
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	0.11	0.12
		EC1_042	0.38	0.39
	9	EC1_006	0.11	0.12
		EC1_042	0.38	0.39
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.08	0.13
		EC1_042	0.08	0.10
	12	EC1_006	0.07	0.10
		EC1_042	0.07	0.08
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	0.09	0.09
		EC1_042	0.29	0.29
	15	EC1_006	0.09	0.09
		EC1_042	0.29	0.29
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	0.10	0.13
		EC1_042	0.08	0.10
	18	EC1_006	0.12	0.16
		EC1_042	0.10	0.12
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.04	0.07
		EC1_042	0.05	0.04
	21	EC1_006	0.05	0.09
		EC1_042	0.06	0.06

Πίνακας 7.24 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα του ενισχυμένου με ενίσχυση με βαθύ αρμολόγημα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου.*

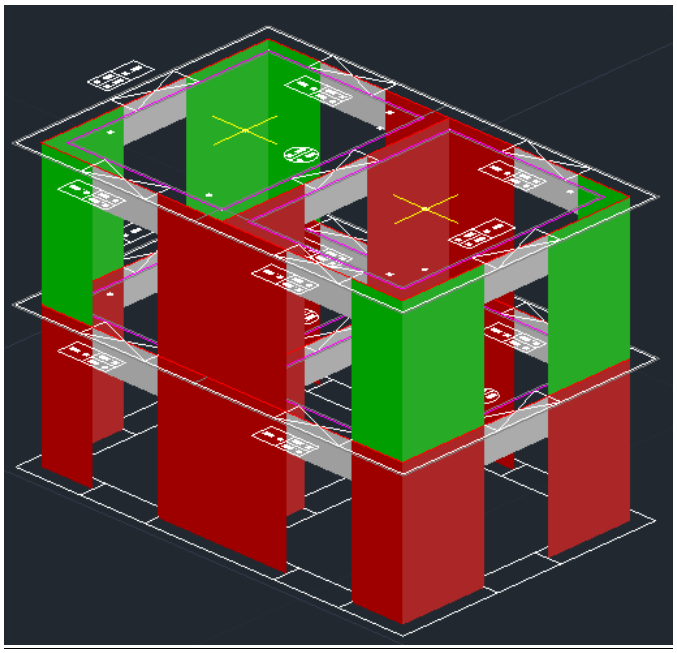
Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.36	0.35
		EC1_042	1.20	1.16
	24	EC1_006	0.36	0.35
		EC1_042	1.20	1.16
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	1.06	1.03
		EC1_042	0.11	0.11
	27	EC1_006	0.85	0.82
		EC1_042	0.09	0.09
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.39	0.37
		EC1_042	1.26	1.22
	30	EC1_006	0.39	0.37
		EC1_042	1.26	1.22
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	1.19	1.15
		EC1_042	0.59	0.57
	33	EC1_006	0.95	0.92
		EC1_042	0.47	0.46
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	0.21	0.21
		EC1_042	0.71	0.70
	36	EC1_006	0.21	0.21
		EC1_042	0.71	0.70
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.96	0.93
		EC1_042	0.46	0.45
	39	EC1_006	1.20	1.16
		EC1_042	0.58	0.56
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.84	0.81
		EC1_042	0.08	0.08
	42	EC1_006	1.04	1.00
		EC1_042	0.10	0.10

Για την εκτός επιπέδου κάμψη περί τον κατακόρυφο άξονα, παρατηρείται γενική μείωση των λόγων ανεπάρκειας, με ορισμένους πεσσούς να καθίστανται επαρκείς. Συνεπώς, η ενίσχυση επιδρά θετικά στη συμπεριφορά του φορέα έναντι εκτός επιπέδου κάμψης.

7.5 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ

Στην τέταρτη περίπτωση, το κτίριο ενισχύθηκε με οπλισμένο επίχρισμα, που εφαρμόστηκε στις τοιχοποιίες με στόχο τη βελτίωση της φέρουσας ικανότητας και της συνολικής σεισμικής συμπεριφοράς του φορέα. Η επέμβαση περιλαμβάνει την τοποθέτηση οπλισμού και την επικάλυψη του με τσιμεντοκονίαμα, ώστε να δημιουργηθεί ένα συνεργαζόμενο σύστημα με την υπάρχουσα τοιχοποιία. Το οπλισμένο επίχρισμα που χρησιμοποιήθηκε έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Πάχος: 4cm
- Διάμετρος ράβδων: 10mm
- Απόσταση ράβδων: 15cm
- Εφελκυστική αντοχή οπλισμού f_y: 500 MPa
- Μέτρο Ελαστικότητας $E_{επιχ.}$: 10GPa
- Ποσοστό Αγκύρωσης Οπλισμού: 0.85
- Διάμετρος Αγκυρίων: 10mm
- Τοποθέτηση: Αμφίπλευρη

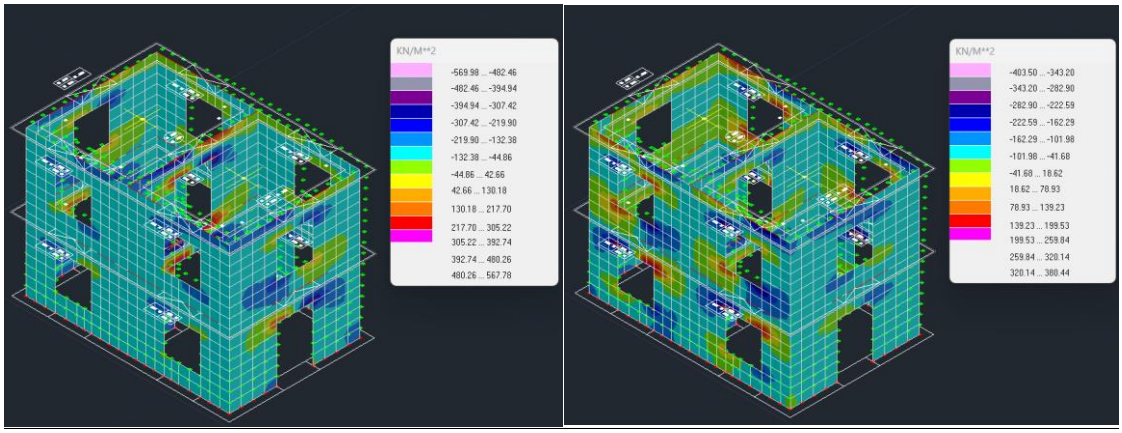


Σχήμα 7.19 *Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β1 στη διεύθυνση SW VIEW με ενίσχυση με οπλισμένα επιχρίσματα στο λογισμικό 3DR PESSOS.*

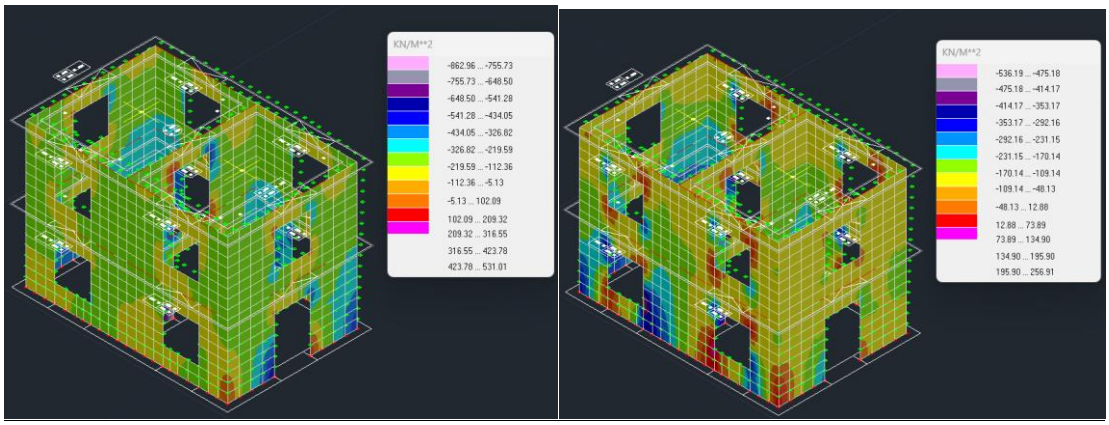
Στο Σχήμα 7.19 παρουσιάζονται οι ανεπάρκειες των πεσσών της τοιχοποιίας σε όρους εντατικών μεγεθών μετά την ενίσχυση με το οπλισμένο επίχρισμα των παραπάνω ιδιοτήτων. Παρατηρείται αισθητή βελτίωση συγκριτικά με την υφιστάμενη κατάσταση, καθώς οι ακριανοί πεσσοί του ορόφου εμφανίζονται πλέον επαρκείς, όπως υποδηλώνεται με τον πράσινο χρωματισμό. Αντίθετα, οι πεσσοί του ισογείου εξακολουθούν να παρουσιάζουν ανεπάρκειες, γεγονός που δείχνει ότι οι σεισμικές απαιτήσεις στη στάθμη αυτή παραμένουν αυξημένες. Ωστόσο, διαπιστώνεται σταδιακή βελτίωση της συμπεριφοράς του φορέα στις υψηλότερες στάθμες επιτελεστικότητας, έως και τη στάθμη Β3, στην οποία όλοι οι πεσσοί καθίστανται επαρκείς χωρίς εμφάνιση αστοχιών.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης για τη στάθμη Β1 μετά την εφαρμογή οπλισμένου επιχρίσματος.

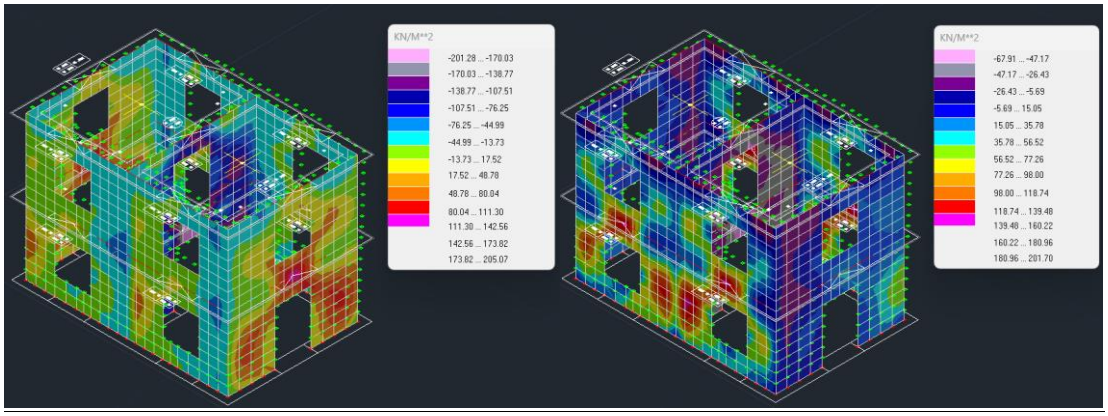
7.5.1 Γραφική ανάλυση των κύριων τάσεων και ροπών κάμψης



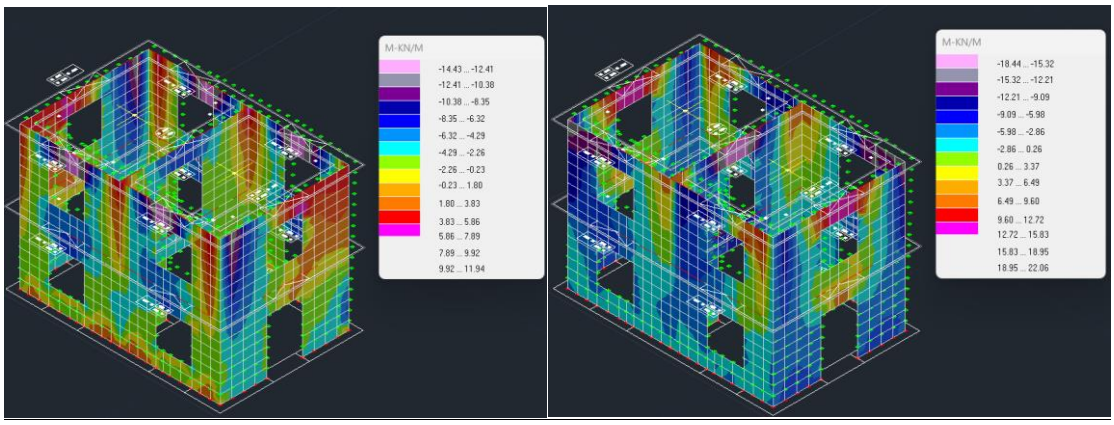
Σχήμα 7.20 *Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxx για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με ενίσχυση με οπλισμένα επιχρίσματα.*



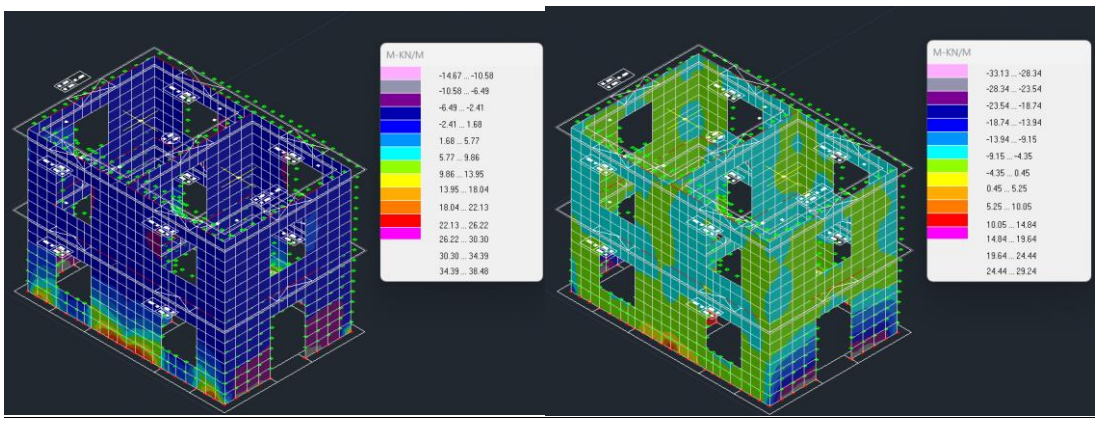
Σχήμα 7.21 *Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Syy για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με ενίσχυση με οπλισμένα επιχρίσματα.*



Σχήμα 7.22 *Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxy για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με ενίσχυση με οπλισμένα επιχρίσματα.*



Σχήμα 7.23 *Ροπές κάμψης Mxx εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα με την με ενίσχυση με οπλισμένα επιχρίσματα.*



Σχήμα 7.24 *Ροπές κάμψης Myy εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα με την με ενίσχυση με οπλισμένα επιχρίσματα.*

Από την γραφική ανάλυση των κύριων τάσεων και των ροπών κάμψης προκύπτει ότι η ενίσχυση με οπλισμένο επίχρισμα δεν επιφέρει ουσιαστική μεταβολή στην κατανομή ή στο εύρος των εντατικών μεγεθών σε σχέση με την αρχική κατάσταση.

7.5.2 Σύγκριση των δεικτών ανεπάρκειας του ενισχυμένου κτιρίου με το υφιστάμενο για διάτμηση και κάμψη

-Διάτμηση εντός επιπέδου

Πίνακας 7.25 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση με οπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	2.88	0.13
	3	EC1_006	1.84	0.11
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	10.00	0.05
	6	EC1_042	10.00	0.12
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	10.00	0.14
	9	EC1_006	10.00	0.16
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	1.55	0.06
	12	EC1_042	10.00	0.10
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	10.00	0.18
	15	EC1_006	1.25	0.17
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	1.56	0.12
	18	EC1_042	2.01	0.06
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	1.39	0.13
	21	EC1_042	0.91	0.05

Οι λόγοι ανεπάρκειας μειώνονται σημαντικά σε όλους τους πεσσούς, παρουσιάζοντας πολύ σημαντική βελτίωση σε σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση. Σε όλες τις περιπτώσεις, οι πεσσοί καθίστανται επαρκείς, γεγονός που καταδεικνύει την ιδιαίτερα θετική επίδραση του οπλισμένου επιχρίσματος στη σεισμική συμπεριφορά της τοιχοποιίας. Η μέθοδος ενίσχυσης συμβάλλει ουσιαστικά στην αύξηση της διατμητικής αντοχής και της δυσκαμψίας του φορέα, βελτιώνοντας τη συνολική απόκριση του δομήματος έναντι εντός επιπέδου δράσεων.

-Διάτμηση εκτός επιπέδου

Πίνακας 7.26 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση με οπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.22	0.27
	3	EC1_042	0.21	0.27
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.25	1.59
	6	EC1_006	1.31	1.38
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.79	5.92
	9	EC1_042	4.91	7.72
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.35	0.38
	12	EC1_006	0.31	0.36
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.54	1.94
	15	EC1_042	0.88	1.13
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	2.23	1.83
	18	EC1_006	1.79	1.71
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.24	0.26
	21	EC1_006	0.28	0.33

Για την εκτός επιπέδου διάτμηση δεν παρατηρείται ουσιαστική μεταβολή στη συμπεριφορά του δομήματος, καθώς οι δείκτες ανεπάρκειας των πεσσών παρουσιάζουν μόνο μικρές διαφοροποιήσεις. Συνεπώς, η χρήση οπλισμένου επιχρίσματος σαν μέθοδος ενίσχυσης φαίνεται να έχει περιορισμένη επιρροή στη συμπεριφορά του δομήματος έναντι εκτός επιπέδου διάτμησης.

-Κάμψη εντός επιπέδου

Πίνακας 7.27 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση με οπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.52	0.52
	3	EC1_006	0.58	0.58
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	1.58	1.24
	6	EC1_042	2.59	1.61
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	1.19	1.06
	9	EC1_006	1.21	1.21
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	0.39	0.40
	12	EC1_042	1.10	1.84
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	13.05	8.70
	15	EC1_006	0.74	0.59
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	0.33	0.32
	18	EC1_042	0.77	0.95
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	0.20	0.21
	21	EC1_042	0.53	0.52

Πίνακας 7.28 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου του με ενίσχυση με οπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.24	0.32
	24	EC1_006	0.22	0.25
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_042	0.21	0.46
	27	EC1_042	0.65	0.97
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.30	0.43
	30	EC1_006	0.26	0.33
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_042	0.16	0.30
	33	EC1_042	0.34	0.47
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	1.65	1.57
	36	EC1_006	0.68	0.63
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_042	0.13	0.22
	39	EC1_042	0.30	0.40
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_042	0.12	0.19
	42	EC1_042	0.21	0.24

Για την εντός επιπέδου κάμψη δεν παρατηρείται ουσιαστική βελτίωση, καθώς οι δείκτες ανεπάρκειας μεταβάλλονται ελάχιστα μετά την εφαρμογή οπλισμένου επιχρίσματος.

-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα

Πίνακας 7.29 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα του ενισχυμένου με ενίσχυση με οπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.52	0.23
	3	EC1_042	0.51	0.23
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.91	1.24
	6	EC1_006	2.59	0.32
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.36	0.32
	9	EC1_042	4.77	0.32
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.57	0.25
	12	EC1_006	0.63	0.26
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.04	0.27
	15	EC1_042	0.64	0.24
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	4.23	0.33
	18	EC1_006	3.02	0.27
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.53	0.24
	21	EC1_006	0.48	0.23

Πίνακας 7.30 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα του ενισχυμένου με ενίσχυση με οπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_042	0.12	0.03
	24	EC1_042	0.09	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	0.48	0.02
	27	EC1_006	0.52	0.03
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_042	0.31	0.02
	30	EC1_042	0.25	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	0.08	0.01
	33	EC1_006	0.14	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_042	0.12	0.02
	36	EC1_042	0.10	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.18	0.02
	39	EC1_006	0.25	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.18	0.03
	42	EC1_006	0.08	0.01

Για την εκτός επιπέδου κάμψη περί τον οριζόντιο άξονα οι δείκτες ανεπάρκειας παρουσιάζουν καθολική μείωση μετά την εφαρμογή του οπλισμένου επιχρίσματος, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις πεσσοί που αρχικά ήταν ανεπαρκείς καθίστανται επαρκείς. Συνεπώς, η χρήση οπλισμένου επιχρίσματος ως μέθοδο ενίσχυσης φαίνεται να επιδρά ιδιαίτερα θετικά στη συμπεριφορά της τοιχοποιίας έναντι κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα.

-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα

Πίνακας 7.31 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα του ενισχυμένου με ενίσχυση με οπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.01	0.01
		EC1_042	0.18	0.04
	3	EC1_006	0.04	0.01
		EC1_042	0.18	0.04
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	0.06	0.02
		EC1_042	0.04	0.01
	6	EC1_006	0.05	0.02
		EC1_042	0.03	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	0.11	0.02
		EC1_042	0.38	0.06
	9	EC1_006	0.11	0.02
		EC1_042	0.38	0.06
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.08	0.02
		EC1_042	0.08	0.01
	12	EC1_006	0.07	0.02
		EC1_042	0.07	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	0.09	0.01
		EC1_042	0.29	0.04
	15	EC1_006	0.09	0.01
		EC1_042	0.29	0.04
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	0.10	0.02
		EC1_042	0.08	0.01
	18	EC1_006	0.12	0.02
		EC1_042	0.10	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.04	0.02
		EC1_042	0.05	0.01
	21	EC1_006	0.05	0.02
		EC1_042	0.06	0.01

Πίνακας 7.32 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα του ενισχυμένου με ενίσχυση με οπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.36	0.04
		EC1_042	1.20	0.14
	24	EC1_006	0.36	0.04
		EC1_042	1.20	0.14
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	1.06	0.09
		EC1_042	0.11	0.01
	27	EC1_006	0.85	0.08
		EC1_042	0.09	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.39	0.05
		EC1_042	1.26	0.15
	30	EC1_006	0.39	0.05
		EC1_042	1.26	0.15
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	1.19	0.10
		EC1_042	0.59	0.05
	33	EC1_006	0.95	0.09
		EC1_042	0.47	0.05
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	0.21	0.03
		EC1_042	0.71	0.10
	36	EC1_006	0.21	0.03
		EC1_042	0.71	0.10
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.96	0.09
		EC1_042	0.46	0.04
	39	EC1_006	1.20	0.10
		EC1_042	0.58	0.05
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.84	0.08
		EC1_042	0.08	0.01
	42	EC1_006	1.04	0.08
		EC1_042	0.10	0.01

Για την εκτός επιπέδου κάμψη περί τον κατακόρυφο άξονα, παρατηρείται σημαντική μείωση των λόγων ανεπάρκειας μετά την εφαρμογή οπλισμένου επιχρίσματος, με τους πεσσούς του ορόφου που εμφάνιζαν ανεπάρκειες να μετατρέπονται καθολικά σε επαρκείς. Συνεπώς, η χρήση οπλισμένου επιχρίσματος ως μέθοδος ενίσχυσης φαίνεται να επιδρά ιδιαίτερα θετικά στη συμπεριφορά της τοιχοποιίας έναντι κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα .

7.6 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ ΜΑΝΔΥΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Στην πέμπτη περίπτωση, το κτίριο ενισχύθηκε με αμφίπλευρο μανδύα σκυροδέματος, ο οποίος αποτελεί «βαριά» μέθοδο ενίσχυσης, καθώς αυξάνει σημαντικά τη δυσκαμψία, την φέρουσα ικανότητα και την συνολική αντοχή του φορέα μέσω της προσθήκης νέων στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος που συνεργάζονται με την υφιστάμενη τοιχοποιία. Ο μανδύας σκυροδέματος που χρησιμοποιήθηκε έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

-Πάχος: 10cm

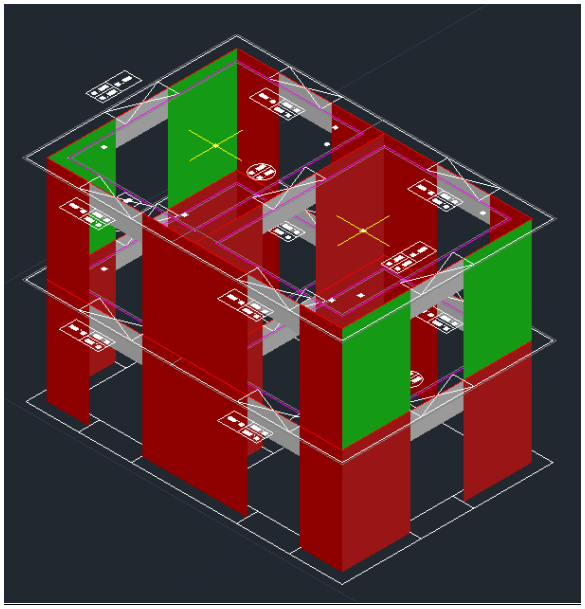
-Διάμετρος Οπλισμού: 12mm

-Απόσταση Οπλισμού: 10cm

-Εφελκυστική Αντοχή Οπλισμού f_y: 500MPa

- Ποιότητα Σκυροδέματος f_{ck}: 25MPa

- Τοποθέτηση: Αμφίπλευρη

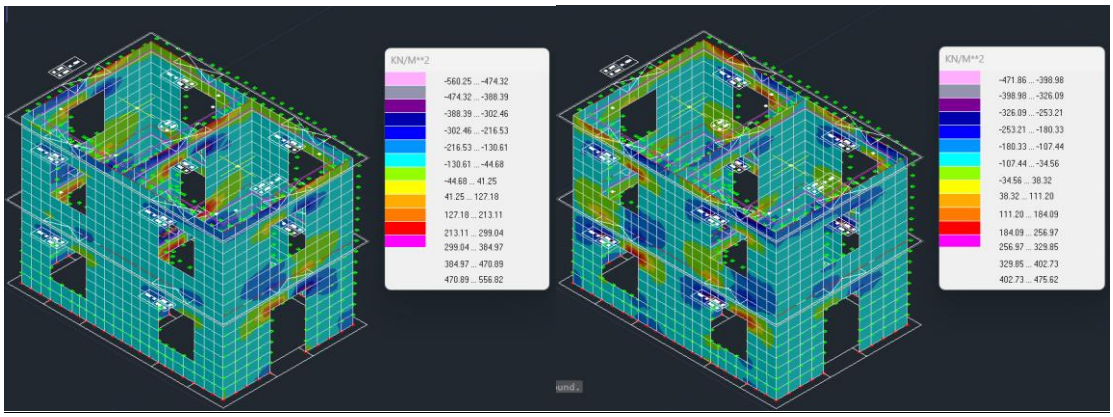


Σχήμα 7.25 *Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β1 στη διεύθυνση SW VIEW με ενίσχυση με μανδύα σκυροδέματος στο λογισμικό 3DR PESSOS.*

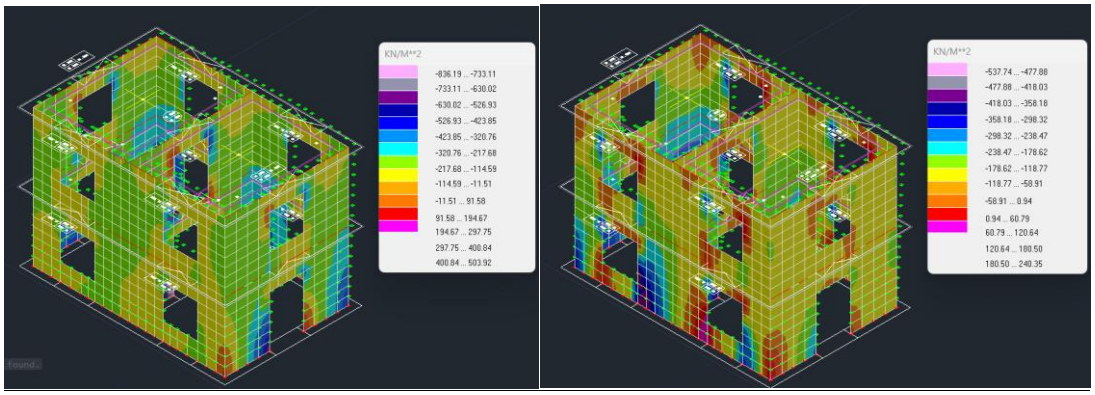
Στο Σχήμα 7.25 παρουσιάζονται οι ανεπάρκειες των πεσσών της τοιχοποιίας σε όρους εντατικών μεγεθών μετά την εφαρμογή μανδύα σκυροδέματος. Σε σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση, παρατηρείται βελτίωση της συμπεριφοράς του φορέα, καθώς οι πεσσοί του ορόφου με βόρειο και νότιο προσανατολισμό εμφανίζονται πλέον επαρκείς, όπως υποδηλώνεται από τον πράσινο χρωματισμό. Αντίθετα, οι πεσσοί του ισογείου εξακολουθούν να παρουσιάζουν ανεπάρκειες. Ωστόσο, διαπιστώνεται σταδιακή βελτίωση της συμπεριφοράς του φορέα στις υψηλότερες στάθμες επιτελεστικότητας, και στη στάθμη Β3, στην οποία όλοι οι πεσσοί καθίστανται επαρκείς χωρίς εμφάνιση αστοχιών.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης για τη στάθμη Β1 μετά την εφαρμογή μανδύα σκυροδέματος.

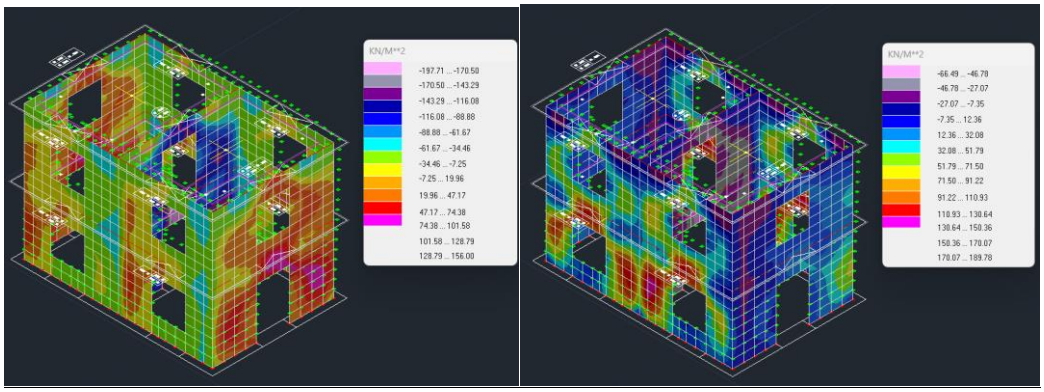
7.6.1 Γραφική ανάλυση των κύριων τάσεων και ροπών κάμψης



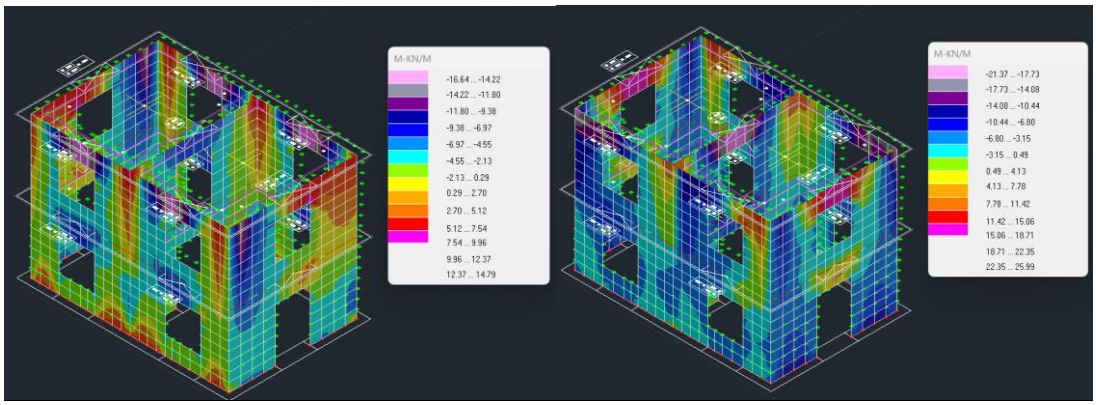
Σχήμα 7.26 *Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxx για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με εφαρμογή μανδύα σκυροδέματος.*



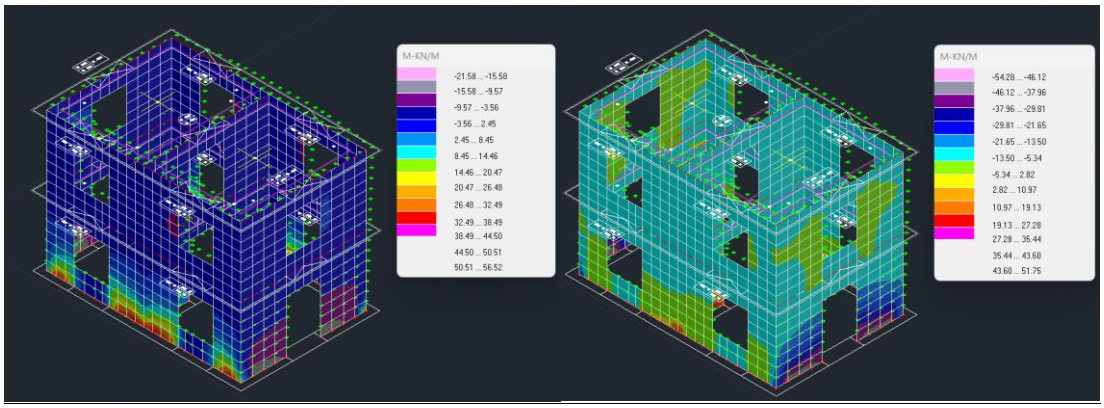
Σχήμα 7.27 *Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Syy για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με εφαρμογή μανδύα σκυροδέματος.*



Σχήμα 7.28 *Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxy για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με εφαρμογή μανδύα σκυροδέματος.*



Σχήμα 7.29 *Ροπές κάμψης Mxx εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα με την με εφαρμογή μανδύα σκυροδέματος.*



Σχήμα 7.30 *Ροπές κάμψης Myy εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα με την με εφαρμογή μανδύα σκυροδέματος.*

Από την γραφική ανάλυση των κύριων τάσεων και των ροπών κάμψης προκύπτει ότι η εφαρμογή μανδύα σκυροδέματος δεν επιφέρει ουσιαστική μεταβολή στην κατανομή ή στο εύρος των εντατικών μεγεθών σε σχέση με την αρχική κατάσταση καθώς παρατηρούνται αυξομειώσεις σε όλα τα μεγέθη.

7.6.2 Σύγκριση των δεικτών ανεπάρκειας του ενισχυμένου κτιρίου με το υφιστάμενο για διάτμηση και κάμψη

-Διάτμηση εντός επιπέδου

Πίνακας 7.33 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση με μανδύα σκυροδέματος με το υφιστάμενο.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	2.88	0.22
	3	EC1_006	1.84	0.18
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	10.00	0.09
	6	EC1_042	10.00	0.21
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	10.00	0.21
	9	EC1_006	10.00	0.24
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	1.55	0.11
	12	EC1_042	10.00	0.20
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	10.00	0.26
	15	EC1_006	1.25	0.23
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	1.56	0.21
	18	EC1_042	2.01	0.11
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	1.39	0.23
	21	EC1_042	0.91	0.08

Οι λόγοι ανεπάρκειας μειώνονται σημαντικά σε όλους τους πεσσούς παρουσιάζοντας αξιοσημείωτη βελτίωση σε σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση. Όλοι οι πεσσοί του δομήματος, εμφανίζονται πλέον επαρκείς, γεγονός που καταδεικνύει την επιτυχής συμβολή της εφαρμογής μανδύα σκυροδέματος στην διάτμηση εντός επιπέδου.

-Διάτμηση εκτός επιπέδου

Πίνακας 7.34 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση με μανδύα σκυροδέματος με το υφιστάμενο.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.22	0.19
	3	EC1_042	0.21	0.20
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.25	0.36
	6	EC1_006	1.31	0.27
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.79	0.31
	9	EC1_042	4.91	0.31
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.35	0.25
	12	EC1_006	0.31	0.22
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.54	0.41
	15	EC1_042	0.88	0.37
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	2.23	0.31
	18	EC1_006	1.79	0.35
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.24	0.22
	21	EC1_006	0.28	0.30

Παρόμοια συμπεριφορά με την εντός επιπέδου διάτμηση φαίνεται να έχει το δόμημα και στην διάτμηση εκτός επιπέδου, καθώς παρατηρείται μείωση όλων των δεικτών ανεπάρκειας, με όλους τους πεσσούς να εμφανίζονται πλέον επαρκείς. Συνεπώς, η εφαρμογή μανδύα σκυροδέματος αποδεικνύεται επιτυχής και στην διάτμηση εκτός επιπέδου.

-Κάμψη εντός επιπέδου

Πίνακας 7.35 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση μανδύα σκυροδέματος με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.52	0.56
	3	EC1_006	0.58	0.77
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	1.58	1.00
	6	EC1_042	2.59	1.08
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	1.19	1.00
	9	EC1_006	1.21	1.53
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	0.39	0.45
	12	EC1_042	1.10	2.28
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	13.05	6.35
	15	EC1_006	0.74	0.58
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	0.33	0.38
	18	EC1_042	0.77	1.91
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	0.20	0.28
	21	EC1_042	0.53	0.69

Πίνακας 7.36 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου του με ενίσχυση με μανδύα σκυροδέματος με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.24	0.46
	24	EC1_006	0.22	0.43
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_042	0.21	0.84
	27	EC1_042	0.65	3.93
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.30	0.63
	30	EC1_006	0.26	0.62
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_042	0.16	0.56
	33	EC1_042	0.34	1.11
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	1.65	1.59
	36	EC1_006	0.68	0.64
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_042	0.13	0.40
	39	EC1_042	0.30	0.91
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_042	0.12	0.34
	42	EC1_042	0.21	0.48

Για την εντός επιπέδου κάμψη, παρατηρείται ως επι των πλείστων μειώση των δεικτών ανεπάρκειας με αποτέλεσμα περισσότεροι πεσσοί να καθίστανται πλέον επαρκείς, ιδιαίτερα στη στάθμη του ισογείου. Ωστόσο, κυρίως στον πρώτο όροφο, σε ορισμένες περιπτώσεις παρατηρείται αύξηση των δεικτών ανεπάρκειας, οδηγώντας κάποιους πεσσούς σε ανεπαρκή συμπεριφορά. Η μεταβολή αυτή αποδίδεται στην αυξημένη δυσκαμψία που προσδίδει ο μανδύας σκυροδέματος στο δόμημα, γεγονός που μεταβάλλει την κατανομή των εντατικών μεγεθών και οδηγεί ορισμένους πεσσούς σε μεγαλύτερη καταπόνηση (γίνονται πιο άκαμπτοι). Ως εκ τούτου, παρατηρούνται τόσο βελτιώσεις όσο και επιμέρους επιβαρύνσεις, με αποτέλεσμα η συνολική επίδραση της ενίσχυσης ως προς την εντός επιπέδου κάμψη να εμφανίζεται περισσότερο ουδέτερη.

-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα

Πίνακας 7.37 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα του ενισχυμένου με μανδύα σκυροδέματος με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.52	0.18
	3	EC1_042	0.51	0.19
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.91	0.20
	6	EC1_006	2.59	0.20
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.36	0.21
	9	EC1_042	4.77	0.22
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.57	0.19
	12	EC1_006	0.63	0.20
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.04	0.20
	15	EC1_042	0.64	0.19
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	4.23	0.20
	18	EC1_006	3.02	0.19
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.53	0.17
	21	EC1_006	0.48	0.18

Πίνακας 7.38 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα του ενισχυμένου με μανδύα σκυροδέματος με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_042	0.12	0.02
	24	EC1_042	0.09	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	0.48	0.01
	27	EC1_006	0.52	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_042	0.31	0.02
	30	EC1_042	0.25	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	0.08	0.01
	33	EC1_006	0.14	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_042	0.12	0.01
	36	EC1_042	0.10	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.18	0.01
	39	EC1_006	0.25	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.18	0.02
	42	EC1_006	0.08	0.01

Για την εκτός επιπέδου κάμψη περί τον οριζόντιο άξονα, οι δείκτες ανεπάρκειας παρουσιάζουν καθολική μείωση μετά την εφαρμογή του μανδύα σκυροδέματος. Οι πεσσοί που ήδη εμφάνιζαν ευνοϊκή συμπεριφορά παρουσιάζουν περαιτέρω βελτίωση, ενώ οι πεσσοί που αρχικά παρουσίαζαν ανεπάρκειες καθίσταται πλέον επαρκείς. Ως αποτέλεσμα, όλοι οι πεσσοί του δομήματος, εμφανίζονται πλέον επαρκείς, γεγονός που καταδεικνύει την επιτυχής συμβολή του μανδύα σκυροδέματος στην βελτίωση της συμπεριφοράς του φορέα έναντι εκτός επιπέδου κάμψης περί τον οριζόντιο άξονα.

-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα

Πίνακας 7.39 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα του ενισχυμένου με μανδύα σκυροδέματος με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.01	0.02
		EC1_042	0.18	0.06
	3	EC1_006	0.04	0.02
		EC1_042	0.18	0.06
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	0.06	0.03
		EC1_042	0.04	0.01
	6	EC1_006	0.05	0.03
		EC1_042	0.03	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	0.11	0.02
		EC1_042	0.38	0.07
	9	EC1_006	0.11	0.02
		EC1_042	0.38	0.07
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.08	0.04
		EC1_042	0.08	0.02
	12	EC1_006	0.07	0.04
		EC1_042	0.07	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	0.09	0.01
		EC1_042	0.29	0.04
	15	EC1_006	0.09	0.01
		EC1_042	0.29	0.04
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	0.10	0.04
		EC1_042	0.08	0.02
	18	EC1_006	0.12	0.04
		EC1_042	0.10	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.04	0.03
		EC1_042	0.05	0.01
	21	EC1_006	0.05	0.03
		EC1_042	0.06	0.01

Πίνακας 7.40 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα του ενισχυμένου με μανδύα σκυροδέματος με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.36	0.05
		EC1_042	1.20	0.15
	24	EC1_006	0.36	0.05
		EC1_042	1.20	0.15
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	1.06	0.09
		EC1_042	0.11	0.01
	27	EC1_006	0.85	0.09
		EC1_042	0.09	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.39	0.05
		EC1_042	1.26	0.16
	30	EC1_006	0.39	0.05
		EC1_042	1.26	0.16
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	1.19	0.11
		EC1_042	0.59	0.05
	33	EC1_006	0.95	0.10
		EC1_042	0.47	0.05
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	0.21	0.04
		EC1_042	0.71	0.12
	36	EC1_006	0.21	0.04
		EC1_042	0.71	0.12
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.96	0.10
		EC1_042	0.46	0.05
	39	EC1_006	1.20	0.11
		EC1_042	0.58	0.05
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.84	0.09
		EC1_042	0.08	0.01
	42	EC1_006	1.04	0.09
		EC1_042	0.10	0.01

Παρόμοια συμπεριφορά με του οριζόντιου άξονα, παρουσιάζει το δόμημα και για την εκτός επιπέδου κάμψη περί τον κατακόρυφο άξονα, καθώς παρατηρείται ιδιαίτερα σημαντική μείωση των λόγων ανεπάρκειας, με του πεσσούς που δεν επαρκούσαν να καθίστανται πλέον επαρκείς. Συνεπώς, η ενίσχυση επιδρά πολύ θετικά στη συμπεριφορά του φορέα έναντι εκτός επιπέδου κάμψης περί τον κατακόρυφο άξονα.

