



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ, ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ
ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ
ΣΕ ΜΝΗΜΕΙΟ ΕΠΙ ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΘΗΣΕΩΣ, ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ

ΒΑΡΕΛΑ ΜΑΡΙΑ-ΑΝΘΗ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Μ.Π

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:

ΒΙΝΤΖΗΛΑΙΟΥ ΕΛΙΣΑΒΕΤ



ΑΘΗΝΑ 2023

ΘΕΡΜΕΣ ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω πρωτίστως θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτρια κ. Βιντζηλαίου Ελισάβετ για το ενδιαφέρον και τον χρόνο που αφιέρωσε για την εκπόνηση της μεταπτυχιακής μου εργασίας καθώς και τις γνώσεις που απέκτησα κατά την παρακολούθηση των μαθημάτων της κατά τη διάρκεια του μεταπτυχιακού.

Θα ήθελα πραγματικά να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και όλους τους κοντινούς μου ανθρώπους που με ώθησαν στην παρακολούθηση του μεταπτυχιακού προγράμματος και με στήριξαν ασταμάτητα μέχρι και την ολοκλήρωσή του.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συναδέλφους που μου έδωσαν την ευκαιρία να αναλάβω την μελέτη του κτιρίου και με βοήθησαν στη συλλογή των ιστορικών και αρχιτεκτονικών στοιχείων του κτιρίου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT.....	5
1. ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	6
1.1. Αναλυτική περιγραφή κτιρίου 2.....	8
1.1.1. Υπόγειο.....	11
1.1.2. Ισόγειο και α' όροφος.....	11
1.1.3. Δώματα.....	17
2. ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ.....	18
2.1. Φέρουσα τοιχοποιία.....	18
2.2. Ξύλινα πατώματα.....	24
2.3. Οροφές.....	27
2.4. Στέγες.....	28
2.5. Μαρμάρινο υποστύλωμα.....	31
2.6. Θεμελίωση.....	32
2.7. Εργαστηριακές διερευνήσεις	32
2.8. Μηχανικά χαρακτηριστικά υλικών.....	34
2.8.1. Υπολογισμός θλιπτικής αντοχής λιθοδομής.....	34
2.8.2. Υπολογισμός θλιπτικής αντοχής οπτοπλινθοδομής.....	35
2.8.3. Μηχανικά χαρακτηριστικά ξύλινων στοιχείων.....	37
2.8.4. Μηχανικά χαρακτηριστικά μαρμάρου	38
3. ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	39
3.1. Κατηγορίες ρωγμών.....	40
3.1.1. Ρωγμές πάνω από τα ανοίγματα.....	40
3.1.2. Ρωγμές στις γωνίες των εσωτερικών τοίχων.....	43
3.1.3. Ρωγμές κατά μήκος των τοίχων.....	45

3.2. Σχεδιαστική αποτύπωση παθολογίας.....	49	4.9. Αποτελέσματα Ιδιομορφικής ανάλυσης.....	64
3.2.1. Όψη επί της Θησέως.....	49	4.10. Αποτελέσματα Ισοδύναμης Ελαστικής	
3.2.2. Τομή Τ02.....	50	ανάλυσης.....	65
3.2.3. Τομή Τ03.....	52	4.10.1. Έλεγχος τοιχοποιίας σε εντός επιπέδου	
3.2.4. Τομή Τ04.....	53	διάτμηση.....	66
3.3. Συμπεράσματα.....	54	4.10.2. Έλεγχος τοιχοποιίας σε εκτός επιπέδου κάμψη με	
4. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	55	επίπεδο θραύσεως παράλληλο στους οριζόντιους	
4.1. Στοιχεία προσομοίωσης.....	55	αρμούς.....	67
4.2. Υλικά.....	55	4.10.3. Έλεγχος τοιχοποιίας σε εκτός επιπέδου κάμψη με	
4.3. Στηρίξεις κτιρίου.....	56	επίπεδο θραύσεως κάθετο στους οριζόντιους	
4.4. Εκκεντρότητες.....	56	αρμούς.....	68
4.5. Άξονες και διευθύνσεις εντατικών		4.10.4. Έλεγχος τοιχοποιίας σε θλίψη.....	68
μεγεθών.....	56	4.11. Συμπέρασμα.....	90
4.6. Φορτία κατασκευής.....	58	5. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ.....	91
4.7. Προσομοίωμα.....	60	5.1. Ενέματα μάζας.....	91
4.8. Μέθοδοι ανάλυσης.....	62	5.2. Ανακατασκευή πατωμάτων και ενίσχυση διαφραγματικής	
		λειτουργίας.....	94

5.3. Ανακατασκευή στέγης και ενίσχυση διαφραγματικής λειτουργίας.....	95
5.4. Λιθοσυρραφή.....	95
5.5. Προσομοίωμα με επεμβάσεις.....	96
5.5.1. Φορτία κατασκευής.....	96
5.6. Αποτελέσματα Ιδιομορφικής ανάλυσης.....	97
5.7. Αποτελέσματα Ισοδύναμης Ελαστικής ανάλυσης.....	99
5.8. Συμπέρασμα.....	104
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	105
6.1. Υφιστάμενη παθολογία.....	105
6.2. Αξιολόγηση Παθολογίας.....	106
6.3. Αξιολόγηση Προτεινόμενων Επεμβάσεων.....	106
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	107

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το περιεχόμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η αποτύπωση, η αποτίμηση της σεισμικής συμπεριφοράς καθώς και η πρόταση επεμβάσεων αποκατάστασης στο μνημείο από φέρουσα τοιχοποιία επί της οδού Θησέως, στην Αθήνα.

Η αναλυτική αποτύπωση της παθολογίας του κτιρίου και του τρόπου δόμησης αποτέλεσε το πρώτο κομμάτι της εκπόνησης της εργασίας. Ακολούθησε ο υπολογισμός των μηχανικών χαρακτηριστικών της τοιχοποιίας κατόπιν εργαστηριακών διερευνήσεων που πραγματοποιήθηκαν στο κτίριο.

Στη συνέχεια, διαμορφώθηκε υπολογιστικό προσομοίωμα της υφιστάμενης κατασκευής στο λογισμικό SAP2000 v20.0.0, με στόχο την ταύτιση των ρωγμών του κτιρίου με εκείνες του προσομοιώματος καθώς και επιβεβαίωση των αιτιών αστοχίας μέσω ελέγχων έναντι εντός επιπέδου διάτμησης, εκτός επιπέδου κάμψης σε επιλεγμένες κρίσιμες περιοχές.

Τέλος, πραγματοποιείται πρόταση επεμβάσεων στο κτίριο για την καλύτερη απόκρισή του έναντι σεισμικών καταπονήσεων.

Η εκτίμηση της αποτελεσματικότητας των προτεινόμενων επεμβάσεων πραγματοποιήθηκε κατόπιν αναλύσεων και ελέγχων στα κρίσιμα σημεία της κατασκευής.

ABSTRACT

The content of this thesis is the investigation and assessment of the seismic behaviour and also proposals of possible repairing and strengthening techniques for the monument made of masonry located in Theseos, Athens.

A detailed pathology of the construction materials and techniques used during the construction of this building was the initial survey of this thesis. This was followed by the calculation of the mechanical characteristics of the masonry following laboratory investigations of the construction.

A model of the current building was configured in the SAP2000 v20.0., aiming to confirm the cracks in the building with those in the model and the causes of failure through checks against in-plane shear, out-of-plane bending moment in selected critical areas.

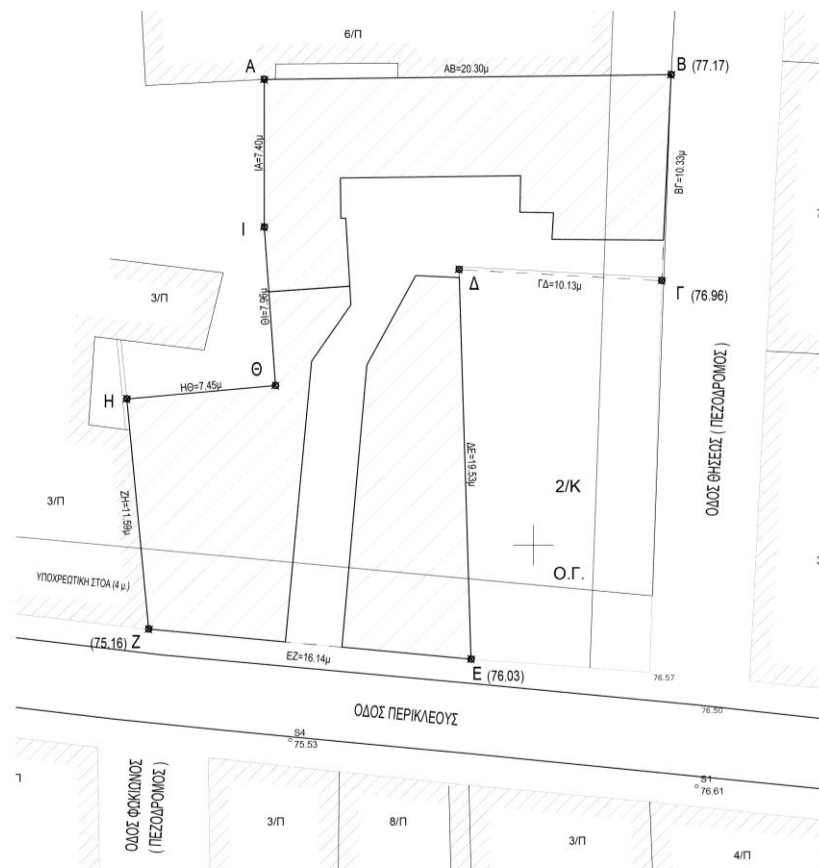
Finally, interventions are proposed in order to restore and strengthen the monument against earthquakes. The effectiveness of the proposed repairing and reconstruction techniques was carried out by examination of the analyses and checks at the critical areas of the construction.

1. ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟΥ

Το υπό μελέτη κτίριο βρίσκεται σε ένα από τα κεντρικότερα σημεία της πόλης της Αθήνας, εντός του ιστορικού και εμπορικού κέντρου, κοντά στην Πλατεία Συντάγματος, επί της οδού Θησέως αρ.5, με δεύτερο πρόσωπο επί της οδού Περικλέους αρ.44, ενώ περιμετρικά εφάπτεται με ξένες ιδιοκτησίες.

Το κτίριο βρίσκεται εντός του οικοπέδου Α-Β-Γ-Δ-Ε-Ζ-Η-Θ-Ι, το οποίο έχει σχήμα «Γ» με επιφάνεια 461,05 τ.μ. και βρίσκεται στο οικοδομικό τετράγωνο 66068 του ρυμοτομικού σχεδίου του Δήμου Αθηναίων.

Το οικόπεδο χωρίζεται σε δύο κτίρια. Το κτίριο 1 με όψη επί της οδού Περικλέους, το οποίο είναι κατασκευασμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα και το κτίριο 2 επί της οδού Θησέως από φέρουσα τοιχοποιία.



Τοπογραφικό διάγραμμα

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΚΟΡΥΦΩΝ ΟΙΚΟΠΕΔΟΥ
(Ε.Γ.Σ.Α. 1987)

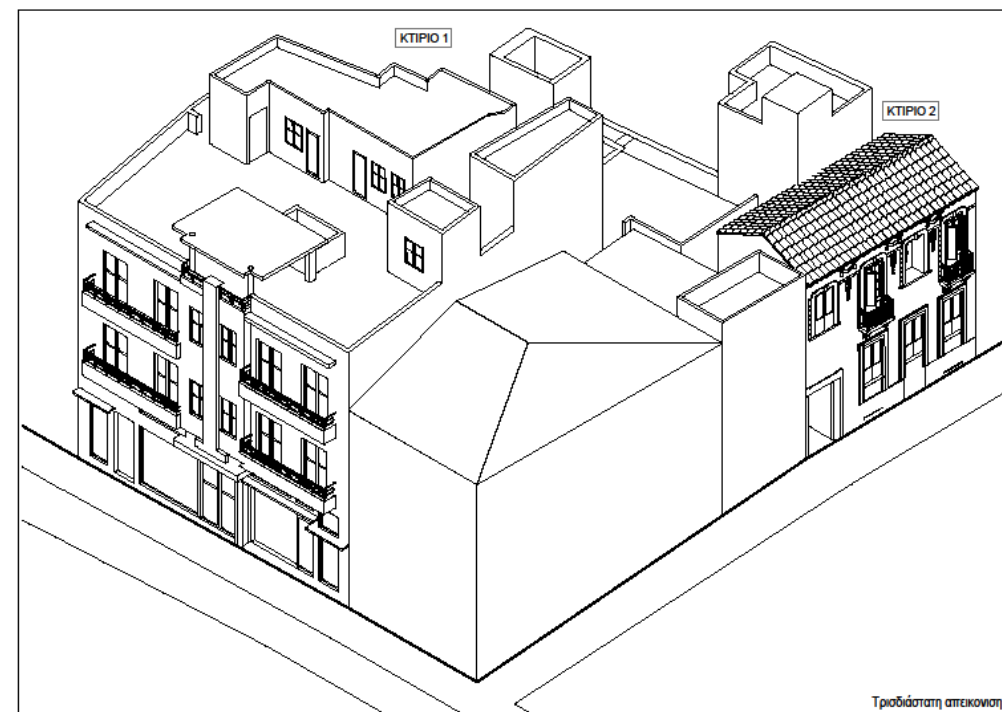
A, 476186.58, 4203003.34
B, 476206.87, 4203003.58
Γ, 476206.40, 4202993.26
Δ, 476196.29, 4202993.82
E, 476196.89, 4202974.29
Z, 476180.82, 4202975.80
H, 476179.72, 4202987.33
Θ, 476187.14, 4202988.00
I, 476186.58, 4202995.94

E(A,B,Γ,Δ,Ε,Ζ,Η,Θ,Ι,Α)= 461.05τ.μ.

Εικόνα 1.1: Απόσπασμα τοπογραφικού διαγράμματος.

Τα κτίρια (1 & 2) έχουν χαρακτηριστεί ως διατηρητέα σύμφωνα με το ΦΕΚ 349Δ'/1985, «Χαρακτηρισμός ως διατηρητέων κτιρίων του Παλαιού Εμπορικού Κέντρου Αθηνών καθώς και καθορισμός ειδικών όρων δόμησης και χρήσεων γης στην περιοχή αυτή» και το ΦΕΚ 440Δ'/1985, «Διόρθωση σφάλματος στο Προεδρικό Δ/γμα, περί καθορισμού ως διατηρητέων κτιρίων του Παλαιού Εμπορικού Κέντρου Αθηνών κλπ.». Πρόσφατα έγινε ο χαρακτηρισμός των κτιρίων ως μνημεία με το ΦΕΚ 261Δ'/2021, «Χαρακτηρισμός ως μνημειακού συγκροτήματος δύο κτιρίων επί των οδών Περικλέους 44 και Θησέως 5 (Ο.Τ. 66068)» από τη Διεύθυνση Αναστήλωσης, Μουσείων και Τεχνικών Έργων του Υπουργείου Πολιτισμού.

Το κτίριο της οδού Θησέως, είναι δείγμα της εποχής του Εκλεκτικισμού με έντονο νεοκλασικό χαρακτήρα και υπολογίζεται ότι κατασκευάστηκε πριν από το 1917, όπως φαίνεται από τα μορφολογικά και διακοσμητικά στοιχεία των όψεών του (κορνίζες, περιθώρια ανοιγμάτων, κάγκελα, σιδεριές, γύψινα διακοσμητικά κλπ.).



Εικόνα 1.2: Τρισδιάστατη απεικόνιση των κτιρίων 1 & 2

Τα δύο κτίρια είναι στατικώς αλλά όχι λειτουργικώς ανεξάρτητα. Συνδέονται εσωτερικά με έναν ιδιαίτερα ενδιαφέρον τρόπο, μέσω της στοάς του κτιρίου 1 και του κτιρίου 2, οι οποίες καταλήγουν στην εσωτερική αυλή του κτιρίου 2 που είναι η «καρδιά» του συγκροτήματος. Τόσο η αυλή αυτή όσο και η στοά τα τελευταία χρόνια παραμένουν κλειστές και ανεκμετάλλευτες.

1.1 ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΤΙΡΙΟΥ 2

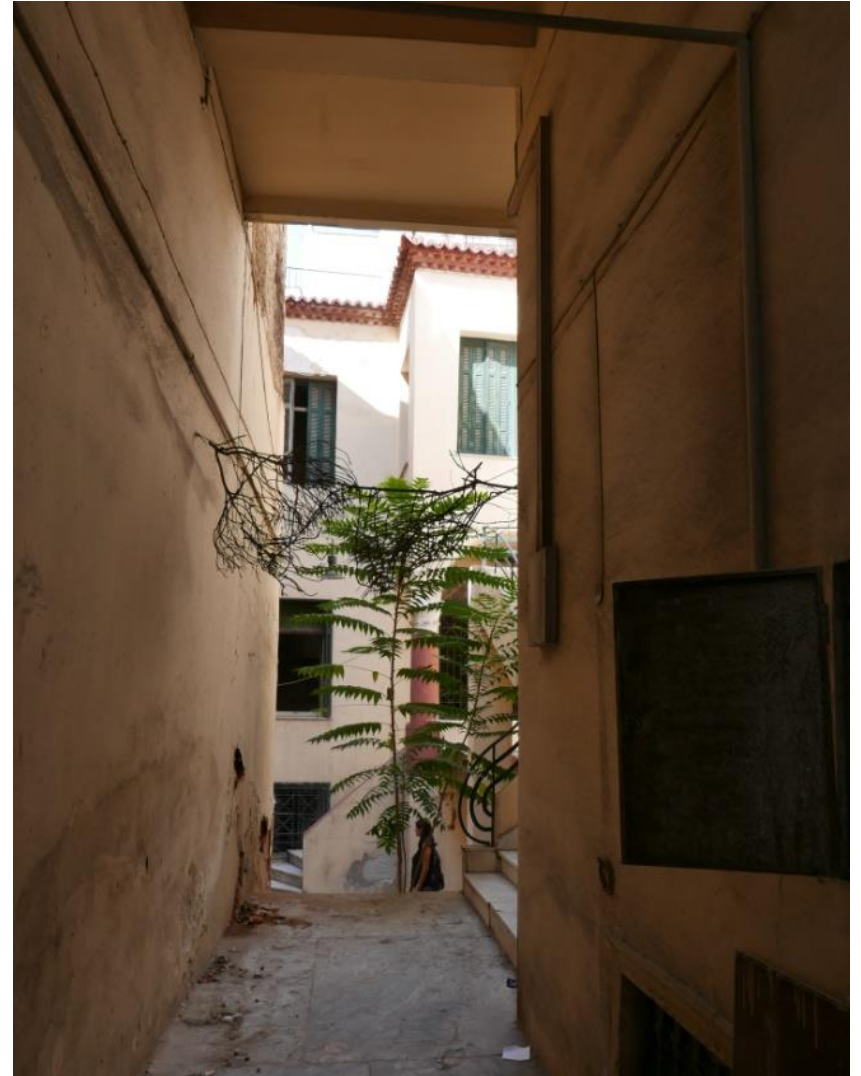
Το κτίριο επί της οδού Θησέως αποτελείται από τρεις στάθμες, υπόγειο, ισόγειο, α' όροφο και δύο μικρά δωμάτια στο δώμα, συνολικής επιφάνειας 496,53 μ². Στο υπόγειο επιφανείας 152,71 μ², στο παρελθόν λειτουργούσαν χώροι εργαστηρίων που είχαν πρόσβαση από την οδό Θησέως με πόρτα η οποία σήμερα έχει κλειστεί και από την αυλή με κλιμακοστάσια. Στο ισόγειο, επιφανείας 143,65 μ² υπήρχαν χώροι εργαστηρίων με πρόσβαση από την εσωτερική αυλή και κατάστημα με πρόσοψη στην οδό Θησέως ενώ στον α' όροφο, επιφανείας 165,13 μ², υπάρχουν δύο ανεξάρτητες κατοικίες. Η είσοδος στη μια κατοικία γίνεται μέσω ημιυπαίθριου χώρου και εσωτερικού κλιμακοστασίου από την εσωτερική αυλή, ενώ η είσοδος στο διαμέρισμα γίνεται μέσω του εξωτερικού κλιμακοστασίου που βρίσκεται στο κέντρο της αυλής. Και οι δύο κατοικίες εκτείνονται σε μικρούς χώρους, επιφανείας 35,04 μ², στο δώμα του κτιρίου.



Εικόνα 1,3: Όψη επί της οδού Θησέως.



Εικόνα 1.4: Όψη επί της οδού Περικλέους.



Εικόνα 1.5: Διάδρομος στοάς κτιρίου 2.



Εικόνες 1.6,1.7: Εσωτερικές όψεις κτιρίου όπως φαίνονται από τη στοά.

Εικόνα 1.8: Κάτοψη κτιρίου όπως φαίνεται από το δώμα.

Όπως προαναφέρθηκε, το κτίριο είναι εν μέρει εγκαταλελειμμένο και όπως είναι φυσικό έχει υποστεί σημαντικές ζημιές. Δείχνει να είναι αρκετά καταπονημένο με την πάροδο των ετών και έχει τις μεγαλύτερες ζημιές, κυρίως στα ξύλινα πατώματα που σε μεγάλο μέρος έχουν καταστραφεί. Το εσωτερικό κλιμακοστάσιο είναι ξύλινο και έχει καταρρεύσει μερικώς, τα κουφώματα έχουν υποστεί αρκετές ζημιές ενώ οι εσωτερικές τοιχοποιίες βρίσκονται σε αρκετά καλή κατάσταση. Οι εσωτερικές πόρτες φέρουν περιμετρικό διακοσμητικό ξύλινο πλαίσιο που σε πολλές περιπτώσεις διατηρείται. Τέλος, ζημιές έχουν υποστεί και οι γύψινες οροφές που σε μεγάλο ποσοστό διαθέτουν τα δωμάτια. Η στέγη επίσης έχει μερικώς καταρρεύσει και αντικατασταθεί από κάποιο μεταλλικό υλικό, προφανώς για την προστασία του εσωτερικού του κτιρίου.

Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή των χώρων του κτιρίου, συνοδευόμενη με χαρακτηριστικές εικόνες του εσωτερικού του κτιρίου.

1.1.1. Υπόγειο

Το υπόγειο του κτιρίου έχει υποστεί αρκετές φθορές. Το δάπεδο στους κύριους χώρους είναι μωσαϊκό με εναλλαγή χρωμάτων και αλλού πλάκες άσπρες - μαύρες. Οι τοίχοι έχουν υποστεί μεγάλες ζημιές όπως και οι οροφές. Σε πολλά σημεία των τοίχων φαίνονται αρκετές στρώσεις χρωμάτων ενώ αλλού λείπουν μεγάλες επιφάνειες σοβά όπου φαίνεται από μέσα η τοιχοποιία. Οι οροφές σε πολλά σημεία είναι κατεστραμμένες ολοκληρωτικά και φαίνεται μόνο το κάτω μέρος του δαπέδου του ορόφου το οποίο καταρρέει.

Η αδυναμία πρόσβασης σε όλο το υπόγειο οδήγησε σε ελλείψεις πληροφορίες ως προς τις βλάβες που έχουν δημιουργηθεί.

1.1.2. Ισόγειο & α' όροφος

Το ισόγειο & ο α' όροφος έχουν παρόμοια κατασκευαστικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά και έχουν υποστεί αρκετές φθορές. Το δάπεδο στους κύριους χώρους είναι ξύλινο με πολλές φθορές και σε αρκετά σημεία τελείως κατεστραμμένο, δυσχεραίνοντας την πρόσβαση στους αντίστοιχους χώρους. Σε κάποια σημεία υπάρχει μωσαϊκό και λίγα πλακάκια. Οι τοίχοι έχουν υποστεί αρκετές ζημιές και σε πολλά σημεία φαίνονται αρκετές στρώσεις χρωμάτων.

Οι εσωτερικές πόρτες είναι ξύλινες και έχουν αυτή την ιδιαίτερη κάσα που εξέχει στο πάνω μέρος δεξιά και αριστερά ενώ κάποιες είναι ξύλινες και έχουν φεγγίτη με σιδεριά στο πάνω μέρος. Οι οροφές σε πολλά σημεία έχουν υποστεί φθορές, σε κάποιους χώρους υπάρχει περιμετρική γύψινη μπορντούρα, ροζέτες για φωτιστικά ή και πιο σύνθετο γύψινο σχέδιο, ενώ σε έναν χώρο του α΄ ορόφου, η στέγη έχει υποχωρήσει εντελώς και έχει αντικατασταθεί από μεταλλικό ελενίτ.

Η ξύλινη εσωτερική σκάλα, τα κάγκελα και η κουπαστή έχουν ένα ιδιαίτερο σχέδιο αλλά έχουν επίσης υποστεί αρκετές ζημιές, οδηγώντας στην μερική κατάρρευσή τους.

Στον εξωτερικό χώρο της αυλής, το δάπεδο είναι μωσαϊκό με αρκετές φθορές, υπάρχει μια μάλλον μεταγενέστερη μαρμάρινη σκάλα που οδηγεί στον όροφο με ιδιαίτερη κουπαστή και μετά, πιθανών το πιο χαρακτηριστικό σημείο του κτιρίου, η μία από τις εισόδους του με τις δύο καμάρες σε γωνία, τη μαρμάρινη σκάλα και την μπορντό-κόκκινη στρογγυλή κολώνα.



Εικόνα 1.9: Κεντρική είσοδος κτιρίου.



Εικόνα 1.10: Ξύλινο δίφυλλο παράθυρο με τζάμια στο ισόγειο του κτιρίου.



Εικόνα 1.11: Κατεστραμμένη οροφή ισόγειου με κατεστραμμένο γύψινο στοιχείο περιμετρικά.



Εικόνα 1.12: Εσωτερική ξύλινη σκάλα που οδηγεί στον όροφο του κτιρίου.



Εικόνα 1.13: Φθαρμένο ξύλινο πάτωμα ορόφου.



Εικόνα 1.14: Κατεστραμμένη ξύλινη οροφή ορόφου με ελάχιστες οροφολογίες και γύψινες λεπτομέρειες.



Εικόνα 1.15: Εσωτερικό ξύλινο κούφωμα με τζάμια στον όροφο και κατεστραμμένη στέγη.



Εικόνα 1.16: Εσωτερική ξύλινη πόρτα με φεγγίτη και σιδεριά στον όροφο του κτιρίου.



Εικόνα 1.17: Εσωτερική ξύλινη σκάλα που οδηγεί στο δώμα.

1.1.3. Δώματα

Τα δώματα του κτιρίου έχουν υποστεί πολλές φθορές. Το δάπεδο στους κύριους χώρους είναι ξύλινο με πολλές ζημιές και σε αρκετά σημεία τελείως κατεστραμμένο. Οι τοίχοι έχουν υποστεί αρκετές φθορές και σε πολλά σημεία φαίνονται οι οπτόπλινθοι που αποτελούν τη τοιχοποιία του δώματος. Η οροφή έχει υποστεί μεγάλες ζημιές.



Εικόνα 1.18: Δώμα στην δεξιά πλευρά του κτιρίου.



Εικόνα 1.19: Δώμα στην αριστερή πλευρά του κτιρίου.

2. ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΦΕΡΟΝΤΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

Στην ενότητα αυτή παρατίθενται τα υλικά δόμησης που αποτελούν το κτίριο, ο τρόπος δόμησης των οριζόντιων και κατακόρυφων στοιχείων καθώς και τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν σε συγκεκριμένα σημεία στο κτίριο.

Επισημαίνεται ότι κατά την αποτύπωση του κτιρίου υπήρχαν αρκετοί περιορισμοί, που δυσκόλευαν την αναλυτική διερεύνησή του. Συγκεκριμένα, αποκαλύφθηκαν από την αρχαιολογία τοιχογραφίες και οροφολογίες, οι οποίες θα πρέπει αποκολληθούν προσεκτικά, να διατηρηθούν και να επανατοποθετηθούν μετά την ολοκλήρωση των επεμβάσεων στο κτίριο. Εξαιτίας αυτής της αποκάλυψης, η απομάκρυνση των επιχρισμάτων για την εμφάνιση του τρόπου δόμησης περιορίστηκε σε συγκεκριμένα σημεία και η αναλυτική αποτύπωση του φέροντα οργανισμού δεν ήταν απολύτως εφικτή. Επομένως, τα συμπεράσματα που παρουσιάζονται στη συνέχεια προέκυψαν από τις πληροφορίες των περιοχών που υπήρχε η δυνατότητα παρέμβασης και αποξήλωσης των επιχρισμάτων και τονίζεται ότι θα πρέπει να αναθεωρηθούν εφόσον αποκαλυφθούν νέα στοιχεία κατά την ολική απομάκρυνση των τοιχογραφιών και απογύμνωση του φέροντα οργανισμού του κτιρίου.

2.1. ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ

Οι περιμετρικοί φέροντες τοίχοι του υπό μελέτη κτιρίου είναι κατασκευασμένοι με λιθοδομή ημιλαξευμένους λίθους.

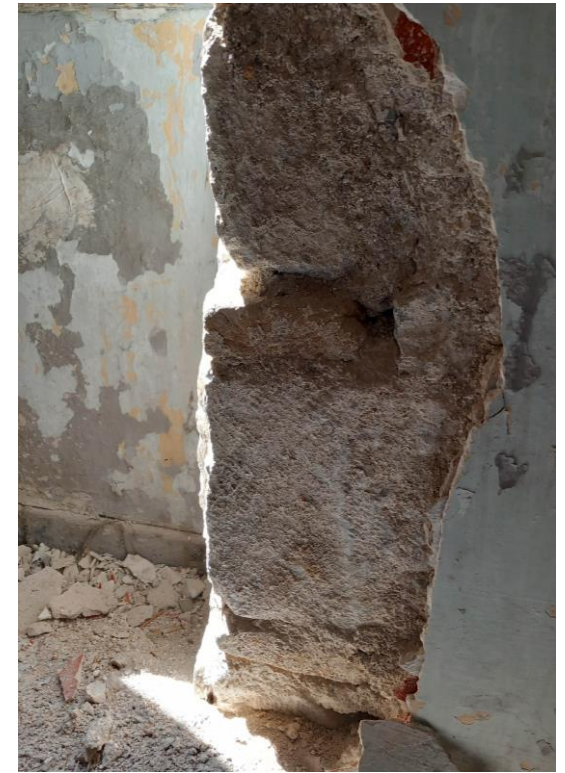
Εξαιρεση αποτελούν τα δώματα και οι εσωτερικοί τοίχοι μικρού πάχους, όπου χρησιμοποιήθηκαν οπτόπλινθοι για τη δόμησή τους. Οπτοπλινθοδομή αποτελεί και το κομμάτι της προεξοχής στην όψη του κτιρίου στον όροφο, όπως αναφέρεται αναλυτικότερα παρακάτω. Η σύνδεση των λίθων πραγματοποιήθηκε με χρήση κονιάματος, πάχους περί τα 2cm, σταθερό σε όλους τους τοίχους.

Το πάχος της τοιχοποιίας κυμαίνεται από 20 έως και 70cm, όπως αποτυπώνεται στα παρακάτω σχέδια ανά όροφο του κτιρίου. Οι τοίχοι πάχους 40cm έως και 70cm είναι από λιθοδομή ενώ οι τοίχοι πάχους από 20cm έως και 30cm από οπτοπλινθοδομή.

Ως προς την αποκάλυψη του τρόπου δόμησης, πραγματοποιήθηκε μερική αποξήλωση του επιχρίσματος σε τοίχο πάχους 70cm στο ισόγειο αποκαλύπτοντας τη χρήση λίθων μεγάλων διαστάσεων με ενδιάμεσες στρώσεις οπτόπλινθων (Εικόνα 4). Η επιλογή του συγκεκριμένου τοίχου πραγματοποιήθηκε λόγω αρχικής επέμβασης της αρχαιολογίας σε αυτόν και κατόπιν έγκρισής της στην αποξήλωση του επιχρίσματος.

Στη στρώση των οπτόπλινθων παρατηρήθηκε ότι χρησιμοποιήθηκαν και μικρότεροι λίθοι, ελάχιστα λαξευμένοι, προκειμένου να καλύψουν τα κενά ανάμεσα στους οπτόπλινθους.

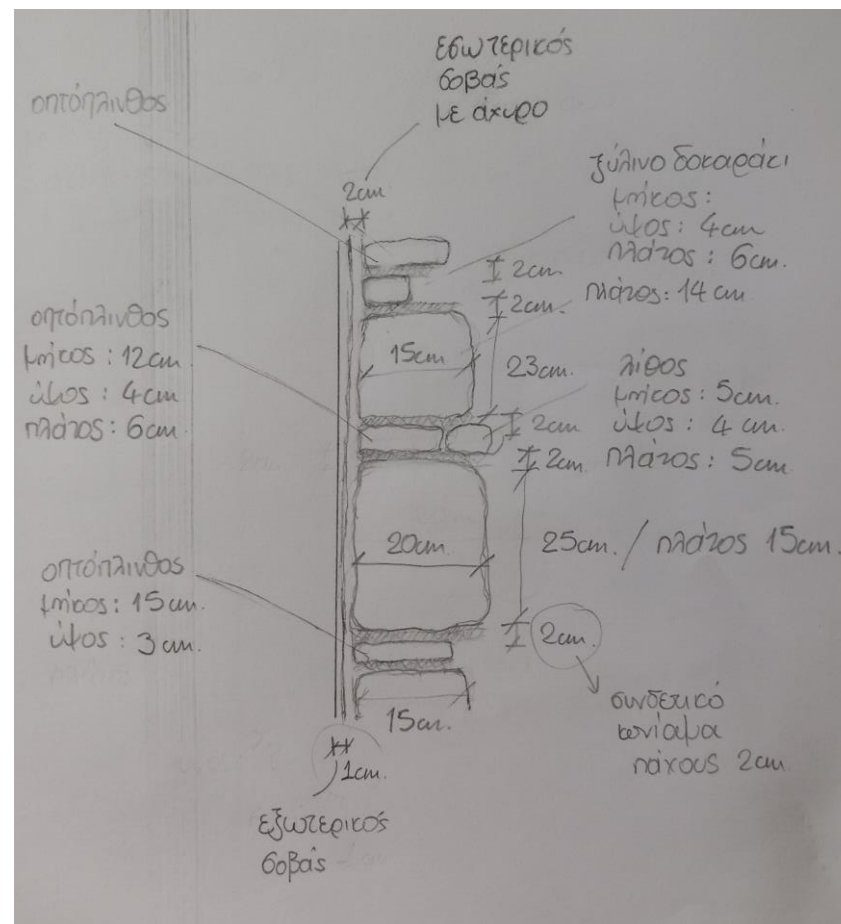
Η τοιχοποιία όλου του κτιρίου καλύπτεται αρχικά από μια στρώση σοβά, με μικρά αδρανή και άχυρα, που θρυμματίζεται αρκετά εύκολα και έχει πάχος περί τα 2cm. Στη συνέχεια, επικαλύπτεται με μια εξωτερική στρώση σοβά, καλύτερης σύστασης και χωρίς αδρανή, η οποία αποτελεί πιθανότατα μεταγενέστερη προσθήκη καθώς δεν συνδέεται με την εσωτερική στρώση και οι παρειές υλικών που εφάπτονται είναι απόλυτα λείες. Σε αυτή τη στρώση αποτυπώνονται οι τοιχογραφίες του κτιρίου.



Εικόνες 2.1,2.2: Λιθοδομή τοίχου πάχους 70cm στο ισόγειο.



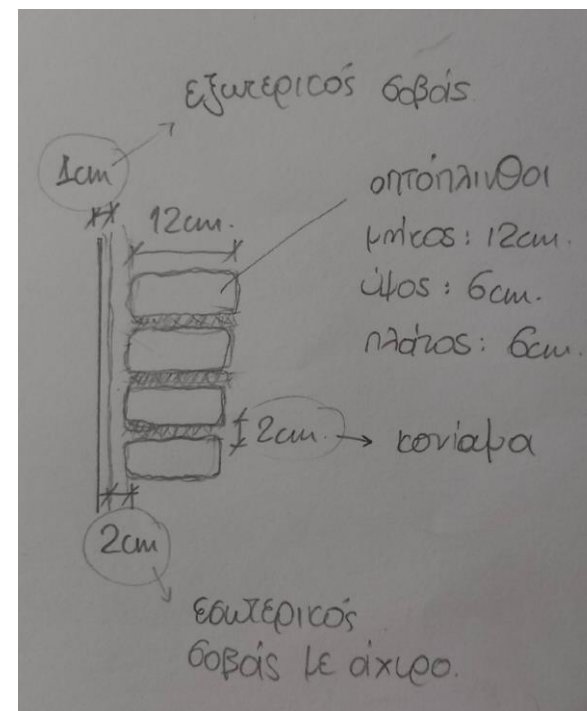
Εικόνα 2.3: Εσωτερικός και εξωτερικός σοβάς τοιχοποιίας πάχους 70cm.



Εικόνα 2.4: Σκαρίφημα τρόπου δομήσεως λιθοδομής πάχους 70cm.

Αντίστοιχη αποξήλωση επιχρίσματος έγινε και στην προεξοχή του ορόφου, όπου διαπιστώθηκε η χρήση οπτόπλινθων για την κατασκευή του. Οι οπτόπλινθοι που χρησιμοποιήθηκαν έχουν διαστάσεις 12x12x4cm και συνδέονται με κονίαμα πάχους 2cm. Ίδιος τρόπος δόμησης ακολουθήθηκε και για την κατασκευή των εσωτερικών τοίχων μικρού πάχους και των δωματίων. Οι τοιχοποιίες από οπτοπλινθοδομή διαθέτουν την ίδια επικάλυψη με τις δύο στρώσεις σοβά που αναφέρθηκε παραπάνω.

Επίσης, διαπιστώθηκε ότι η προεξοχή του ορόφου κατασκευάστηκε μαζί με το υπόλοιπο κτίριο και όχι σε μεταγενέστερη φάση. Αυτό επιβεβαιώνεται από το γεγονός ότι οι τοιχογραφίες είναι συνεχείς στο εσωτερικό της προεξοχής και των εσωτερικών τοίχων από λιθοδομή (Εικόνα 7). Επίσης, οι σανίδες του ξύλινου πατώματος δεν παρουσιάζουν κάποια διακοπή και διαθέτουν την ίδια φθορά σε όλο το πάτωμα που περιλαμβάνει την προεξοχή και το εσωτερικό του ορόφου.



Εικόνες 2.5,2.6: Οπτοπλινθοδομή προεξοχής ορόφου και σκαρίφημα δόμησης οπτοπλινθοδομής.



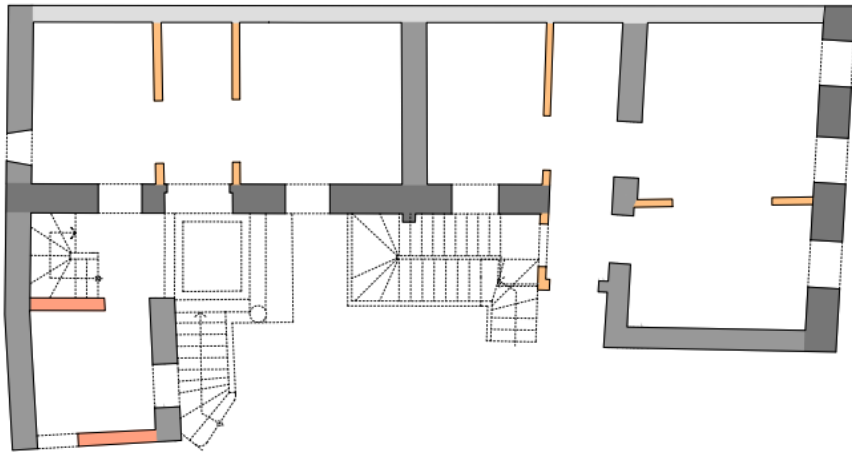
Εικόνα 2.7: Συνεχής τοιχογραφία από την προεξοχή του ορόφου έως την εσωτερική λιθοδομή.



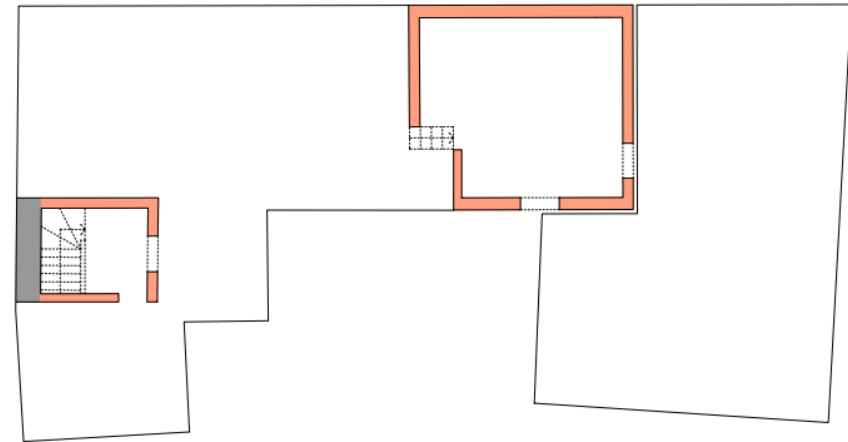
Εικόνα 2.9: Τμηματική αποξήλωση επιχρίματος σε εσωτερικό τοίχο του ισόγειου και αποκάλυψη της οπτοπλιθοδομής.



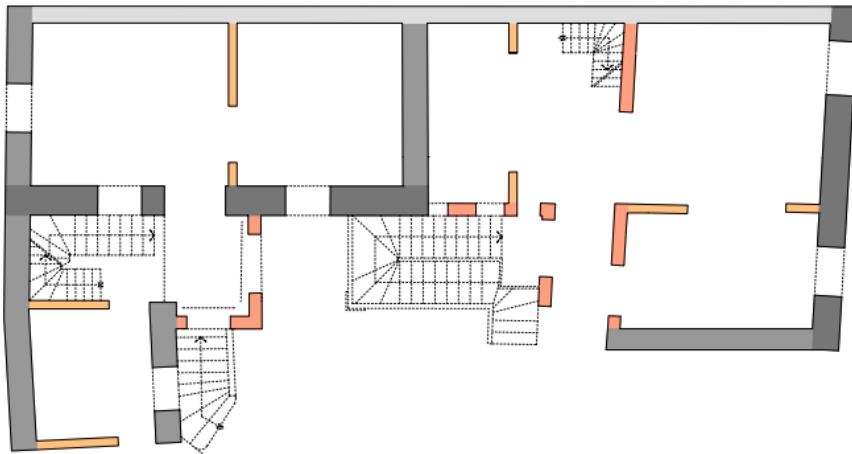
Εικόνα 2.8: Οπτοπλιθοδομή στο δώμα του κτιρίου.



Εικόνα 2.10: Πάχη τοιχοποιίας ισογείου.



Εικόνα 2.12: Πάχη τοιχοποιίας δωμαίων.



Εικόνα 2.11: Πάχη τοιχοποιίας ορόφου.

ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΠΑΧΩΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ:

- 20cm ΟΠΤΟΠΛΙΜΘΟΔΟΜΗ
- 30cm ΟΠΤΟΠΛΙΜΘΟΔΟΜΗ
- 40cm ΛΙΘΟΔΟΜΗ
- 60cm ΛΙΘΟΔΟΜΗ
- 70cm ΛΙΘΟΔΟΜΗ

2.2 ΞΥΛΙΝΑ ΠΑΤΩΜΑΤΑ

Κατόπιν αποξήλωσης μερικών υφιστάμενων ξύλινων σανίδων στο πάτωμα του ισόγειου, παρατηρήθηκε ότι το πάτωμα αποτελείται αρχικά από ξύλινες δοκούς, διαστάσεων 10x10cm ανά 35cm, όπου αποτελούν το σκελετό στήριξής του. Πάνω σε αυτές τις δοκούς, είναι καρφωμένες ξύλινες σανίδες, διαστάσεων 6x1cm. Οι σανίδες αυτές παρατηρήθηκε ότι δεν έχουν την ίδια φθορά με τις δοκούς στις οποίες στηρίζονται.

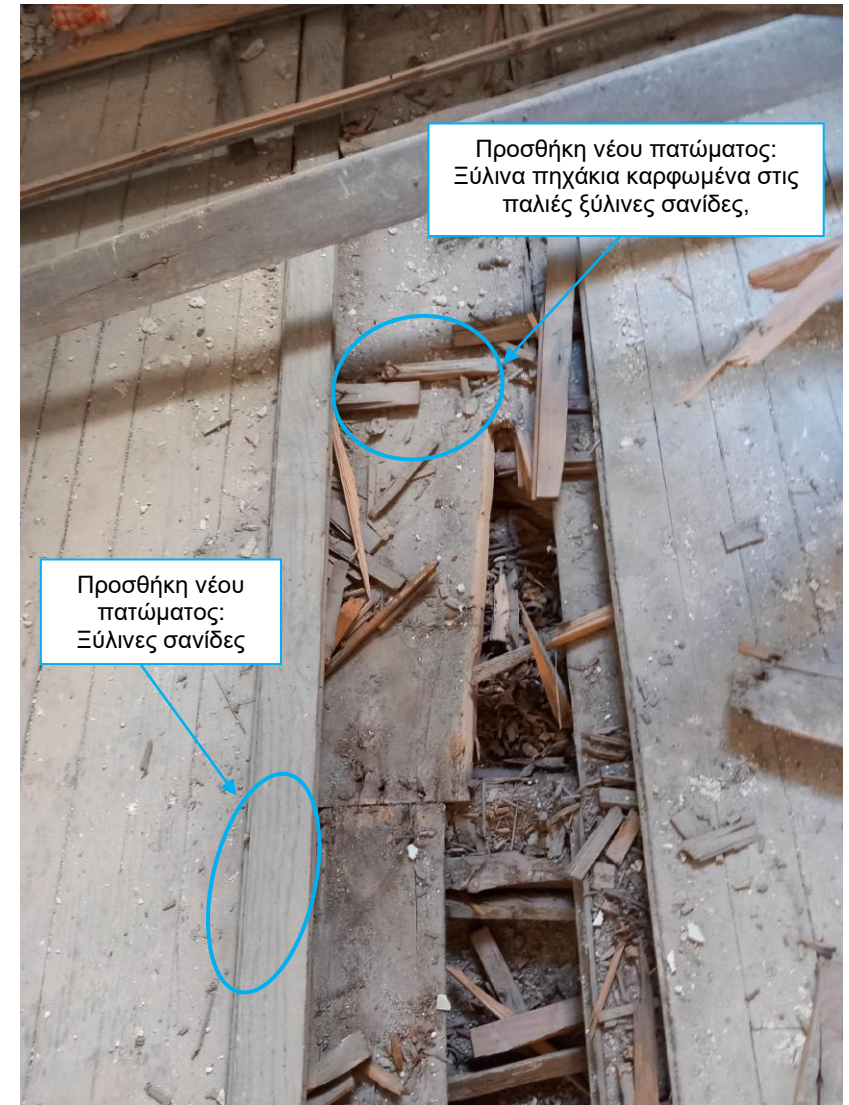
Όταν πραγματοποιήθηκε αποξήλωση αντίστοιχων σανίδων στο πάτωμα του ορόφου, αποκαλύφθηκαν ξύλινες δοκοί, ίδιες με το πάτωμα του ισόγειου. Ωστόσο, ανάμεσα στις σανίδες του πατώματος και στις ξύλινες δοκούς παρεμβάλλονται μεγαλύτερες σανίδες, διαστάσεων 15x1cm, καρφωμένες απευθείας στις ξύλινες δοκούς, όπου παρουσιάζουν την ίδια φθορά. Πάνω στις ξύλινες αυτές σανίδες, είναι καρφωμένα ξύλινα πηγάκια, με διαστάσεις 3x1cm, τα οποία στηρίζουν το τελικό πάτωμα.



Εικόνα 2.13: Ξύλινες δοκοί και σανίδες του πατώματος στο ισόγειο.



Εικόνα 2.14: Ξύλινες σανίδες και δοκοί του πατώματος στον όροφο.



Εικόνα 2.15: Ξύλινες σανίδες του τελικού πατώματος στον όροφο.

Τα συμπεράσματα που εξάγονται ως προς την κατασκευή του πατώματος του κτιρίου είναι ότι χρησιμοποιήθηκαν ξύλινες δοκοί για να στηρίζουν τις μεγάλων διαστάσεων σανίδες, όπου πάνω τους κάρφωσαν τις τελικές ξύλινες σανίδες του πατώματος. Κατά το πέρας των χρόνων, τα αρχικά πατώματα παρουσίασαν έντονες φθορές οδηγώντας έτσι σε μερική κατάρρευση, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα, είτε σε έλλειψη ικανότητας να φέρουν πλέον φορτία. Επομένως, οι αρχικές σανίδες των πατωμάτων αντικαταστάθηκαν με νέες, γι' αυτό και δεν έχουν την ίδια φθορά με τις ξύλινες δοκούς όπως διαπιστώθηκε στο πάτωμα του ισόγειου. Για λόγους οικονομικούς ή/και αισθητικούς-αρχιτεκτονικούς, οι μεγάλες σανίδες του πατώματος στον όροφο δεν αποξηλώθηκαν και επενδύθηκαν με τις νέες σανίδες αλλά και πιθανότατα όταν έγιναν εργασίες στα πατώματα, οι σανίδες αυτές να μην είχαν τη φθορά που έχουν τώρα και να μην χρειάστηκε η αποξήλωσή τους.

Λόγω τμηματικής κατάρρευσης του πατώματος στους ορόφους, διαπιστώθηκε ότι οι ξύλινες δοκοί εισέρχονται κατά ελάχιστα εκατοστά στο πάχος της τοιχοποιίας, αναιρώντας πρακτικά την ύπαρξη διαφραγματικής λειτουργίας στο κτίριο.



Εικόνα 2.16: Κατάσταση υφιστάμενου πατώματος στο ισόγειο του κτιρίου.

2.3 ΟΡΟΦΕΣ

Οι οροφές του κτιρίου είναι κατασκευασμένες με μπαγδατί. Όπως παρατηρήθηκε από τμήματα οροφής που έχουν καταρρεύσει, χρησιμοποιήθηκε ως ξύλινος σκελετός οι ξύλινες δοκοί του πατώματος πάνω στις οποίες καρφώθηκαν ξύλινα πηχάκια, διαστάσεων 3x1cm, ανά περίπου 1cm. Το κενό ανάμεσα σε αυτά τα πηχάκια έχει καλυφθεί από μικρούς λίθους και σοβά. Έπειτα, η οροφή έχει επιχρισθεί και στην τελική της επιφάνεια φέρει οροφολογίες, τμήματα των οποίων θα διατηρηθούν. Ακόμη, περιμετρικά της οροφής υπάρχουν γύψινες διακοσμητικές λεπτομέρειες, όπου θα διατηρηθούν και αυτές αντίστοιχα ή θα αποτυπωθούν και θα δημιουργηθούν εκ νέου με χρήση καλουπιού, στα σημεία όπου έχουν ήδη καταστραφεί.



Εικόνα 2.17: Οροφή ισογείου.

2.4 ΣΤΕΓΕΣ

Η μελέτη των στεγών του κτιρίου αποτέλεσε δύσκολο έργο, καθώς και οι δύο στέγες έχουν καταρρεύσει ολοκληρωτικά και αντικαταστάθηκαν από μεταλλικούς σκελετούς και ελενίτ, προκειμένου να προστατευτεί το κτίριο από τα καιρικά φαινόμενα και την υγρασία. Κατόπιν πολλών υποθέσεων ως προς τον τρόπο δόμησης της επιστέγασης του κτιρίου και ακόμη πιο πολλών επισκέψεων στο κτίριο συγκεκριμένα για τη στέγη, επιβεβαιώθηκε ο παρακάτω τρόπος κατασκευής της.

Αναφέρεται αρχικά ότι οι στέγες χωρίζονται στην μικρή και στη μεγάλη στέγη του κτιρίου. Η μεγάλη στέγη έχει καταρρεύσει πλήρως, εκτός από τις ξύλινες δοκούς που παρουσιάζουν έντονη φθορά, και γι' αυτό ήταν δύσκολη η αιτιολόγηση της κατασκευής της μόνο από την παρατήρησή της, οδηγώντας έτσι σε αρχικά λανθασμένες υποθέσεις ως προς τον τρόπο δόμησης της. Η μικρή στέγη έχει καταρρεύσει και εκείνη, εκτός από ένα μικρό τμήμα της, από το οποίο εξάγονται και τα συμπεράσματα ως προς τον τρόπο δόμησης των στεγών.