7.7 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ FRPS ΛΩΡΙΔΩΝ

Στην έκτη περίπτωση, το κτίριο ενισχύθηκε με FRPs λωρίδων, τα οποία αποτελούν σύνθετα υλικά υψηλής αντοχής, που επικολλώνται στη λιθοδομή με ρητίνες με στόχο την αύξηση της εφελκυστικής και διατμητικής αντοχής το φορέα. Οι FRPs λωρίδες που χρησιμοποιήθηκαν έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

-Πλάτος λωρίδας: W_t=300mm

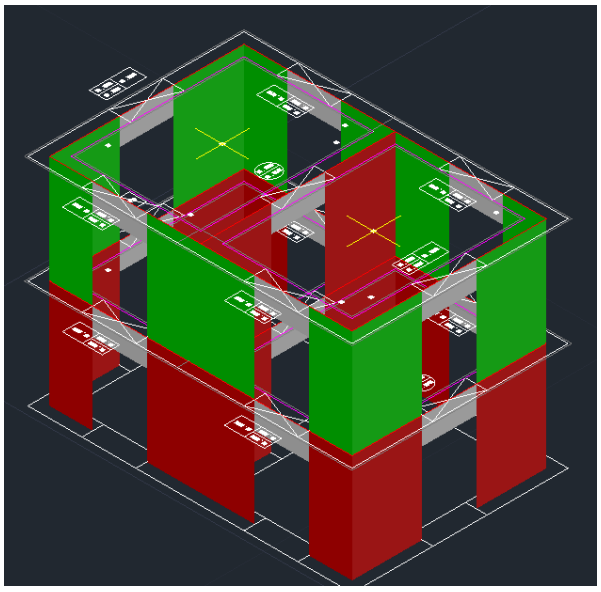
-Πάχος λωρίδας: t_f=0.17mm

-Μέτρο ελαστικότητας: E_f=240GPa

-Παραμόρφωση αστοχίας: ε_f= 0.005

-Διεύθυνση: Οριζόντια και Κατακόρυφη

- Τοποθέτηση: Αμφίπλευρη

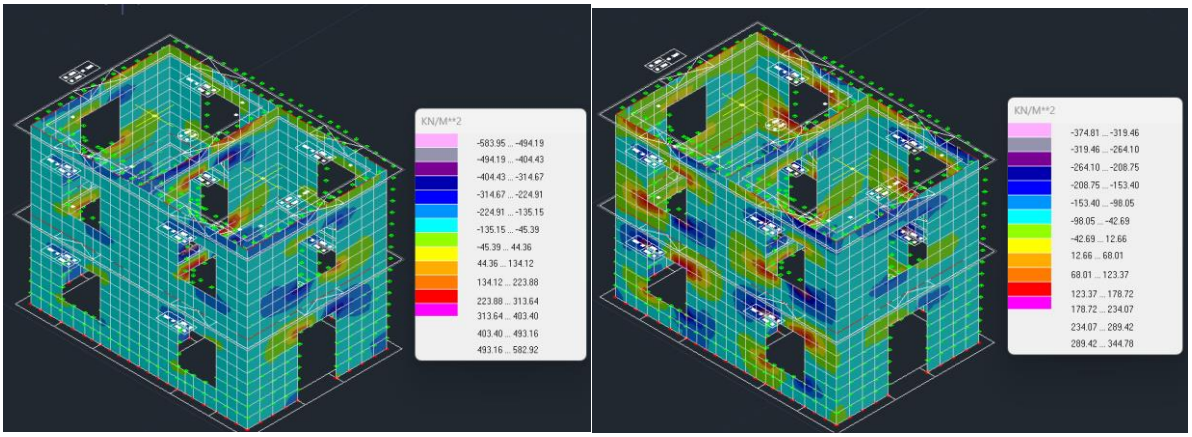


Σχήμα 7.31 *Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας B1 στη διεύθυνση SW VIEW με ενίσχυση με FRPs λωρίδων στο λογισμικό 3DR PESSOS.*

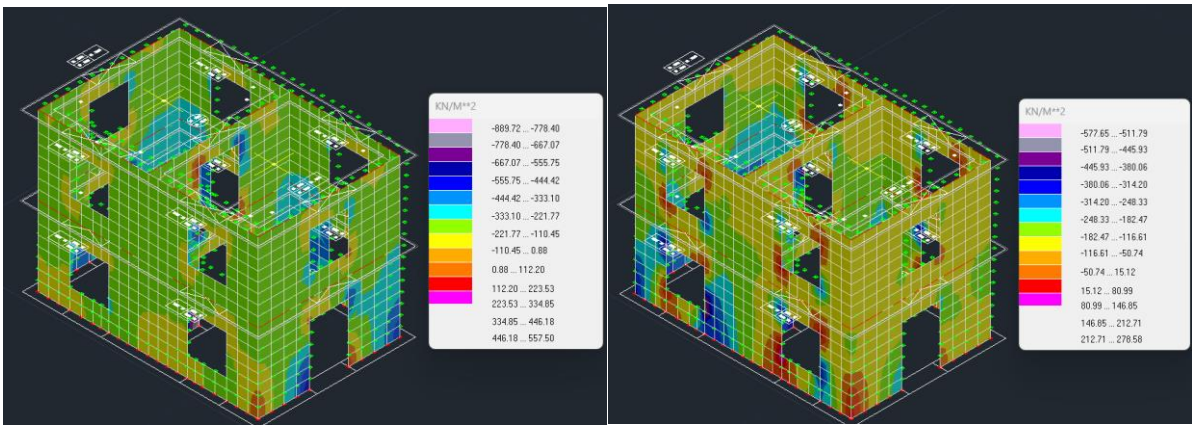
Στο Σχήμα 7.31 παρουσιάζονται οι ανεπάρκειες των πεσσών της τοιχοποιίας σε όρους εντατικών μεγεθών μετά την εφαρμογή FRPs λωρίδων. Παρατηρείται βελτίωση της συμπεριφοράς του φορέα με την υφιστάμενη κατάσταση, καθώς οι πεσσοί του ορόφου με εξαίρεση τους εσωτερικούς, εμφανίζονται πλέον επαρκείς, όπως υποδηλώνεται από τον πράσινο χρωματισμό. Αντίθετα, οι πεσσοί του ισογείου εξακολουθούν να παρουσιάζουν ανεπάρκειες. Παρόλα αυτά, διαπιστώνεται σταδιακή βελτίωση της συμπεριφοράς του φορέα στις υψηλότερες στάθμες επιτελεστικότητας, και στη στάθμη B3+, στην οποία όλοι οι πεσσοί καθίστανται επαρκείς χωρίς εμφάνιση αστοχιών.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης για τη στάθμη B1 μετά την εφαρμογή μανδύα σκυροδέματος.

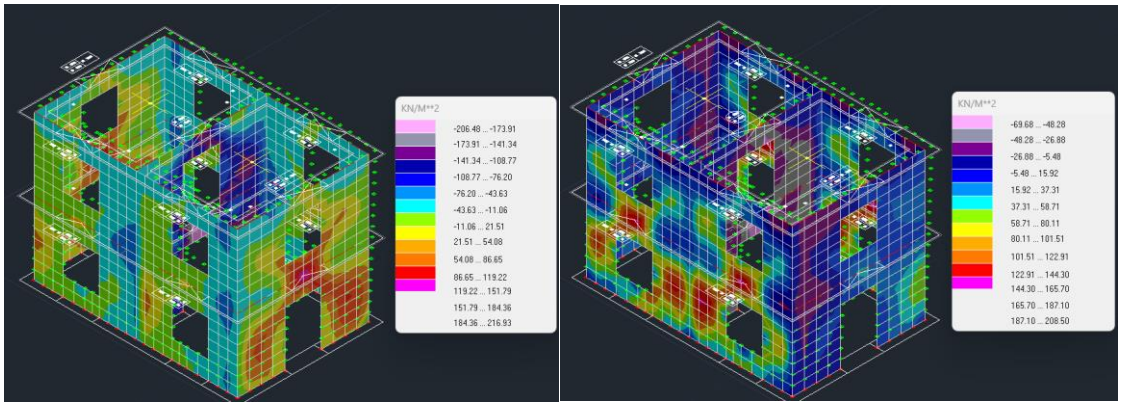
7.7.1 Γραφική ανάλυση των κύριων τάσεων και ροπών κάμψης



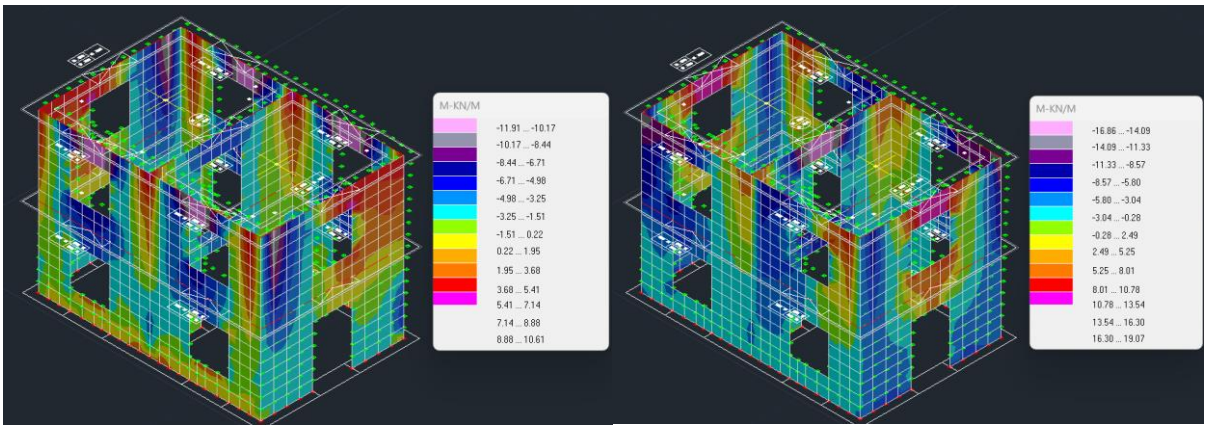
Σχήμα 7.32 *Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxx για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με εφαρμογή FRPs λωρίδων.*



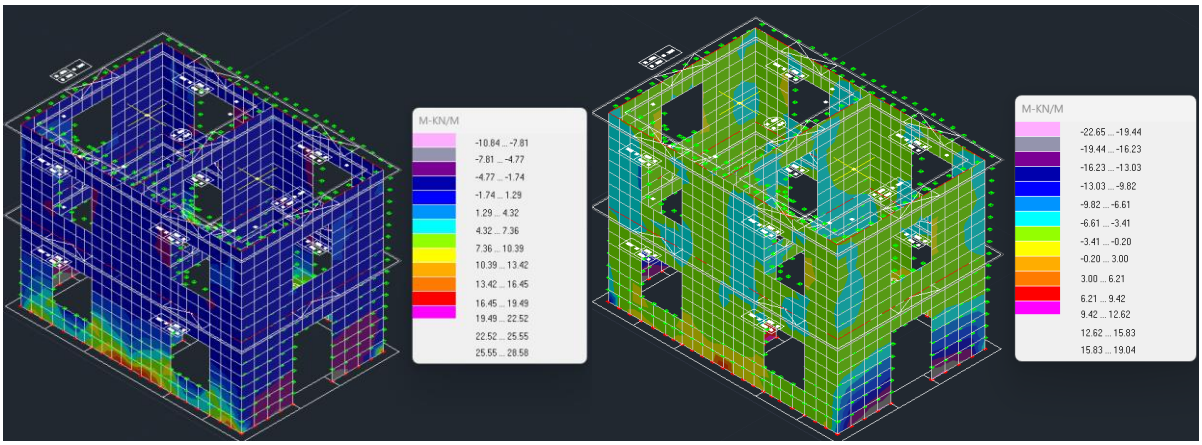
Σχήμα 7.33 *Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Syy για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με εφαρμογή FRPs λωρίδων.*



Σχήμα 7.34 *Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxy για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με εφαρμογή FRPs λωρίδων.*



Σχήμα 7.35 *Ροπές κάμψης Mxx εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα με την με εφαρμογή FRPs λωρίδων.*



Σχήμα 7.36 *Ροπές κάμψης Myy εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα με την με εφαρμογή FRPs λωρίδων.*

Από την γραφική ανάλυση των κύριων τάσεων και των ροπών κάμψης προκύπτει ότι η εφαρμογή FRPs λωρίδων δεν επιφέρει ουσιαστική μεταβολή στην κατανομή ή στο εύρος των εντατικών μεγεθών σε σχέση με την αρχική κατάσταση.

7.7.2 Σύγκριση των δεικτών ανεπάρκειας του ενισχυμένου κτιρίου με το υφιστάμενο για διάτμηση και κάμψη

-Διάτμηση εντός επιπέδου

Πίνακας 7.41 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση με FRPs λωρίδων με το υφιστάμενο.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	2.88	1.00
	3	EC1_006	1.84	1.00
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	10.00	1.00
	6	EC1_042	10.00	1.00
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	10.00	1.00
	9	EC1_006	10.00	1.00
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	1.55	1.00
	12	EC1_042	10.00	1.00
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	10.00	1.00
	15	EC1_006	1.25	1.00
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	1.56	1.00
	18	EC1_042	2.01	1.00
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	1.39	1.00
	21	EC1_042	0.91	0.91

Οι λόγοι ανεπάρκειας μειώνονται σημαντικά σε όλους τους πεσσούς παρουσιάζοντας αξιοσημείωτη βελτίωση καθώς οι πεσσοί του δομήματος, εμφανίζονται πλέον επαρκείς, αξιολογώντας θετικά την εφαρμογής μανδύα FRPs λωρίδων στην διάτμηση εντός επιπέδου.

-Διάτμηση εκτός επιπέδου

Πίνακας 7.42 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση με FRPs λωρίδων με το υφιστάμενο.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.22	0.22
	3	EC1_042	0.21	0.21
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.25	1.25
	6	EC1_006	1.31	1.31
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.79	4.79
	9	EC1_042	4.91	4.91
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.35	0.35
	12	EC1_006	0.31	0.31
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.54	1.54
	15	EC1_042	0.88	0.88
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	2.23	2.23
	18	EC1_006	1.79	1.79
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.24	0.24
	21	EC1_006	0.28	0.28

Οι δείκτες ανεπάρκειας δεν μεταβάλλονται με την τοποθέτηση FRPs λωρίδων και προκύπτει ότι για στάθμη επιτελεστικότητας Β1 ο συγκεκριμένος τύπος ενίσχυσης δεν επηρεάζει την συμπεριφορά του φορέα για διάτμηση εκτός επιπέδου.

-Κάμψη εντός επιπέδου

Πίνακας 7.43 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση FRPs λωρίδων με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.52	0.52
	3	EC1_006	0.58	0.58
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	1.58	1.58
	6	EC1_042	2.59	2.59
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	1.19	1.19
	9	EC1_006	1.21	1.21
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	0.39	0.39
	12	EC1_042	1.10	1.10
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	13.05	13.05
	15	EC1_006	0.74	0.74
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	0.33	0.33
	18	EC1_042	0.77	0.77
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	0.20	0.20
	21	EC1_042	0.53	0.53

Πίνακας 7.44 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου του με ενίσχυση με FRPs λωρίδων με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.24	0.24
	24	EC1_006	0.22	0.22
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_042	0.21	0.21
	27	EC1_042	0.65	0.65
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.30	0.30
	30	EC1_006	0.26	0.26
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_042	0.16	0.16
	33	EC1_042	0.34	0.34
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	1.65	1.65
	36	EC1_006	0.68	0.68
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_042	0.13	0.13
	39	EC1_042	0.30	0.30
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_042	0.12	0.12
	42	EC1_042	0.21	0.18

Παρόμοια συμπεριφορά με την εκτός επιπέδου διάτμηση έχει ο φορέας και για την εντός επιπέδου κάμψη, καθώς η πλειονότητα των δεικτών ανεπάρκειας δεν παρουσιάζουν μεταβολές. Επομένως, ο συγκεκριμένος τύπος ενίσχυσης δεν επηρεάζει την συμπεριφορά του φορέα για εντός επιπέδου κάμψη για την στάθμη επιτελεστικότητας Β1.

-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα

Πίνακας 7.45 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα του ενισχυμένου με FRPs λωρίδων με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.52	0.53
	3	EC1_042	0.51	0.51
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.91	1.00
	6	EC1_006	2.59	1.00
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.36	1.00
	9	EC1_042	4.77	1.00
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.57	0.57
	12	EC1_006	0.63	0.63
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.04	0.90
	15	EC1_042	0.64	0.64
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	4.23	1.00
	18	EC1_006	3.02	1.00
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.53	0.53
	21	EC1_006	0.48	0.48

Πίνακας 7.46 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα του ενισχυμένου με FRPs λωρίδων με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_042	0.12	0.12
	24	EC1_042	0.09	0.07
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	0.48	0.35
	27	EC1_006	0.52	0.22
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_042	0.31	0.31
	30	EC1_042	0.25	0.20
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	0.08	0.04
	33	EC1_006	0.14	0.05
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_042	0.12	0.12
	36	EC1_042	0.10	0.10
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.18	0.10
	39	EC1_006	0.25	0.24
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.18	0.06
	42	EC1_006	0.08	0.04

Για την εκτός επιπέδου κάμψη περί τον οριζόντιο άξονα, οι δείκτες ανεπάρκειας παρουσιάζουν καθολική μείωση μετά την εφαρμογή FRPs λωρίδων με όλους τους πεσσοί του δομήματος να εμφανίζονται πλέον επαρκείς, γεγονός που καταδεικνύει την επιτυχή συμβολή της ενίσχυσης στην βελτίωση της συμπεριφοράς του δομήματος.

-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα

Πίνακας 7.47 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα του ενισχυμένου με FRPs λωρίδων με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.01	0.01
		EC1_042	0.18	0.18
	3	EC1_006	0.04	0.04
		EC1_042	0.18	0.18
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	0.06	0.06
		EC1_042	0.04	0.04
	6	EC1_006	0.05	0.05
		EC1_042	0.03	0.03
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	0.11	0.11
		EC1_042	0.38	0.38
	9	EC1_006	0.11	0.11
		EC1_042	0.38	0.38
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.08	0.08
		EC1_042	0.08	0.08
	12	EC1_006	0.07	0.07
		EC1_042	0.07	0.07
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	0.09	0.09
		EC1_042	0.29	0.29
	15	EC1_006	0.09	0.09
		EC1_042	0.29	0.29
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	0.10	0.10
		EC1_042	0.08	0.08
	18	EC1_006	0.12	0.12
		EC1_042	0.10	0.10
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.04	0.04
		EC1_042	0.05	0.05
	21	EC1_006	0.05	0.05
		EC1_042	0.06	0.06

Πίνακας 7.48 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα του ενισχυμένου με FRPs λωρίδων με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.36	0.36
		EC1_042	1.20	1.00
	24	EC1_006	0.36	0.26
		EC1_042	1.20	1.00
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	1.06	1.00
		EC1_042	0.11	0.11
	27	EC1_006	0.85	0.85
		EC1_042	0.09	0.09
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.39	0.39
		EC1_042	1.26	1.00
	30	EC1_006	0.39	0.39
		EC1_042	1.26	1.00
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	1.19	1.00
		EC1_042	0.59	0.59
	33	EC1_006	0.95	0.95
		EC1_042	0.47	0.47
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	0.21	0.21
		EC1_042	0.71	0.71
	36	EC1_006	0.21	0.21
		EC1_042	0.71	0.71
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.96	0.96
		EC1_042	0.46	0.46
	39	EC1_006	1.20	1.00
		EC1_042	0.58	0.58
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.84	0.84
		EC1_042	0.08	0.08
	42	EC1_006	1.04	1.00
		EC1_042	0.10	0.10

Παρόμοια συμπεριφορά με του οριζόντιου άξονα, παρουσιάζει το δόμημα και για την εκτός επιπέδου κάμψη περί τον κατακόρυφο άξονα, καθώς παρατηρείται επάρκεια όλων των πεσσών και συνεπώς, η ενίσχυση επιδρά πολύ θετικά στη συμπεριφορά του φορέα έναντι εκτός επιπέδου κάμψης περί τον κατακόρυφο άξονα.

7.8 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ

Στην έβδομη περίπτωση, το κτίριο ενισχύθηκε με ινοπλισμένα επιχρίσματα, τα οποία αποτελούν σύνθετα συστήματα ενίσχυσης, που αποτελούνται από πλέγματα ινών υψηλής αντοχής ενσωματωμένα σε ανόργανο κονίαμα που εφαρμόζεται στις επιφάνειες της λιθοδομής βελτιώνοντας την συνολική συμπεριφορά τους. Τα ινοπλισμένα επιχρίσματα που χρησιμοποιήθηκαν έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Μέτρο Ελαστικότητας: E_f=240GPa

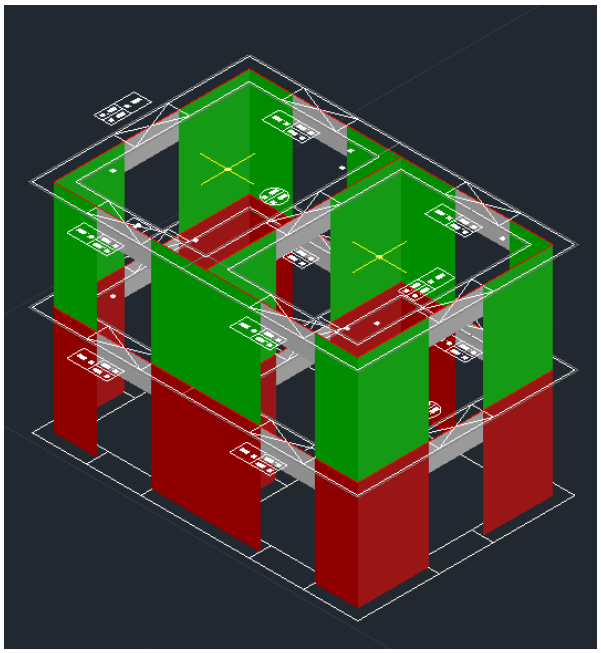
- Παραμόρφωση Αστοχίας Υλικού Ενίσχυσης: ε_{fk}= 0.005

- Παραμόρφωση Αστοχίας Τοιχοποιίας: ε_u= 0.0035

- Παραμόρφωση Διαρροής Τοιχοποιίας: ε_m= 0.002

-Πάχος Υλικού Ενίσχυσης: t_f=0.17mm

- Τοποθέτηση: Αμφίπλευρη

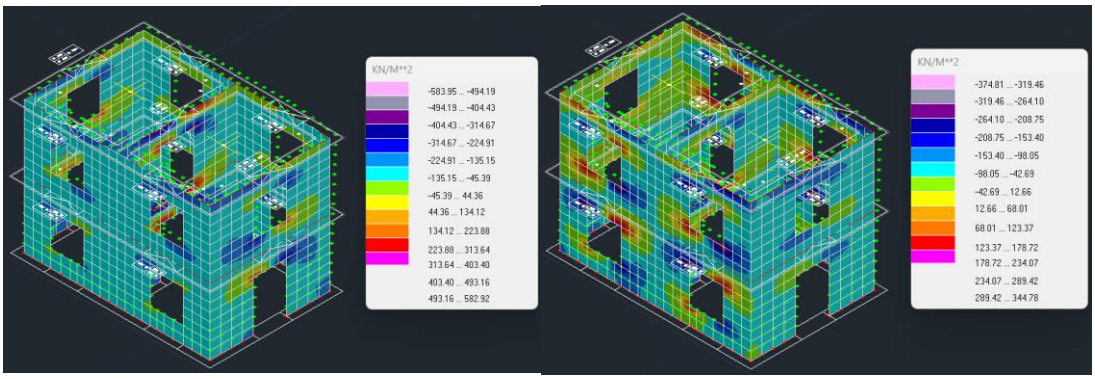


Σχήμα 7.37 *Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β1 στη διεύθυνση SW VIEW με ενίσχυση με ινοπλισμένα επιχρίσματα στο λογισμικό 3DR PESSOS.*

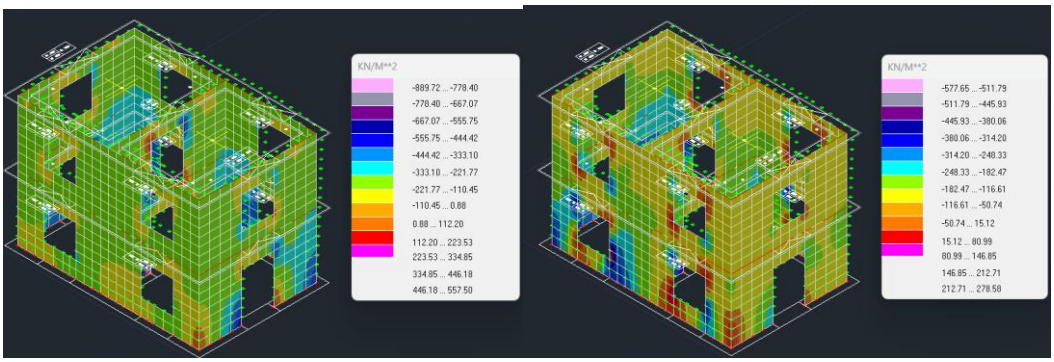
Στο Σχήμα 7.37 παρουσιάζονται οι ανεπάρκειες των πεσσών της τοιχοποιίας σε όρους εντατικών μεγεθών μετά την εφαρμογή ινοπλισμένων επιχρισμάτων. Παρατηρείται βελτίωση της συμπεριφοράς του φορέα με την υφιστάμενη κατάσταση, καθώς όλοι οι πεσσοί του ορόφου εμφανίζονται πλέον επαρκείς, όπως υποδηλώνεται από τον πράσινο χρωματισμό ενώ οι πεσσοί του ισογείου εξακολουθούν να παρουσιάζουν ανεπάρκειες. Ωστόσο, διαπιστώνεται σταδιακή βελτίωση της συμπεριφοράς του φορέα στις υψηλότερες στάθμες επιτελεστικότητας, και στη στάθμη Β3+, στην οποία όλοι οι πεσσοί καθίστανται επαρκείς χωρίς εμφάνιση αστοχιών.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης για τη στάθμη Β1 μετά την εφαρμογή μανδύα σκυροδέματος.