Εικόνα 2.18: Μεγάλη στέγη κτιρίου.



Εικόνα 2.19: Μικρή στέγη κτιρίου.

Αναλυτικότερα, ο σκελετός των στεγών αποτελείται από ξύλινες δοκούς, διαστάσεων 10x20cm, τοποθετημένες εγκάρσια στο μήκος της τοιχοποιίας και εισέρχονται περί τα 15cm εντός της τοιχοποιίας. Αυτές οι μετρήσεις επιβεβαιώνονται τόσο από τις ελάχιστες δοκούς που έχουν διατηρηθεί αλλά και από τις δοκοθήκες στην τοιχοποιία των δοκών που έχουν καταρρεύσει. Πάνω στις δοκούς είναι απλά τοποθετημένες, και όχι καρφωμένες, εγκάρσια ξύλινες σανίδες διαστάσεων 15x2cm. Σε αυτές τις σανίδες έχουν διαστρωθεί δύο διαφορετικά υλικά, όπου η κάτω στρώση είναι υλικό παρόμοιας σύστασης με τον εσωτερικό σοβά των τοίχων, με λεπτά αδρανή και εύκολα θρυμματιζόμενο, πάχους περί τα 2cm. Η πάνω και τελική στρώση είναι υλικό καλύτερης σύστασης με μεγαλύτερα αδρανή και πάχους ίδιο με την κάτω στρώση. Τελική επίστρωση της στέγης αποτελεί η διπλή στρώση επίπεδων πεπλατυσμένων πέτρινων πλακών, πάχους περί τα 2cm, διαμορφώνοντας το τελικό οριζόντιο επίπεδο της στέγης.

Το κτίριο όπως αναφέρθηκε κατασκευάστηκε περί το 1917 και διαθέτει χαρακτηριστικά της Νεοκλασικής αρχιτεκτονικής, σύμφωνα με την οποία από το 1900 και έπειτα εφαρμόστηκε έντονα η κατασκευή των οριζόντιων επιστεγάσεων. Αυτό το χαρακτηριστικό ενισχύει περαιτέρω την υπόθεση της κατασκευαστικής μεθόδου των στεγών που αναλύθηκε προηγουμένως



Εικόνα 2.20: Απεικόνιση του τρόπου κατασκευής της μικρής στέγης.



Εικόνα 2.21: Απεικόνιση ξύλινων δοκών και δοκοθηκών στη μικρή στέγη.



Εικόνα 2.22: Απεικόνιση του τρόπου κατασκευής της μικρής στέγης.



Εικόνα 2.23: Απεικόνιση των υπαρχόντων ξύλινων δοκών στη μεγάλη στέγη.

Η διαπίστωση του συγκεκριμένου τρόπου δόμησης ήταν πολύ δύσκολη από την παρατήρηση μόνο της μεγάλης στέγης, τόσο από την έλλειψη στοιχείων όσο και από την ύπαρξη της υπερυψωμένης τοιχοποιίας από το επίπεδο της στέγης. Επομένως, υπήρξε η αρχική λανθασμένη υπόθεση ότι υπήρξαν ξύλινες δοκοί υπό κλίση όπου στηρίζονταν στην υπερυψωμένη τοιχοποιία και στήριζαν τη στέγη του κτιρίου. Κατόπιν αναλυτικής παρατήρησης της υπερύψωσης, δεν υπάρχει κάποια οπή που θα μπορούσε να αποτελέσει δοκοθήκη, ούτε κάποιο ξύλινο ή μεταλλικό στοιχείο που θα ενίσχυε την υπόθεση του σκελετού υπό κλίση. Επιπρόσθετα, η δυνατότητα πρόσβασης στα γειτονικά κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία βοήθησε στην παρατήρηση ότι αρκετοί τοίχοι αποτελούσαν μεσοτοιχία των γειτονικών κτιρίων και μερικοί έφταναν έως ένα ύψος για το ένα κτίριο και συνέχιζαν καθ' ύψος ως ιδιοκτησία κάποιου γειτονικού. Επομένως, η συγκεκριμένη υπερύψωση πιθανότατα αποτελούσε είτε όριο για το διπλανό κτίριο είτε συνέχεια κάποιου τοίχου του διπλανού κτιρίου. Αυτό αποτελεί υπόθεση καθώς δεν μπόρεσε να επιβεβαιωθεί από αεροφωτογραφίες, λόγω κακής ανάλυσής τους, και διότι μέχρι να πραγματοποιηθεί η συγκεκριμένη μελέτη τα διπλανά κτίρια είχαν ήδη τροποποιηθεί και ενισχυθεί οι τοιχοποιίες τους.



Εικόνα 2.24: Υπερυψωμένη τοιχοποιία στη μεγάλη στέγη.



Εικόνα 2.25: Υπερυψωμένη τοιχοποιία στη μικρή στέγη.

2.5 ΜΑΡΜΑΡΙΝΟ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑ

Την κεντρική είσοδο του κτιρίου διακοσμεί μια μαρμάρινη κολώνα, τοποθετημένη ακριβώς κάτω από τη γωνία της προεξοχής του ορόφου. Η διατήρηση της κολώνας έκανε αδύνατη την οποιαδήποτε επέμβαση σε αυτήν, προκειμένου να μετρηθούν τα μηχανικά χαρακτηριστικά της. Ωστόσο με χρήση σφυριού και χτυπήματός της επιβεβαιώθηκε ότι το υλικό είναι μάρμαρο και όχι σπλισμένο ή μη σκυρόδεμα, όπως είχε υποτεθεί στην αρχή.



Εικόνα 2.26: Μαρμάρινο υποστύλωμα στην κεντρική είσοδο του κτιρίου.

2.6 ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ

Η μορφή και το βάθος θεμελίωσης είναι γενικά άγνωστα. Το πάχος των τοίχων του υπογείου που συνεχίζουν ωστόσο κοντά στο έδαφος παραμένει ίδιο.

2.7 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΕΙΣ

Οι εργαστηριακές δοκιμές περιλάμβαναν την αποκοπή τεσσάρων πυρήνων λιθοδομής ισογείου και ορόφου, με τα αντίστοιχα κονιάματά τους και δύο συμπαγών τεχνητών οπτόπλινθων και κονιαμάτων από την φέρουσα τοιχοποιία στα δώματα του κτιρίου. Έπειτα, αφαιρέθηκε μικρό τμήμα από τις παράλληλες επιφάνειες των δοκιμών με αδιατάρακτη εγκάρσια κοπή με σκοπό να αποκτήσουν λείες επιφάνειες για το πείραμα της θλίψης, καθώς και να αποκτήσουν τις επιθυμητές διαστάσεις. Τα αποτελέσματα των δοκιμών όπως δόθηκαν από την εταιρεία που πραγματοποίησε τις δοκιμές παρουσιάζονται παρακάτω.

Στη συνέχεια, λαμβάνοντας υπόψιν τον ανωτέρω τρόπο δόμησης και τα εργαστηριακά αποτελέσματα, υπολογίστηκαν τα μηχανικά χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας. Οι τοιχοποιίες του κτιρίου είναι δίστρωτες, με εξαίρεση τους τοίχους πάχους 60 και 70cm, όπως θεωρήθηκαν τρίστρωτες. Η υπόθεση αυτή οφείλεται στην μερική αποτύπωση της δόμησης των συγκεκριμένων τοίχων σε συνδυασμό

με τις διαστάσεις των λίθων που αποκαλύφθηκαν τόσο στις δοκιμές όσο και στην επιτόπια αυτοψία.

Φυσικοί λίθοι φέροντος οργανισμού:

Διαστάσεις τοιχοσώματος	ύψος	x	πλάτος	x	μήκος
	10-15cm		15-25cm		25-50 cm
Μέση πυκνότητα τοιχοσώματος	$\rho = 2500 \text{ Kg/m}^3$				
Μέση θλιπτική αντοχή τοιχοσώματος	$f_{bc} \approx 26.5 \text{ MPa}$				

Τεχνητοί οπτόπλινθοι φέροντος οργανισμού:

Διαστάσεις τοιχοσώματος	ύψος	x	πλάτος	x	μήκος
	4 cm		9 cm		22 cm
Μέση θλιπτική αντοχή τοιχοσώματος	$f_{bc} \approx 4.0 \text{ MPa}$				

Συνδετικό κονίαμα, γενικής εφαρμογής:

Θλιπτική (μέση) αντοχή κονιάματος $f_m \text{ compress} \approx 1.10 \text{ MPa}$ (M1)

Πάχος στρώσης (αρμών) : **1.0 – 3.0 cm** τόσο στην οριζόντια όσο και στην κατακόρυφη διεύθυνση.

Μέση πυκνότητα κονιάματος $\rho \approx 1600 \text{ kg/m}^3$

Οι ανωτέρω τιμές της θλιπτικής αντοχής των υλικών προέκυψαν σύμφωνα με τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες από τις δοκιμές των υλικών.

Δοκίμια Λίθων.

Κωδικός Δοκιμίων	Χαρακτηριστικά Δοκιμίων		
	Υψος (cm)	Βάρος (gr)	Διάμετρος (cm)
ΛΙΘ 1	11.7	2176	9.45
ΛΙΘ 2	12.3	2161	9.45
ΛΙΘ 3	8.7	1462	9.45
ΛΙΘ 4	11.5	2088	9.45

Δοκίμια Οπτόλινθων.

Κωδικός Δοκιμίων	Χαρακτηριστικά Δοκιμίων		
	Υψος (cm)	Πλάτος (cm)	Μήκος (cm)
T 1	4.0	9.0	22.0
T 2	4.0	9.0	22.0

Δοκίμια Κονιαμάτων

Κωδικός Δοκιμίων	Μήκος (mm)	Πλάτος (mm)	Υψος (mm)
KON 1	15	14	10
KON 2	17	15	10
KON 3	13	10	10
KON 4	17	12	10
KON 5	16	12	10
KON 6	13	12	10

Δοκίμια Λίθων

Κωδικός Δοκιμίων	Φορτίο Θραύσης $f_{c,core}$ (KN)	Φορτίο Θραύσης $f_{c,core}$ (MPa)
ΛΙΘ 1	275.5	39.2
ΛΙΘ 2	142.9	20.3
ΛΙΘ 3	123.9	17.7
ΛΙΘ 4	202.5	28.9

Δοκίμια Οπτόπλινθων

Κωδικός Δοκιμίων	Φορτίο Θραύσης $f_{c,core}$ (KN)	Φορτίο Θραύσης $f_{c,core}$ (MPa)
T 1	82.4	4.15
T 2	75.9	3.85

Δοκίμια Κονιάματος

Κωδικός Δοκιμίων	Φορτίο θλιπτικής Θραύσης N_y (N)	Φορτίο θλιπτικής Θραύσης $f_{c,compress}$ (MPa)
KON 1	233.6	1.12
KON 2	289.1	1.13
KON 3	150.6	1.15
KON 4	209.4	1.05
KON 5	179.5	0.95
KON 6	169.1	1.10

2.8 ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΩΝ

Για τον υπολογισμό της αντοχής της τοιχοποιίας θα ληφθούν υπόψιν τα αποτελέσματα που παράχθηκαν από τις εργαστηριακές δοκιμές του λιθοσώματος και του κονιάματος. Επίσης, για τον όγκο του κονιάματος προς τον ολικό όγκο χρησιμοποιήθηκε η αποτύπωση της λιθοδομής.

2.8.1 Υπολογισμός θλιπτικής αντοχής λιθοδομής:

Η μέση θλιπτική αντοχή της δίστρωτης τοιχοποιίας, χωρίς την σύνδεση με διάτονος λίθους και θεωρώντας τις δύο παρειές της ίδιου πάχους, υπολογίζεται σύμφωνα με σχέση (Σ6.3) του ΚΑΔΕΤ (§6.2.4.2):

$$f_{wc} = \xi \left[\left\{ \frac{2}{3} \sqrt{f_{bc}} - f_0 \right\} + \lambda f_{mc} \right]$$

όπου:

V_m/V_w : είναι ο όγκος του κονιάματος προς τον όγκο της τοιχοποιίας

f_{bc} : η θλιπτική αντοχή λιθοσώματος

f_{mc} : η θλιπτική αντοχή κονιάματος

λ : συντελεστής συνάφειας λιθοσώματος-κονιάματος, ο οποίος λαμβάνεται ίσος με 0,50 για τραχείς λίθους και ίσος με 0,1 για πολύ λείους λίθους.

f_0 : ο συντελεστής (σε MPa), ο οποίος λαμβάνει υπ' όψη τον βαθμό λάξευσης των λίθων και παίρνει τις ακόλουθες τιμές 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

ξ : ο συντελεστής ο οποίος λαμβάνει υπ' όψη την δυσμενή επιρροή του πάχους των αρμών κονιάματος: $\xi=1:[1+3,5(k-k_0)]$.

k =(όγκος κονιάματος):(όγκος τοιχοποιίας)= $V_m/V_w \geq 0,30$ και $k_0=0,30$
Εάν $V_m/V_w \leq 0,30$, τότε λαμβάνεται $\xi=1,00$.

Η μέση θλιπτική αντοχή της τριίστρωτης τοιχοποιίας, θεωρώντας τις εξωτερικές παρειές της ισοπαχείς και περίπου ίδιας θλιπτικής αντοχής, υπολογίζεται σύμφωνα με σχέση (Σ6.1) του ΚΑΔΕΤ (§6.2.4.3):

$$f_{wc} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} (2\lambda_e \delta f_{c,e} + \lambda_i f_{c,i}) : (1 + 2\delta)$$

όπου:

δ : ο λόγος του πάχους της εξωτερικής παρειάς προς το πάχος του υλικού πληρώσεως

$f_{c,e}$ και $f_{c,i}$: η θλιπτική αντοχή των εξωτερικών παρειών και του υλικού πληρώσεως αντιστοίχως

λ_e (<1,00) και λ_i (>1,00): εμπειρικοί συντελεστές, οι οποίοι λαμβάνουν υπ' όψη την αλληλεπίδραση εξωτερικών παρειών και υλικού πληρώσεως. Οι εμπειρικοί συντελεστές λαμβάνουν υπ' όψη την μείωση της θλιπτικής αντοχής των εξωτερικών παρειών, λόγω των οριζόντιων παραμορφώσεων οι οποίες τους επιβάλλονται από το υλικό πληρώσεως, καθώς και την αύξηση της θλιπτικής αντοχής του υλικού πληρώσεως λόγω της ευνοϊκής περισφιγξης που του ασκείται από τις εξωτερικές παρειές της τοιχοποιίας. Ελλείψει ακριβέστερων στοιχείων, αυτοί οι συντελεστές μπορούν να λαμβάνονται ίσοι με 0,80 και 1,20 αντιστοίχως.

γ_{Rd} : δείκτης αβεβαιότητας, ο οποίος μπορεί να λαμβάνεται ίσος με 1,50.

2.8.2 Υπολογισμός θλιπτικής αντοχής οπτοπλινθοδομής:

Η μέση θλιπτική αντοχή της οπτοπλινθοδομής, υπολογίζεται σύμφωνα με σχέση (Σ6.1) του ΚΑΔΕΤ (§6.2.4.1):

$$f_{wc} = [f_{mc} + 0,40(f_{bc} - f_{mc})](1 - 0,8\sqrt[3]{\alpha}), f_{bc} > f_{mc}$$

όπου:

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

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

Το μέτρο ελαστικότητας της τοιχοποιίας επηρεάζεται από τα χαρακτηριστικά των υλικών δόμησης, το μέγεθος των δομικών μονάδων, το πάχος των αρμών του κονιάματος αλλά και από τη θλιπτική τάση της τοιχοποιίας. Οι τιμές του διακρίνονται από μεγάλη διασπορά.

Επομένως, σχετικά με τον προσδιορισμό του, όταν δεν είναι δυνατόν να μετρηθεί μέσω κατάλληλων εργαστηριακών δοκιμών σε ομοιώματα τοιχοποιίας, ο κανονισμός προτείνει χρήση τιμών από το βιβλιογραφία για παρόμοιες τοιχοποιίες. Στο συγκεκριμένο κτίριο, πραγματοποιήθηκε η παραδοχή, τόσο για την λιθοδομή όσο και για την οπτοπλιθοδομή, ότι το μέτρο ελαστικότητας είναι περίπου ίσο με: $E_1 = 1000f_{wc}$

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρουσιάζονται συγκεντρωτικά σε πίνακες ανά πάχος και είδος τοιχοποιίας παρακάτω.

Πάχος τοιχοποιίας t	40,00	cm
Θλιπτική Αντοχή Λίθου f_b	26,50	MPa
Θλιπτική Αντοχή Κονιάματος f_m	1,10	MPa
Πάχος Αρμών t	20	mm
Συντελεστής λ	0,5	τραχείς λίθοι
Όγκος κονιάματος/όγκο τοιχοποιίας V_m/V_w	0,28	
K_0	0,30	
f_0	1,00	
ξ	1,00	
Χαρακτ. Θλιπ. Αντοχή Τοιχοπ. f_{wc}	2,98	MPa
Εφελκ. αντοχή λιθοδομής f_{wt}	0,16	MPa
Μέτρο ελαστικότητας $E_1 (=1000 \times f_{cw})$	2982	MPa

Εικόνα 2.27: Μηχανικά χαρακτηριστικά δίστρωτης λιθοδομής πάχους 40cm.

Πάχος τοιχοποιίας t	60,00	cm
Θλιπτική Αντοχή Λίθου f_b	26,50	MPa
Θλιπτική Αντοχή Κονιάματος f_m	1,10	MPa
Πάχος Αρμών t	20	mm
Συντελεστής λ	0,5	τραχείς λίθοι
Όγκος κονιάματος/όγκο τοιχοποιίας V_m/V_w	0,26	
f_{ce}	2,98	
f_{ci}	0,15	
δ	2,50	
Χαρακτ. Θλιπ. Αντοχή Τοιχοπ. f_{wc}	1,34	MPa
Εφελκ. αντοχή λιθοδομής f_{wt}	0,16	MPa
Μέτρο ελαστικότητας $E_1 (=1000 \times f_{cw})$	1344	MPa

Εικόνα 2.28: Μηχανικά χαρακτηριστικά τρίστρωτης λιθοδομής πάχους 60cm.

Πάχος τοιχοποιίας t	70,00	cm
Θλιπτική Αντοχή Λίθου f_b	26,50	MPa
Θλιπτική Αντοχή Κονιάματος f_m	1,10	MPa
Πάχος Αρμών t	20	mm
Συντελεστής λ	0,5	τραχείς λίθοι
Όγκος κονιάματος/όγκο τοιχοποιίας V_m/V_w	0,28	
f_{ce}	2,98	
f_{ci}	0,15	
δ	3,00	
Χαρακτ. Θλιπ. Αντοχή Τοιχοπ. f_{wc}	1,38	MPa
Εφελκ. αντοχή λιθοδομής f_{wt}	0,16	MPa
Μέτρο ελαστικότητας $E1 (=1000xf_{cw})$	1379	MPa

Εικόνα 2.29: Μηχανικά χαρακτηριστικά τριστρωτης λιθοδομής πάχους 70cm.

Πάχος τοιχοποιίας t	30,00	cm
Θλιπτική Αντοχή Λίθου f_b	4,00	MPa
Θλιπτική Αντοχή Κονιάματος f_m	1,10	MPa
Πάχος Αρμών t	20	mm
Ειδ. Βάρος Τοιχοποιίας γ	18,00	kN/m ³
a	0,50	
Χαρακτ. Θλιπ. Αντοχή Τοιχοπ. f_{wc}	0,82	MPa
Εφελκ. αντοχή λιθοδομής f_{wt}	0,12	MPa
Μέτρο ελαστικότητας $E1 (=1000xf_{cw})$	825	MPa

Εικόνα 2.30: Μηχανικά χαρακτηριστικά οπτοπλινθοδομής πάχους 20cm.

Πάχος τοιχοποιίας t	20,00	cm
Θλιπτική Αντοχή Λίθου f_b	4,00	MPa
Θλιπτική Αντοχή Κονιάματος f_m	1,10	MPa
Πάχος Αρμών t	20	mm
Ειδ. Βάρος Τοιχοποιίας γ	18,00	kN/m ³
a	0,50	
Χαρακτ. Θλιπ. Αντοχή Τοιχοπ. f_{wc}	0,82	MPa
Εφελκ. αντοχή λιθοδομής f_{wt}	0,12	MPa
Μέτρο ελαστικότητας $E1 (=1000xf_{cw})$	825	MPa

Εικόνα 2.31: Μηχανικά χαρακτηριστικά οπτοπλινθοδομής πάχους 30cm.

2.8.3 Μηχανικά χαρακτηριστικά ξύλινων στοιχείων:

Οι φυσικές και μηχανικές ιδιότητες του ξύλου καθορίζονται τόσο από το είδος του δέντρου όσο και από τις συνθήκες του περιβάλλοντος στο οποίο αναπτύχθηκε το δέντρο. Η μεγάλη ποικιλία ειδών δέντρων και συνθηκών αναπτύξεως τους, οδηγεί σε μεγάλο εύρος διακυμάνσεως των ιδιοτήτων της ξυλείας. Επίσης, το ξύλο είναι ανισότροπο υλικό, γεγονός που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σε όλες τις φάσεις της κατεργασίας και της χρήσης του, από την κοπή και την αποθήκευση ως τον σχεδιασμό και την κατασκευή. Το γεγονός αυτό δυσχεραίνει την εκτίμηση των μηχανικών χαρακτηριστικών της ξυλείας που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή των πατωμάτων, σε συνδυασμό με την κακή κατάσταση των υφιστάμενων ξύλων.

Επομένως, πραγματοποιήθηκε η συντηρητική παραδοχή ότι η ξυλεία που χρησιμοποιήθηκε είναι κατηγορίας C14, λόγω των χαμηλών χαρακτηριστικών σε σχέση με τις υπόλοιπες κατηγορίες, με αντίστοιχα μηχανικά χαρακτηριστικά που αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα. Ο πίνακας καθορίζεται στο Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 338.

	C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40
MPa									
$f_{m,k}$	14	16	18	22	24	27	30	35	40
$f_{t,0,k}$	8	10	11	13	14	16	18	21	24
$f_{t,90,k}$	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
$f_{c,0,k}$	16	17	18	20	21	22	23	25	26
$f_{c,90,k}$	4.3	4.6	4.8	5.1	5.3	5.6	5.7	6.0	6.3
$f_{v,k}$	1.7	1.8	2.0	2.4	2.5	2.8	3.0	3.4	3.8
GPa									
$E_{0,mean}$	7	8	9	10	11	12	12	13	14
$E_{0,05}$	4.7	5.4	6	6.7	7.4	8.0	8.0	8.7	9.4
$E_{90,mean}$	0.23	0.27	0.30	0.33	0.37	0.40	0.40	0.43	0.47
G_{mean}	0.44	0.50	0.56	0.63	0.69	0.75	0.75	0.81	0.88
Kg/m ³									
ρ_k	290	310	320	340	350	370	380	400	420

Εικόνα 2.32: Κατηγορίες αντοχών κωνοφόρας ξυλείας (EN 338).

2.8.4 Μηχανικά χαρακτηριστικά μαρμάρου:

Τα μηχανικά χαρακτηριστικά του μαρμάρου παρουσιάζουν μεγάλη διασπορά λόγω των διαφορετικών ειδών, την κατεργασία του ίδιου του υλικού καθώς και της συνθήκης στις οποίες έχει εκτεθεί. Το γεγονός ότι το μάρμαρο χρησιμοποιήθηκε μόνο για την διακόσμηση του κτιρίου και έμμεση στήριξη του προβόλου στον όροφο, υποδηλώνει ότι ο ρόλος του δεν είναι τόσο σημαντικός όσο των άλλων υλικών που κυριαρχούν στο κτίριο. Επομένως, πραγματοποιείται η παραδοχή των παρακάτω μηχανικών χαρακτηριστικών, χωρίς τη δυνατότητα περαιτέρω μελέτης της συγκεκριμένης μαρμάρινης κολώνας.

- Μέτρο ελαστικότητας $E=50$ GPa
- Θλιπτική αντοχή $f_c= 150$ MPa
- Ειδικό βάρος $\gamma=27$ kN/m³
- Λόγος Poisson $\nu=0,33$

3. ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται οι φθορές και οι βλάβες των δομικών στοιχείων της κατασκευής και πραγματοποιείται μια εκτίμηση για τα αίτιά τους. Προϋπόθεση για τη μελέτη της παθολογίας αποτελεί η λεπτομερής καταγραφή των βλαβών του κτιρίου. Συγκεκριμένα, κατόπιν επίσκεψης στο κτίριο, καταγράφηκαν οι ρωγμές ως προς την ακριβή θέση τους, το μήκος τους αλλά και το άνοιγμά τους. Πραγματοποιήθηκε έλεγχος ως προς το άνοιγμα των ρωγμών και τη διατήρηση ή τη μεταβολή του ανοίγματος κατά μήκος της ρωγμής. Ελέγχθηκε εάν υπάρχει σχετική μετακίνηση των χειλέων της ρωγμής κατά το μήκος της αλλά και των δύο επιφανειών της ρωγμής κάθετα στο επίπεδο του στοιχείου.

Οι φθορές που καταγράφηκαν αποτελούν αναμενόμενες αλλοιώσεις που οφείλονται στη φύση των επιλεγμένων υλικών και πιθανότατα στις συνθήκες του περιβάλλοντος της κατασκευής. Όσον αφορά τις βλάβες, αυτές προκαλούνται από σφάλματα στο σχεδιασμό του κτιρίου, κακοτεχνίες στην κατασκευή, από τυχόν φθορές του κτιρίου κατά τη διάρκεια ζωής του καθώς και από εξωτερικές δράσεις, όπως ο σεισμός, η διαφορική καθίζηση και η υπερβολική φόρτιση.