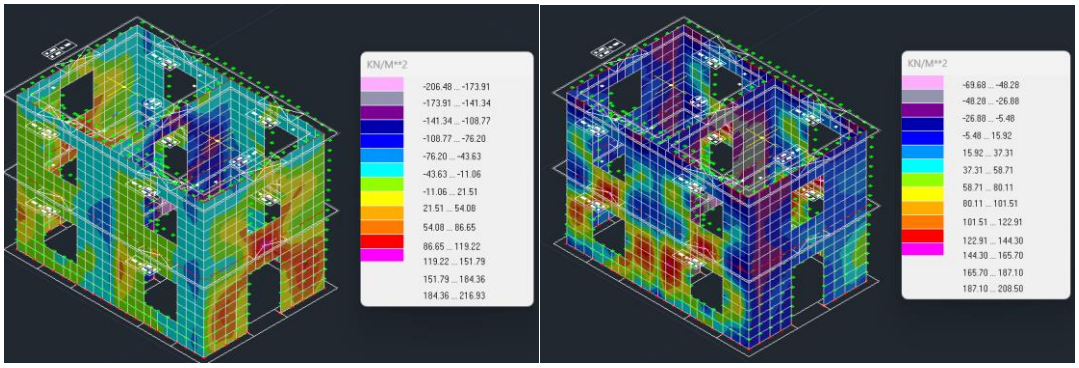
7.8.1 Γραφική ανάλυση των κύριων τάσεων και ροπών κάμψης



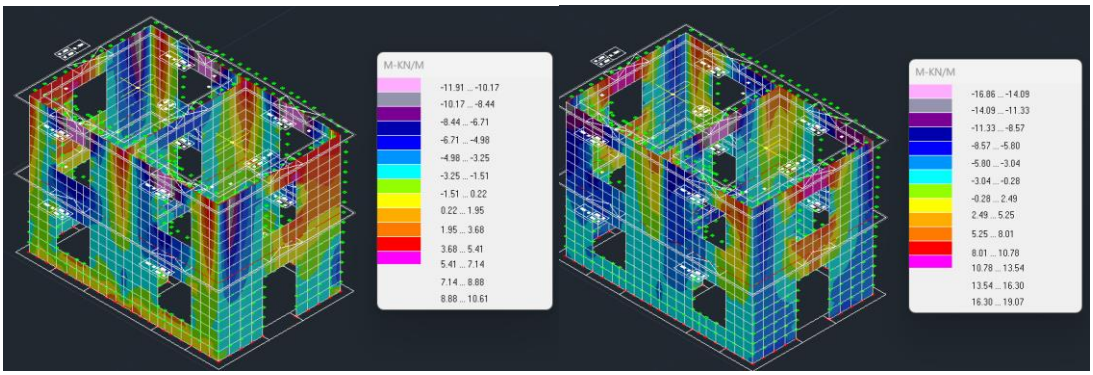
Σχήμα 7.38 *Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxx για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με ινοπλισμένων επιχρίσματων.*



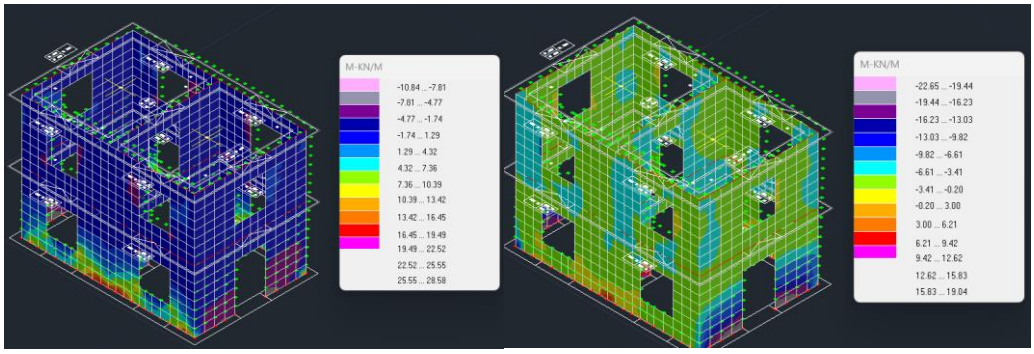
Σχήμα 7.39 *Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Syy για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με ινοπλισμένων επιχρίσματων.*



Σχήμα 7.40 *Γραφική απεικόνιση διατμητικών τάσεων Sxy για τον συνδυασμό EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα διεύθυνση SW VIEW με ινοπλισμένων επιχρισμάτων.*



Σχήμα 7.41 *Ροπές κάμψης Mxx εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα με την με εφαρμογή ινοπλισμένων επιχρισμάτων.*



Σχήμα 7.42 *Ροπές κάμψης Myy εκτός επιπέδου περί οριζόντιο άξονα για τις περιπτώσεις φόρτισης EC1_006 και EC1_042 αντίστοιχα με την με εφαρμογή ινοπλισμένων επιχρισμάτων.*

7.8.2 Σύγκριση των δεικτών ανεπάρκειας του ενισχυμένου κτιρίου με το υφιστάμενο για διάτμηση και κάμψη

-Διάτμηση εντός επιπέδου

Πίνακας 7.49 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση με ινοπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	2.88	0.20
	3	EC1_006	1.84	0.17
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	10.00	0.08
	6	EC1_042	10.00	0.20
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	10.00	0.25
	9	EC1_006	10.00	0.29
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	1.55	0.10
	12	EC1_042	10.00	0.16
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	10.00	0.34
	15	EC1_006	1.25	0.28
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	1.56	0.19
	18	EC1_042	2.01	0.10
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	1.39	0.21
	21	EC1_042	0.91	0.07

Οι λόγοι ανεπάρκειας υποχωρούν αισθητά σε όλους τους πεσσούς παρουσιάζοντας σημαντική βελτίωση της φέρουσας ικανότητας. Μετά την εφαρμογή ινοπλισμένων επιχρισμάτων για ενίσχυση, οι πεσσοί του δομήματος αξιολογούνται πλέον ως επαρκείς στη διάτμηση εντός επιπέδου.

-Διάτμηση εκτός επιπέδου

Πίνακας 7.50 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση με ινοπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.22	0.22
	3	EC1_042	0.21	0.21
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.25	1.25
	6	EC1_006	1.31	1.31
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.79	4.79
	9	EC1_042	4.91	4.91
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.35	0.35
	12	EC1_006	0.31	0.31
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.54	1.54
	15	EC1_042	0.88	0.88
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	2.23	2.23
	18	EC1_006	1.79	1.79
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.24	0.24
	21	EC1_006	0.28	0.28

Η εφαρμογή ινοπλισμένων επιχρισμάτων δεν επιφέρει ουσιαστική μεταβολή στους δείκτες ανεπάρκειας. Επομένως, για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β1, προκύπτει ότι ο συγκεκριμένος τρόπος ενίσχυσης δεν επηρεάζει ουσιαστικά τη συμπεριφορά του φορέα έναντι διάτμησης εκτός επιπέδου.

-Κάμψη εντός επιπέδου

Πίνακας 7.51 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου του ενισχυμένου με ενίσχυση με ινοπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.52	0.05
	3	EC1_006	0.58	0.08
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	1.58	0.02
	6	EC1_042	2.59	0.03
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	1.19	0.10
	9	EC1_006	1.21	0.10
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	0.39	0.02
	12	EC1_042	1.10	0.03
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	13.05	0.13
	15	EC1_006	0.74	0.13
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	0.33	0.03
	18	EC1_042	0.77	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	0.20	0.02
	21	EC1_042	0.53	0.03

Πίνακας 7.52 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου του με ενίσχυση με ινοπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.24	0.01
	24	EC1_006	0.22	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_042	0.21	0.01
	27	EC1_042	0.65	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.30	0.01
	30	EC1_006	0.26	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_042	0.16	0.01
	33	EC1_042	0.34	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	1.65	0.06
	36	EC1_006	0.68	0.05
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_042	0.13	0.01
	39	EC1_042	0.30	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_042	0.12	0.01
	42	EC1_042	0.21	0.01

Η εφαρμογή ινοπλισμένων επιχρισμάτων βελτιώνει ουσιαστικά τη συμπεριφορά των πεσσών, καθώς μειώνει σημαντικά τους δείκτες ανεπάρκειας και καθιστά το δόμημα επαρκές ως προς την κάμψη εντός επιπέδου.

-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα

Πίνακας 7.53 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα του ενισχυμένου με ινοπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.52	0.20
	3	EC1_042	0.51	0.20
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.91	0.30
	6	EC1_006	2.59	0.32
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.36	0.25
	9	EC1_042	4.77	0.25
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.57	0.25
	12	EC1_006	0.63	0.24
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.04	0.23
	15	EC1_042	0.64	0.21
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	4.23	0.28
	18	EC1_006	3.02	0.23
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.53	0.24
	21	EC1_006	0.48	0.21

Πίνακας 7.54 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα του ενισχυμένου με ινοπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_042	0.12	0.03
	24	EC1_042	0.09	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	0.48	0.02
	27	EC1_006	0.52	0.03
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_042	0.31	0.02
	30	EC1_042	0.25	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	0.08	0.02
	33	EC1_006	0.14	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_042	0.12	0.02
	36	EC1_042	0.10	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.18	0.02
	39	EC1_006	0.25	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.18	0.03
	42	EC1_006	0.08	0.01

Μετά την ενίσχυση με ινοπλισμένα επιχρίσματα, παρατηρείται ουσιαστική αναβάθμιση της απόκρισης του δομήματος στην εκτός επιπέδου κάμψη περί τον οριζόντιο άξονα, αφού οι αρχικές ανεπάρκειες εξαλείφονται και οι πεσσοί ανταποκρίνονται πλέον ικανοποιητικά στις απαιτήσεις ελέγχου ως προς την κάμψη εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα.

-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα

Πίνακας 7.55 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα του ενισχυμένου με ινοπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ισογείου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.01	0.01
		EC1_042	0.18	0.02
	3	EC1_006	0.04	0.01
		EC1_042	0.18	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	0.06	0.01
		EC1_042	0.04	0.01
	6	EC1_006	0.05	0.01
		EC1_042	0.03	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	0.11	0.01
		EC1_042	0.38	0.03
	9	EC1_006	0.11	0.01
		EC1_042	0.38	0.03
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.08	0.01
		EC1_042	0.08	0.01
	12	EC1_006	0.07	0.01
		EC1_042	0.07	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	0.09	0.01
		EC1_042	0.29	0.02
	15	EC1_006	0.09	0.01
		EC1_042	0.29	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	0.10	0.01
		EC1_042	0.08	0.01
	18	EC1_006	0.12	0.01
		EC1_042	0.10	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.04	0.01
		EC1_042	0.05	0.01
	21	EC1_006	0.05	0.01
		EC1_042	0.06	0.01

Πίνακας 7.56 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα του ενισχυμένου με ινοπλισμένα επιχρίσματα με το υφιστάμενο για τους πεσσούς του ορόφου.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.36	0.03
		EC1_042	1.20	0.10
	24	EC1_006	0.36	0.03
		EC1_042	1.20	0.10
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	1.06	0.06
		EC1_042	0.11	0.01
	27	EC1_006	0.85	0.06
		EC1_042	0.09	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.39	0.03
		EC1_042	1.26	0.11
	30	EC1_006	0.39	0.02
		EC1_042	1.26	0.11
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	1.19	0.06
		EC1_042	0.59	0.03
	33	EC1_006	0.95	0.06
		EC1_042	0.47	0.03
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	0.21	0.02
		EC1_042	0.71	0.06
	36	EC1_006	0.21	0.02
		EC1_042	0.71	0.06
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.96	0.06
		EC1_042	0.46	0.03
	39	EC1_006	1.20	0.06
		EC1_042	0.58	0.03
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.84	0.05
		EC1_042	0.08	0.01
	42	EC1_006	1.04	0.05
		EC1_042	0.10	0.01

Ανάλογη βελτίωση καταγράφεται και στον εκτός επιπέδου κάμψη περί τον κατακόρυφο άξονα, όπου μετά την εφαρμογή της ενίσχυσης όλοι οι πεσσοί εμφανίζονται επαρκείς επιβεβαιώνοντας την αποτελεσματική συμβολή της επέμβασης στη συνολική καμπτική συμπεριφορά του φορέα.

7.9 ΣΥΝΟΨΗ

Από τις αναλύσεις των επιμέρους μεθόδων ενίσχυσης προέκυψε ότι οι ήπιες επεμβάσεις, όπως η ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας μέσω διαφραγμάτων και σενάζ, καθώς και η εφαρμογή βαθιών αρμολογημάτων και ενεμάτων, βελτιώνουν τη συνεργασία του φορέα και μειώνουν τους δείκτες ανεπάρκειας, χωρίς όμως να επιφέρουν ουσιαστική μεταβολή της στάθμης επιτελεστικότητας, αποτελώντας κυρίως ένα αναγκαίο στάδιο προετοιμασίας για αποτελεσματικότερες επεμβάσεις. Αντίθετα, τα οπλισμένα επιχρίσματα και οι μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος παρουσίασαν σημαντική αύξηση της φέρουσας ικανότητας και της σεισμικής απόκρισης, οδηγώντας το κτίριο στη στάθμη επιτελεστικότητας B3, με τους μανδύες σκυροδέματος να συνοδεύονται, ωστόσο, από μειονεκτήματα, όπως η αύξηση της δυσκαμψίας, η πιθανή δημιουργία συγκεντρώσεων τάσεων, η αλλοίωση της μορφολογίας της λιθοδομής και ο περιορισμός της διαπνοής του κτιρίου. Τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα παρουσίασαν οι επεμβάσεις με σύνθετα υλικά, όπως τα ινοπλισμένα επιχρίσματα και οι λωρίδες FRP, οι οποίες οδήγησαν στη στάθμη επιτελεστικότητας B3+, επιτυγχάνοντας τη σημαντικότερη μείωση των δεικτών ανεπάρκειας και την βέλτιστη συνολική σεισμική συμπεριφορά, χάρη στην αύξηση της διατμητικής αντοχής της τοιχοποιίας χωρίς ουσιαστική επιβάρυνση της μάζας του φορέα, γεγονός που καθιστά ιδιαίτερα αποδοτική και συμβατή λύση για την ενίσχυση κατασκευών φέρουσας τοιχοποιίας. Στον παρακάτω Πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μεθόδων ενίσχυσης που χρησιμοποιήθηκαν στο παρόν κεφάλαιο με τις αντίστοιχες τελικές στάθμες επιτελεστικότητας.

Πίνακας 7.57 *Τελικές στάθμες επιτελεστικότητας για τις μεμονωμένες μεθόδους ενίσχυσης.*

Μέθοδος Ενίσχυσης	**Τελική Στάθμη Επιτελεστικότητας**
Σενάζ+ Διάφραγμα	B4
Ομογενοποίηση μάζας μέσω ενέσεων (ενέματα)	B4
Βαθύ Αρμολόγημα	B4
Οπλισμένα Επιχρίσματα	B3
Μανδύα Σκυροδέματος	B3
FRPs Λωρίδων	B3+
Ινοπλισμένα Επιχρίσματα	B3+

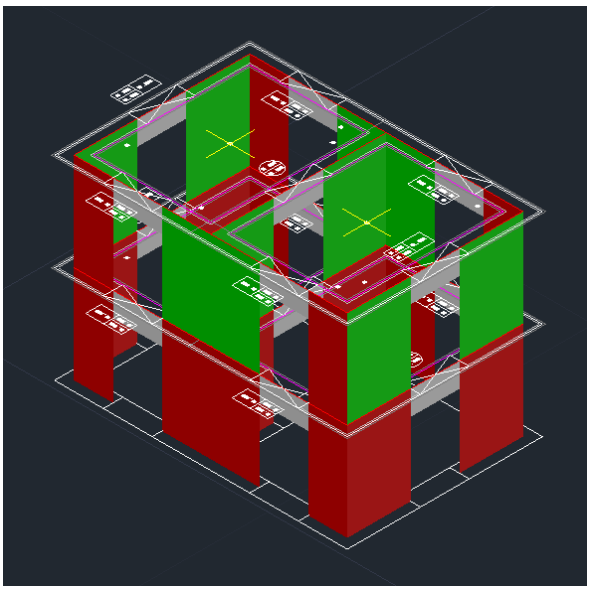
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΩΝ

8.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο παρόν κεφάλαιο εξετάζονται συνδυαστικά σενάρια επεμβάσεων ενίσχυσης του δομήματος. Σε όλες τις περιπτώσεις θεωρήθηκε η ύπαρξη σενάζ και στις δυο στάθμες του κτιρίου καθώς και η λειτουργία διαφράγματος. Οι πρώτοι συνδυασμοί περιλαμβάνουν την ομογενοποίηση της τοιχοποιίας μέσω ενέσεων (ενέματα) σε συνδυασμό με τις προηγούμενες τεχνικές ενίσχυσης, ενώ στη συνέχεια εξετάζεται και ο συνδυασμός των επεμβάσεων με βαθύ αρμολόγημα. Οι παραδοχές και τα χαρακτηριστικά των υλικών ενίσχυσης βασίζονται στα δεδομένα που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 7. Μέσω των συνδυασμών αυτών επιχειρείται η διερεύνηση της αποτελεσματικότερης λύσης για τη βέλτιστη ενίσχυση του φορέα.

8.2 1^{ΟΣ} ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ: ΕΝΕΜΑΤΑ – ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ

Στην πρώτη περίπτωση εξετάζεται η ενίσχυση του δομήματος με την προσθήκη σενάζ, διαφράγματος, ομογενοποίηση της μάζας μέσων ενέσεων (ενέματα) και οπλισμένου επιχρίσματος. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης της συγκεκριμένης επέμβασης και πραγματοποιείται σύγκριση με την συμπεριφορά του υφιστάμενου κτίριού.



Σχήμα 8.1 *Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β1 στη διεύθυνση SW VIEW για τον πρώτο συνδυασμό.*

Στο Σχήμα 8.1 παρουσιάζονται οι ανεπάρκειες των πεσσών μετά την εφαρμογή του πρώτου συνδυασμού (ενέματα, οπλισμένο επίχρισμα, σενάζ, διάφραγμα). Παρατηρείται αισθητή βελτίωση της συμπεριφοράς του φορέα σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση, με τους περισσότερους πεσσοί του ορόφου να εμφανίζονται επαρκείς, ενώ οι ανεπάρκειες

παραμένουν στο ισόγειο. Η συμπεριφορά του δομήματος βελτιώνεται περαιτέρω στις υψηλότερες στάθμες επιτελεστικότητας, με πλήρη επάρκεια όλων των πεσσών στη στάθμη Β3.

Στη συνέχεια παρατίθενται τα αποτελέσματα της ανάλυσης για τη στάθμη Β1 μετά την εφαρμογή του πρώτου συνδυασμού ενισχύσεων.

-Διάτμηση εντός επιπέδου

Πίνακας 8.1 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου για τον πρώτο συνδυασμό ενίσχυσης.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	2.88	0.15
	3	EC1_006	1.84	0.13
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	10.00	0.05
	6	EC1_042	10.00	0.13
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	10.00	0.16
	9	EC1_006	10.00	0.18
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	1.55	0.07
	12	EC1_042	10.00	0.12
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	10.00	0.11
	15	EC1_006	1.25	0.12
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	1.56	0.13
	18	EC1_042	2.01	0.07
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	1.39	0.15
	21	EC1_042	0.91	0.05

Μετά την εφαρμογή του πρώτου συνδυασμού ενισχύσεων παρατηρείται σημαντική μείωση των λόγων ανεπάρκειες στους πεσσούς, οι οποίοι κρίνονται πλέον στο σύνολο τους επαρκείς έναντι διάτμησης εντός επιπέδου.

-Διάτμηση εκτός επιπέδου

Πίνακας 8.2 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου για τον πρώτο συνδυασμό ενίσχυσης.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.22	0.26
	3	EC1_042	0.21	0.26
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.25	1.50
	6	EC1_006	1.31	2.29
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.79	6.07
	9	EC1_042	4.91	9.85
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.35	0.37
	12	EC1_006	0.31	0.37
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.54	1.71
	15	EC1_042	0.88	1.30
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	2.23	1.04
	18	EC1_006	1.79	1.41
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.24	0.25
	21	EC1_006	0.28	0.35

Η εφαρμογή του πρώτου συνδυασμού ενισχύσεων δεν επιφέρει ουσιαστική βελτίωση στους δείκτες ανεπάρκειας γεγονός που δείχνει ότι για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β1 ο συγκεκριμένος συνδυασμός ενισχύσεων δεν επηρεάζει σημαντικά τη συμπεριφορά του φορέα έναντι διάτμησης εκτός επιπέδου.

-Κάμψη εντός επιπέδου

Πίνακας 8.3 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον πρώτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.52	0.58
	3	EC1_006	0.58	0.63
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	1.58	1.25
	6	EC1_042	2.59	1.76
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	1.19	1.09
	9	EC1_006	1.21	1.33
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	0.39	0.43
	12	EC1_042	1.10	2.86
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	13.05	1.45
	15	EC1_006	0.74	0.58
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	0.33	0.34
	18	EC1_042	0.77	1.09
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	0.20	0.24
	21	EC1_042	0.53	0.52

Πίνακας 8.4 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον πρώτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.24	0.33
	24	EC1_006	0.22	0.27
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_042	0.21	0.59
	27	EC1_042	0.65	0.63
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.30	0.52
	30	EC1_006	0.26	0.35
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_042	0.16	0.38
	33	EC1_042	0.34	0.38
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	1.65	0.63
	36	EC1_006	0.68	0.56
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_042	0.13	0.27
	39	EC1_042	0.30	0.47
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_042	0.12	0.24
	42	EC1_042	0.21	0.29

Η εφαρμογή του πρώτου συνδυασμού ενισχύσεων οδηγεί σε μείωση των δεικτών ανεπάρκειας των πεσσών βελτιώνοντας τη συνολική τους συμπεριφορά, χωρίς όμως η βελτίωση να είναι επαρκής ώστε οι πεσσοί που δεν επαρκούσαν να καταστούν τελικά επαρκείς.