Με παρουσίαση των ανωτέρω γίνεται μια εκτίμηση των αιτιών που οδήγησαν στην συγκεκριμένη παθολογία του κτιρίου, προκειμένου πραγματοποιηθεί αντίστοιχη μελέτη επεμβάσεων στο κτίριο. Τα αίτια ύπαρξης των βλαβών θα επιβεβαιωθούν κατόπιν ανάλυσης του προσομοιώματος του κτιρίου και ελέγχου του τρόπου αστοχίας του στο επόμενο κεφάλαιο.

Κατόπιν αυτοψίας, οι περισσότερες βλάβες που παρουσιάζονται οφείλονται στη σεισμική φόρτιση του κτιρίου, ενώ σημαντικό ρόλο στην καταπόνηση του κτιρίου έχει και η αλλοίωση των μηχανικών χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων λόγω της ανεπαρκούς συντήρησής τους και γήρανσης αυτών.

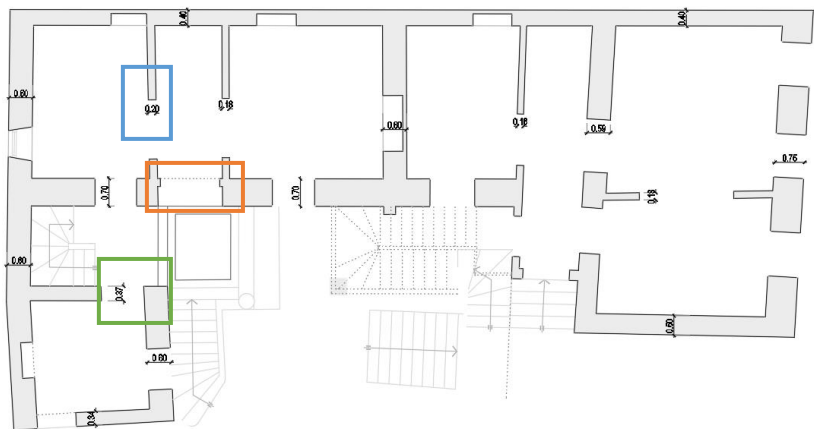
Επιπρόσθετα, οι εντονότερες βλάβες εντοπίζονται στο εσωτερικό του κτιρίου, στους τοίχους, στις οροφές καθώς και στα πατώματα. Πιθανότατα λόγω πρόσφατης εξωτερικής επέμβασης στην όψη του κτιρίου για λόγους αισθητικής, δεν παρουσιάζονται φθορές και η πιθανή ύπαρξη ρωγμών δεν είναι εμφανής. Για τον ανωτέρω λόγο, τα σχέδια που συνοδεύουν την παθολογία του κτιρίου αποτελούν τις κατόψεις καθώς και τμηματικές όψεις και τομές του κτιρίου σε συγκεκριμένα σημεία, προκειμένου να παρουσιαστούν λεπτομερώς οι βλάβες.

Παρακάτω παρουσιάζεται η κάτοψη του κάθε ορόφου του κτιρίου, συνοδευόμενη από εικόνες των ρωγμών και την αντιστοίχισή τους με τους τοίχους του κτιρίου στους οποίους ανήκουν, χρησιμοποιώντας κατάλληλα χρωματικά πλαίσια.

3.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΡΩΓΜΩΝ

3.1.1 Ρωγμές πάνω από τα ανοίγματα

Κατά την αυτοψία του κτιρίου, καταγράφηκαν ρωγμές πάνω από τα ανοίγματα σε όλους του ορόφους του κτιρίου. Από κάθε ακμή του ανοίγματος ξεκινάει μια ρωγμή με σταθερό άνοιγμα περί τα 2mm και εκτείνεται έως και την οροφή. Οι ρωγμές είναι σχεδόν κατακόρυφες πάνω από τις πόρτες, ενώ ακολουθούν μια διαγώνια πορεία πάνω τις ακμές των παραθύρων. Η αποκόλληση του επιχρίσματος διευκολύνει την παρατήρηση του βάθους της ρωγμής εντός του πάχους της λιθοδομής και στο συμπέρασμα ότι οι ρωγμές δεν είναι επιφανειακές πάνω στο επίχρισμα και συνεπώς δεν έχουν δημιουργηθεί πρόσφατα. Πιθανότητα η αιτία που οδήγησε στη δημιουργία των συγκεκριμένων ρωγμών να αποτελεί η διατμητική επιπόνηση εντός του επιπέδου της τοιχοποιίας λόγω σεισμικής καταπόνησης κατά την πάροδο των χρόνων.

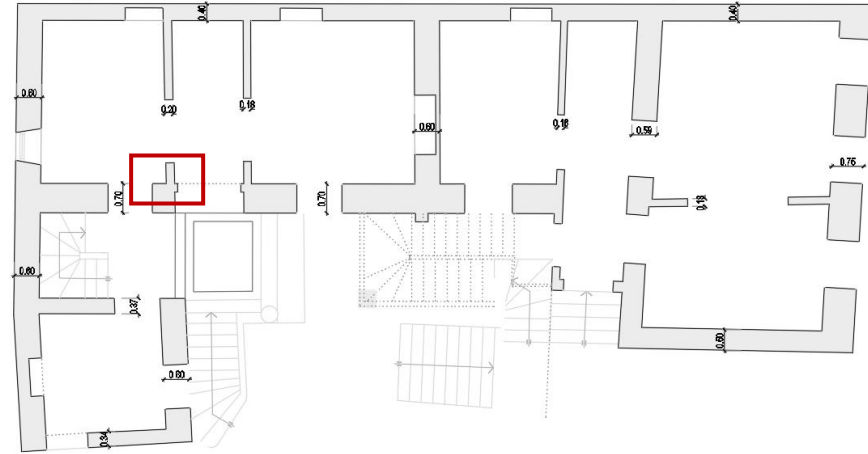


Εικόνα 3.1: Κάτοψη οροφής ισογείου και ένδειξη διαγώνιων ρωγμών.



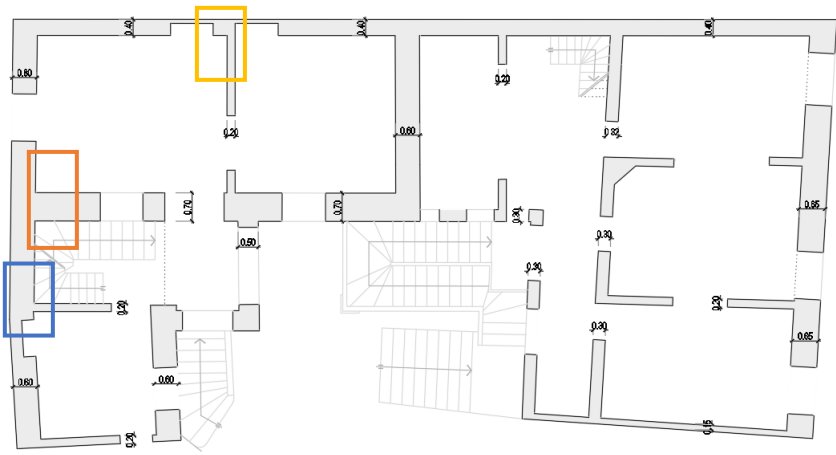
3.1.2 Ρωγμές στις γωνίες εσωτερικών τοίχων

Έντονες κατακόρυφες ρωγμές καταγράφηκαν στις γωνίες των εσωτερικών τοίχων. Ξεκινούν με μικρό μήκος ανοίγματος από το πάτωμα του ισογείου, περί τα 2mm και φτάνουν έως και το 2cm στην οροφή του ορόφου και τα δώματα. Οι συγκεκριμένες ρωγμές παρατηρήθηκαν στους εσωτερικούς τοίχους με πάχος 20 και 30cm, που είναι δομημένοι με οπτόπλινθους και υπάρχουν στις γωνίες και των δύο πλευρών του κάθε εσωτερικού τοίχου. Το γεγονός αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι εσωτερικοί τοίχοι από οπτοπλινθοδομή δεν συνδέονται με τους περιμετρικούς τοίχους από λιθοδομή. Συνεπώς, κατά τη σεισμική καταπόνηση του κτιρίου, οι εσωτερικοί τοίχοι έχουν διαφορετική μετακίνηση από τους περιμετρικούς λόγω απουσίας σύνδεσης και αυτή η μετακίνηση οδηγεί στην διαμόρφωση των ρωγμών και πρακτικά στην αποκόλλησή τους από τους περιμετρικούς.



Εικόνα 3.3: Κάτοψη οροφής ισογείου και ένδειξη διαγώνιων ρωγμών.



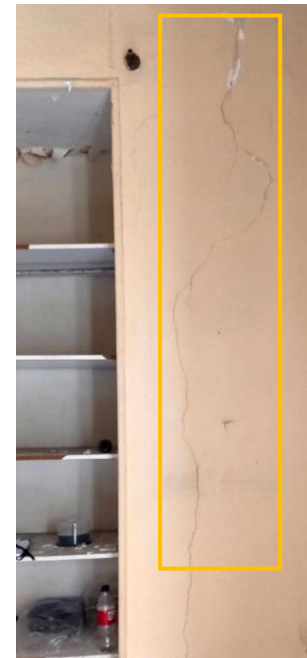
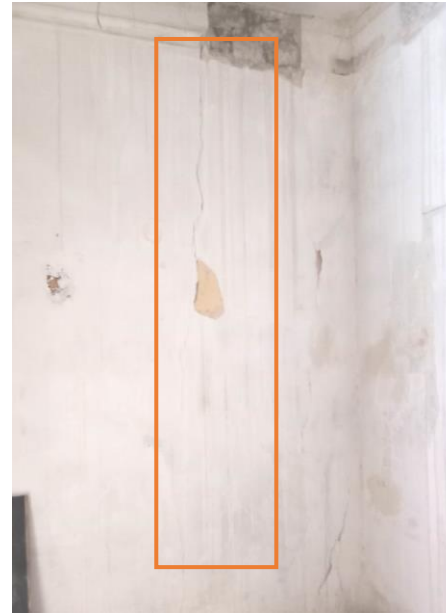


Εικόνα 3.4: Κάτοψη οροφής ορόφου και ένδειξη διαγώνιων ρωγμών.

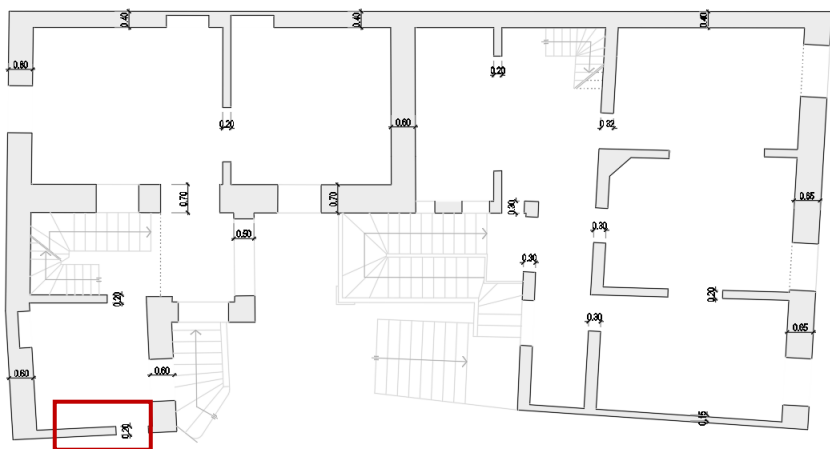


3.1.3 Ρωγμές κατά μήκος των τοίχων

Κατακόρυφες ρωγμές καταγράφηκαν επίσης και στο μέσο του μήκους της τοιχοποιίας. Οι ρωγμές αυτές έχουν άνοιγμα περίπου από 2 έως και 4mm και εμφανίζονται σε τοίχους από λιθοδομή με μεγάλο πάχος. Επίσης, εντοπίζονται μόνο στους τοίχους του ισογείου, με εξαίρεση έναν τοίχο στον όροφο. Η ανάπτυξη των ρωγμών πιθανότατα οφείλεται στα μεγάλα θλιπτικά φορτία που έπρεπε να φέρει η τοιχοποιία είτε λόγω αλλαγών χρήσεων του κτιρίου είτε πρόσθετων φορτίων από τους νέους κατά καιρούς ιδιοκτήτες, ενώ ταυτόχρονα αλλοιώνονταν τα μηχανικά χαρακτηριστικά της με την πάροδο του χρόνου. Η υπόθεση αυτή θα επιβεβαιωθεί και από την ανάλυση του κτιρίου στο επόμενο κεφάλαιο.



Εικόνα 3.5: Κάτοψη οροφής ισογείου και ένδειξη διαγώνιων ρωγμών

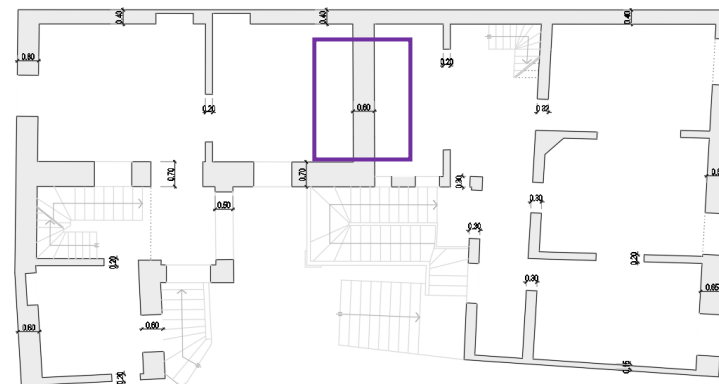


Εικόνα 3.6: Κάτοψη ορόφου



Αντίστοιχη κατακόρυφη ρωγμή είχε αποτυπωθεί σε αρχική αυτοψία σε έναν τοίχο στον όροφο του κτιρίου. Η συγκεκριμένη ρωγμή είχε μεγαλύτερο άνοιγμα από τις ανωτέρω ρωγμές, περί τα 5mm, και συνέχιζε σχεδόν διαγώνια από ένα ύψος και μετά έως την οροφή. Παράλληλα με την μελέτη του κτιρίου πραγματοποιούνταν εργασίες ενισχύσεων σε γειτονικό κτίριο, δημιουργώντας μικροδονήσεις στο υπό μελέτη κτίριο. Το γεγονός αυτό οδήγησε σε επόμενη αυτοψία να παρατηρηθεί δεύτερη κατακόρυφη ρωγμή στον ίδιο τοίχο και πολύ κοντά στην αρχική, λόγω αποφλοιώσης επιχρίσματος από τις δονήσεις. Με προσεκτική απομάκρυνση κομματιών του ήδη αποφλοιωμένου επιχρίσματος, παρατηρήθηκε ότι οι κατακόρυφες ρωγμές υποδηλώνουν την ύπαρξη πόρτας για την επικοινωνία των χώρων, όπου κάποια στιγμή έγινε σφράγισή της με λιθοδομή ίδιου πάχους με τον τοίχο. Οι δύο λιθοδομές δεν ενώνονται και γι' αυτό το λόγο είναι απόλυτα λείες καθ' ύψος οι ρωγμές στις παρειές των λιθοδομών.

Τέλος, οι διαστάσεις του ανοίγματος της πόρτας που αποκαλύφθηκε μερικώς είναι παρόμοιες με αυτές των υφιστάμενων θυρών, επιβεβαιώνοντας και με αυτόν τον τρόπο ότι αποτελούσε πόρτα κάποια χρονική στιγμή.



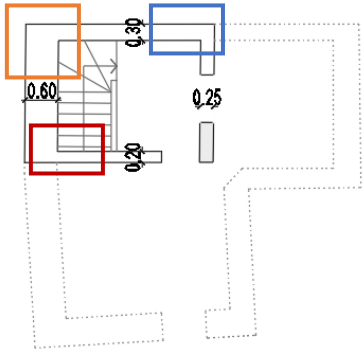
Εικόνα 3.7: Κάτοψη ορόφου



Αρχική φωτογραφία



Τελική φωτογραφία



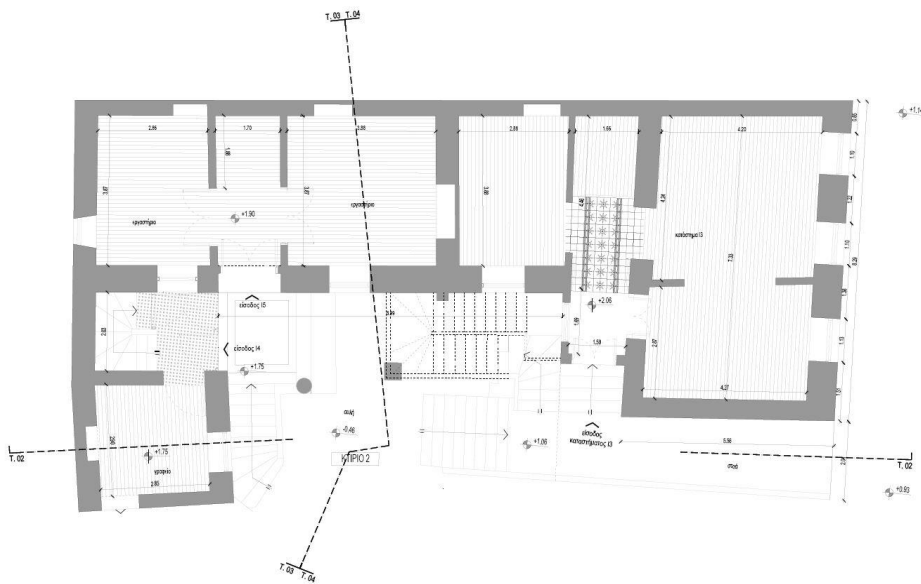
Εικόνα 3.8: Κάτοψη δώματος



3.2 ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΠΑΘΟΛΟΓΙΑΣ

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται ενδεικτικά σχέδια τομών και όψεων του κτιρίου, πάνω στα οποία απεικονίζονται οι βλάβες που αναφέρθηκαν ανωτέρω καθώς και πρόσθετες ρωγμές που δεν ανήκουν στις προηγούμενες κατηγορίες.

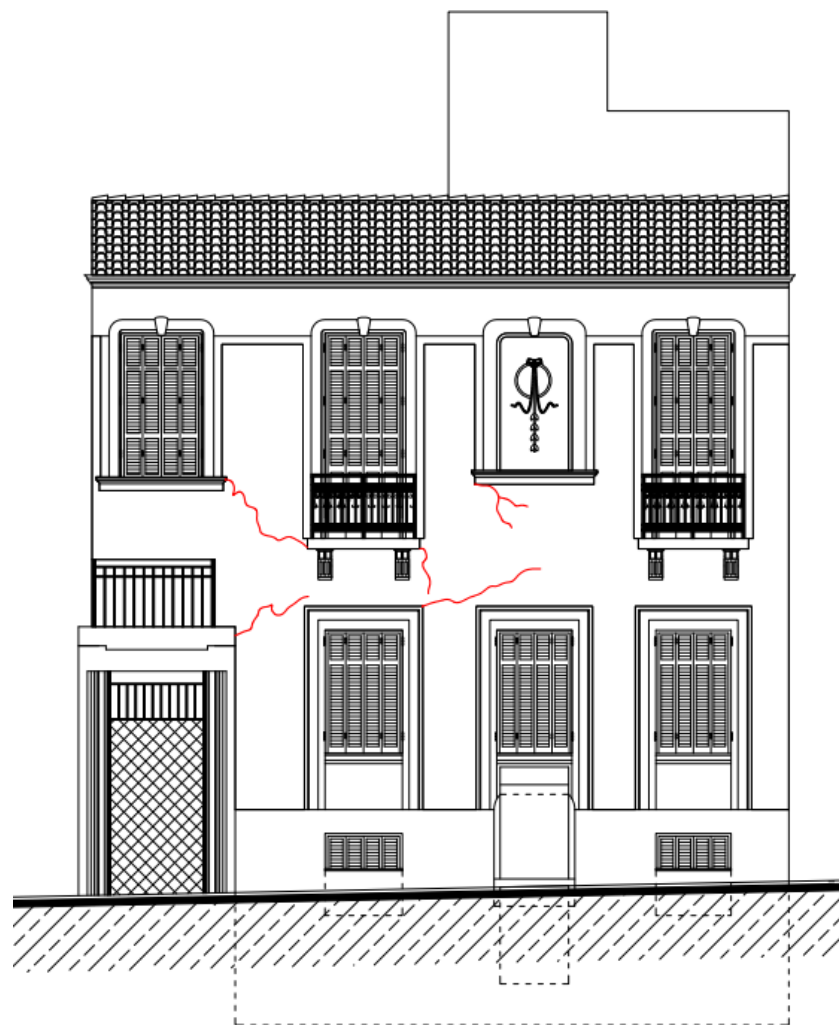
Στην παρακάτω κάτοψη απεικονίζονται τα σημεία του κτιρίου στα οποία πραγματοποιήθηκαν τομές. Τα σχέδια στα οποία θα απεικονιστούν οι ρωγμές είναι η όψη επί της οδού Θησέως και οι τομές T₀₂, T₀₃ και T₀₄.



3.2.1. Όψη επί της Θησέως

Η όψη του κτιρίου επί της οδού Θησέως αποτελεί διατηρητέο κομμάτι του κτιρίου και δεν επιτρέπεται η οποιαδήποτε επέμβαση σε αυτήν. Συνεπώς, οι παρατηρήσεις πραγματοποιήθηκαν καθαρά οπτικά, χωρίς να πειραχτεί συγκεκριμένη όψη.

Όπως παρουσιάζεται στο σχέδιο της συγκεκριμένης όψης του κτιρίου, παρατηρήθηκαν ρωγμές, ανοίγματος περί τα 0,5-1mm. Οι ρωγμές είναι διαγώνιες και ξεκινούν από τις κάτω πλευρές των ανοιγμάτων καθώς και από τις ακμές των θυρών του ισογείου. Επισημαίνεται ότι είναι πιθανή η ύπαρξη περαιτέρω ρωγμών, οι οποίες δεν φαίνονται λόγω πρόσφατης επέμβασης στο επίχρισμα της όψης του κτιρίου. Κατά συνέπεια, δεν είναι δυνατή η εκτίμηση της παλαιότητας των ρωγμών καθώς και εάν υπάρχουν μόνο επιφανειακά στο επίχρισμα ή εκτείνονται και εσωτερικά πάνω στη λιθοδομή.



Εικόνα 3.9 : Όψη επί Θησέως και απεικόνιση των ρωγμών.

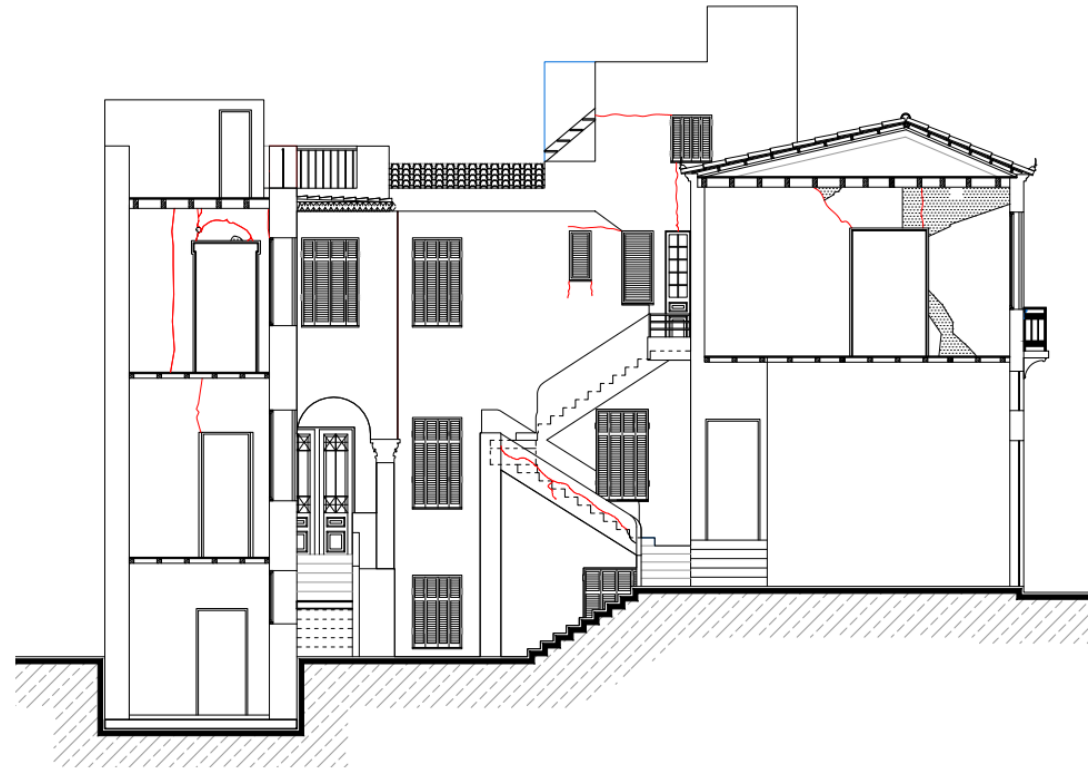
3.2.2 Τομή T₀₂

Στην αριστερή πλευρά του κτιρίου, το ισόγειο παρουσιάζει διαγώνιες ρωγμές στα υπέρθυρα των εσωτερικών τοίχων, που συνεχίζουν μέχρι και την οροφή. Τμηματικές αποφλοιώσεις του επιχρίσματος υπάρχουν σε όλους τους τοίχους. Στον πάνω όροφο, οι αντίστοιχες ρωγμές εμφανίζονται στα υπέρθυρα, συν επιπρόσθετες κατακόρυφες ρωγμές στο μέσο του μήκους των τοίχων. Οι κάσες είναι αποκολλημένες και μερικώς φθαρμένες. Τα παράθυρα είναι σε αρκετά καλή κατάσταση, σε σχέση με τις όλες φθορές του κτιρίου.

Επίσης, φανερώθηκαν μεγάλα τμήματα τοιχογραφιών, οι οποίες θα αποκολληθούν προσεκτικά, θα διατηρηθούν και θα επανατοποθετηθούν μετά την ολοκλήρωση των επεμβάσεων στο κτίριο. Αντίστοιχες ρωγμές εμφανίζονται και στον όροφο της δεξιάς πλευράς του κτιρίου, συνοδευόμενες από μεγαλύτερη αποφλοιωμένη επιφάνεια επιχρίσματος.

Οι ρωγμές που αποτυπώνονται έχουν πάχος περί τα 1mm και δεν παρουσιάζεται κάποια μετακίνηση των χειλέων των ρωγμών.

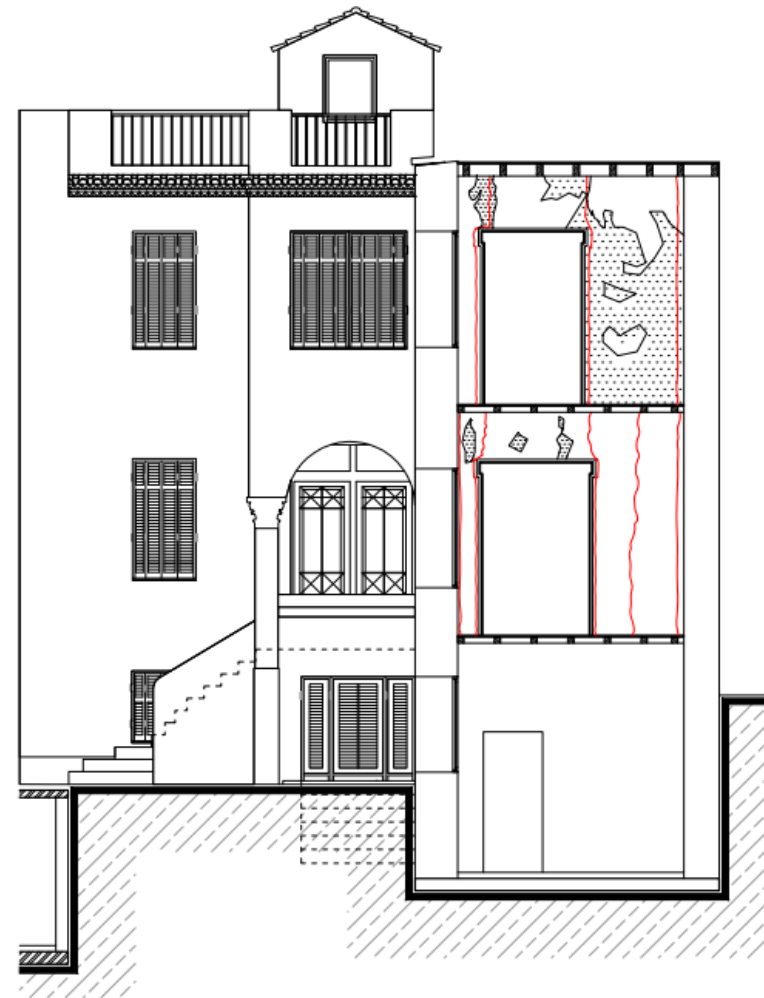
Η συγκεκριμένη τομή παρουσιάζει και ένα μεγάλο κομμάτι της όψης του κτιρίου που φαίνεται μόνο μέσω της εσωτερικής στοάς των δύο κτιρίων. Η εξωτερική σκάλα από σκυρόδεμα, που οδηγεί στη δεξιά πλευρά του κτιρίου, διαθέτει διαμήκη ρωγή πάχους 2cm και μερική αποφλοίωση επιχρίσματος. Εντονότερη βλάβη παρουσιάζει η κολώνα της ίδιας σκάλας, η οποία διαθέτει μια μεγάλη ρωγή σε όλο της το μήκος πάχους περί το 1cm, με μεγάλο άνοιγμα ρωγμής. Η συγκεκριμένη ρωγή δεν απεικονίζεται στο σχέδιο. Μικρές ρωγμές πάχους 0,5mm πάνω από τα υπέρθυρα και διαγώνιες κάτω από τα παράθυρα της όψης αποτυπώνονται στο σχέδιο.



Εικόνα 3.10: Σχέδιο τομής T₀₂.

3.2.3 Τομή T₀₃

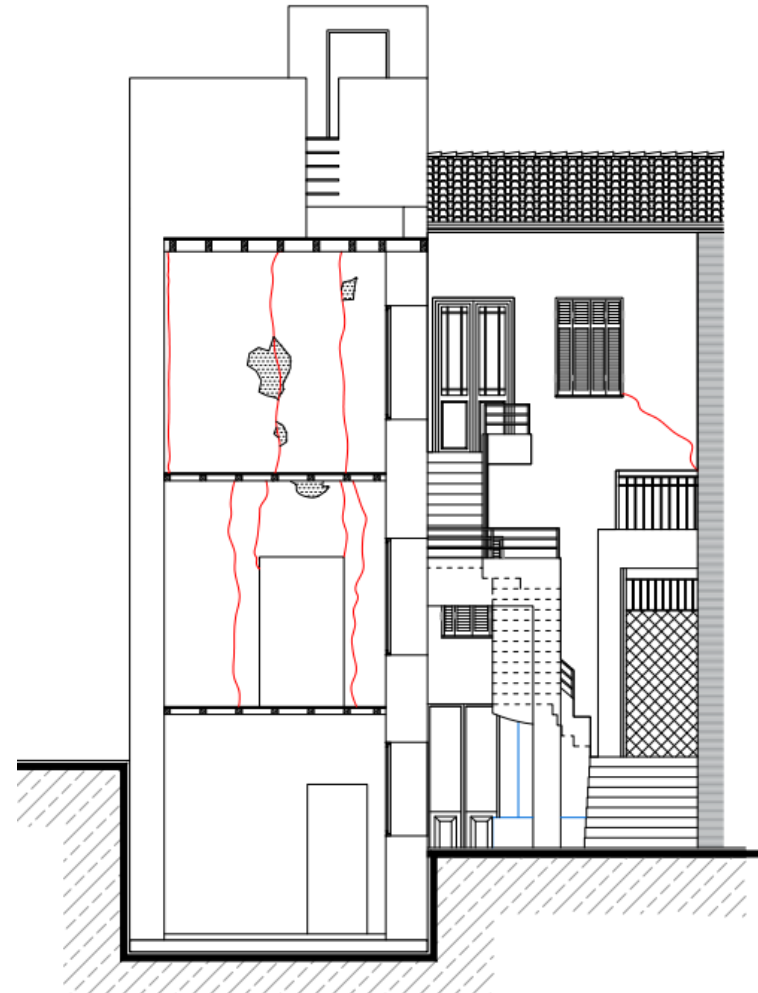
Στο παρακάτω τμήμα του κτιρίου, οι βλάβες που εμφανίζονται είναι παρόμοιες με αυτές που παρουσιάστηκαν προηγουμένως. Αποτυπώνονται αντίστοιχα διατμητικές ρωγμές στο πάνω μέρος των υπερθύρων έως την οροφή, ενώ η αποφλοίωση του επιχρίσματος είναι εντονότερη στις ανώτερες στάθμες. Επίσης, οι κατακόρυφες ρωγμές στα σημεία ένωσης των τοίχων έχουν μεγαλύτερο άνοιγμα όσο κατευθυνόμαστε στους άνω ορόφους, εξαιτίας έλλειψης σύνδεσης των τοίχων και έλλειψης διαφραγματικής λειτουργίας κατά τη σεισμική φόρτιση του κτιρίου. Οι ρωγμές ξεκινούν με πάχος 1mm και καταλήγουν έως τα 1cm άνοιγμα (!).



Εικόνα 3.11: Σχέδιο τομής T₀₃.

3.2.4 Τομή T₀₄

Στην τομή T₀₄ αποτυπώνονται οι κατακόρυφες ρωγμές των εσωτερικών τοίχων μαζί με την αποφλοίωση των επιχρισμάτων, καθώς και οι διαγώνιες διατμητικές ρωγμές στα ανοίγματα της όψης του κτιρίου. Τα αίτια ύπαρξης των συγκεκριμένων κατακόρυφων ρωγμών θα διαπιστωθούν κατόπιν ανάλυσης του προσομοιώματος του κτιρίου και ελέγχου του τρόπου αστοχίας του.



Εικόνα 3.12: Σχέδιο τομής T₀₄.

3.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Η ανάπτυξη ρωγμών αποτελεί τον πιο άμεσο τρόπο με τον οποίο μπορεί να ερμηνευτεί το είδος και η αιτία των βλαβών στο κτίριο.

Κατόπιν αυτοψίας και αναλυτικής καταγραφής της παθολογίας του κτιρίου, οι περισσότερες βλάβες που παρουσιάζονται οφείλονται στη σεισμική φόρτιση του κτιρίου. Επιπρόσθετα, υπό την επίδραση των κατακόρυφων φορτίων, τα οποία μεταβάλλονταν λόγω της διαφορετικής χρήσης του κτιρίου κατά την πάροδο του χρόνου, αναπτύχθηκαν κατακόρυφες ρωγμές κατά το μήκος της τοιχοποιίας.

Ταυτόχρονα, η αλλοίωση των μηχανικών χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων, λόγω της ανεπαρκούς συντήρησής τους και γήρανσης αυτών, διευκόλυναν την ανάπτυξη των ρηγματώσεων στους τοίχους υπό τις ανωτέρω καταπονήσεις.

Η ολοκλήρωση της ανάλυσης της παθολογίας του κτιρίου, συμβάλλει στον έλεγχο και τη βελτίωση του αναλυτικού προσομοιώματος της κατασκευής καθώς και στην λήψη αποφάσεων σχετικά με την επισκευή και ενίσχυση του φορέα που αναλύονται στα επόμενα κεφάλαια της παρούσας εργασίας.

4. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

Για την εκτίμηση της σεισμικής συμπεριφοράς του κτιρίου από φέρουσα τοιχοποιία υπό την επιβολή των σεισμικών φορτίων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα SAP2000 version 20.0.0. Η ακρίβεια των παραδοχών του σχεδιασμού του κτιρίου στο πρόγραμμα παίζει καθοριστικό ρόλο στα αποτελέσματα που προκύπτουν. Παρακάτω παρουσιάζονται όλα τα απαραίτητα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση της κατασκευής.

4.1. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Για την προσομοίωση της φέρουσας τοιχοποιίας του υπό μελέτη κτιρίου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων (Finite Element Method). Πιο συγκεκριμένα, στο υπολογιστικό πρόγραμμα πραγματοποιείται διακριτοποίηση του δομήματος με πεπερασμένα στοιχεία συνεχούς μέσου, δύο διαστάσεων (στοιχεία κελύφους – shell elements), τα οποία προσομοιώνουν δράσεις επίπεδης έντασης και εκτός επιπέδου καμπτικής δράσης. Αν και η τοιχοποιία αποτελεί ένα ανομοιογενές και ανισότροπο υλικό, η παραπάνω προσομοίωση θεωρείται ικανοποιητική.

Σε ό,τι αφορά στην μορφολογία του προσομοιώματος, ακολουθήθηκε με ακρίβεια η γεωμετρία και η διάταξη των φερόντων στοιχείων, κατακόρυφων και οριζοντίων, όπως αναλυτικά περιγράφεται παρακάτω. Αναλυτικά, για την προσομοίωση του δομήματος επιλέχθηκαν:

- Στοιχεία κελύφους τύπου “Shell-Thick” με αντίστοιχο πάχος τοιχοποιίας. Η διακριτοποίηση έγινε με τετράκομβα πεπερασμένα στοιχεία. Για τη δημιουργία των ανοιγμάτων πραγματοποιήθηκε τοπική πύκνωση περιμετρικά του εκάστοτε ανοίγματος.
- Ραβδωτά στοιχεία (“Frame Elements”) για την προσομοίωση των ξύλινων δοκών του πατώματος του ορόφου, αλλά και εκείνου της μαρμάρινης κολώνας.

4.2. ΥΛΙΚΑ

Το κτίριο είναι κατασκευασμένο με λιθοδομή, οπτοπλινθοδομή και ξύλινα πατώματα. Επίσης, περιλαμβάνει μια μαρμάρινη κολώνα στην κεντρική είσοδο. Τα μηχανικά χαρακτηριστικά που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση αναφέρονται αναλυτικά στο κεφάλαιο της τεκμηρίωσης του φέροντα οργανισμού.

4.3 ΣΤΗΡΙΞΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

Για την διαμόρφωση των στηρίξεων και των συνδέσεων μεταξύ των διαφορετικών στοιχείων έγιναν οι εξής παραδοχές:

- Το έδαφος δεν προσομοιώθηκε με ελατήρια, αλλά με ανένδοτες στηρίξεις.
- Οι συνδέσεις των ξύλινων δοκών των πατωμάτων και της παλιάς στέγης με την τοιχοποιία θεωρήθηκαν αρθρώσεις, λόγω έλλειψης σύνδεσης με την τοιχοποιία.

4.4. ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΕΣ

Τα πάχη της τοιχοποιίας ποικίλλουν στο σύνολο του κτιρίου. Το γεγονός αυτό οδηγεί στη δημιουργία αθέλητων εκκεντροτήτων, οι οποίες δημιουργούν εντονότερη φόρτιση της μιας παρειάς τοίχου, στην οποία στηρίζεται η τοιχοποιία του ανωτέρου ορόφου. Ο συνυπολογισμός των εκκεντροτήτων στη συμπεριφορά του κτιρίου πραγματοποιείται μέσω της ακριβέστερης προσομοίωσής του. Η παρατήρηση της όψης του κτιρίου οδήγησε στο συμπέρασμα ότι οι εξωτερικές παρειές των τοίχων του κτιρίου βρίσκονται στην ίδια περασιά για αισθητικούς λόγους. Επομένως, διατηρώντας την εξωτερική παρειά των τοίχων ίδια, τοποθετήθηκαν στο μοντέλο οι τοίχοι μικρότερου πάχους του ορόφου με εκκεντρότητα έναντι των

τοίχων που στηρίζονται στην από κάτω στάθμη. Η συγκεκριμένη εκκεντρότητα γίνεται αντιληπτή και στην εικόνα του μοντέλου που παρουσιάζεται στη συνέχεια.

4.5 ΑΞΟΝΕΣ ΚΑΙ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΕΝΤΑΤΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ

Οι κύριοι άξονες τοποθετήθηκαν ορίζοντας τον άξονα x παράλληλο στην μικρή πλευρά του λιθόδητου κτηρίου (διεύθυνση Βορράς-Νότος) και τον y παράλληλο στην μεγάλη πλευρά (διεύθυνση Ανατολή-Δύση). Το τοπικό σύστημα συντεταγμένων του κάθε επιφανειακού στοιχείου σε σχέση με τους κύριους άξονες ορίζεται ως εξής:

- Το επίπεδο 3-2 του τοπικού συστήματος ορίζεται κατακόρυφο, δηλαδή παράλληλο στον κύριο άξονα Z .
- Ο τοπικός άξονας 2 έχει θετική φορά την φορά του άξονα $+Z$. Σε περίπτωση που το στοιχείο είναι οριζόντιο θεωρείται οριζόντιος με θετική φορά την φορά του άξονα $+Y$.
- Ο τοπικός άξονας 1 είναι πάντα οριζόντιος και εντός του επιπέδου $X-Y$. Όσον αφορά τις διευθύνσεις εφαρμογής των τάσεων και των δυνάμεων που χρησιμοποιούμε στην παρούσα εργασία αυτές ορίζονται ως εξής:

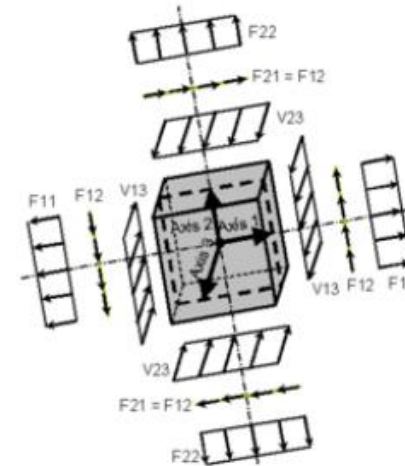
Τάσεις στις επιφάνειες:

- Εντός επιπέδου αξονικές τάσεις: S11 και S22
- Εντός επιπέδου διατμητικές τάσεις : S12

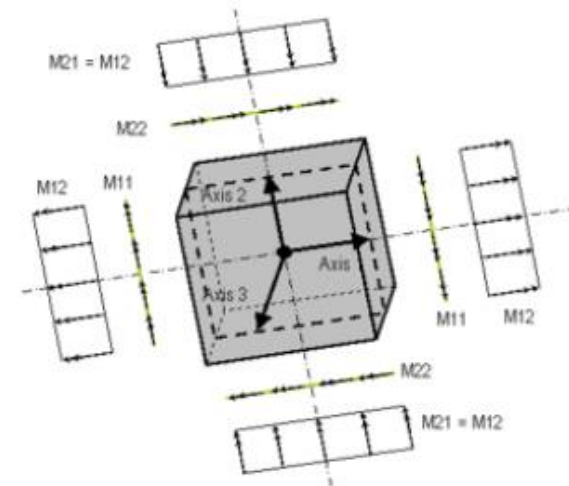
Δυνάμεις και Ροπές

- F11 οριζόντια αξονική δύναμη ανά μονάδα
- F22 κατακόρυφη αξονική δύναμη ανά μονάδα μήκους
- F12 τέμνουσα εντός επιπέδου ανά μονάδα μήκους
- M11 ροπή εκτός επιπέδου με επίπεδο θραύσεως κάθετο στους οριζόντιους αρμούς ανά μονάδα μήκους
- M22 ροπή εκτός επιπέδου με επίπεδο θραύσεως παράλληλο στους οριζόντιους αρμούς ανά μονάδα μήκους.

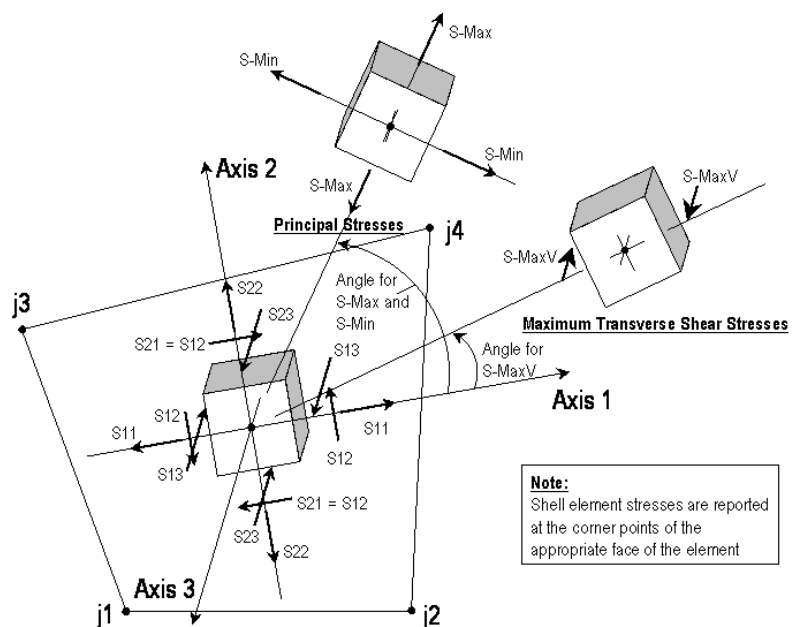
Οι δυνάμεις αυτές ασκούνται στο κέντρο των επιφανειακών στοιχείων και η τιμή τους δίνεται ανά μονάδα μήκους.



Εικόνα 4.1: Συμβολισμός των ορθών αξονικών και διατμητικών δυνάμεων σε πεπερασμένο στοιχείο στο SAP2000.



Εικόνα 4.2: Συμβολισμός των ροπών εκτός επιπέδου σε πεπερασμένο στοιχείο στο SAP2000.



Εικόνα 4.3: Συμβολισμός των τάσεων σε πεπερασμένο στοιχείο και απεικόνιση των καθολικών αξόνων στο SAP2000 .

Το καθολικό σύστημα αξόνων έχει καθοριστεί με αυτή την φορά ώστε το επίπεδο yz να περιλαμβάνει την μικρότερη πλευρά του φορέα, το επίπεδο xz να αντιστοιχεί στην μεγαλύτερη πλευρά του ναού και το επίπεδο xy να συμπίπτει με την κάτοψη του φορέα. Όλα τα αποτελέσματα λήφθηκαν με την μέθοδο του 'Section Cut' στην οποία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα με βάση τους καθολικούς άξονες, συγκεκριμένα ο αριθμός '1' αντιστοιχεί στην διεύθυνση x , ο αριθμός '2' αντιστοιχεί στην διεύθυνση y και ο αριθμός '3' αντιστοιχεί στην διεύθυνση z.

4.6 ΦΟΡΤΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

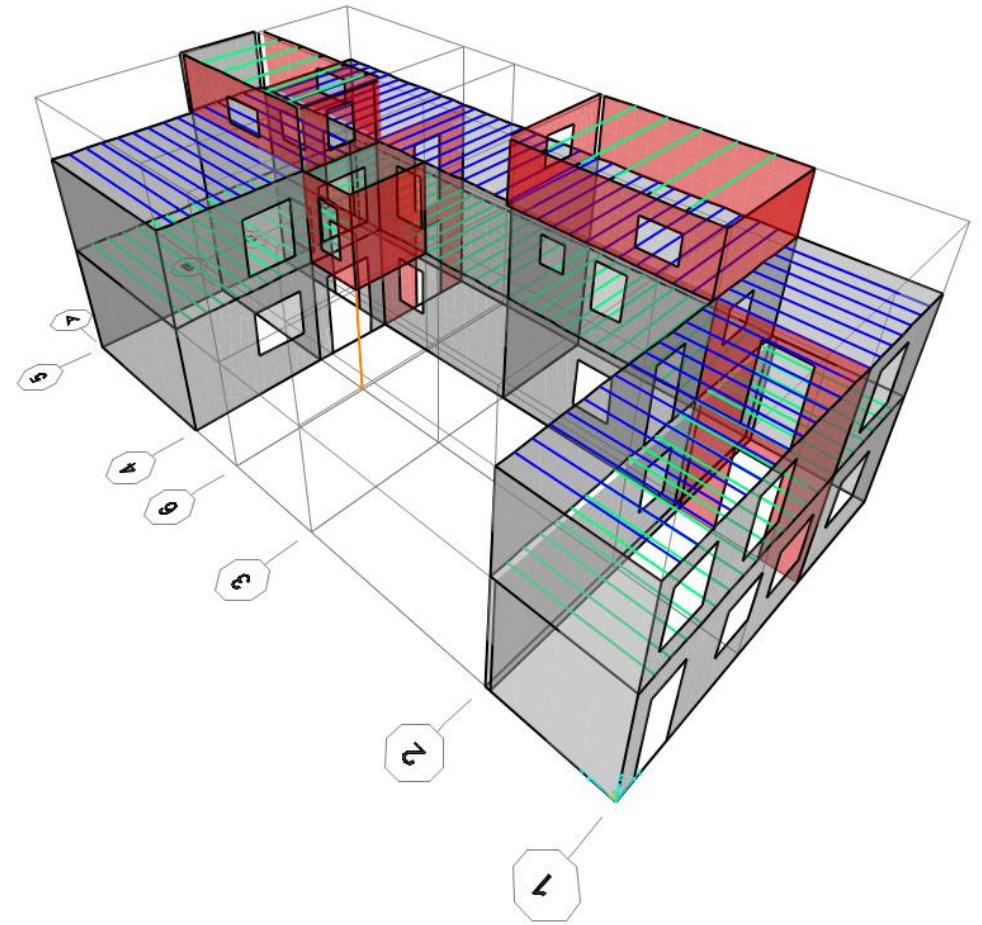
Τα ίδια βάρη της τοιχοποιίας και των ραβδωτών στοιχείων ορίστηκαν στις ιδιότητες των εισαχθέντων υλικών στο πρόγραμμα. Επιπρόσθετα, υπολογίστηκαν ως πρόσθετα φορτία το σανίδωμα των πατωμάτων της οροφής του ισογείου και του ορόφου. Επομένως, τα μόνιμα φορτία που ελήφθησαν υπόψη για την επικάλυψη των δαπέδων είναι συνολικού φορτίου $2,0\text{kN/m}^2$. Παράλληλα, θεωρήθηκε κινητό φορτίο πατωμάτων ίσο με $2,0\text{kN/m}^2$. Τα φορτία αυτά κατανεμήθηκαν στις ξύλινες δοκούς ανάλογα με το φορτικό πλάτος επιρροής.