-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα

Πίνακας 8.5 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον πρώτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.52	0.19
	3	EC1_042	0.51	0.19
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.91	0.31
	6	EC1_006	2.59	0.29
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.36	0.27
	9	EC1_042	4.77	0.27
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.57	0.23
	12	EC1_006	0.63	0.22
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.04	0.25
	15	EC1_042	0.64	0.23
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	4.23	0.26
	18	EC1_006	3.02	0.28
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.53	0.19
	21	EC1_006	0.48	0.22

Πίνακας 8.6 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον πρώτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_042	0.12	0.08
	24	EC1_042	0.09	0.07
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	0.48	0.05
	27	EC1_006	0.52	0.06
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_042	0.31	0.08
	30	EC1_042	0.25	0.07
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	0.08	0.05
	33	EC1_006	0.14	0.06
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_042	0.12	0.05
	36	EC1_042	0.10	0.06
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.18	0.06
	39	EC1_006	0.25	0.04
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.18	0.07
	42	EC1_006	0.08	0.05

Μετά την εφαρμογή του συνδυασμού ενίσχυσης οι ανεπάρκειες των πεσσών ως προς την εκτός επιπέδου κάμψη περί τον οριζόντιο άξονα εξαλείφονται με αποτέλεσμα το δόμημα να παρουσιάζει πλέον επαρκή και σαφώς βελτιωμένη συμπεριφορά.

-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα

Πίνακας 8.7 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον πρώτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.01	0.00
		EC1_042	0.18	0.01
	3	EC1_006	0.04	0.00
		EC1_042	0.18	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	0.06	0.01
		EC1_042	0.04	0.00
	6	EC1_006	0.05	0.01
		EC1_042	0.03	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	0.11	0.00
		EC1_042	0.38	0.00
	9	EC1_006	0.11	0.00
		EC1_042	0.38	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.08	0.01
		EC1_042	0.08	0.00
	12	EC1_006	0.07	0.01
		EC1_042	0.07	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	0.09	0.00
		EC1_042	0.29	0.00
	15	EC1_006	0.09	0.00
		EC1_042	0.29	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	0.10	0.01
		EC1_042	0.08	0.00
	18	EC1_006	0.12	0.01
		EC1_042	0.10	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.04	0.01
		EC1_042	0.05	0.00
	21	EC1_006	0.05	0.01
		EC1_042	0.06	0.00

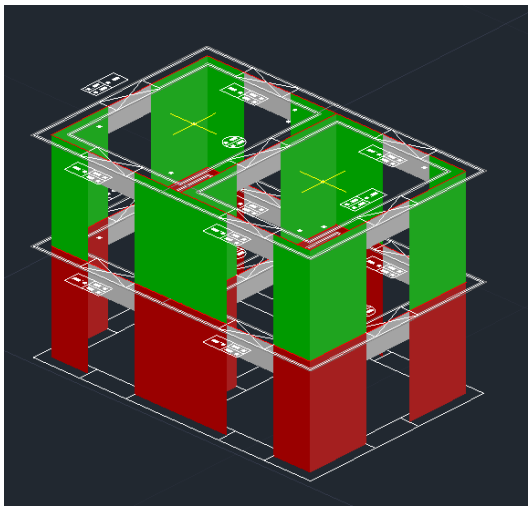
Πίνακας 8.8 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον πρώτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.36	0.00
		EC1_042	1.20	0.01
	24	EC1_006	0.36	0.00
		EC1_042	1.20	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	1.06	0.01
		EC1_042	0.11	0.00
	27	EC1_006	0.85	0.01
		EC1_042	0.09	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.39	0.00
		EC1_042	1.26	0.01
	30	EC1_006	0.39	0.00
		EC1_042	1.26	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	1.19	0.01
		EC1_042	0.59	0.00
	33	EC1_006	0.95	0.01
		EC1_042	0.47	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	0.21	0.00
		EC1_042	0.71	0.01
	36	EC1_006	0.21	0.00
		EC1_042	0.71	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.96	0.01
		EC1_042	0.46	0.00
	39	EC1_006	1.20	0.01
		EC1_042	0.58	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.84	0.01
		EC1_042	0.08	0.00
	42	EC1_006	1.04	0.01
		EC1_042	0.10	0.00

Αντίστοιχη βελτίωση παρατηρείται και στην εκτός επιπέδου κάμψη περί τον κατακόρυφο άξονα, καθώς μετά την εφαρμογή της ενίσχυσης όλοι οι πεσσοί κρίνονται επαρκείς, γεγονός που επιβεβαιώνει την σημαντική συμβολή της επέμβασης στη συνολική καμπτική απόκριση του φορέα.

8.3 2ΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ: ΕΝΕΜΑΤΑ – ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ

Στην δεύτερη περίπτωση εξετάζεται η ενίσχυση του δομήματος με την προσθήκη σενάζ, διαφράγματος, ομογενοποίηση της μάζας μέσων ενέσεων (ενέματα) και ινοπλισμένου επιχρίσματος. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης της συγκεκριμένης επέμβασης και πραγματοποιείται σύγκριση με την συμπεριφορά του υφιστάμενου κτίριού.



Σχήμα 8.2 *Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β1 στη διεύθυνση SW VIEW για τον δεύτερο συνδυασμό.*

Στο Σχήμα 8.2 παρουσιάζονται οι ανεπάρκειες των πεσσών μετά την εφαρμογή του δεύτερου συνδυασμού (ενέματα, ινοπλισμένο επίχρισμα, σενάζ, διάφραγμα). Διαπιστώνεται σημαντική αναβάθμιση της απόκρισης του φορέα συγκριτικά με την αρχική κατάσταση, καθώς οι πεσσοί του ορόφου κρίνονται πλέον επαρκείς, ενώ οι ανεπάρκειες που παρατηρούνται εντοπίζονται στο ισόγειο. Η συμπεριφορά του δομήματος βελτιώνεται περαιτέρω στις υψηλότερες στάθμες επιτελεστικότητας, με πλήρη επάρκεια όλων των πεσσών στη στάθμη Β2.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης για τη στάθμη Β1 μετά την εφαρμογή του δεύτερου συνδυασμού ενισχύσεων.

-Διάτμηση εντός επιπέδου

Πίνακας 8.9 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου για τον δεύτερο συνδυασμό ενίσχυσης.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	2.88	0.28
	3	EC1_006	1.84	0.23
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	10.00	0.10
	6	EC1_042	10.00	0.24
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	10.00	0.30
	9	EC1_006	10.00	0.34
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	1.55	0.13
	12	EC1_042	10.00	0.21
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	10.00	0.18
	15	EC1_006	1.25	0.18
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	1.56	0.23
	18	EC1_042	2.01	0.13
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	1.39	0.25
	21	EC1_042	0.91	0.09

Μετά την εφαρμογή του δεύτερου συνδυασμού ενίσχυσης, οι λόγοι ανεπάρκειας μειώνονται σημαντικά σε όλους τους πεσσούς, οι οποίοι πλέον κρίνονται επαρκείς στη

διάτμηση εντός επιπέδου, που υποδηλώνει ουσιαστική αύξηση της φέρουσας ικανότητας του δομήματος.

-Διάτμηση εκτός επιπέδου

Πίνακας 8.10 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου για τον δεύτερο συνδυασμό ενίσχυσης.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.22	0.25
	3	EC1_042	0.21	0.25
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.25	1.46
	6	EC1_006	1.31	2.86
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.79	5.44
	9	EC1_042	4.91	7.57
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.35	0.39
	12	EC1_006	0.31	0.36
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.54	1.61
	15	EC1_042	0.88	1.22
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	2.23	1.08
	18	EC1_006	1.79	1.48
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.24	0.25
	21	EC1_006	0.28	0.34

Η εφαρμογή του δεύτερου συνδυασμού ενισχύσεων δεν οδηγεί σε ουσιαστική μείωση των δεικτών ανεπάρκειας, γεγονός που υποδηλώνει πως η συγκεκριμένη επέμβαση δεν βελτιώνει σημαντικά τη συμπεριφορά του φορέα έναντι διάτμησης εκτός επιπέδου.

-Κάμψη εντός επιπέδου

Πίνακας 8.11 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον δεύτερο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.52	0.05
	3	EC1_006	0.58	0.07
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	1.58	0.02
	6	EC1_042	2.59	0.03
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	1.19	0.08
	9	EC1_006	1.21	0.07
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	0.39	0.02
	12	EC1_042	1.10	0.03
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	13.05	0.07
	15	EC1_006	0.74	0.07
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	0.33	0.03
	18	EC1_042	0.77	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	0.20	0.02
	21	EC1_042	0.53	0.02

Πίνακας 8.12 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον δεύτερο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.24	0.01
	24	EC1_006	0.22	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_042	0.21	0.00
	27	EC1_042	0.65	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.30	0.01
	30	EC1_006	0.26	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_042	0.16	0.00
	33	EC1_042	0.34	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	1.65	0.02
	36	EC1_006	0.68	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_042	0.13	0.00
	39	EC1_042	0.30	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_042	0.12	0.01
	42	EC1_042	0.21	0.01

Η εφαρμογή του δεύτερου συνδυασμού ενίσχυσης οδηγεί σε σημαντική μείωση των δεικτών ανεπάρκειας, βελτιώνοντας ουσιαστικά τη συμπεριφορά των πεσσών και καθιστώντας το δόμημα επαρκές έναντι κάμψης εντός επιπέδου.

-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα

Πίνακας 8.13 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον δεύτερο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.52	0.22
	3	EC1_042	0.51	0.23
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.91	0.46
	6	EC1_006	2.59	0.35
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.36	0.29
	9	EC1_042	4.77	0.29
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.57	0.29
	12	EC1_006	0.63	0.26
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.04	0.29
	15	EC1_042	0.64	0.27
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	4.23	0.30
	18	EC1_006	3.02	0.38
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.53	0.23
	21	EC1_006	0.48	0.26

Πίνακας 8.14 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον δεύτερο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_042	0.12	0.08
	24	EC1_042	0.09	0.08
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	0.48	0.05
	27	EC1_006	0.52	0.07
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_042	0.31	0.08
	30	EC1_042	0.25	0.08
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	0.08	0.06
	33	EC1_006	0.14	0.07
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_042	0.12	0.06
	36	EC1_042	0.10	0.06
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.18	0.07
	39	EC1_006	0.25	0.05
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.18	0.08
	42	EC1_006	0.08	0.06

Η εφαρμογή του δεύτερου συνδυασμού ενίσχυσης εξαλείφει τις αρχικές ανεπάρκειες των πεσσών ως προς την εκτός επιπέδου κάμψη περί τον οριζόντιο άξονα, οδηγώντας σε σαφώς βελτιωμένη και πλέον επαρκή συμπεριφορά του δομήματος.

-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα

Πίνακας 8.15 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον δεύτερο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.01	0.00
		EC1_042	0.18	0.01
	3	EC1_006	0.04	0.00
		EC1_042	0.18	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	0.06	0.01
		EC1_042	0.04	0.00
	6	EC1_006	0.05	0.01
		EC1_042	0.03	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	0.11	0.00
		EC1_042	0.38	0.00
	9	EC1_006	0.11	0.00
		EC1_042	0.38	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.08	0.01
		EC1_042	0.08	0.00
	12	EC1_006	0.07	0.01
		EC1_042	0.07	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	0.09	0.00
		EC1_042	0.29	0.00
	15	EC1_006	0.09	0.00
		EC1_042	0.29	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	0.10	0.01
		EC1_042	0.08	0.00
	18	EC1_006	0.12	0.01
		EC1_042	0.10	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.04	0.01
		EC1_042	0.05	0.00
	21	EC1_006	0.05	0.01
		EC1_042	0.06	0.00

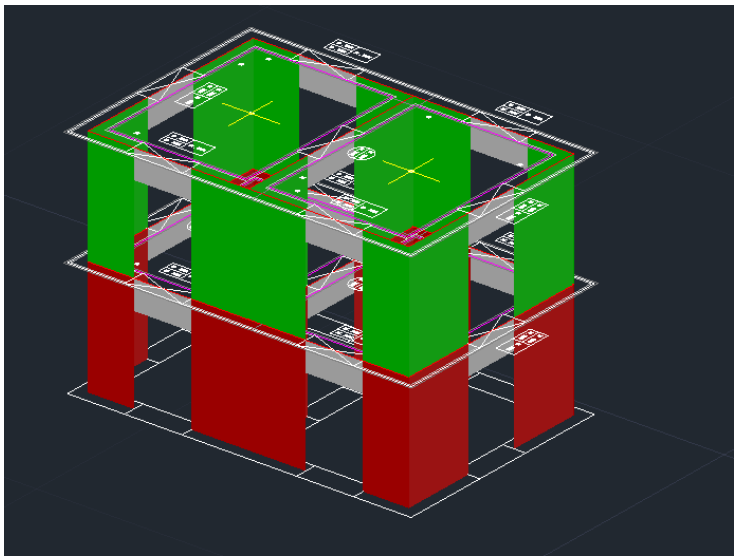
Πίνακας 8.16 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον δεύτερο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.36	0.00
		EC1_042	1.20	0.00
	24	EC1_006	0.36	0.00
		EC1_042	1.20	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	1.06	0.0
		EC1_042	0.11	0.00
	27	EC1_006	0.85	0.00
		EC1_042	0.09	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.39	0.00
		EC1_042	1.26	0.00
	30	EC1_006	0.39	0.00
		EC1_042	1.26	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	1.19	0.00
		EC1_042	0.59	0.00
	33	EC1_006	0.95	0.00
		EC1_042	0.47	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	0.21	0.00
		EC1_042	0.71	0.00
	36	EC1_006	0.21	0.00
		EC1_042	0.71	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.96	0.00
		EC1_042	0.46	0.00
	39	EC1_006	1.20	0.00
		EC1_042	0.58	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.84	0.00
		EC1_042	0.08	0.00
	42	EC1_006	1.04	0.00
		EC1_042	0.10	0.00

Αντίστοιχα σημαντική βελτίωση παρατηρείται και στον εκτός επιπέδου κάμψη περί τον κατακόρυφο άξονα, καθώς μετά την εφαρμογή της ενίσχυσης όλοι οι πεσσοί κρίνονται επαρκείς, γεγονός που καταδεικνύει την ιδιαίτερα αποτελεσματική συμβολή της επέμβασης στη συνολική καμπτική συμπεριφορά του φορέα.

8.4 3ος ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ: ΕΝΕΜΑΤΑ – FRPS ΛΩΡΙΔΩΝ

Στην τρίτη περίπτωση εξετάζεται η ενίσχυση του δομήματος με την προσθήκη σενάζ, διαφράγματος, ομογενοποίηση της μάζας μέσων ενέσεων (ενέματα) και FRPs λωρίδων. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης της συγκεκριμένης επέμβασης ενίσχυσης και αξιολογείται η συμπεριφορά του φορέα σε σχέση με την αρχική κατάσταση του υφιστάμενου κτιρίου.



Σχήμα 8.3 *Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β1 στη διεύθυνση SW VIEW για τον τρίτο συνδυασμό.*

Στο Σχήμα 8.3 παρουσιάζονται οι ανεπάρκειες των πεσσών μετά την εφαρμογή του δεύτερου συνδυασμού (ενέματα, FRPs λωρίδων, σενάζ, διάφραγμα). Παρατηρείται σημαντική αναβάθμιση της συνολικής συμπεριφοράς του φορέα σε σχέση με την αρχική κατάσταση, καθώς οι πεσσοί του ορόφου καθίστανται επαρκείς και οι εναπομένουσες ανεπάρκειες εντοπίζονται μόνο στο ισόγειο, ενώ με την αύξηση της στάθμης επιτελεστικότητας το δόμημα παρουσιάζει ολοένα και καλύτερη απόκριση, φτάνοντας σε πλήρη επάρκεια όλων των πεσσών στη στάθμη Β3+.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης για τη στάθμη Β1 μετά την εφαρμογή του δεύτερου συνδυασμού ενισχύσεων.

-Διάτμηση εντός επιπέδου

Πίνακας 8.17 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου για τον τρίτο συνδυασμό ενίσχυσης.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	2.88	1.00
	3	EC1_006	1.84	1.00
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	10.00	1.00
	6	EC1_042	10.00	1.00
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	10.00	1.00
	9	EC1_006	10.00	1.00
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	1.55	1.00
	12	EC1_042	10.00	1.00
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	10.00	1.00
	15	EC1_006	1.25	0.53
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	1.56	1.00
	18	EC1_042	2.01	1.00
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	1.39	1.00
	21	EC1_042	0.91	0.96

Η αισθητή μείωση και η σχεδόν εξίσωση των λόγων ανεπάρκειας μεταξύ των πεσσών υποδηλώνει πιο ομοιόμορφη κατανομή των εντατικών μεγεθών και συνεπώς πιο ισορροπημένη λειτουργία του φορέα μετά την ενίσχυση. Έτσι, μετά την εφαρμογή του τρίτου συνδυασμού ενισχύσεων όλοι οι πεσσοί αξιολογούνται πλέον ως επαρκείς έναντι διάτμησης εντός επιπέδου.

-Διάτμηση εκτός επιπέδου

Πίνακας 8.18 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου για τον τρίτο συνδυασμό ενίσχυσης.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.22	0.25
	3	EC1_042	0.21	0.25
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.25	1.46
	6	EC1_006	1.31	2.86
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.79	5.44
	9	EC1_042	4.91	7.57
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.35	0.39
	12	EC1_006	0.31	0.36
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.54	1.61
	15	EC1_042	0.88	1.22
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	2.23	1.08
	18	EC1_006	1.79	1.48
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.24	0.25
	21	EC1_006	0.28	0.34

Η εφαρμογή του τρίτου συνδυασμού ενισχύσεων δεν οδηγεί σε ουσιαστική μεταβολή των δεικτών ανεπάρκειας, γεγονός που δείχνει ότι η στάθμη επιτελεστικότητας Β1 η συγκεκριμένη μέθοδος ενίσχυσης δεν επηρεάζει σημαντικά τη συμπεριφορά του φορέα έναντι διάτμησης εκτός επιπέδου.

-Κάμψη εντός επιπέδου

Πίνακας 8.19 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον τρίτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.52	0.61
	3	EC1_006	0.58	0.64
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	1.58	1.37
	6	EC1_042	2.59	2.27
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	1.19	1.16
	9	EC1_006	1.21	1.33
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	0.39	0.44
	12	EC1_042	1.10	1.94
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	13.05	1.47
	15	EC1_006	0.74	0.64
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	0.33	0.35
	18	EC1_042	0.77	0.95
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	0.20	0.25
	21	EC1_042	0.53	0.53

Πίνακας 8.20 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον τρίτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.24	0.28
	24	EC1_006	0.22	0.25
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_042	0.21	0.42
	27	EC1_042	0.65	0.49
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.30	0.44
	30	EC1_006	0.26	0.31
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_042	0.16	0.29
	33	EC1_042	0.34	0.31
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	1.65	0.62
	36	EC1_006	0.68	0.57
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_042	0.13	0.21
	39	EC1_042	0.30	0.39
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_042	0.12	0.19
	42	EC1_042	0.21	0.24

Η εφαρμογή του τρίτου συνδυασμού ενίσχυσης βελτιώνει τη συμπεριφορά των πεσσών καθώς οδηγεί σε μείωση των δεικτών ανεπάρκειας και σε ορισμένες περιπτώσεις καθιστά τους πεσσούς επαρκείς ενώ συνολικά παρατηρείται βελτίωση της απόκρισης έναντι κάμψης εντός επιπέδου.

-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα

Πίνακας 8.21 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον τρίτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.52	0.53
	3	EC1_042	0.51	0.52
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.91	1.00
	6	EC1_006	2.59	5.36
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.36	4.67
	9	EC1_042	4.77	6.82
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.57	0.61
	12	EC1_006	0.63	0.66
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.04	1.00
	15	EC1_042	0.64	0.80
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	4.23	1.00
	18	EC1_006	3.02	1.00
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.53	0.50
	21	EC1_006	0.48	0.56

Πίνακας 8.22 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον τρίτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_042	0.12	0.12
	24	EC1_042	0.09	0.13
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	0.48	0.11
	27	EC1_006	0.52	0.22
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_042	0.31	0.12
	30	EC1_042	0.25	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	0.08	0.11
	33	EC1_006	0.14	0.16
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_042	0.12	0.07
	36	EC1_042	0.10	0.06
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.18	0.18
	39	EC1_006	0.25	0.30
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.18	0.16
	42	EC1_006	0.08	0.13

Μετά την ενίσχυση, παρατηρείται σημαντική μείωση των δεικτών ανεπάρκειας, με τον όροφο να παρουσιάζει πλήρη επάρκεια, ενώ στο ισόγειο οι ανεπάρκειες περιορίζονται αισθητά σε σχέση με την αρχική κατάσταση, γεγονός που καταδεικνύει τη θετική συμβολή της επέμβασης στη συνολική συμπεριφορά του φορέα.