Το υπό μελέτη κτίριο βρίσκεται στη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας Z1 και θεμελιώνεται σε έδαφος κατηγορίας Β. Επομένως, σύμφωνα με τον EC8, για τις δύο οριζόντιες συνιστώσες της σεισμικής δράσης ορίζεται για τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

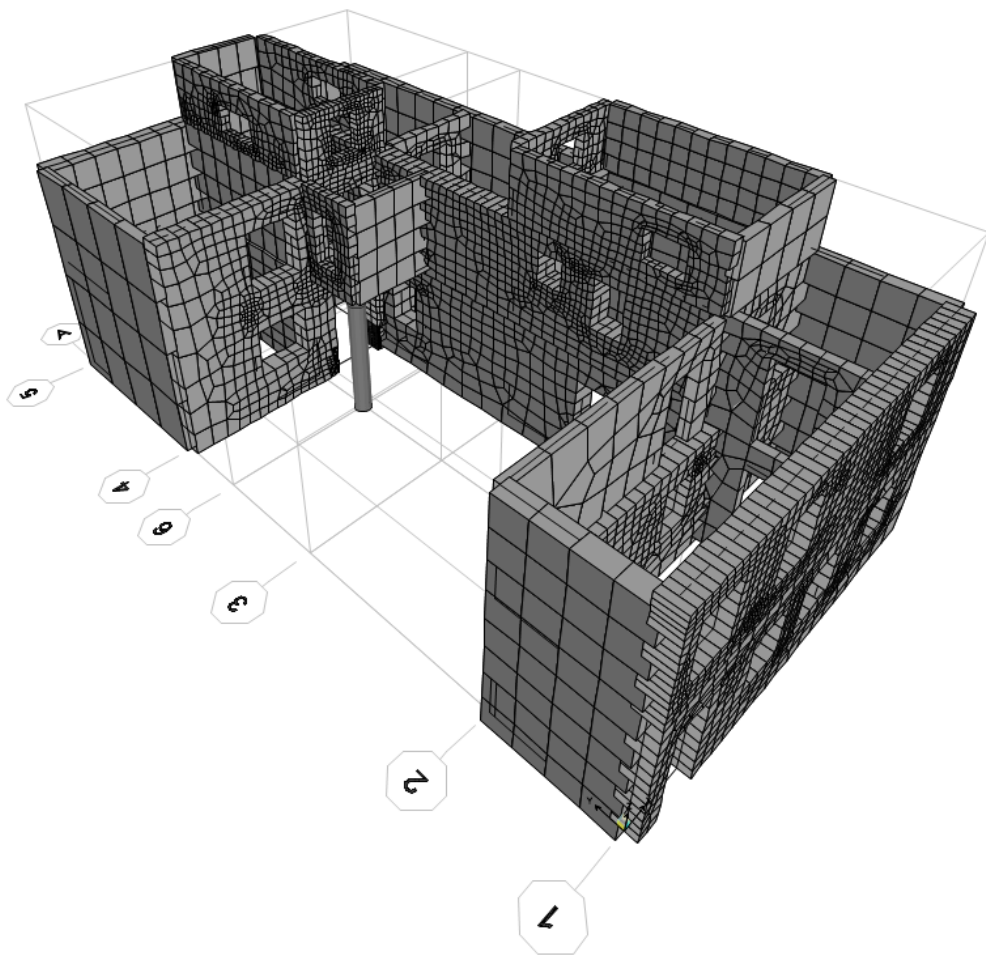
1. Εδαφική επιτάχυνση αναφοράς: $a_{gR}=0,16g$
2. Συντελεστής σπουδαιότητας: $\gamma_I=1,00$
3. Συντελεστής εδάφους: $S=1,20$

4.7 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ

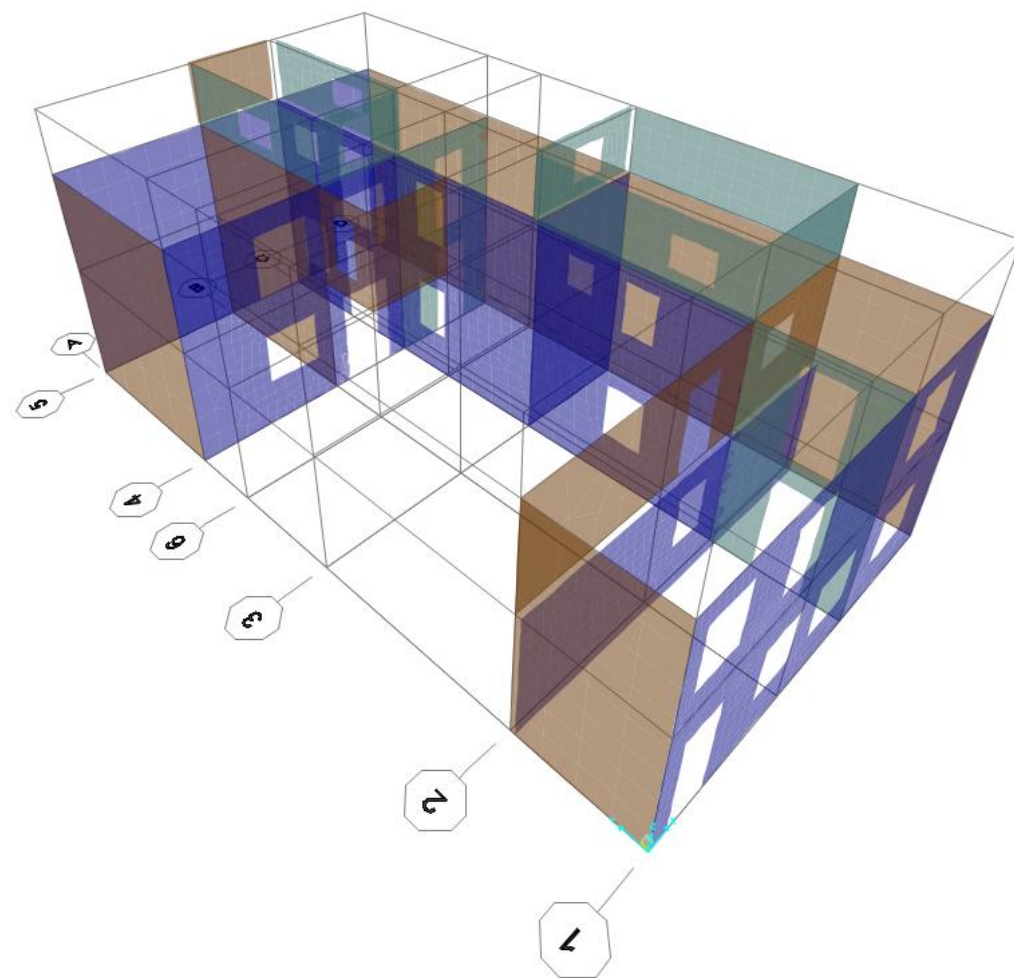
Στη διπλανή εικόνα παρουσιάζεται το προσομοίωμα του φέροντος οργανισμού του κτιρίου. Με κόκκινο χρώμα απεικονίζεται η τοιχοποιία από οπτόπλινθους ενώ με γκρι χρώμα η λιθοδομή. Τα πάχη του εκάστοτε τοίχου αναφέρονται αναλυτικά στο κεφάλαιο του τρόπου δομήσεως της τοιχοποιίας. Για τις ξύλινες δοκούς, με πράσινο χρώμα έχουν προσομοιωθεί οι δοκοί του πατώματος ενώ με μπλε της στέγης, οι διαστάσεις των οποίων έχουν αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο. Τονίζεται ότι τα ραβδωτά στοιχεία με μαύρο χρώμα είναι άνευ διατομής και ιδιοτήτων, με μοναδική τους χρήση την ευκολότερη μοντελοποίηση της τοιχοποιίας και των ανοιγμάτων σε αυτή. Στην επόμενη εικόνα απεικονίζονται τα πεπερασμένα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν, με έντονη πύκνωση στις περιοχές των ανοιγμάτων, καθώς και η εκκεντρότητα ανάμεσα στους τοίχους διαφορετικών παχών των δύο ορόφων. Τέλος, απεικονίζονται με διαφορετικό χρώμα τα διάφορα είδη μηχανικών χαρακτηριστικών της τοιχοποιίας που περιλαμβάνει το κτίριο. Με καφέ χρώμα απεικονίζεται η δίστρωτη, με μπλε η τρίστρωτη τοιχοποιία και με πράσινο η οπτοπλινθοδομή. Για λόγους καλύτερης απεικόνισης, έχει παραληφθεί η εμφάνιση των ραβδωτών στοιχείων.



Εικόνα 4.4: Απεικόνιση των διαφορετικών υλικών και διατομών του προσομοιώματος του κτιρίου.



Εικόνα 4.5: Απεικόνιση πεπερασμένων στοιχείων και παχών τοιχοποιίας κτιρίου.



Εικόνα 4.6: Απεικόνιση των διαφορετικών μηχανικών χαρακτηριστικών της τοιχοποιίας του κτίριο.

4.8 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Πραγματοποιήθηκαν δύο μέθοδοι ανάλυσης στο μοντέλο του κτιρίου για την παραγωγή των απαιτούμενων αποτελεσμάτων. Οι μέθοδοι ήταν η ιδιομορφική ανάλυση φασματικής απόκρισης και η ελαστική (ισοδύναμη) στατική ανάλυση.

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε ιδιομορφική ανάλυση στο μοντέλο προσομοίωσης για την εύρεση των θεμελιωδών ιδιομορφών για την κάθε διεύθυνση του σεισμού και αντιστοίχως οι θεμελιώδεις ιδιοπερίοδοι. Οι τιμές των ιδιοπεριόδων χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό της σεισμικής φόρτισης.

Για την εκτίμηση της σεισμικής απόκρισης του κτιρίου χρησιμοποιήθηκε η ισοδύναμη στατική ανάλυση. Στην ισοδύναμη ελαστική ανάλυση λαμβάνεται υπόψη μόνο η θεμελιώδης ιδιομορφή ταλάντωσης για κάθε διεύθυνση του σεισμικού φορτίου. Οι σεισμικές δυνάμεις έχουν την κατεύθυνση των κυρίων διευθύνσεων του κτιρίου και δρουν σαν στατικά φορτία πάνω στην κατασκευή.

Κατά τη φάση αποτίμησης του κτιρίου, η τιμή του δείκτη συμπεριφοράς q' για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β, προκύπτει από τον Πίνακα Σ4.3 του ΚΑΔΕΤ (§4.6.2), όπως παρουσιάζεται παρακάτω, βάσει του οποίου επιλέγεται η τιμή $q'=1.2$.

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

Πίνακας 4.1: Τιμές του δείκτη συμπεριφοράς q' για την στάθμη επιτελεστικότητας Β (προστασία ζωής).

Στη συνέχεια, βάσει του Πίνακα 4.1 του ΚΑΔΕΤ (§4.6.1), προσδιορίζεται ο ενιαίος δείκτης συμπεριφοράς q^* .

ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ		
ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΒΛΑΒΕΣ (Α)	ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΒΛΑΒΕΣ (Β)	ΟΙΟΝΕΙ ΚΑΤΑΡΡΕΥΣΗ (Γ)
0,6 Πάντως δε $1,0 < q^* < 1,2$	1,0	1,4

Πίνακας 4.2: Τιμές του λόγου q^*/q' αναλόγως του στόχου επανελέγχου.

Για τη στάθμη επιτελεστικότητας Β προκύπτει ότι: $q^*/q'=1,00$ και $q^*=1,20$.

Σύμφωνα με τα ανωτέρω αποτελέσματα της ιδιομορφικής ανάλυσης, οι ιδιοπερίοδοι του κτιρίου ανά διεύθυνση θα ληφθούν ως $T_x=0,76\text{sec}$ και $T_y=0,70\text{sec}$.

Από EC-8, για έδαφος κατηγορίας B: $S=1,2$ $T_B=0,15$, $T_c=0,50$ και $T_D=2,00$.

Άρα, για $T_c < T_x < T_D$ και $T_c < T_y < T_D$ χρησιμοποιείται η σχέση:

$$S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \frac{T_c}{T} \geq \beta \cdot a_g$$

Όπου:

- $\gamma_I=1,00$ συντελεστής σπουδαιότητας, για σπουδαιότητα Σ2
- $a_{gR}=0,16g$ Μέγιστη σεισμική οριζόντια επιτάχυνση εδάφους
- $S=1,20$ συντελεστής εδάφους, για έδαφος B
- και $q=1,20$

Άρα, από αντικατάσταση των ανωτέρω δεδομένων προκύπτει ότι $S_{dx}=0,26g$ και $S_{dy}=0,28g$.

Οι συνδυασμοί των δράσεων για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας (βασικοί και τυχηματικοί συνδυασμοί) γίνονται σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς και με τους αντίστοιχους συντελεστές συνδυασμού των μεταβλητών δράσεων ψ_i .

Επομένως, οι σεισμικοί συνδυασμοί για τους οποίους θα γίνει η ανάλυση του κτιρίου και θα ελεγχθεί η επάρκειά του, λαμβάνοντας υπόψη τη χωρική επαλληλία των σεισμικών δράσεων, όπως ορίζει ο EC-8, είναι οι εξής:

- $G + 0.30 Q + E_x + 0.30 E_y$
- $G + 0.30 Q + E_x - 0.30 E_y$
- $G + 0.30 Q - E_x + 0.30 E_y$
- $G + 0.30 Q - E_x - 0.30 E_y$
- $G + 0.30 Q + 0.30 E_x + E_y$
- $G + 0.30 Q + 0.30 E_x - E_y$
- $G + 0.30 Q - 0.30 E_x + E_y$
- $G + 0.30 Q - 0.30 E_x - E_y$

4.9 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Παρατηρώντας τις ιδιομορφές του κτιρίου καθώς και το ποσοστό συμμετοχής της μάζας του κτιρίου σε κάθε μία από αυτές, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

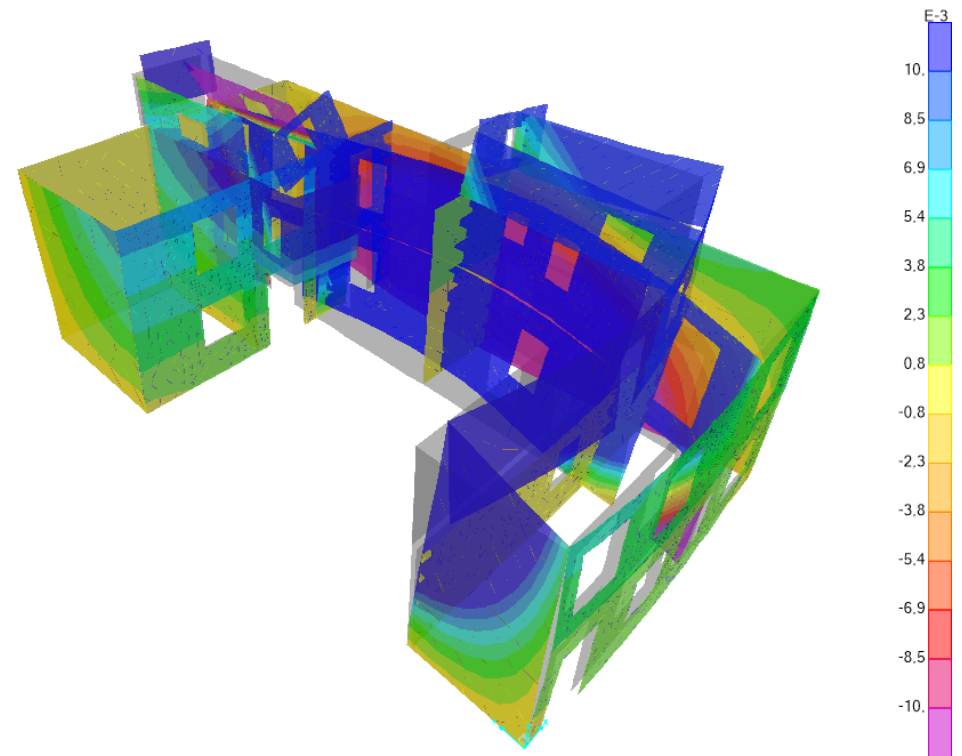
- Χρειάστηκαν 520 ιδιομορφές για να ενεργοποιηθεί ποσοστό μεγαλύτερο του 75% της μάζας στις οριζόντιες διευθύνσεις περί τον κατακόρυφο άξονα της κατασκευής.
- Χρειάστηκαν περίπου 700 ιδιομορφές για να ενεργοποιηθεί το 90% της μάζας στις οριζόντιες διευθύνσεις περί τον κατακόρυφο άξονα της κατασκευής.

Οι κύριες ιδιομορφές του κτιρίου είναι οι ακόλουθες:

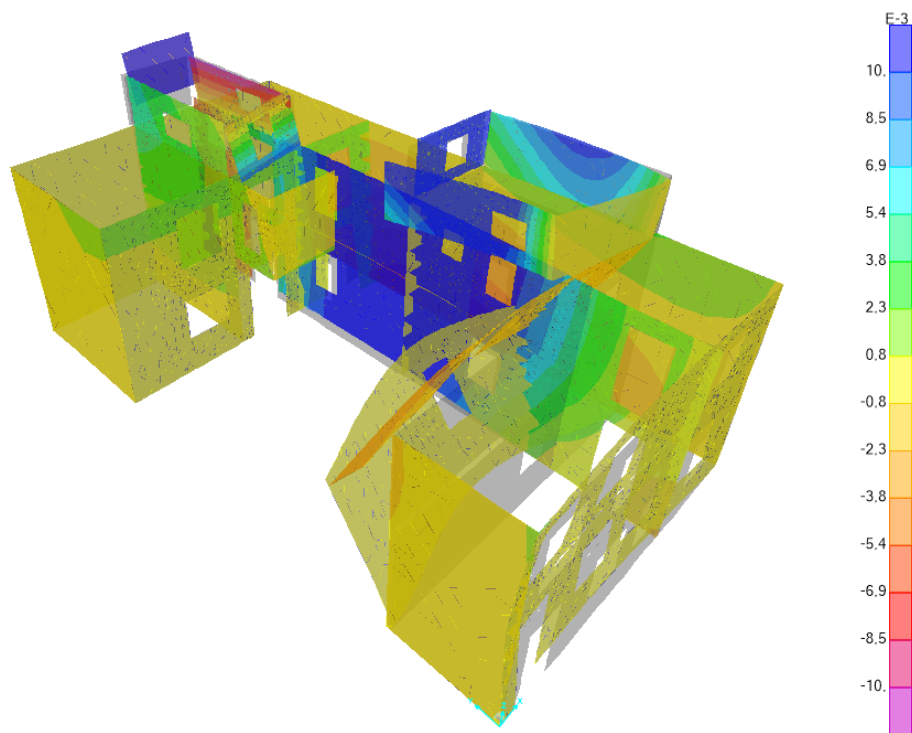
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΡΩΣΑΣ ΙΔΙΟΜ. ΜΑΖΑΣ
X	0,76	11%
Y	0,70	12%

Πίνακας: Κύριες ιδιομορφές του κτιρίου για κάθε διεύθυνση.

Οι εικόνες που παρουσιάζονται παρακάτω απεικονίζουν τις παραμορφώσεις του κτιρίου κατά τις θεμελιώδεις ιδιομορφές.



Εικόνα 4.7: Παραμόρφωση κτιρίου λόγω της κύριας ιδιομορφής κατά τη διεύθυνση X.



4.10 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΙΣΟΔΥΝΑΜΗΣ ΕΛΑΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Ακολουθως παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ελέγχων έναντι οριακών καταστάσεων αστοχίας που πραγματοποιήθηκαν σε κρίσιμες περιοχές του κτιρίου καθώς και σε περιοχές όπου ήταν εφικτή η καταγραφή της αντίστοιχης παθολογίας. Στόχος είναι η επιβεβαίωση της σωστής προσομοίωσης του κτιρίου στο πρόγραμμα μέσω σύγκρισης των αποτελεσμάτων της ισοδύναμης ελαστικής ανάλυσης με τις ρωγμές των αντίστοιχων περιοχών ελέγχου καθώς και η επιβεβαίωση των εκτιμήσεων των αιτιών αστοχίας του κτιρίου.

Τονίζεται ότι στα αποτελέσματα των αναλύσεων οι τομές που πραγματοποιούνται στο μοντέλο είναι στην τρισδιάστατη απεικόνιση του κτιρίου, για λόγους καλύτερης εποπτείας των αποτελεσμάτων καθώς και για την ορθότερη απεικόνιση των εκκεντροτήτων στην εικόνα των αποτελεσμάτων.

Εικόνα 4.8: Παραμόρφωση κτιρίου λόγω της κύριας ιδιομορφής κατά τη διεύθυνση Y.

4.10.1 Έλεγχος της τοιχοποιίας σε εντός επιπέδου διάτμηση

Κατά τη διάρκεια σεισμικών διεγέρσεων οι τοίχοι ενός κτιρίου, οι οποίοι βρίσκονται παράλληλα με την διεύθυνση του σεισμού καλούνται να σηκώσουν το κύριο βάρος της αντίστασης σε αυτόν με αποτέλεσμα να καταπονούνται από μεγάλες διατμητικές δυνάμεις.

Η διατμητική αντίσταση της κρίσιμης περιοχής του τοίχου υπολογίζεται από τη σχέση 7.3α του ΚΑΔΕΤ (§7.2.2):

$$V_v = t \cdot f_{vd} \cdot L'$$

Όπου:

L' : το μήκος της θλιβόμενης περιοχής του τοίχου

t : το πάχος του τοίχου υπό μελέτη

f_{vd} : είναι η μέση διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας, η οποία συνυπολογίζει και την παρουσία κατακόρυφου φορτίου ως εξής:

$$f_{vd} = f_{vm0} + \mu \sigma < 0,065 f_b$$

f_{vm0} : η μέση διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας υπό μηδενική θλιπτική τάση σ (συνοχή), $f_{vm0} = f_{vk0} / CF$, με $CF = 1.20$ (§3.3 EC8-3).

μ : είναι ο φαινόμενος συντελεστής τριβής κατά μήκος της επιφάνειας ολισθήσεως. Ο φαινόμενος συντελεστής τριβής αναφέρεται σε οριζόντιο επίπεδο και όχι στο κεκλιμένο επίπεδο της ρωγμής. Η τιμή του συντελεστή τριβής είναι συνάρτηση τόσο της τιμής της θλιπτικής τάσεως, όσο και της τραχύτητας της διεπιφάνειας.

Ελλείψει ακριβέστερων στοιχείων, ο συντελεστής τριβής μπορεί να λαμβάνεται ίσος με 0,40.

σ : η θλιπτική τάση σχεδιασμού (αφορά το θλιβόμενο τμήμα της διατομής, αφού το εφελκυσμένο αδυνατεί να παραλάβει διατμητικά φορτία). Δηλαδή: $\sigma = N / L' \cdot t$

όπου:

t : το πάχος της τοιχοποιίας

L' : το θλιβόμενο τμήμα της εξεταζόμενης διατομής. Η τιμή του εξαρτάται από την εκκεντρότητα του θλιπτικού αξονικού φορτίου ($e = M/N$):

- όταν $e \leq L/6$, τότε $L' = L$
- όταν $L/6 \leq e \leq L/2$, τότε $L' = 3(0.5L - e)$

Η δρώσα τέμνουσα στη διατομή ελέγχου που θα συγκριθεί με τη διατμητική αντίσταση δίνεται από τον τύπο:

$$V_S = F_{12} * L$$

όπου:

F_{12} η δρώσα τέμνουσα ανά μονάδα μήκους, όπως προκύπτει από τις αναλύσεις του προσομοιώματος με το υπολογιστικό πρόγραμμα SAP2000.

L: το μήκος της εξεταζόμενης διατομής.

4.10.2 Έλεγχος της τοιχοποιίας σε εκτός επιπέδου κάμψη με επίπεδο θραύσεως παράλληλο στους οριζόντιους αρμούς της (M_{22})

Αφορά την εκτός επιπέδου κάμψη με επίπεδο θραύσεως παράλληλο στους οριζόντιους αρμούς της τοιχοποιίας. Για κάθε κρίσιμη περιοχή ελέγχεται αν ικανοποιείται η σχέση:

$$M_R \geq M_{Sd}$$

όπου M_{Sd} η δρώσα ροπή ($=M_{22}$) και M_{Rd} η ροπή αντοχής έναντι εκτός επιπέδου κάμψης με επίπεδο θραύσεως παράλληλο στους οριζόντιους

αρμούς της τοιχοποιίας. Η ροπή κάμψεως, η οποία μπορεί να αναλάβει η διατομή ελέγχου εξαρτάται από την θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας και από την τιμή του (ευμενούς) αξονικού φορτίου, κατά την ακόλουθη σχέση (6.2) του ΚΑΔΕΤ (§6.5):

$$M_R = \frac{1}{2} \ell t_w^2 \sigma_0 \left(1 - \frac{\sigma_0}{f_c} \right)$$

όπου, $\sigma_0 = N_{sd} / I t_w$ η μέση θλιπτική τάση λόγω αξονικής δράσεως στη διατομή ελέγχου

ℓ και t_w το μήκος και το πάχος της διατομής και

f_c : η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας

Στις περιπτώσεις των τριστρωτων λιθοδομών η ροπή αντοχής εξαρτάται από το εάν οι εξωτερικές παρειές είναι αποκολλημένες ή όχι (στοιχείο το οποίο θα πρέπει να διαπιστώνεται λεπτομερώς κατά την φάση της τεκμηρίωσης του προς αποτίμηση κτιρίου).

Στη παρούσα μεταπτυχιακή εργασία θεωρείται ότι οι εξωτερικές παρειές της τριστρωτης αργολιθοδομής του κτίσματος δεν είναι αποκολλημένες.

4.10.3 Έλεγχος της τοιχοποιίας σε εκτός επιπέδου κάμψη με επίπεδο θραύσεως κάθετο στους οριζόντιους αρμούς της (M_{11})

Αφορά την εκτός επιπέδου κάμψη με επίπεδο θραύσεως κάθετο στους οριζόντιους αρμούς της τοιχοποιίας. Σε αυτή τη περίπτωση ο έλεγχος της κρίσιμης διατομής πραγματοποιείται μέσω σύγκρισης της αναπτυσσόμενης εφελκυστικής τάσης στην ακραία εφελκυσόμενη ίνα με την αντίστοιχη εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας. Δηλαδή:

$$\sigma_{wt} = \frac{6M_S}{lt_w^2} < f_{wt}$$

όπου:

σ_{wt} : η τάση στην ακραία εφελκυσόμενη ίνα, οφειλόμενη σε δρώσα ροπή $M_S (= M_{11})$

L: το μήκος του στοιχείου ελέγχου

t_w : το πάχος του στοιχείου ελέγχου

f_{wt} η εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας

Σύμφωνα με την παράγραφο §6.5 του ΚΑΔΕΤ ελλείψει ακριβέστερων στοιχείων, η εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας μπορεί να λαμβάνεται ίση με 0.10MPa, όταν η θλιπτική αντοχή του κονιάματος δομήσεως δεν υπερβαίνει τα 2MPa. Για την εκτός επιπέδου κάμψη, ως κρίσιμες διατομές μπορούν να θεωρηθούν, το μέσον του ανοίγματος των εγκάρσιων στον σεισμό τοίχων και οι κατακόρυφες

και οριζόντιες ακμές στήριξης. Επομένως, λαμβάνεται η τιμή για το υπό μελέτη κτίριο ίση με $f_{wt}=0,10$ MPa.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων, συγκρινόμενα με τις καταγεγραμμένες ρωγμές του κτιρίου. Τονίζεται ότι οι συγκρίσεις πραγματοποιήθηκαν σε τοίχους του κτιρίου όπου ήταν σαφής και πλήρως αποτυπωμένη η παθολογία τους, προκειμένου να επιβεβαιωθεί ο τρόπος αστοχίας του και κατόπιν έγιναν έλεγχοι σε διάφορες κρίσιμες περιοχές του κτιρίου.

4.10.4 Έλεγχος της τοιχοποιίας σε θλίψη

Ο έλεγχος της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας θα πραγματοποιηθεί για την οριακή κατάσταση αστοχίας 1,35G+1,50Q στις περιοχές των τοίχων που παρουσιάζουν κατακόρυφες ρωγμές στο μέσο του μήκους τους. Ο έλεγχος πραγματοποιείται προκειμένου να μελετηθεί εάν οι συγκεκριμένες ρωγμές οφείλονται στα κατακόρυφα φορτία που δέχτηκε η τοιχοποιία κατά τη διάρκεια του χρόνου.