-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα

Πίνακας 8.23 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον τρίτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.01	0.03
		EC1_042	0.18	0.07
	3	EC1_006	0.04	0.03
		EC1_042	0.18	0.07
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	0.06	0.13
		EC1_042	0.04	0.04
	6	EC1_006	0.05	0.11
		EC1_042	0.03	0.03
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	0.11	0.01
		EC1_042	0.38	0.01
	9	EC1_006	0.11	0.01
		EC1_042	0.38	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.08	0.14
		EC1_042	0.08	0.05
	12	EC1_006	0.07	0.12
		EC1_042	0.07	0.04
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	0.09	0.01
		EC1_042	0.29	0.01
	15	EC1_006	0.09	0.01
		EC1_042	0.29	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	0.10	0.10
		EC1_042	0.08	0.03
	18	EC1_006	0.12	0.13
		EC1_042	0.10	0.03
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.04	0.11
		EC1_042	0.05	0.05
	21	EC1_006	0.05	0.14
		EC1_042	0.06	0.06

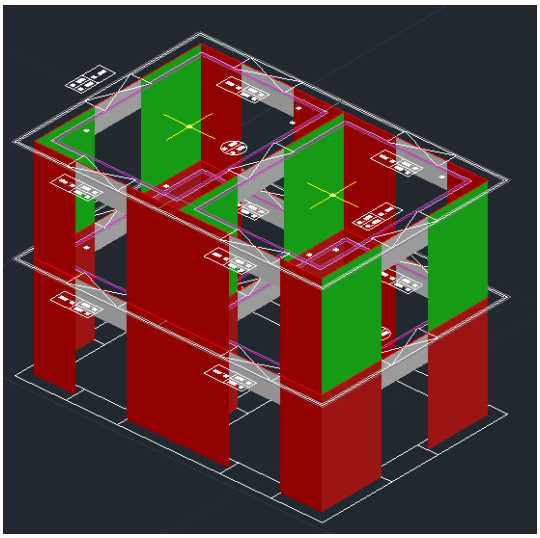
Πίνακας 8.24 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον τρίτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.36	0.01
		EC1_042	1.20	0.05
	24	EC1_006	0.36	0.01
		EC1_042	1.20	0.05
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	1.06	0.09
		EC1_042	0.11	0.03
	27	EC1_006	0.85	0.07
		EC1_042	0.09	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.39	0.02
		EC1_042	1.26	0.05
	30	EC1_006	0.39	0.02
		EC1_042	1.26	0.05
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	1.19	0.08
		EC1_042	0.59	0.02
	33	EC1_006	0.95	0.06
		EC1_042	0.47	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	0.21	0.02
		EC1_042	0.71	0.04
	36	EC1_006	0.21	0.02
		EC1_042	0.71	0.04
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.96	0.07
		EC1_042	0.46	0.02
	39	EC1_006	1.20	0.09
		EC1_042	0.58	0.03
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.84	0.06
		EC1_042	0.08	0.01
	42	EC1_006	1.04	0.07
		EC1_042	0.10	0.02

Αντίστοιχη βελτίωση παρατηρείται και στην εκτός επιπέδου κάμψη περί τον κατακόρυφο άξονα, όπου μετά την εφαρμογή της ενίσχυσης όλοι οι πεσσοί κρίνονται επαρκείς, γεγονός που επιβεβαιώνει την αποτελεσματική συμβολή της επέμβασης στη συνολική καμπτική συμπεριφορά του φορέα.

8.5 4ΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ: ΕΝΕΜΑΤΑ – ΜΑΝΔΥΑΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Στην τέταρτη περίπτωση εξετάζεται η ενίσχυση του δομήματος με την προσθήκη σενάζ, διαφράγματος, ομογενοποίηση της μάζας μέσων ενέσεων (ενέματα) και μανδύα σκυροδέματος. Παρακάτω, καταγράφονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης της ενίσχυσης και συγκρίνεται η συμπεριφορά του φορέα σε σχέση με την αρχική κατάσταση του υφιστάμενου κτιρίου.



Σχήμα 8.4 *Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β1 στη διεύθυνση SW VIEW για τον τέταρτο συνδυασμό.*

Στο Σχήμα 8.4 παρουσιάζονται οι ανεπάρκειες των πεσσών μετά την εφαρμογή του τέταρτου συνδυασμού (ενέματα, μανδύα σκυροδέματος, σενάζ, διάφραγμα). Καταγράφεται βελτιωμένη απόκριση του φορέα σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση, καθώς μέρος των πεσσών του ορόφου αποκτά επάρκεια ενώ οι εναπομένουσες ανεπάρκειες εντοπίζονται κυρίως στο ισόγειο. Ακόμη, όσο αυξάνεται η στάθμη επιτελεστικότητας, η απόκριση του δομήματος γίνεται πιο ικανοποιητική, με όλους τους πεσσούς να παρουσιάζουν πλήρη επάρκεια στη στάθμη Β3+.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης για τη στάθμη Β1 μετά την εφαρμογή του δεύτερου συνδυασμού ενισχύσεων.

-Διάτμηση εντός επιπέδου

Πίνακας 8.25 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου για τον τέταρτο συνδυασμό ενίσχυσης.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	2.88	0.25
	3	EC1_006	1.84	0.20
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	10.00	0.09
	6	EC1_042	10.00	0.22
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	10.00	0.23
	9	EC1_006	10.00	0.26
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	1.55	0.12
	12	EC1_042	10.00	0.21
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	10.00	0.20
	15	EC1_006	1.25	0.19
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	1.56	0.21
	18	EC1_042	2.01	0.12
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	1.39	0.22
	21	EC1_042	0.91	0.08

Παρατηρείται ουσιαστική βελτίωση της φέρουσας ικανότητας των πεσσών καθώς οι λόγοι ανεπάρκειας μειώνονται σημαντικά μετά την εφαρμογή της ενίσχυσης του τέταρτου συνδυασμού. Ως αποτέλεσμα, το δόμημα εμφανίζει πλέον πλήρη επάρκεια έναντι διάτμησης εντός επιπέδου.

-Διάτμηση εκτός επιπέδου

Πίνακας 8.26 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου για τον τέταρτο συνδυασμό ενίσχυσης.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.22	0.22
	3	EC1_042	0.21	0.22
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.25	0.38
	6	EC1_006	1.31	0.28
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.79	0.29
	9	EC1_042	4.91	0.29
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.35	0.25
	12	EC1_006	0.31	0.22
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.54	0.40
	15	EC1_042	0.88	0.38
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	2.23	0.28
	18	EC1_006	1.79	0.37
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.24	0.21
	21	EC1_006	0.28	0.31

Ανάλογη βελτίωση παρατηρείται και στην εκτός επιπέδου διάτμηση, καθώς η εφαρμογή του τέταρτου συνδυασμού ενίσχυσης οδηγεί σε σημαντική μείωση των λόγων ανεπάρκειας και συνεπακόλουθη αύξηση της φέρουσας ικανότητας των πεσσών. Συνεπώς, με την εφαρμογή της ενίσχυσης, το δόμημα εμφανίζει πλήρη επάρκεια έναντι εκτός επιπέδου διάτμηση.

-Κάμψη εντός επιπέδου

Πίνακας 8.27 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον τέταρτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.52	0.59
	3	EC1_006	0.58	0.71
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	1.58	**1.07**
	6	EC1_042	2.59	1.38
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	1.19	1.05
	9	EC1_006	1.21	1.34
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	0.39	0.47
	12	EC1_042	1.10	2.93
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	13.05	1.39
	15	EC1_006	0.74	0.58
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	0.33	0.38
	18	EC1_042	0.77	1.53
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	0.20	0.28
	21	EC1_042	0.53	0.60

Πίνακας 8.28 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον τέταρτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.24	0.46
	24	EC1_006	0.22	0.38
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_042	0.21	0.85
	27	EC1_042	0.65	1.33
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.30	0.66
	30	EC1_006	0.26	0.52
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_042	0.16	0.58
	33	EC1_042	0.34	0.70
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	1.65	0.68
	36	EC1_006	0.68	0.59
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_042	0.13	0.42
	39	EC1_042	0.30	0.78
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_042	0.12	0.36
	42	EC1_042	0.21	0.46

Ο τέταρτος συνδυασμός ενίσχυσης συμβάλει σχεδόν ουδέτερα στη συμπεριφορά των πεσσών, καθώς οι δείκτες ανεπάρκειας δεν μεταβάλλονται ουσιαστικά με ορισμένους πεσσούς να εμφανίζουν πλέον επάρκεια και με άλλους να γίνονται πιο άκαμπτοι.

-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα

Πίνακας 8.29 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον τέταρτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.52	0.15
	3	EC1_042	0.51	0.15
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.91	0.20
	6	EC1_006	2.59	0.18
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.36	0.18
	9	EC1_042	4.77	0.18
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.57	0.17
	12	EC1_006	0.63	0.16
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.04	0.19
	15	EC1_042	0.64	0.18
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	4.23	0.17
	18	EC1_006	3.02	0.19
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.53	0.14
	21	EC1_006	0.48	0.17

Πίνακας 8.30 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον τέταρτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_042	0.12	0.05
	24	EC1_042	0.09	0.05
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	0.48	0.04
	27	EC1_006	0.52	0.04
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_042	0.31	0.05
	30	EC1_042	0.25	0.05
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	0.08	0.04
	33	EC1_006	0.14	0.04
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_042	0.12	0.04
	36	EC1_042	0.10	0.04
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.18	0.04
	39	EC1_006	0.25	0.03
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.18	0.04
	42	EC1_006	0.08	0.03

Η εφαρμογή του τέταρτου συνδυασμού ενίσχυσης βελτιώνει σημαντικά τη συμπεριφορά του δομήματος έναντι εκτός επιπέδου κάμψης περί τον οριζόντιο άξονα, καθώς οι ανεπάρκειες των πεσσών αντιμετωπίζονται αποτελεσματικά και οι έλεγχοι επάρκειας ικανοποιούνται πλέον στο σύνολο τους.

-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα

Πίνακας 8.31 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον τέταρτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.01	0.00
		EC1_042	0.18	0.00
	3	EC1_006	0.04	0.00
		EC1_042	0.18	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	0.06	0.00
		EC1_042	0.04	0.00
	6	EC1_006	0.05	0.00
		EC1_042	0.03	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	0.11	0.00
		EC1_042	0.38	0.00
	9	EC1_006	0.11	0.00
		EC1_042	0.38	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.08	0.00
		EC1_042	0.08	0.00
	12	EC1_006	0.07	0.00
		EC1_042	0.07	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	0.09	0.00
		EC1_042	0.29	0.00
	15	EC1_006	0.09	0.00
		EC1_042	0.29	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	0.10	0.00
		EC1_042	0.08	0.00
	18	EC1_006	0.12	0.00
		EC1_042	0.10	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.04	0.00
		EC1_042	0.05	0.00
	21	EC1_006	0.05	0.00
		EC1_042	0.06	0.00

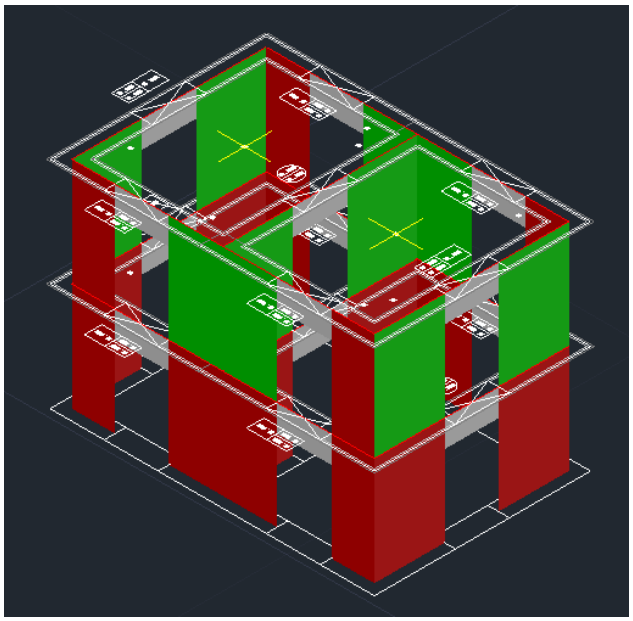
Πίνακας 8.32 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον τέταρτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.36	0.00
		EC1_042	1.20	0.01
	24	EC1_006	0.36	0.00
		EC1_042	1.20	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	1.06	0.01
		EC1_042	0.11	0.00
	27	EC1_006	0.85	0.01
		EC1_042	0.09	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.39	0.00
		EC1_042	1.26	0.01
	30	EC1_006	0.39	0.00
		EC1_042	1.26	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	1.19	0.01
		EC1_042	0.59	0.00
	33	EC1_006	0.95	0.01
		EC1_042	0.47	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	0.21	0.00
		EC1_042	0.71	0.01
	36	EC1_006	0.21	0.00
		EC1_042	0.71	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.96	0.01
		EC1_042	0.46	0.00
	39	EC1_006	1.20	0.01
		EC1_042	0.58	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.84	0.01
		EC1_042	0.08	0.00
	42	EC1_006	1.04	0.01
		EC1_042	0.10	0.00

Παρόμοια θετική επίδραση παρατηρείται και στην εκτός επιπέδου κάμψη περί τον κατακόρυφο άξονα, καθώς μετά την εφαρμογή της ενίσχυσης όλοι οι πεσσοί κρίνονται επαρκείς γεγονός που αναδεικνύει τη σημαντική συμβολή της επέμβασης στη βελτίωση της συμπεριφοράς του φορέα.

8.6 5ΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ: ΒΑΘΥ ΑΡΜΟΛΟΓΗΜΑ –ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ

Στην πέμπτη περίπτωση εξετάζεται η ενίσχυση του δομήματος με την προσθήκη σενάζ, διαφράγματος, βαθιού αρμολογήματος και οπλισμένου επιχρίσματος. Παρουσιάζονται παρακάτω τα αποτελέσματα της ανάλυσης της ενίσχυσης και συγκρίνεται η συμπεριφορά του φορέα σε σχέση με την αρχική κατάσταση του υφιστάμενου κτιρίου.



Σχήμα 8.5 *Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β1 στη διεύθυνση SW VIEW για τον πέμπτο συνδυασμό.*

Στο Σχήμα 8.5 παρουσιάζονται οι ανεπάρκειες των πεσσών μετά την εφαρμογή του πέμπτου συνδυασμού (βαθύ αρμολόγημα, οπλισμένο επίχρισμα, σενάζ, διάφραγμα). Παρατηρείται ιδιαίτερη βελτίωση της συνολικής συμπεριφοράς του φορέα συγκριτικά με την αρχική κατάσταση, καθώς η πλειονότητα των πεσσών του ορόφου εμφανίζονται πλέον επάρκειες και οι ανεπάρκειες περιορίζονται κυρίως στο ισόγειο. Ωστόσο, η απόκριση του δομήματος καθίσταται ικανοποιητική, με όλους τους πεσσούς να παρουσιάζουν πλήρη επάρκεια στη στάθμη Β3.

-Διάτμηση εντός επιπέδου

Πίνακας 8.33 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου για τον πέμπτο συνδυασμό ενίσχυσης.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	2.88	0.15
	3	EC1_006	1.84	0.12
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	10.00	0.05
	6	EC1_042	10.00	0.13
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	10.00	0.16
	9	EC1_006	10.00	0.18
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	1.55	0.07
	12	EC1_042	10.00	0.11
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	10.00	0.12
	15	EC1_006	1.25	0.13
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	1.56	0.13
	18	EC1_042	2.01	0.07
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	1.39	0.14
	21	EC1_042	0.91	0.05

Οι λόγοι ανεπάρκειας μειώνονται σημαντικά μετά την εφαρμογή της ενίσχυσης του πέμπτου συνδυασμού, συνεπώς το δόμημα εμφανίζει πλέον πλήρη επάρκεια έναντι διάτμησης εντός επιπέδου.

-Διάτμηση εκτός επιπέδου

Πίνακας 8.34 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου για τον πέμπτο συνδυασμό ενίσχυσης.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.22	0.25
	3	EC1_042	0.21	0.26
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.25	1.48
	6	EC1_006	1.31	2.53
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.79	5.78
	9	EC1_042	4.91	8.71
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.35	0.38
	12	EC1_006	0.31	0.37
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.54	1.66
	15	EC1_042	0.88	1.26
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	2.23	1.06
	18	EC1_006	1.79	1.44
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.24	0.25
	21	EC1_006	0.28	0.35

Για την διάτμηση εκτός επιπέδου, ο πέμπτος συνδυασμός δεν αξιολογείται ιδιαίτερα ευνοϊκός για το δόμημα καθώς εξακολουθούν να παρατηρούνται ανεπάρκειες και δεν παρατηρείται βελτίωση της ικανότητας του φορέα.

-Κάμψη εντός επιπέδου

Πίνακας 8.35 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον πέμπτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.52	0.57
	3	EC1_006	0.58	0.61
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	1.58	1.28
	6	EC1_042	2.59	1.94
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	1.19	1.10
	9	EC1_006	1.21	1.30
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	0.39	0.42
	12	EC1_042	1.10	2.34
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	13.05	1.44
	15	EC1_006	0.74	0.58
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	0.33	0.33
	18	EC1_042	0.77	1.00
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	0.20	0.23
	21	EC1_042	0.53	0.50

Πίνακας 8.36 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον πέμπτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.24	0.30
	24	EC1_006	0.22	0.25
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_042	0.21	0.51
	27	EC1_042	0.65	0.56
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.30	0.48
	30	EC1_006	0.26	0.33
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_042	0.16	0.34
	33	EC1_042	0.34	0.34
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	1.65	0.62
	36	EC1_006	0.68	0.56
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_042	0.13	0.24
	39	EC1_042	0.30	0.43
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_042	0.12	0.21
	42	EC1_042	0.21	0.26

Ο πέμπτος συνδυασμός ενίσχυσης οδηγεί σε μείωση των δεικτών ανεπάρκειας και στους στάθμες του δομήματος. Η επίδραση του είναι ιδιαίτερα ευνοϊκή στους πεσσούς του ορόφου, όπου παρατηρείται καθολική επάρκεια, ενώ στο ισόγειο, παρότι καταγράφεται αισθητή βελτίωση και μείωση των ανεπαρκειών, δεν επαρκεί ώστε όλοι οι πεσσοί που αστοχούν να καταστούν πλήρως επαρκείς.

-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα

Πίνακας 8.37 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον πέμπτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.52	0.19
	3	EC1_042	0.51	0.19
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.91	0.31
	6	EC1_006	2.59	0.29
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.36	0.27
	9	EC1_042	4.77	0.27
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.57	0.24
	12	EC1_006	0.63	0.22
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.04	0.25
	15	EC1_042	0.64	0.23
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	4.23	0.26
	18	EC1_006	3.02	0.28
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.53	0.19
	21	EC1_006	0.48	0.22

Πίνακας 8.38 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον πέμπτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_042	0.12	0.07
	24	EC1_042	0.09	0.07
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	0.48	0.05
	27	EC1_006	0.52	0.06
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_042	0.31	0.07
	30	EC1_042	0.25	0.07
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	0.08	0.05
	33	EC1_006	0.14	0.06
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_042	0.12	0.05
	36	EC1_042	0.10	0.05
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.18	0.06
	39	EC1_006	0.25	0.04
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.18	0.07
	42	EC1_006	0.08	0.05

Η εφαρμογή του πέμπτου συνδυασμού ενίσχυσης βελτιώνει ιδιαίτερα τη συμπεριφορά του δομήματος έναντι εκτός επιπέδου κάμψης περί τον οριζόντιο άξονα, καθώς οι ανεπάρκειες των πεσσών αντιμετωπίζονται αποτελεσματικά και ολοκληρωτικά και οι έλεγχοι επάρκειας ικανοποιούνται πλέον στο σύνολο τους.

-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα

Πίνακας 8.39 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον πέμπτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.01	0.00
		EC1_042	0.18	0.01
	3	EC1_006	0.04	0.00
		EC1_042	0.18	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	0.06	0.01
		EC1_042	0.04	0.00
	6	EC1_006	0.05	0.01
		EC1_042	0.03	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	0.11	0.00
		EC1_042	0.38	0.00
	9	EC1_006	0.11	0.00
		EC1_042	0.38	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.08	0.01
		EC1_042	0.08	0.00
	12	EC1_006	0.07	0.01
		EC1_042	0.07	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	0.09	0.00
		EC1_042	0.29	0.00
	15	EC1_006	0.09	0.00
		EC1_042	0.29	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	0.10	0.01
		EC1_042	0.08	0.00
	18	EC1_006	0.12	0.01
		EC1_042	0.10	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.04	0.01
		EC1_042	0.05	0.00
	21	EC1_006	0.05	0.01
		EC1_042	0.06	0.00

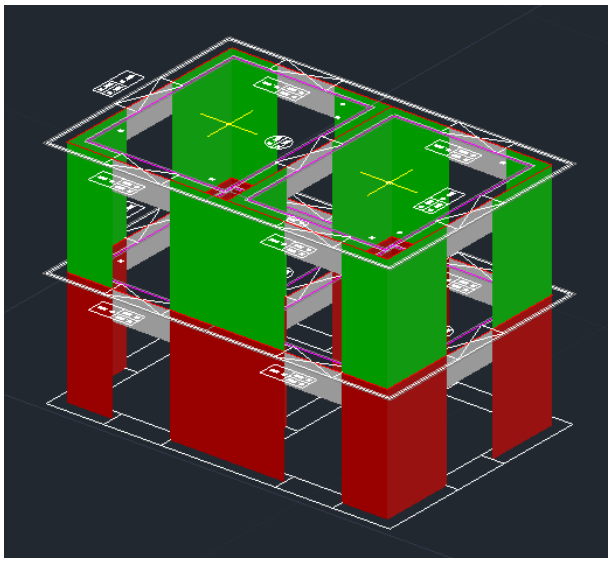
Πίνακας 8.40 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον πέμπτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.36	0.00
		EC1_042	1.20	0.01
	24	EC1_006	0.36	0.00
		EC1_042	1.20	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	1.06	0.01
		EC1_042	0.11	0.00
	27	EC1_006	0.85	0.01
		EC1_042	0.09	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.39	0.00
		EC1_042	1.26	0.01
	30	EC1_006	0.39	0.00
		EC1_042	1.26	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	1.19	0.01
		EC1_042	0.59	0.00
	33	EC1_006	0.95	0.01
		EC1_042	0.47	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	0.21	0.00
		EC1_042	0.71	0.01
	36	EC1_006	0.21	0.00
		EC1_042	0.71	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.96	0.01
		EC1_042	0.46	0.00
	39	EC1_006	1.20	0.01
		EC1_042	0.58	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.84	0.01
		EC1_042	0.08	0.00
	42	EC1_006	1.04	0.01
		EC1_042	0.10	0.00

Με τον ίδιο τρόπο, η εφαρμογή του πέμπτου συνδυασμού ενισχύσεων έχει θετική επίδραση και στην εκτός επιπέδου κάμψη περί τον κατακόρυφο άξονα καθώς παρατηρείται πως όλοι οι πεσσοί κρίνονται επαρκείς γεγονός που αναδεικνύει τη σημαντική συμβολή της επέμβασης στη βελτίωση της συμπεριφοράς του φορέα.

8.7 6ΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ: ΒΑΘΥ ΑΡΜΟΛΟΓΗΜΑ – ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑ

Στην έκτη περίπτωση εξετάζεται η ενίσχυση του δομήματος με την προσθήκη σενάζ, διαφράγματος, βαθιού αρμολογήματος και ινοπλισμένου επιχρίσματος. Παρουσιάζονται παρακάτω τα αποτελέσματα της ανάλυσης της ενίσχυσης και συγκρίνεται η συμπεριφορά του φορέα σε σχέση με την αρχική κατάσταση του υφιστάμενου κτιρίου



Σχήμα 8.6 *Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β1 στη διεύθυνση SW VIEW για τον έκτο συνδυασμό.*

Στο Σχήμα 8.6 παρουσιάζονται οι ανεπάρκειες των πεσσών μετά την εφαρμογή του έκτου συνδυασμού (βαθύ αρμολόγημα, ινοπλισμένο επίχρισμα, σενάζ, διάφραγμα). Η συνολική συμπεριφορά του φορέα παρουσιάζεται ευνοϊκότερη συγκριτικά με την αρχική κατάσταση, καθώς στους πεσσούς του ορόφου εμφανίζονται πλέον επάρκειες και οι ανεπάρκειες περιορίζονται στο ισόγειο. Παρόλα αυτά, η απόκριση του δομήματος καθίσταται ικανοποιητική, με όλους τους πεσσούς να παρουσιάζουν πλήρη επάρκεια στη στάθμη Β3+.

-Διάτμηση εντός επιπέδου

Πίνακας 8.41 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου για τον έκτο συνδυασμό ενίσχυσης.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	2.88	0.26
	3	EC1_006	1.84	0.22
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	10.00	0.09
	6	EC1_042	10.00	0.23
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	10.00	0.30
	9	EC1_006	10.00	0.34
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	1.55	0.12
	12	EC1_042	10.00	0.20
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	10.00	0.28
	15	EC1_006	1.25	0.29
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	1.56	0.21
	18	EC1_042	2.01	0.12
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	1.39	0.23
	21	EC1_042	0.91	0.08

Οι λόγοι ανεπάρκειας μειώνονται αισθητά μετά την εφαρμογή της ενίσχυσης του έκτου συνδυασμού, συνεπώς το δόμημα εμφανίζει πλέον πλήρη επάρκεια έναντι διάτμησης εντός επιπέδου.

-Διάτμηση εκτός επιπέδου

Πίνακας 8.42 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου για τον έκτο συνδυασμό ενίσχυσης.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.22	0.25
	3	EC1_042	0.21	0.25
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.25	1.42
	6	EC1_006	1.31	3.48
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.79	4.99
	9	EC1_042	4.91	6.27
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.35	0.40
	12	EC1_006	0.31	0.36
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.54	1.53
	15	EC1_042	0.88	1.16
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	2.23	1.11
	18	EC1_006	1.79	1.54
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.24	0.26
	21	EC1_006	0.28	0.34

Για την διάτμηση εκτός επιπέδου, ο έκτος συνδυασμός δεν αξιολογείται ιδιαίτερα ευνοϊκός για το δόμημα καθώς εξακολουθούν να παρατηρούνται ανεπάρκειες και δεν παρατηρείται βελτίωση της ικανότητας του φορέα.

-Κάμψη εντός επιπέδου

Πίνακας 8.43 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον έκτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.52	0.06
	3	EC1_006	0.58	0.08
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	1.58	0.02
	6	EC1_042	2.59	0.03
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	1.19	0.09
	9	EC1_006	1.21	0.08
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	0.39	0.02
	12	EC1_042	1.10	0.03
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	13.05	0.08
	15	EC1_006	0.74	0.08
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	0.33	0.03
	18	EC1_042	0.77	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	0.20	0.02
	21	EC1_042	0.53	0.02

Πίνακας 8.44 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον έκτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.24	0.01
	24	EC1_006	0.22	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_042	0.21	0.00
	27	EC1_042	0.65	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.30	0.01
	30	EC1_006	0.26	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_042	0.16	0.00
	33	EC1_042	0.34	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	1.65	0.03
	36	EC1_006	0.68	0.03
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_042	0.13	0.00
	39	EC1_042	0.30	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_042	0.12	0.00
	42	EC1_042	0.21	0.01

Ο έκτος συνδυασμός είναι ιδιαίτερα ευνοϊκός για την κάμψη εντός επιπέδου καθώς παρατηρείται πως και στις δυο στάθμες του δομήματος οι δείκτες ανεπάρκειας μειώνονται με όλους τους πεσσούς να καθίστανται επαρκείς.

<u>-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα</u>

Πίνακας 8.45 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον έκτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.52	0.22
	3	EC1_042	0.51	0.22
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.91	0.46
	6	EC1_006	2.59	0.34
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.36	0.28
	9	EC1_042	4.77	0.28
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.57	0.29
	12	EC1_006	0.63	0.26
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.04	0.28
	15	EC1_042	0.64	0.26
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	4.23	0.30
	18	EC1_006	3.02	0.37
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.53	0.23
	21	EC1_006	0.48	0.27

Πίνακας 8.46 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον έκτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_042	0.12	0.08
	24	EC1_042	0.09	0.08
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	0.48	0.05
	27	EC1_006	0.52	0.07
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_042	0.31	0.07
	30	EC1_042	0.25	0.07
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	0.08	0.05
	33	EC1_006	0.14	0.07
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_042	0.12	0.05
	36	EC1_042	0.10	0.05
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.18	0.06
	39	EC1_006	0.25	0.04
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.18	0.08
	42	EC1_006	0.08	0.05

Η εφαρμογή του έκτου συνδυασμού ενίσχυσης βελτιώνει ιδιαίτερα τη συμπεριφορά του δομήματος έναντι εκτός επιπέδου κάμψης περί τον οριζόντιο άξονα, καθώς οι ανεπάρκειες των πεσσών αντιμετωπίζονται, και το δόμημα επαρκεί στο σύνολό του.

-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα

Πίνακας 8.47 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον έκτο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.01	0.00
		EC1_042	0.18	0.01
	3	EC1_006	0.04	0.00
		EC1_042	0.18	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	0.06	0.01
		EC1_042	0.04	0.00
	6	EC1_006	0.05	0.01
		EC1_042	0.03	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	0.11	0.00
		EC1_042	0.38	0.00
	9	EC1_006	0.11	0.00
		EC1_042	0.38	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.08	0.01
		EC1_042	0.08	0.00
	12	EC1_006	0.07	0.01
		EC1_042	0.07	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	0.09	0.00
		EC1_042	0.29	0.00
	15	EC1_006	0.09	0.00
		EC1_042	0.29	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	0.10	0.01
		EC1_042	0.08	0.00
	18	EC1_006	0.12	0.01
		EC1_042	0.10	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.04	0.01
		EC1_042	0.05	0.00
	21	EC1_006	0.05	0.01
		EC1_042	0.06	0.00

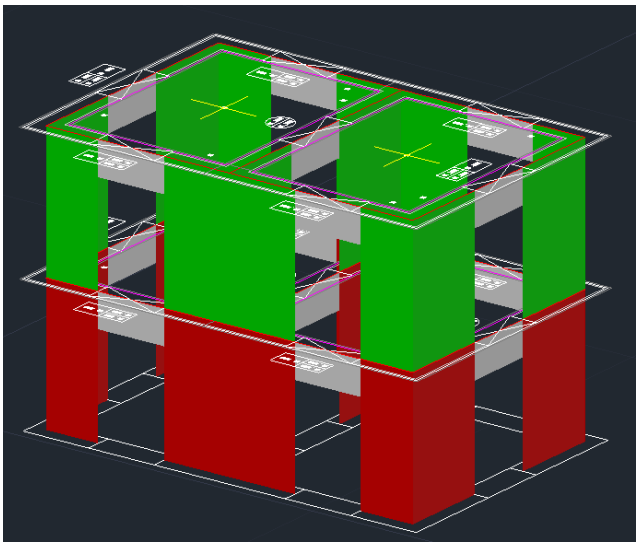
Πίνακας 8.48 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον έκτο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.36	0.00
		EC1_042	1.20	0.00
	24	EC1_006	0.36	0.00
		EC1_042	1.20	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	1.06	0.00
		EC1_042	0.11	0.00
	27	EC1_006	0.85	0.00
		EC1_042	0.09	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.39	0.00
		EC1_042	1.26	0.00
	30	EC1_006	0.39	0.00
		EC1_042	1.26	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	1.19	0.00
		EC1_042	0.59	0.00
	33	EC1_006	0.95	0.00
		EC1_042	0.47	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	0.21	0.00
		EC1_042	0.71	0.00
	36	EC1_006	0.21	0.00
		EC1_042	0.71	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.96	0.00
		EC1_042	0.46	0.00
	39	EC1_006	1.20	0.00
		EC1_042	0.58	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.84	0.00
		EC1_042	0.08	0.00
	42	EC1_006	1.04	0.00
		EC1_042	0.10	0.00

Παρόμοια με την κάμψη εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα, η εφαρμογή του έκτου συνδυασμού ενισχύσεων έχει θετική επίδραση και στην εκτός επιπέδου κάμψη περί τον κατακόρυφο άξονα καθώς παρατηρείται πως όλοι οι πεσσοί κρίνονται επαρκείς γεγονός που αναδεικνύει τη σημαντική συμβολή της επέμβασης στη βελτίωση της συμπεριφοράς του φορέα.

8.8 7ΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ: ΒΑΘΥ ΑΡΜΟΛΟΓΗΜΑ – FRPS ΛΩΡΙΔΩΝ

Στην έβδομη περίπτωση εξετάζεται η ενίσχυση του δομήματος με την προσθήκη σενάζ, διαφράγματος, βαθιού αρμολογήματος και FRPs λωρίδων. Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης της ενίσχυσης και πραγματοποιείται σύγκριση της συμπεριφοράς του φορέα με την αρχική κατάσταση του υφιστάμενου κτιρίου.



Σχήμα 8.7 *Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β1 στη διεύθυνση SW VIEW για τον έβδομο συνδυασμό.*

Στο Σχήμα 8.7 παρουσιάζονται οι ανεπάρκειες των πεσσών μετά την εφαρμογή του έβδομου συνδυασμού (βαθύ αρμολόγημα, FRPs λωρίδων, σενάζ, διάφραγμα). Η συμβολή του συνδυασμού ενίσχυσης αξιολογείται ευεργετικά σε σχέση με την αρχική κατάσταση, καθώς οι πεσσοί του ορόφου εμφανίζονται πλέον επάρκειες και οι ανεπάρκειες περιορίζονται στο ισόγειο. Παρόλα αυτά, η απόκριση του δομήματος καθίσταται ικανοποιητική, με όλους τους πεσσούς να παρουσιάζουν πλήρη επάρκεια στη στάθμη Β3+.

-Διάτμηση εντός επιπέδου

Πίνακας 8.49 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου για τον έβδομο συνδυασμό ενίσχυσης.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	2.88	1.00
	3	EC1_006	1.84	1.00
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	10.00	1.00
	6	EC1_042	10.00	1.00
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	10.00	1.00
	9	EC1_006	10.00	1.00
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	1.55	1.00
	12	EC1_042	10.00	1.00
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	10.00	1.00
	15	EC1_006	1.25	1.00
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	1.56	1.00
	18	EC1_042	2.01	1.00
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	1.39	1.00
	21	EC1_042	0.91	0.82

Μετά την εφαρμογή του έβδομου συνδυασμού ενισχύσεων, οι καταπονήσεις κατανέμονται πιο ομοιόμορφα στους πεσσούς, με αποτέλεσμα ο φορέας να λειτουργεί πιο ισορροπημένα και αποτελεσματικά. Οι διαφορές στους λόγους ανεπάρκειας μειώνονται

σημαντικά, γεγονός που δείχνει ότι κανένας πεσσός δεν επιβαρύνεται υπερβολικά σε σχέση με τους υπόλοιπους. Συνεπώς, όλοι οι πεσσοί θεωρούνται πλέον επαρκείς ως προς τη διάτμηση εντός επιπέδου.

-Διάτμηση εκτός επιπέδου

Πίνακας 8.50 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου για τον έβδομο συνδυασμό ενίσχυσης.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.22	0.25
	3	EC1_042	0.21	0.25
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.25	1.42
	6	EC1_006	1.31	3.48
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.79	4.99
	9	EC1_042	4.91	6.27
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.35	0.40
	12	EC1_006	0.31	0.36
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.54	1.53
	15	EC1_042	0.88	1.16
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	2.23	1.11
	18	EC1_006	1.79	1.54
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.24	0.26
	21	EC1_006	0.28	0.34

Για την διάτμηση εκτός επιπέδου, ο έκτος συνδυασμός δεν αξιολογείται ιδιαίτερα ευνοϊκός για το δόμημα καθώς εξακολουθούν να παρατηρούνται ανεπάρκειες και δεν παρατηρείται βελτίωση της ικανότητας του φορέα.

-Κάμψη εντός επιπέδου

Πίνακας 8.51 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον έβδομο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.52	0.61
	3	EC1_006	0.58	0.62
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	1.58	1.47
	6	EC1_042	2.59	2.97
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	1.19	1.18
	9	EC1_006	1.21	1.31
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	0.39	0.42
	12	EC1_042	1.10	1.54
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	13.05	1.46
	15	EC1_006	0.74	0.65
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	0.33	0.33
	18	EC1_042	0.77	0.85
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	0.20	0.23
	21	EC1_042	0.53	0.51

Πίνακας 8.52 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον έβδομο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.24	0.23
	24	EC1_006	0.22	0.22
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_042	0.21	0.28
	27	EC1_042	0.65	0.41
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.30	0.36
	30	EC1_006	0.26	0.28
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_042	0.16	0.20
	33	EC1_042	0.34	0.26
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	1.65	0.61
	36	EC1_006	0.68	0.56
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_042	0.13	0.16
	39	EC1_042	0.30	0.34
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_042	0.12	0.15
	42	EC1_042	0.21	0.21

Ο έβδομος συνδυασμός γενικά έχει ουδέτερη συμβολή για την κάμψη εντός επιπέδου καθώς παρατηρείται πως αφενός στη στάθμη του ισογείου οι ανεπάρκειες διατηρούνται και εντοπίζονται αυξομειώσεις στους συντελεστές και αφετέρου στον όροφο οι δείκτες ανεπάρκειες μειώνονται και οι πεσσοί καθίστανται επαρκείς συνολικά.

-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα

Πίνακας 8.53 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον έβδομο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.52	0.53
	3	EC1_042	0.51	0.53
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.91	1.00
	6	EC1_006	2.59	1.00
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.36	1.00
	9	EC1_042	4.77	1.00
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.57	0.64
	12	EC1_006	0.63	0.67
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.04	1.00
	15	EC1_042	0.64	0.79
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	4.23	1.00
	18	EC1_006	3.02	1.00
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.53	0.52
	21	EC1_006	0.48	0.68

Πίνακας 8.54 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον έβδομο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_042	0.12	0.50
	24	EC1_042	0.09	0.45
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	0.48	0.30
	27	EC1_006	0.52	0.79
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_042	0.31	1.00
	30	EC1_042	0.25	0.81
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	0.08	0.32
	33	EC1_006	0.14	0.27
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_042	0.12	0.36
	36	EC1_042	0.10	0.52
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.18	0.69
	39	EC1_006	0.25	0.39
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.18	0.51
	42	EC1_006	0.08	0.28

Η εφαρμογή του έβδομου συνδυασμού ενίσχυσης βελτιώνει σημαντικά τη συμπεριφορά του δομήματος έναντι εκτός επιπέδου κάμψης περί τον οριζόντιο άξονα, καθώς παρατηρείται τάση ομοιομορφίας στην κατανομή των εντατικών μεγεθών. Συγκεκριμένα, οι δείκτες ανεπάρκειας παρουσιάζουν μικρότερες αποκλίσεις και τείνουν να συγκλίνουν μεταξύ τους, γεγονός που υποδηλώνει πιο ισορροπημένη λειτουργία των πεσσών. Παράλληλα, όλοι οι πεσσοί του δομήματος αξιολογούνται συνολικά ως επαρκείς έναντι εκτός επιπέδου κάμψης περί τον οριζόντιο άξονα.

-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα

Πίνακας 8.55 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον έβδομο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.01	0.03
		EC1_042	0.18	0.09
	3	EC1_006	0.04	0.03
		EC1_042	0.18	0.09
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	0.06	0.16
		EC1_042	0.04	0.05
	6	EC1_006	0.05	0.13
		EC1_042	0.03	0.04
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	0.11	0.01
		EC1_042	0.38	0.01
	9	EC1_006	0.11	0.01
		EC1_042	0.38	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.08	0.18
		EC1_042	0.08	0.06
	12	EC1_006	0.07	0.14
		EC1_042	0.07	0.05
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	0.09	0.01
		EC1_042	0.29	0.01
	15	EC1_006	0.09	0.01
		EC1_042	0.29	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	0.10	0.12
		EC1_042	0.08	0.03
	18	EC1_006	0.12	0.15
		EC1_042	0.10	0.04
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.04	0.14
		EC1_042	0.05	0.06
	21	EC1_006	0.05	0.17
		EC1_042	0.06	0.07

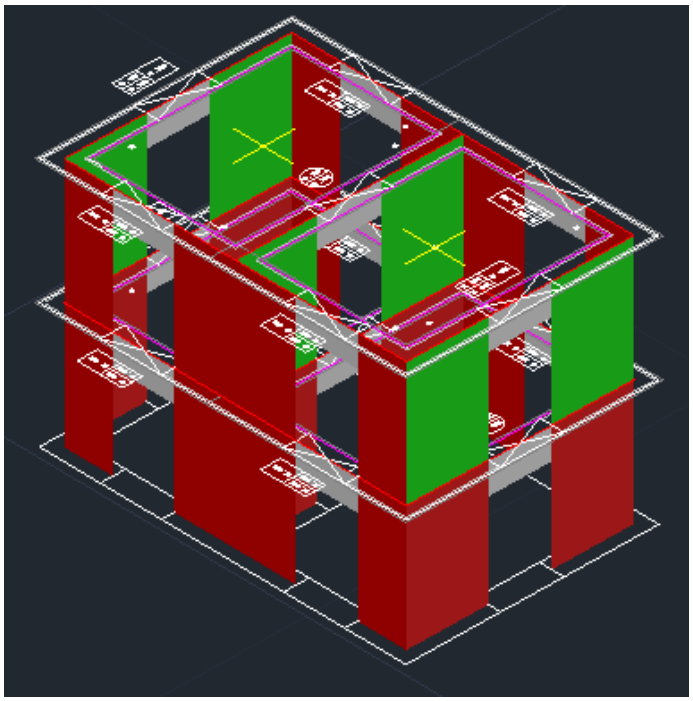
Πίνακας 8.56 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον έβδομο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.36	0.02
		EC1_042	1.20	0.05
	24	EC1_006	0.36	0.02
		EC1_042	1.20	0.05
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	1.06	0.09
		EC1_042	0.11	0.03
	27	EC1_006	0.85	0.08
		EC1_042	0.09	0.03
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.39	0.02
		EC1_042	1.26	0.05
	30	EC1_006	0.39	0.02
		EC1_042	1.26	0.05
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	1.19	0.08
		EC1_042	0.59	0.03
	33	EC1_006	0.95	0.07
		EC1_042	0.47	0.02
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	0.21	0.02
		EC1_042	0.71	0.04
	36	EC1_006	0.21	0.02
		EC1_042	0.71	0.04
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.96	0.07
		EC1_042	0.46	0.03
	39	EC1_006	1.20	0.09
		EC1_042	0.58	0.03
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.84	0.06
		EC1_042	0.08	0.01
	42	EC1_006	1.04	0.08
		EC1_042	0.10	0.02

Η εφαρμογή του έβδομου συνδυασμού ενισχύσεων έχει θετική επίδραση και στην εκτός επιπέδου κάμψη περί τον κατακόρυφο άξονα καθώς παρατηρείται πως όλοι οι πεσσοί κρίνονται επαρκείς γεγονός που αναδεικνύει τη σημαντική συμβολή της επέμβασης στη βελτίωση της συμπεριφοράς του φορέα.

8.9 8ΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ: ΒΑΘΥ ΑΡΜΟΛΟΓΗΜΑ – ΜΑΝΔΥΑΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Στην όγδοη περίπτωση εξετάζεται η ενίσχυση του δομήματος με την προσθήκη σενάζ, διαφράγματος, βαθιού αρμολογήματος και μανδύα σκυροδέματος. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης της ενίσχυσης και πραγματοποιείται σύγκριση της συμπεριφοράς του φορέα με την αρχική κατάσταση του υφιστάμενου κτιρίου



Σχήμα 8.8 *Γραφική απεικόνιση ανεπαρκειών πεσσών για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β1 στη διεύθυνση SW VIEW για τον έβδομο συνδυασμό.*

Στο Σχήμα 8.8 παρουσιάζονται οι ανεπάρκειες των πεσσών μετά την εφαρμογή του όγδοου συνδυασμού (βαθύ αρμολόγημα, μανδύα σκυροδέματος, σενάζ, διάφραγμα). Η συμβολή του συνδυασμού ενίσχυσης είναι θετική καθώς στην πλειονότητα των πεσσών του ορόφου εμφανίζονται πλέον επάρκειες και οι ανεπάρκειες περιορίζονται κυρίως στο ισόγειο. Ωστόσο, η απόκριση του δομήματος καθίσταται ικανοποιητική, με όλους τους πεσσούς να παρουσιάζουν πλήρη επάρκεια στη στάθμη Β3+.

-Διάτμηση εντός επιπέδου

Πίνακας 8.57 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εντός επιπέδου για τον όγδοο συνδυασμό ενίσχυσης.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	2.88	0.25
	3	EC1_006	1.84	0.20
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	10.00	0.09
	6	EC1_042	10.00	0.22
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	10.00	0.23
	9	EC1_006	10.00	0.26
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	1.55	0.12
	12	EC1_042	10.00	0.20
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	10.00	0.20
	15	EC1_006	1.25	0.19
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	1.56	0.21
	18	EC1_042	2.01	0.11
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	1.39	0.22
	21	EC1_042	0.91	0.08

Με την εφαρμογή του όγδοου συνδυασμού ενισχύσεων, οι λόγοι ανεπάρκειας μειώνονται σημαντικά, με αποτέλεσμα οι πεσσοί να καθίστανται επαρκείς στο σύνολό τους και συνεπώς ο συνδυασμός των ενισχύσεων κρίνεται ευεργετικός ως προς τη διάτμηση εντός επιπέδου.

-Διάτμηση εκτός επιπέδου

Πίνακας 8.58 *Συγκριτικός πίνακας διάτμησης εκτός επιπέδου για τον όγδοο συνδυασμό ενίσχυσης.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.22	0.22
	3	EC1_042	0.21	0.22
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.25	0.38
	6	EC1_006	1.31	0.28
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.79	0.29
	9	EC1_042	4.91	0.28
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.35	0.25
	12	EC1_006	0.31	0.21
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.54	0.40
	15	EC1_042	0.88	0.38
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	2.23	0.28
	18	EC1_006	1.79	0.37
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.24	0.21
	21	EC1_006	0.28	0.31

Παρομοίως θετική επίδραση έχει ο όγδοος συνδυασμός ενισχύσεων και για την διάτμηση εκτός επιπέδου, καθώς οι δείκτες ανεπάρκειας μειώνονται σε τέτοιο βαθμό ώστε οι πεσσοί που δεν επαρκούσαν να καθίστανται επαρκείς.