Ο έλεγχος της θλιπτικής αντοχής θα πραγματοποιηθεί σε όρους δυνάμεων σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$N_d \leq N_R = f_{wc} \times A$$

Όπου:

N_d : δράση αξονικής δύναμης

N_R : αντοχή σε αξονική δύναμη

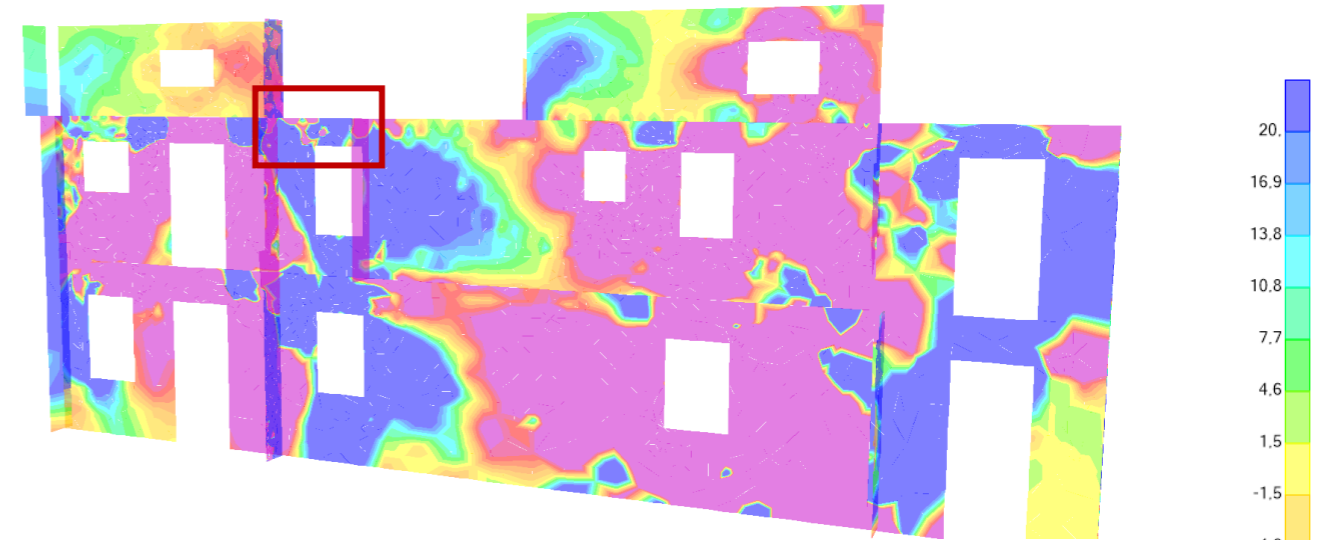
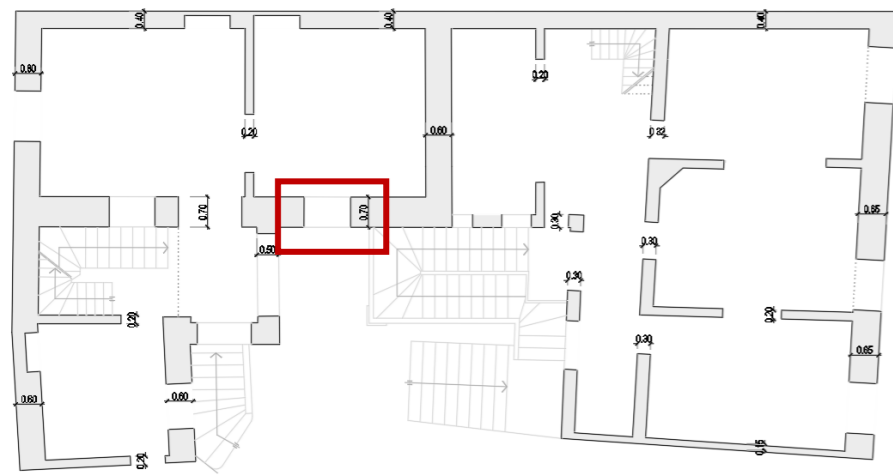
f_{wc} : αντοχή της τρίστρωτης τοιχοποιίας

A: Εμβαδό της επιθυμητής διατομής, $A = L \cdot t_w$

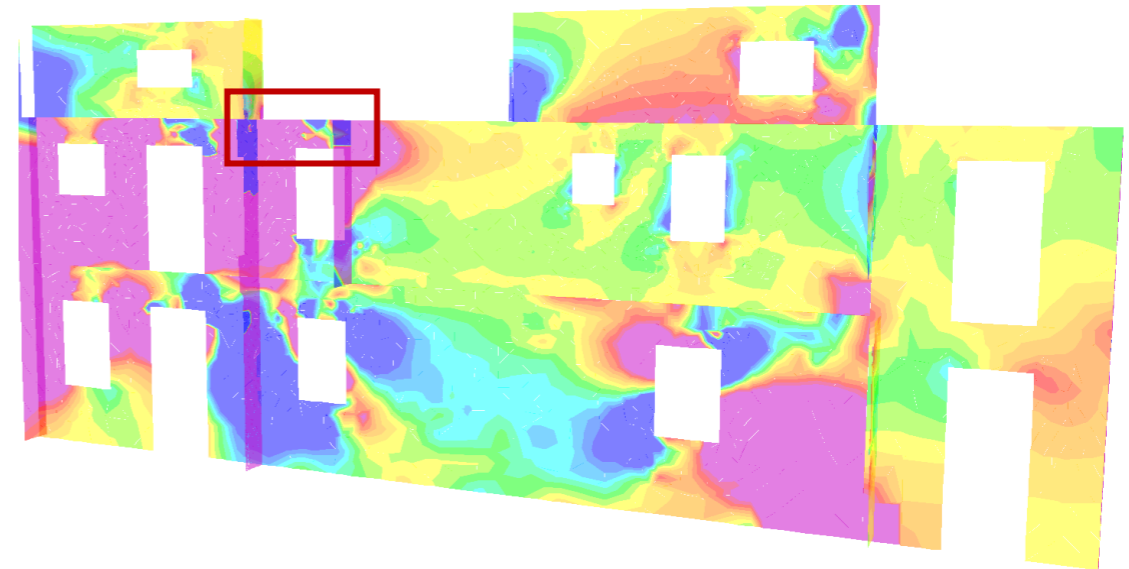
Κρίσιμη Περιοχή 1:



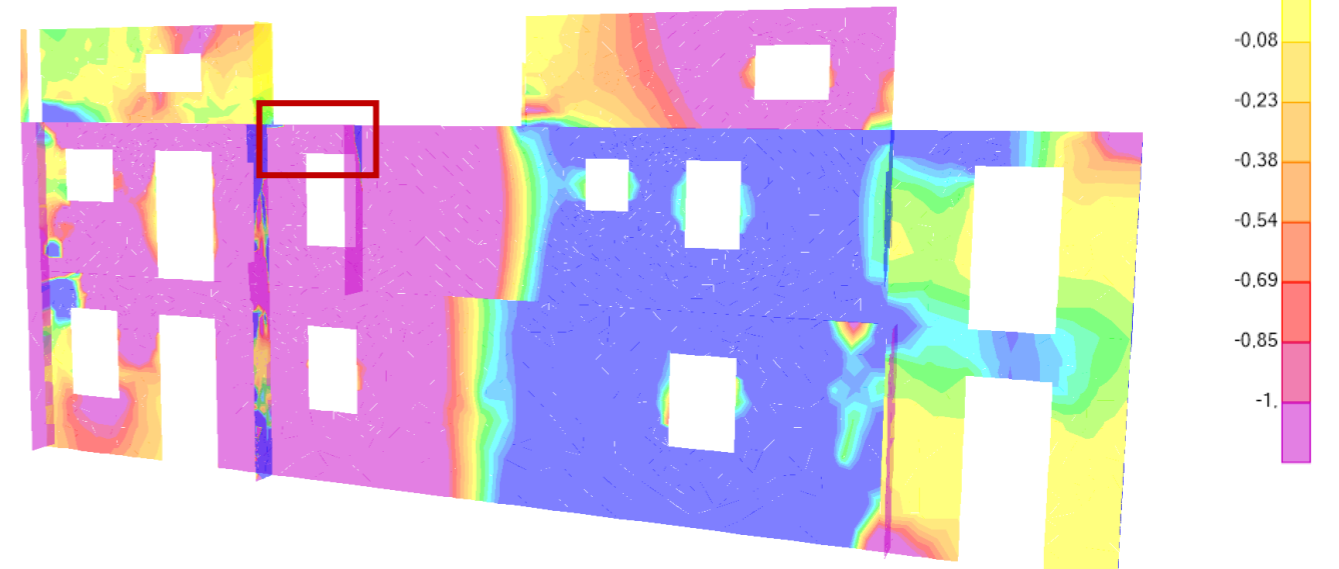
Εικόνα 4.9: Περιοχή ελέγχου πάνω από το παράθυρο του ορόφου στην εσωτερική όψη του κτιρίου.



1. Κατανομή δυνάμεων F_{12} (kN/m)



2. Κατανομή M_{22} (kNm/m)



3. Κατανομή M_{11} (kNm/m)

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ							
ΠΕΡΙΟΧΗ	σ_0 (kPa)	L (m)	tw (m)	L' (m)	Vv (kN)	Vsd (kN)	ΕΛΕΓΧΟΣ
1	259,14	0,10	0,70	0,00	0,07	17,95	ΑΣΤΟΧΕΙ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΚΑΜΨΗ - ΠΑΡΑΛΛΗΛΟ ΣΤΟΥΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥΣ ΑΡΜΟΥΣ							
ΠΕΡΙΟΧΗ	σ_0 (kPa)	L (m)	fd (kPa)	tw (m)	MRd (kNm)	Msd (kNm)	ΕΛΕΓΧΟΣ
1	259,14	0,10	1340,00	0,70	5,12	2,91	ΕΠΑΡΚΕΙ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΚΑΜΨΗ - ΚΑΘΕΤΟ ΣΤΟΥΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥΣ ΑΡΜΟΥΣ							
ΠΕΡΙΟΧΗ	fwt (kPa)	L (m)	MRd (kNm/m)	σ_{tw} (kPa)	tw (m)	ftd / σ_{tw}	ΕΛΕΓΧΟΣ
1	100,00	0,10	1,10	13,47	0,70	7,42	ΕΠΑΡΚΕΙ

Πίνακας 4.3: Έλεγχοι τοιχοποιίας στην κρίσιμη περιοχή 1.

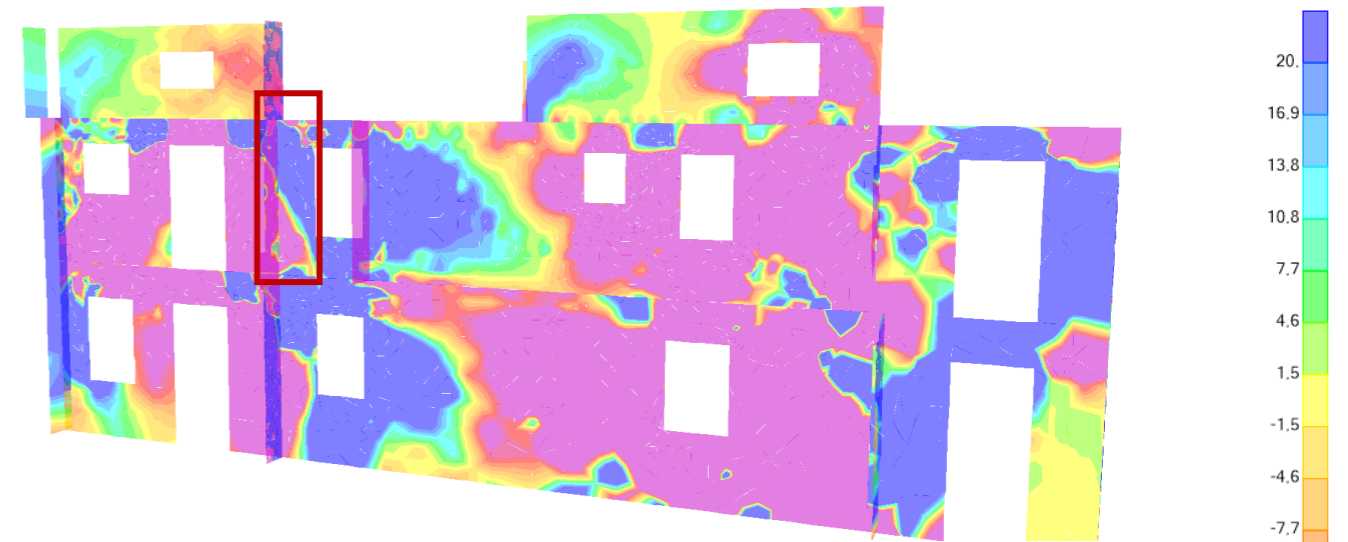
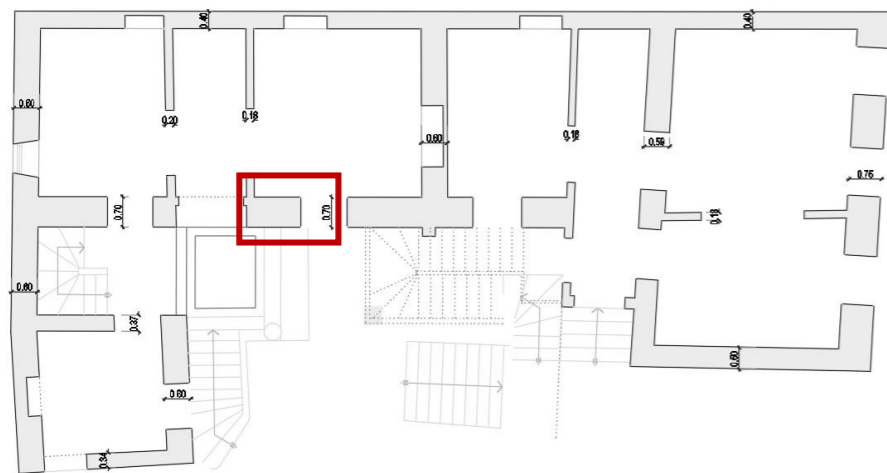
Συμπέρασμα:

Από τα αποτελέσματα διακρίνεται η αδυναμία του ανωφλιού στην εσωτερική όψη του κτιρίου, στον όροφο, να αναλάβει τέμνουσα. Εξαρχής, η διαγώνια πορεία της ρωγμής υποδηλώνει ότι το αίτιο δημιουργίας της είναι η διάτμηση, το οποίο επιβεβαιώθηκε και με τους ανωτέρω ελέγχους.

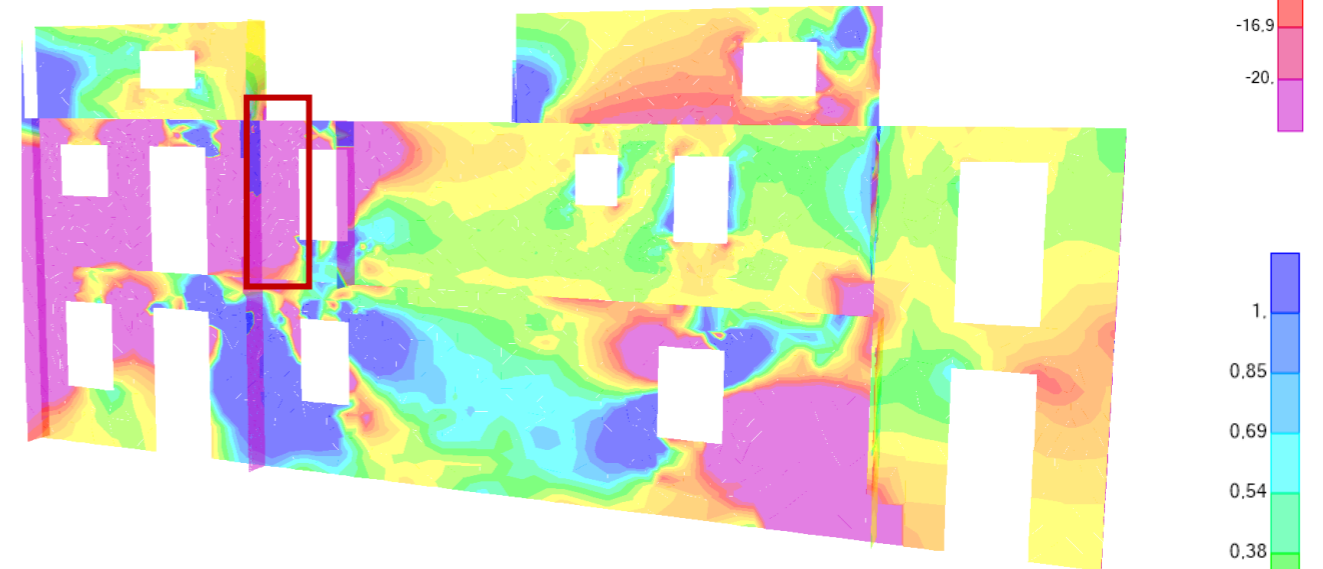
Κρίσιμη Περιοχή 2:



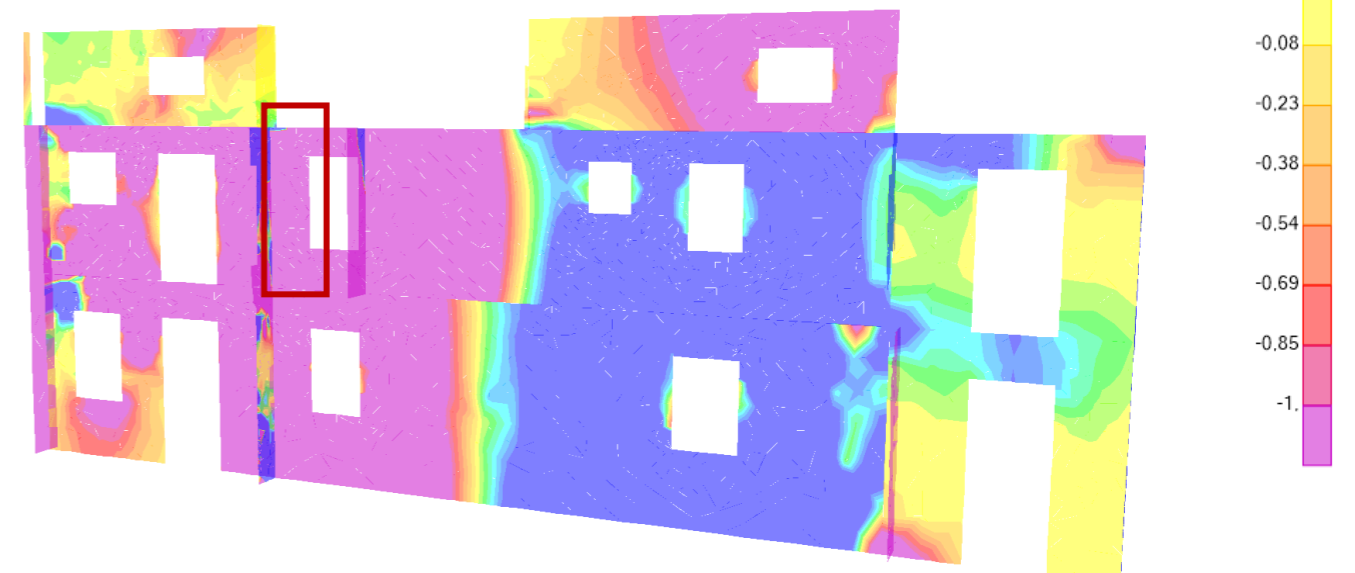
Εικόνα 4.10: Περιοχή ελέγχου στον πλαϊνό τοίχο του παραθύρου του ισογείου στην εσωτερική όψη του κτιρίου.



1. Κατανομή δυνάμεων F_{12} (kN/m)



2. Κατανομή M_{22} (kNm/m)



3. Κατανομή M_{11} (kNm/m)

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ							
ΠΕΡΙΟΧΗ	σο (kPa)	L (m)	tw (m)	L' (m)	Vv (kN)	Vsd (kN)	ΕΛΕΓΧΟΣ
2	188,55	0,60	0,70	0,07	3,96	6,60	ΑΣΤΟΧΕΙ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΚΑΜΨΗ - ΠΑΡΑΛΛΗΛΟ ΣΤΟΥΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥΣ ΑΡΜΟΥΣ							
ΠΕΡΙΟΧΗ	σο (kPa)	L (m)	fd (kPa)	tw (m)	MRd (kNm)	Msd (kNm)	ΕΛΕΓΧΟΣ
2	188,55	0,60	1340,00	0,70	23,82	21,78	ΕΠΑΡΚΕΙ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΚΑΜΨΗ - ΚΑΘΕΤΟ ΣΤΟΥΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥΣ ΑΡΜΟΥΣ							
ΠΕΡΙΟΧΗ	fwt (kPa)	L (m)	MRd (kNm/m)	σtw (kPa)	tw (m)	ftd / σtw	ΕΛΕΓΧΟΣ
2	100,00	0,60	3,50	42,86	0,70	2,33	ΕΠΑΡΚΕΙ

Πίνακας 4.4: Έλεγχοι τοιχοποιίας στην κρίσιμη περιοχή 2.

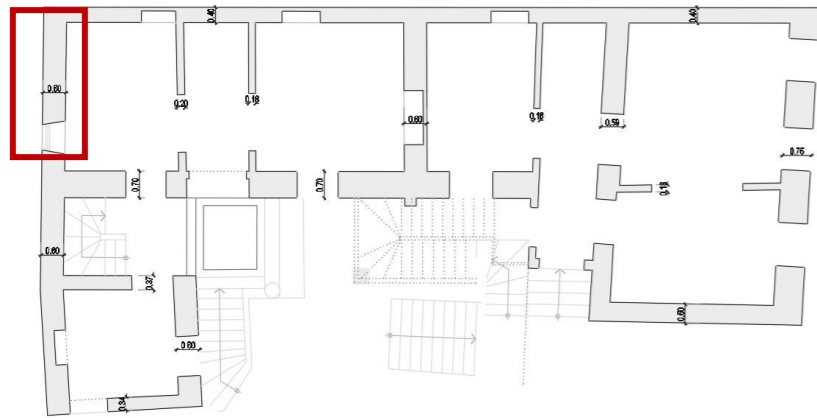
Συμπέρασμα:

Η ρωγμή στο μέσο της τοιχοποιίας δίπλα από το παράθυρο του ισογείου, οφείλεται αποκλειστικά σε διάτμηση. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται και από την διαγώνια πορεία που ακολουθεί η ρωγμή μέχρι να καταλήξει στην ακμή του ανοίγματος. Επίσης, παρατηρείται ότι η περιοχή διαθέτει ακόμη επάρκεια σε εκτός επιπέδου ροπές, όπως υποδηλώνεται από τους ελέγχους καθώς και από τις εικόνες των αναλύσεων.

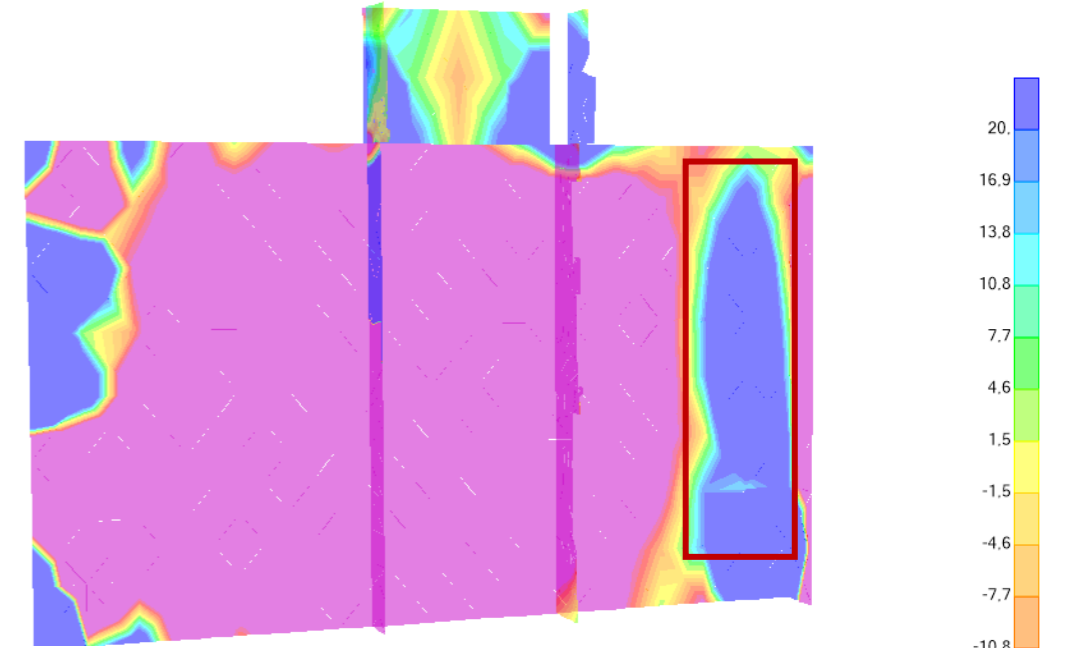
Κρίσιμη Περιοχή 3:



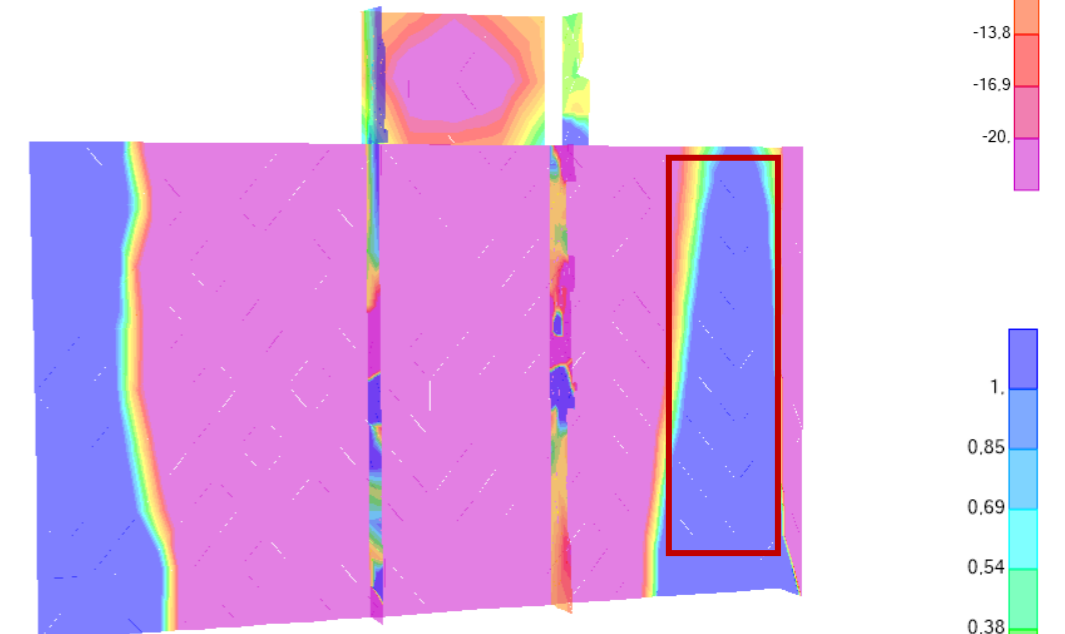
Εικόνα 4.11: Περιοχή ελέγχου στο μέσο ενός τοίχου του ισογείου.