-Κάμψη εντός επιπέδου

Πίνακας 8.59 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον όγδοο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.52	0.59
	3	EC1_006	0.58	0.71
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_042	1.58	1.07
	6	EC1_042	2.59	1.39
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	1.19	1.05
	9	EC1_006	1.21	1.34
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_042	0.39	0.47
	12	EC1_042	1.10	2.99
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	13.05	1.39
	15	EC1_006	0.74	0.58
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_042	0.33	0.38
	18	EC1_042	0.77	1.51
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_042	0.20	0.28
	21	EC1_042	0.53	0.59

Πίνακας 8.60 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εντός επιπέδου για τον όγδοο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.24	0.46
	24	EC1_006	0.22	0.37
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_042	0.21	0.84
	27	EC1_042	0.65	0.68
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.30	0.66
	30	EC1_006	0.26	0.51
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_042	0.16	0.58
	33	EC1_042	0.34	0.69
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	1.65	1.30
	36	EC1_006	0.68	0.59
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_042	0.13	0.42
	39	EC1_042	0.30	0.77
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_042	0.12	0.36
	42	EC1_042	0.21	0.45

Η εφαρμογή του όγδοου συνδυασμού φαίνεται να αυξάνει την ακαμψία του δομήματος, καθώς οι πεσσοί που δεν επαρκούσαν σε κάμψη εντός επιπέδου εξακολουθούν να εμφανίζουν ανεπάρκειες. Ωστόσο, η πλειονότητα των πεσσών που πληρούσαν τον έλεγχο ανεπάρκειας, συνεχίζουν να λειτουργούν θετικά και με την εφαρμογή της ενίσχυσης.

-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα

Πίνακας 8.61 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον όγδοο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_042	0.52	0.15
	3	EC1_042	0.51	0.15
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	1.91	0.20
	6	EC1_006	2.59	0.18
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_042	4.36	0.18
	9	EC1_042	4.77	0.18
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.57	0.17
	12	EC1_006	0.63	0.16
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_042	1.04	0.19
	15	EC1_042	0.64	0.18
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	4.23	0.17
	18	EC1_006	3.02	0.19
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.53	0.14
	21	EC1_006	0.48	0.17

Πίνακας 8.62 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον οριζόντιο άξονα για τον όγδοο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΡΧΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_042	0.12	0.05
	24	EC1_042	0.09	0.03
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	0.48	0.03
	27	EC1_006	0.52	0.04
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_042	0.31	0.05
	30	EC1_042	0.25	0.05
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	0.08	0.04
	33	EC1_006	0.14	0.04
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_042	0.12	0.04
	36	EC1_042	0.10	0.04
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.18	0.04
	39	EC1_006	0.25	0.03
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.18	0.04
	42	EC1_006	0.08	0.04

Η εφαρμογή του όγδοου συνδυασμού ενίσχυσης βελτιώνει σημαντικά τη συμπεριφορά του δομήματος έναντι εκτός επιπέδου κάμψης περί τον οριζόντιο άξονα, καθώς οι δείκτες ανεπάρκειας έχουν μειωθεί και οι αρχικές ανεπάρκειες εξαλείφονται. Παράλληλα, όλοι οι πεσσοί του δομήματος αξιολογούνται συνολικά ως επαρκείς έναντι εκτός επιπέδου κάμψης περί τον οριζόντιο άξονα.

-Κάμψη εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα

Πίνακας 8.63 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον όγδοο συνδυασμό ενίσχυσης στο ισόγειο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	1	EC1_006	0.01	0.00
		EC1_042	0.18	0.00
	3	EC1_006	0.04	0.00
		EC1_042	0.18	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 2	4	EC1_006	0.06	0.00
		EC1_042	0.04	0.00
	6	EC1_006	0.05	0.00
		EC1_042	0.03	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 3	7	EC1_006	0.11	0.00
		EC1_042	0.38	0.00
	9	EC1_006	0.11	0.00
		EC1_042	0.38	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 4	10	EC1_006	0.08	0.00
		EC1_042	0.08	0.00
	12	EC1_006	0.07	0.00
		EC1_042	0.07	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 5	13	EC1_006	0.09	0.00
		EC1_042	0.29	0.00
	15	EC1_006	0.09	0.00
		EC1_042	0.29	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 6	16	EC1_006	0.10	0.00
		EC1_042	0.08	0.00
	18	EC1_006	0.12	0.00
		EC1_042	0.10	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 7	19	EC1_006	0.04	0.00
		EC1_042	0.05	0.00
	21	EC1_006	0.05	0.00
		EC1_042	0.06	0.00

Πίνακας 8.64 *Συγκριτικός πίνακας κάμψης εκτός επιπέδου περί τον κατακόρυφο άξονα για τον όγδοο συνδυασμό ενίσχυσης στον όροφο του δομήματος.*

Α/Α ΤΟΙΧΟΥ	Α/Α ΠΕΣΣΟΥ	ΣΥΝΔ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ	ΈΛΕΓΧΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΤΟΙΧΟΣ 1	22	EC1_006	0.36	0.00
		EC1_042	1.20	0.01
	24	EC1_006	0.36	0.00
		EC1_042	1.20	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 2	25	EC1_006	1.06	0.01
		EC1_042	0.11	0.00
	27	EC1_006	0.85	0.01
		EC1_042	0.09	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 3	28	EC1_006	0.39	0.00
		EC1_042	1.26	0.01
	30	EC1_006	0.39	0.00
		EC1_042	1.26	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 4	31	EC1_006	1.19	0.01
		EC1_042	0.59	0.00
	33	EC1_006	0.95	0.01
		EC1_042	0.47	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 5	34	EC1_006	0.21	0.00
		EC1_042	0.71	0.00
	36	EC1_006	0.21	0.00
		EC1_042	0.71	0.01
ΤΟΙΧΟΣ 6	37	EC1_006	0.96	0.01
		EC1_042	0.46	0.00
	39	EC1_006	1.20	0.01
		EC1_042	0.58	0.00
ΤΟΙΧΟΣ 7	40	EC1_006	0.84	0.01
		EC1_042	0.08	0.00
	42	EC1_006	1.04	0.01
		EC1_042	0.10	0.00

Παρομοίως, και στην εκτός επιπέδου κάμψη περί τον κατακόρυφο άξονα, η εφαρμογή του συνδυασμού ενισχύσεων φαίνεται να λειτουργεί εξαιρετικά στο δόμημα, καθώς οι δείκτες ανεπάρκειας μειώνονται στο ιδανικό, οι ανεπάρκειες παύουν και το δόμημα εμφανίζει επαρκή καμπτική ικανότητα.

8.10 ΣΥΝΟΨΗ

Συνολικά, από τη διερεύνηση των συνδυαστικών επεμβάσεων προέκυψε ότι ο συνδυασμός διαφορετικών τεχνικών ενίσχυσης οδηγεί σε σημαντικά καλύτερη σεισμική συμπεριφορά του φορέα σε σχέση με τη μεμονωμένη εφαρμογή κάθε μεθόδου. Ειδικότερα, η συνεργασία ήπιων επεμβάσεων, όπως τα ενέματα και τα βαθιά αρμολογήματα, με ισχυρότερες τεχνικές, όπως τα ινοπλισμένα επιχρίσματα, βελτιώνει τόσο τη συνοχή και τη συνεργασία της τοιχοποιίας όσο και τη φέρουσα ικανότητα και την αντισεισμική επάρκεια του κτιρίου. Ο αποτελεσματικότερος συνδυασμός προέκυψε από την εφαρμογή ενεμάτων και ινοπλισμένου επιχρίσματος, ο οποίος οδήγησε στη βέλτιστη συνολική σεισμική απόκριση, με τις μοναδικές ανεπάρκειες να εντοπίζονται στη διάτμηση εκτός επιπέδου και το κτίριο να κατατάσσεται στη στάθμη επιτελεστικότητας Β2. Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν ότι η βέλτιστη στρατηγική ενίσχυσης κατασκευών φέρουσας τοιχοποιίας βασίζεται στη στοχευόμενη συνδυαστική εφαρμογή συμβατών τεχνικών, προσαρμοσμένων στις ιδιαίτερες αδυναμίες και τα χαρακτηριστικά κάθε δομήματος. Στον παρακάτω Πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των συνδυαστικών μεθόδων ενίσχυσης που χρησιμοποιήθηκαν στο παρόν κεφάλαιο με τις αντίστοιχες τελικές στάθμες επιτελεστικότητας.

Πίνακας 8.65 *Τελικές στάθμες επιτελεστικότητας για τις συνδυαστικές μεθόδους ενίσχυσης.*

Μέθοδος Ενίσχυσης	**Τελική Στάθμη Επιτελεστικότητας**
Ενέματα + Οπλισμένα Επιχρίσματα	B3
Ενέματα + Ινοπλισμένα Επιχρίσματα	B2
Ενέματα + FRPs Λωρίδων	B3+
Ενέματα + Μανδύας Σκυροδέματος	B3+
Βαθύ Αρμολόγημα + Οπλισμένα Επιχρίσματα	B3
Βαθύ Αρμολόγημα + Ινοπλισμένα Επιχρίσματα	B3+
Βαθύ Αρμολόγημα + FRPs Λωρίδων	B3+
Βαθύ Αρμολόγημα + Μανδύας Σκυροδέματος	B3+

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε ως αντικείμενο την αποτίμηση της σεισμικής συμπεριφοράς υφιστάμενου κτιρίου από φέρουσα τοιχοποιία, σύμφωνα με τις διατάξεις του ΚΑΔΕΤ, καθώς και τη διερεύνηση διαφορετικών τεχνικών ενίσχυσης μέσω αριθμητικών αναλύσεων μέσω του προγράμματος 3DR PESSOS που χρησιμοποιεί πεπερασμένα στοιχεία. Μέσω της προσομοίωσης του υφιστάμενου φορέα και των ενισχυμένων προσομοιωμάτων κατέστη δυνατή η αξιολόγηση της δομικής απόκρισης του κτιρίου και η σύγκριση της αποτελεσματικότητας των επιλεγμένων επεμβάσεων.

Από τα αποτελέσματα της αποτίμησης του υφιστάμενου κτιρίου διαπιστώθηκε ότι η κατασκευή παρουσιάζει σημαντικές ανεπάρκειες έναντι σεισμικών δράσεων σε εντός και εκτός επιπέδου καταπονήσεις. Οι μεγαλύτερες απαιτήσεις εντοπίστηκαν στους πεσσούς του ισογείου, όπου αναπτύσσονται αυξημένα εντατικά μεγέθη και συγκεντρώσεις τάσεων γεγονός που επιβεβαιώνει την αυξημένη τρωτότητα των κατασκευών από άοπλη φέρουσα τοιχοποιία όταν δεν διαθέτουν επαρκή διαφραγματική λειτουργία και ικανοποιητική συνδεσμολογία μεταξύ των δομικών στοιχείων.

Από τις αναλύσεις των μεμονωμένων μεθόδων ενίσχυσης που πραγματοποιήθηκαν στο Κεφάλαιο 7 προέκυψε ότι οι ήπιες επεμβάσεις, όπως η ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας μέσω διαφραγμάτων και σενάζ, καθώς και η εφαρμογή βαθιών αρμολογημάτων και ενεμάτων, συμβάλλουν στη βελτίωση της συνολικής συνεργασίας του φορέα και στη μείωση των συντελεστών ανεπάρκειας των δομικών στοιχείων. Ωστόσο, παρά τη θετική επίδραση τους στη συμπεριφορά του κτιρίου, οι συγκεκριμένες επεμβάσεις δεν επαρκούν ώστε να μεταβάλλουν ουσιαστικά τη στάθμη επιτελεστικότητας του φορέα σε σχέση με την αρχική του κατάσταση. Οι επεμβάσεις αυτές λειτουργούν κυρίως ως μέθοδοι ήπιας ενίσχυσης και αποκατάστασης της συνεργασίας της τοιχοποιίας, βελτιώνοντας τη συνοχή, την ομοιογένεια και τη μεταφορά των σεισμικών δράσεων μεταξύ των επιμέρους στοιχείων. Παράλληλα, προετοιμάζουν ουσιαστικά το δομικό σύστημα ώστε να μπορεί να δεχθεί αποτελεσματικότερα πιο ισχυρές ή εκτεταμένες επεμβάσεις ενίσχυσης. Για τον λόγο αυτό, κρίνονται ιδιαίτερα σημαντικές ως αρχικό στάδιο επεμβάσεων σε υφιστάμενα κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία.

Αντίθετα, οι επεμβάσεις με οπλισμένα επιχρίσματα και μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος παρουσίασαν μεγαλύτερη βελτίωση της φέρουσας ικανότητας και της σεισμικής συμπεριφοράς του φορέα καθώς από τα αποτελέσματα των αναλύσεων προέκυψε ότι οι μέθοδοι αυτές οδηγούν το κτίριο σε αύξηση κατά δύο στάθμες επιτελεστικότητας, επιτυγχάνοντας στάθμη Β3. Παρόλα αυτά, η εφαρμογή μανδυών σκυροδέματος παρουσιάζει μειονεκτήματα σε κατασκευές φέρουσας λιθοδομής, καθώς προκαλεί σημαντική αύξηση της δυσκαμψίας του φορέα και σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να οδηγήσει σε δυσμενέστερη σεισμική συμπεριφορά αφού δημιουργούνται συγκεντρώσεις τάσεων και γενικότερες επιβαρύνσεις. Επιπλέον, μεταβάλλει αισθητά τη μορφολογία και την εικόνα της κατασκευής, αλλοιώνοντας την αισθητική και τον χαρακτήρα της λιθοδομής. Επιπλέον, το σκυρόδεμα μειώνει την διαπνοή του κτιρίου και προτιμάται η χρήση άλλων υλικών για τις ενισχύσεις κτιρίων φέρουσας τοιχοποιίας, όπως συστήματα με υδραυλικά κονιάματα. Για τον λόγο αυτό, η χρήση μανδυών σκυροδέματος απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή και δεν θεωρείται πάντοτε η καταλληλότερη επιλογή για δομήματα φέρουσας λιθοδομής.

Η μεγαλύτερη βελτίωση της συμπεριφοράς του φορέα παρατηρήθηκε στις επεμβάσεις με σύνθετα υλικά, όπως τα ινοπλισμένα επιχρίσματα και οι λωρίδες FRP. Οι συγκεκριμένες τεχνικές οδήγησαν το κτίριο σε αύξηση κατά τρεις στάθμες επιλεκτικότητας, επιτυγχάνοντας στάθμη Β3+, παρουσιάζοντας τη σημαντικότερη μείωση δεικτών ανεπάρκειας και την βέλτιστη συνολική σεισμική απόκριση. Η υψηλή αποτελεσματικότητα των σύνθετων υλικών οφείλεται στη σημαντική αύξηση της διατμητικής αντοχής της τοιχοποιίας, χωρίς σημαντική αύξηση της μάζας του φορέα. Παράλληλα, οι επεμβάσεις αυτές χαρακτηρίζονται από μικρό πάχος εφαρμογής, περιορισμένη επέμβαση στη γεωμετρία του κτιρίου και καλύτερη συμβατότητα με τις απαιτήσεις αποκατάστασης παραδοσιακών δομημάτων. Η χρήση σύνθετων υλικών φαίνεται να αποτελεί μια ιδιαίτερα αποδοτική και τεχνικά συμβατή λύση για επεμβάσεις σε κατασκευές φέρουσας τοιχοποιίας, ειδικά όταν απαιτείται σημαντική βελτίωση της σεισμικής απόκρισης χωρίς μεγάλη επιβάρυνση του φορέα.

Τέλος, πραγματοποιήθηκε διερεύνηση συνδυασμών διαφορετικών τεχνικών ενίσχυσης, με στόχο την αξιολόγηση της συνεργασίας τους και της συνολικής επίδρασής τους στη σεισμική συμπεριφορά του κτιρίου. Από τα αποτελέσματα των αναλύσεων προέκυψε ότι στις περισσότερες περιπτώσεις, ο συνδυασμός διαφορετικών μεθόδων ενίσχυσης παρουσιάζει σαφώς αποτελεσματικότερη συμπεριφορά σε σχέση με τη μεμονωμένη εφαρμογή κάθε τεχνικής. Η συνεργασία ήπιων επεμβάσεων, όπως τα ενέματα και τα αρμολογήματα με πιο προηγμένες τεχνικές ενίσχυσης, όπως τα ινοπλισμένα επιχρίσματα, οδηγεί σε συνολικότερη βελτίωση της λειτουργίας του φορέα. Οι ήπιες μέθοδοι συμβάλλουν αρχικά στην αποκατάσταση της συνοχής και της συνεργασίας της τοιχοποιίας, ενώ οι ισχυρότερες τεχνικές αναλαμβάνουν την ουσιαστική αύξηση της φέρουσας ικανότητας και της αντισεισμικής επάρκειας. Η μεγαλύτερη βελτίωση παρατηρήθηκε στον συνδυασμό ενεμάτων και ινοπλισμένου επιχρίσματος, όπου το κτίριο παρουσίασε τη βέλτιστή συνολική συμπεριφορά, με μοναδικές ανεπάρκειες να εντοπίζονται στη διάτμηση εκτός επιπέδου και κατατάχθηκε στη στάθμη επιτελεστικότητας Β2.

Γενικότερα, από τις αναλύσεις προέκυψε ότι οι συνδυαστικές επεμβάσεις παρουσιάζουν καλύτερη συνολική απόδοση, καθώς επιτυγχάνεται ταυτόχρονα βελτίωση της συνεργασίας της τοιχοποιίας, αύξηση της αντοχής και αποτελεσματικότερη κατανομή των σεισμικών δράσεων στον φορέα. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνει ότι η βέλτιστη στρατηγική ανασχεδιασμού σε κατασκευές φέρουσας τοιχοποιίας δεν βασίζεται συνήθως σε μια μόνο επέμβαση, αλλά σε στοχευμένο συνδυασμό τεχνικών, ανάλογα με τις αδυναμίες και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε δομήματος.

Συνολικά, η εργασία ανέδειξε τη σημασία της αξιόπιστης αποτίμησης των υφιστάμενων κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία και επιβεβαίωσε ότι η χρήση κατάλληλων τεχνικών επεμβάσεων μπορεί να οδηγήσει σε ουσιαστική βελτίωση της σεισμικής τους συμπεριφοράς και της δομικής τους ασφάλειας. Παράλληλα, καταδείχθηκε η συμβολή των σύγχρονων αριθμητικών εργαλείων και των διατάξεων του ΚΑΔΕΤ στη συστηματική αξιολόγηση και τον ανασχεδιασμό υφιστάμενων δομημάτων από τοιχοποιία.

9.1 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα και βελτίωση

Για την περαιτέρω διερεύνηση της συμπεριφοράς κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί εφαρμογή μη γραμμικών αναλύσεων, ώστε να αποτυπωθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η ανελαστική συμπεριφορά και οι μηχανισμοί αστοχίας του φορέα υπό

ισχυρή σεισμική δράση. Επιπλέον, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η πειραματική επαλήθευση των αριθμητικών αποτελεσμάτων, καθώς και η διερεύνηση νέων τεχνικών ενίσχυσης με σύνθετα υλικά υψηλής συμβατότητας προς την ιστορική τοιχοποιία.

Παράλληλα, θα μπορούσε να εξεταστεί η μακροχρόνια συμπεριφορά των υλικών ενίσχυσης και η συνεργασία τους με την υφιστάμενη λιθοδομή υπό πραγματικές περιβαλλοντικές και σεισμικές συνθήκες, καθώς και η επίδραση της γήρανσης και της υγρασίας στις μηχανικές ιδιότητες των επεμβάσεων. Τέλος, η διερεύνηση περισσότερων συνδυασμών τεχνικών ενίσχυσης και διαφορετικών τύπων τοιχοποιίας θα μπορούσε να συμβάλει ουσιαστικά στη διαμόρφωση πιο ολοκληρωμένων και αποδοτικών στρατηγικών αποτίμησης και ανασχεδιασμού υφιστάμενων κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

3DR.PESSOS 2022 Οδηγός Εφαρμογής Περιγραφή Γεωμετρίας & Φορτίων

3DR.PESSOS 2023 Οδηγός Μελέτης Αποτίμησης με βάση τον ΚΑΔΕΤ

Eleftheriou, A., Papachristidis, A., & Repapis, C. (2024). Seismic Assessment and Proposal for Interventions of a Historical Masonry Building in Rhodes. Technical Annals,1(6)

Eurocode 8- EN1998- 3 2025 (Assessment and retrofitting of buildings and bridges

Gonçalves, M., Ponte, M., & Bento, R. (2024). Seismic Assessment of Existing Masonry Buildings Using Damage Mechanics. Buildings (2075-5309), 14(8).

Pardalopoulos, S. I., Gkektsi, A. E., & Lekidis, V. A. (2025). Evaluation of an Approximate Seismic Assessment Procedure for Load-Bearing Masonry Buildings. Infrastructures, 10(5), 118.

Τουραλιάς, Θ. (2024). Αποτίμηση Φέρουσας Ικανότητας Παραδοσιακού Κτιρίου Πρό του 1955, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.

Βιντζηλαίου, Ε. Καραντώνη, Φ. Στυλιανίδης, Κ. (2009). Σημειώσεις: Εισαγωγή στον Ευρωκώδικα 6. Αθήνα.

Γιαννάκας, Ν. (2015). Σημειώσεις του μαθήματος Επισκευές και Ενισχύσεις Κατασκευών, Τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων, ΤΕΙ Κρήτης.

Δρίτσος, Σ. Βασιλειάδη, Μ. (2018). Σεμινάριο: Αποτίμηση Σεισμικής Επάρκειας, Ανασχεδιασμός και Ενισχύσεις ΚΑΝ.ΕΠΕ. , ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 8-3 και Κ.Α.Δ.Ε.Τ. Χανιά

Ελευθερίου, Α. (2022). Αποτίμηση σεισμικής συμπεριφοράς και πρόταση ενίσχυσης ιστορικού κτιρίου, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.

Ιγνατάκης, Χ. & Στυλιανίδης, Κ. (2009). Σεμινάριο μικρής διάρκειας: Κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία Κανονισμός-Βλάβες-Αποκατάσταση. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας.

ΚΑΔΕΤ (2022). Κανονισμός για Αποτίμηση και Δομητικές Επεμβάσεις Τοιχοποιίας, Αθήνα: ΟΑΣΠ, Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού & Προστασίας.

Καραντώνη, Φ. (2004). Κατασκευές από τοιχοποιία, Σχεδιασμός και επισκευές. Αθήνα: Παπασωτηρίου.

Μπαγουρδή-Δεγκλέρη Α., Τσιτσίας, Β. (2020) Scada Pro 20 – Φέρουσα Τοιχοποιία – Μέρος 2^{ο}: Αποτίμηση και επεμβάσεις υφισταμένου κτιρίου από φέρουσα τοιχοποιία με πεπερασμένα επιφανειακά στοιχεία, Παρουσίαση.

Παπαχρηστίδης Α. και Βαδαλούκας Κ. (2024). Παρουσίαση ΚΑΔΕΤ και ενισχύσεις.

Σπυράκος Κ. (2019). Κατασκευές από τοιχοποιία. Αποτίμηση και Επεμβάσεις για σεισμικά φορτία, Αθήνα.