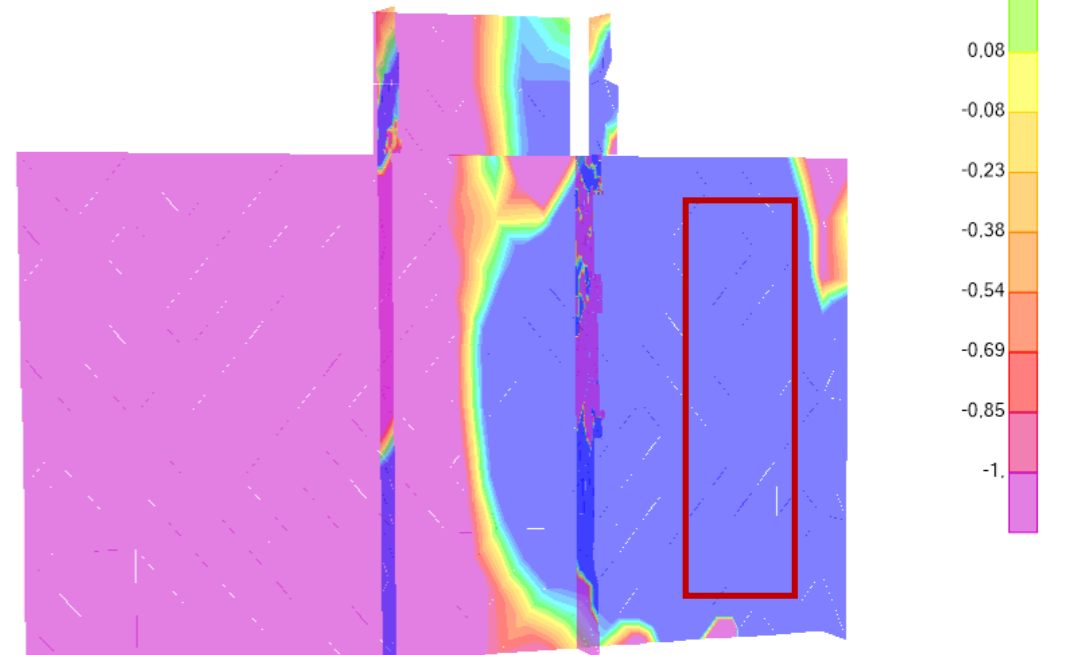
1. Κατανομή δυνάμεων F_{12} (kN/m)



2. Κατανομή M_{22} (kNm/m)



3. Κατανομή M_{11} (kNm/m)



ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ							
ΠΕΡΙΟΧΗ	σ_0 (kPa)	L (m)	tw (m)	L' (m)	Vv (kN)	Vsd (kN)	ΕΛΕΓΧΟΣ
3	45,30	2,05	0,60	2,05	26,14	31,53	ΕΠΑΡΚΕΙ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΚΑΜΨΗ - ΠΑΡΑΛΛΗΛΟ ΣΤΟΥΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥΣ ΑΡΜΟΥΣ							
ΠΕΡΙΟΧΗ	σ_0 (kPa)	L (m)	fd (kPa)	tw (m)	MRd (kNm)	Msd (kNm)	ΕΛΕΓΧΟΣ
3	45,30	2,05	1380,00	0,60	16,17	9,12	ΕΠΑΡΚΕΙ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΚΑΜΨΗ - ΚΑΘΕΤΟ ΣΤΟΥΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥΣ ΑΡΜΟΥΣ							
ΠΕΡΙΟΧΗ	fwt (kPa)	L (m)	MRd (kNm/m)	σ_{tw} (kPa)	tw (m)	ftd / σ_{tw}	ΕΛΕΓΧΟΣ
3	100,00	2,05	7,50	125,00	0,60	0,80	ΑΣΤΟΧΕΙ

Πίνακας 4.5: Έλεγχοι τοιχοποιίας στην κρίσιμη περιοχή 3.

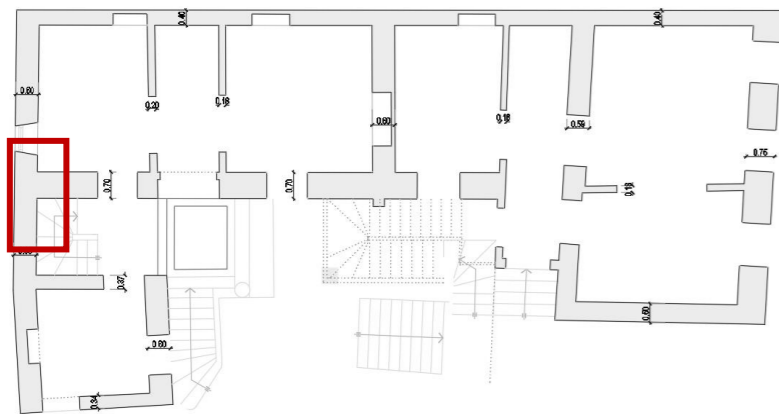
Συμπέρασμα:

Στο μέσο του μήκους τοίχου παρατηρήθηκε κατακόρυφη καμπτική ρωγμή. Η δημιουργία της συγκεκριμένης ρωγμής οφείλεται σε αυξημένες εκτός επιπέδου ροπές, κάθετες στο επίπεδο των οριζόντιων αρμών, λόγω της σεισμικής φόρτισης εγκάρσια στο επίπεδο του τοίχου.

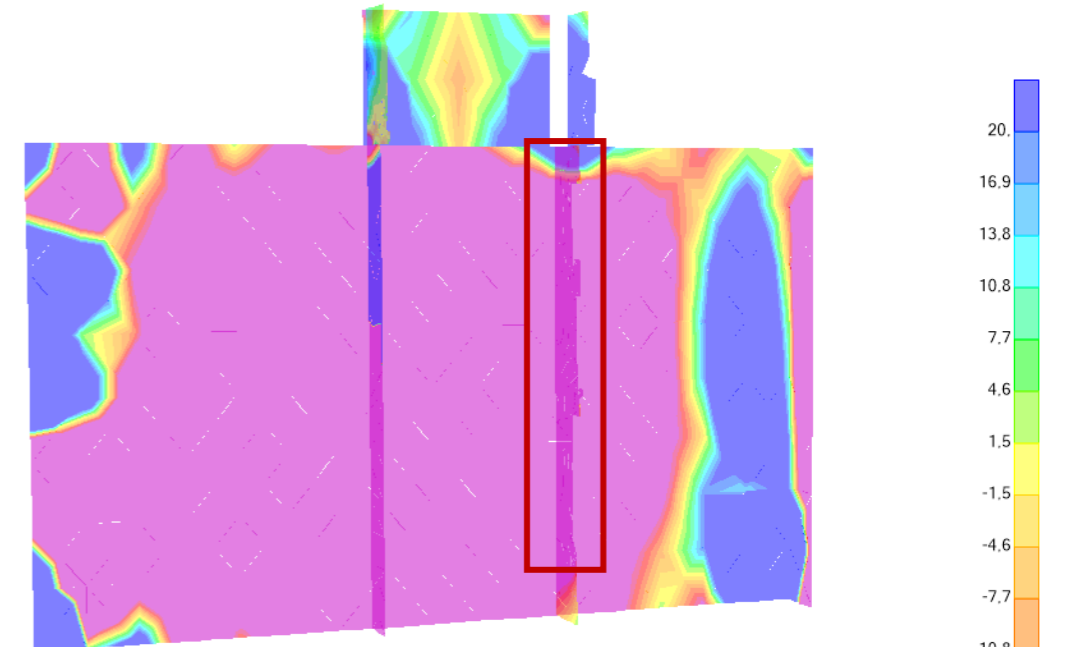
Κρίσιμη Περιοχή 4:



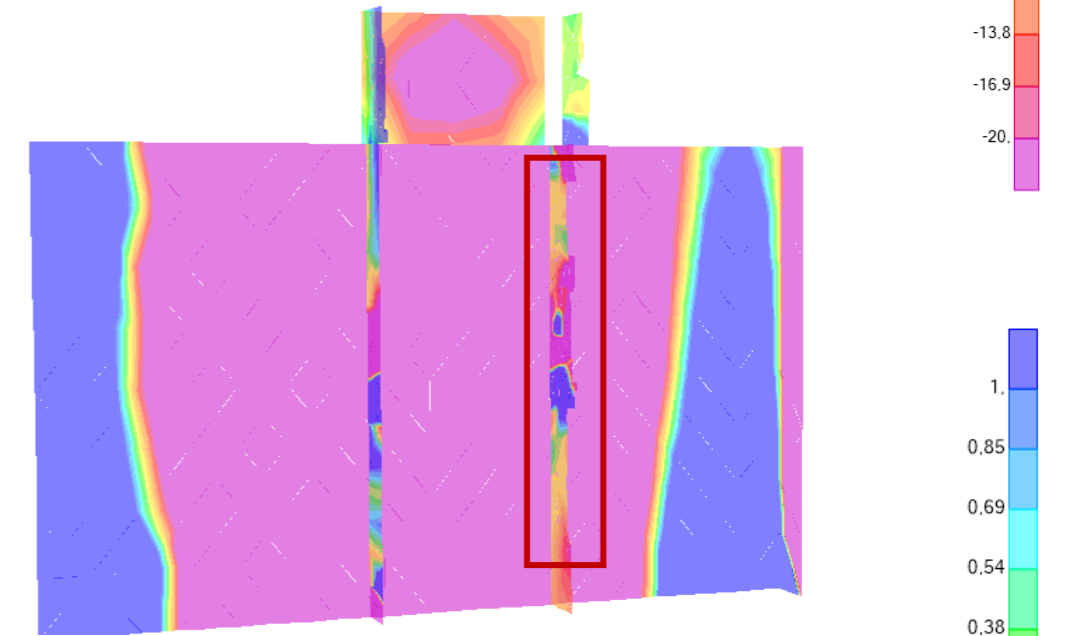
Εικόνα 4.12.: Περιοχή ελέγχου στη δεξιά γωνία του τοίχου στο κλιμακοστάσιο.



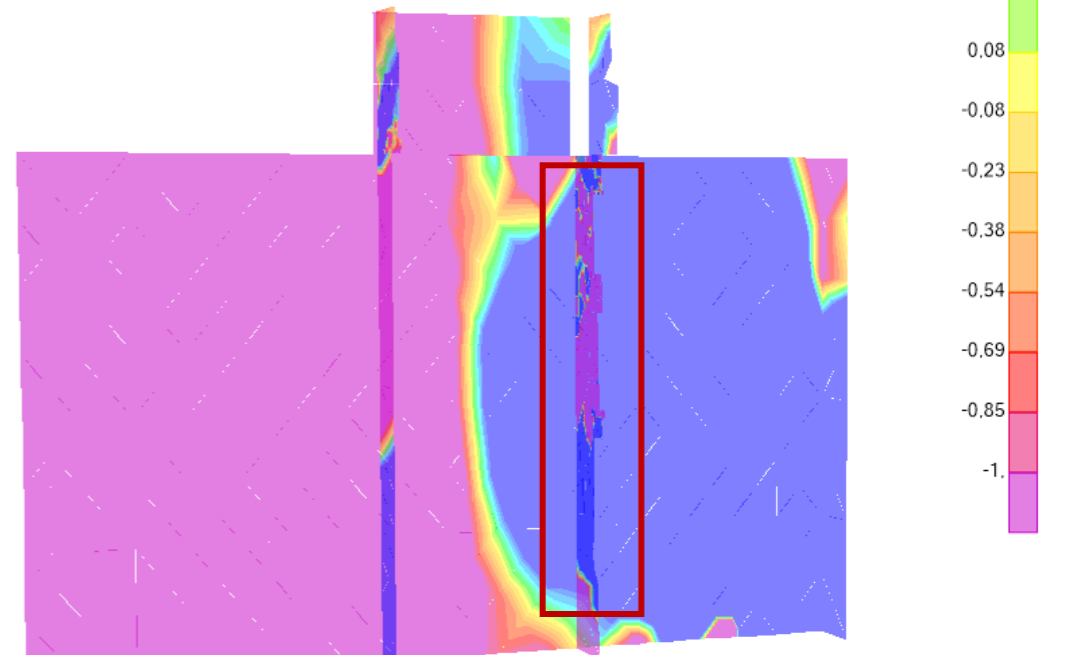
1. Κατανομή δυνάμεων F_{12}
(kN/m)



2. Κατανομή M_{22} (kNm/m)



3. Κατανομή M_{11} (kNm/m)



ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ							
ΠΕΡΙΟΧΗ	σ_o (kPa)	L (m)	tw (m)	L' (m)	Vv (kN)	Vsd (kN)	ΕΛΕΓΧΟΣ
4	135,71	0,40	0,60	0,40	15,23	74,80	ΑΣΤΟΧΕΙ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΚΑΜΨΗ - ΠΑΡΑΛΛΗΛΟ ΣΤΟΥΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥΣ ΑΡΜΟΥΣ							
ΠΕΡΙΟΧΗ	σ_o (kPa)	L (m)	fd (kPa)	tw (m)	MRd (kNm)	Msd (kNm)	ΕΛΕΓΧΟΣ
4	135,71	0,40	1380,00	0,60	8,81	0,84	ΕΠΑΡΚΕΙ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΚΑΜΨΗ - ΚΑΘΕΤΟ ΣΤΟΥΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥΣ ΑΡΜΟΥΣ							
ΠΕΡΙΟΧΗ	fwt (kPa)	L (m)	MRd (kNm/m)	σ_{tw} (kPa)	tw (m)	ftd / σ_{tw}	ΕΛΕΓΧΟΣ
4	100,00	0,40	5,40	90,00	0,60	-1,11	ΕΠΑΡΚΕΙ

Πίνακας 4.6: Έλεγχοι τοιχοποιίας στην κρίσιμη περιοχή 4.

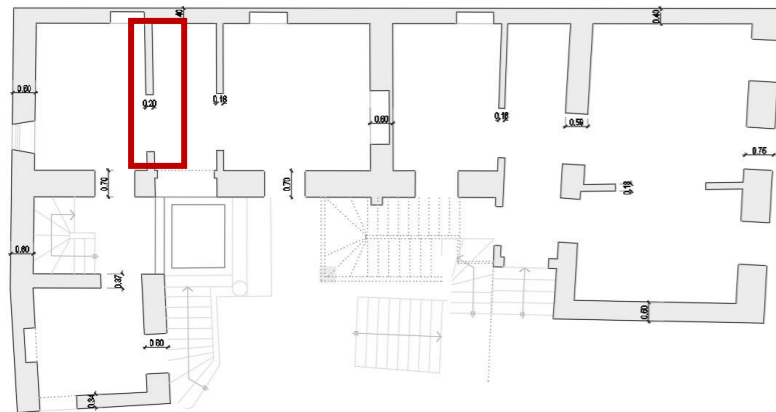
Συμπέρασμα:

Παρατηρείται ότι η συγκεκριμένη αστοχία του εγκάρσιου τοίχου οφείλεται σε τέμνουσα. Ο τοίχος βρίσκεται παράλληλα στην διεύθυνση του σεισμού, επομένως καλείται να παραλάβει τεράστιες διατμητικές δυνάμεις κατά τη διάρκεια του σεισμού, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται διατμητικές ρωγμές.

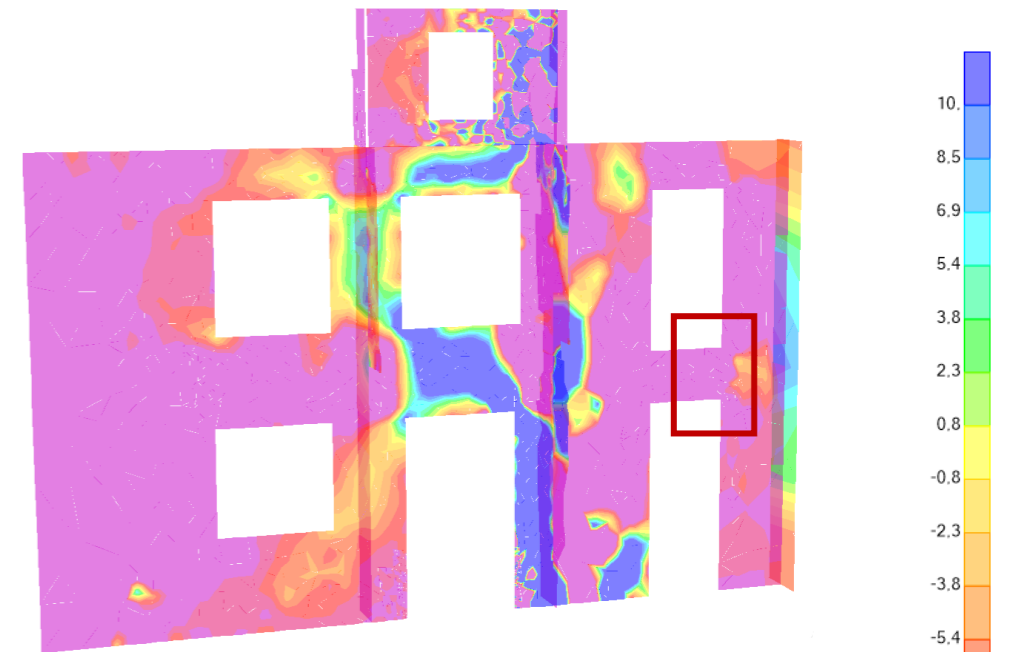
Κρίσιμη Περιοχή 5:



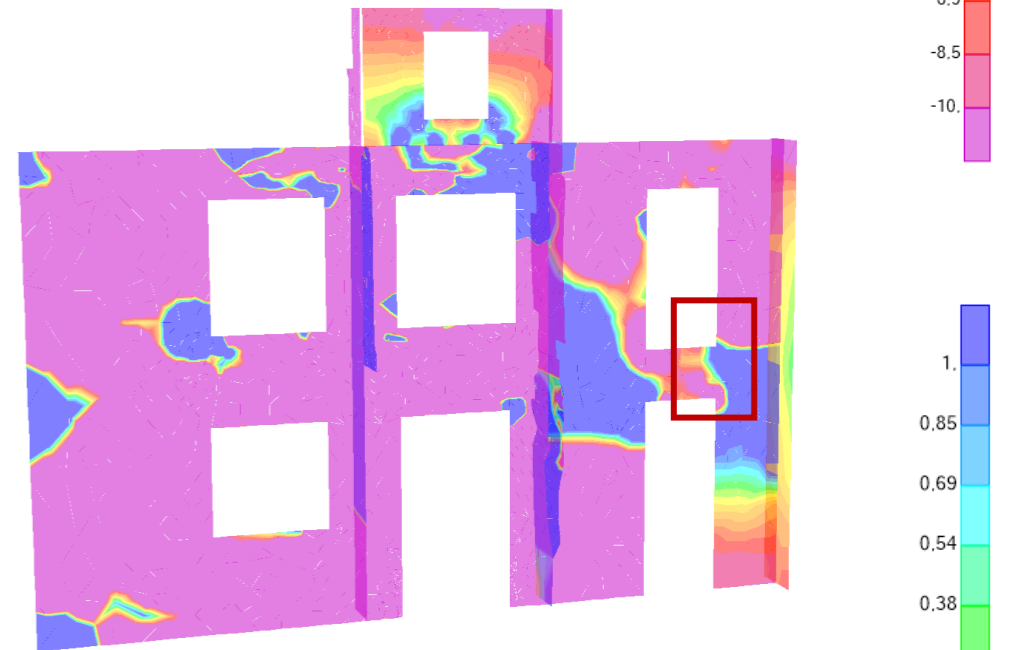
Εικόνα 4.13: Περιοχή ελέγχου σε ακμή εσωτερικής πόρτας στο ισόγειο.



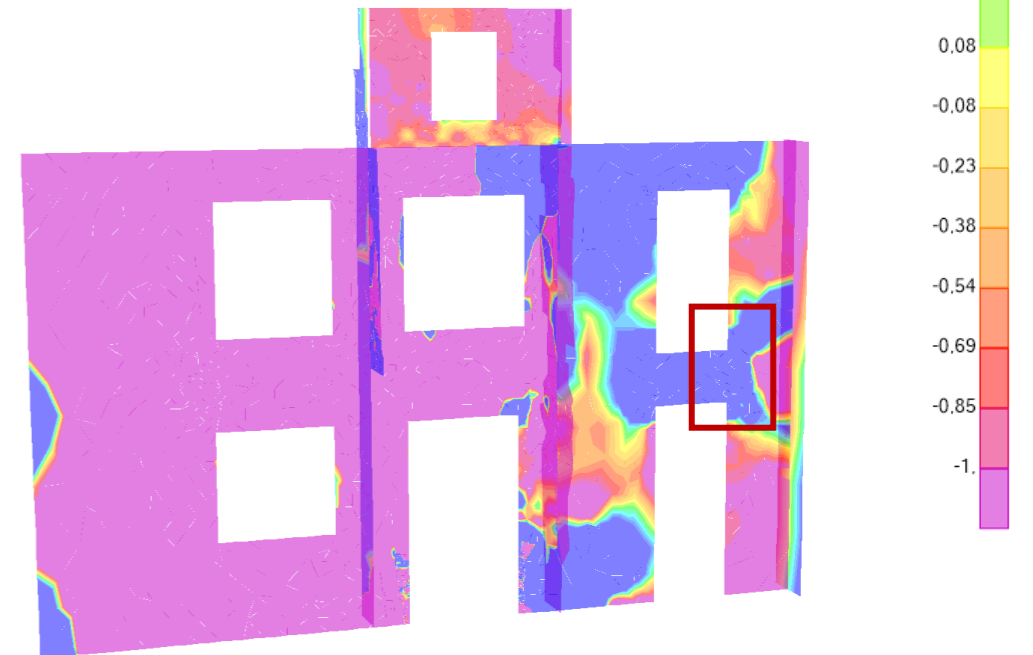
1. Κατανομή δυνάμεων F_{12} (kN/m)



2. Κατανομή M_{22} (kNm/m)



3. Κατανομή M_{11} (kNm/m)



ΠΕΡΙΟΧΗ	σ_o (kPa)	L (m)	tw (m)	L' (m)	Vv (kN)	Vsd (kN)	ΕΛΕΓΧΟΣ
5	140,48	0,60	0,20	0,60	23,64	2,82	ΕΠΑΡΚΕΙ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΚΑΜΨΗ - ΠΑΡΑΛΛΗΛΟ ΣΤΟΥΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥΣ ΑΡΜΟΥΣ							
ΠΕΡΙΟΧΗ	σ_o (kPa)	L (m)	fd (kPa)	tw (m)	MRd (kNm)	Msd (kNm)	ΕΛΕΓΧΟΣ
5	0,60	0,60	820,00	0,20	1,40	0,48	ΕΠΑΡΚΕΙ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΚΑΜΨΗ - ΚΑΘΕΤΟ ΣΤΟΥΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥΣ ΑΡΜΟΥΣ							
ΠΕΡΙΟΧΗ	fwt (kPa)	L (m)	MRd (kNm/m)	σ_{tw} (kPa)	tw (m)	ftd / σ_{tw}	ΕΛΕΓΧΟΣ
5	100,00	0,60	2,33	349,50	0,20	0,29	ΑΣΤΟΧΕΙ

Πίνακας 4.7: Έλεγχοι τοιχοποιίας στην κρίσιμη περιοχή 5.

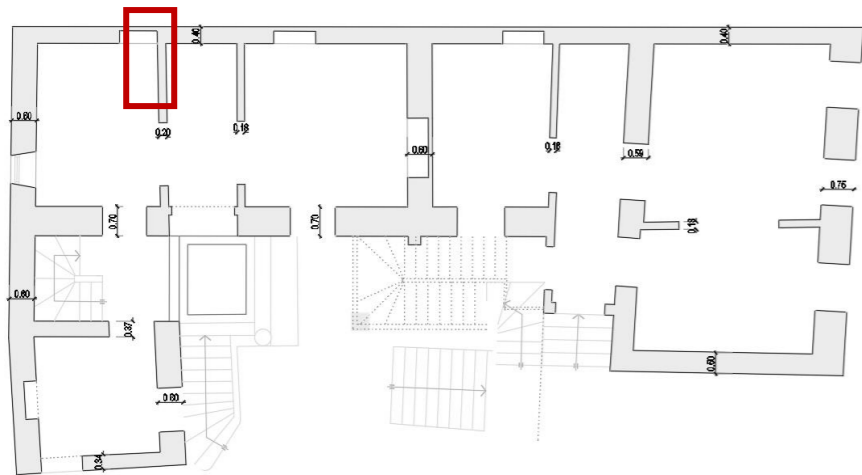
Συμπέρασμα:

Αυξημένη ένταση στην κατανομή των εκτός επιπέδου ροπών M11 για το συνδυασμό όπου η κύρια συνιστώσα του σεισμού είναι εγκάρσια στο επίπεδο του τοίχου παρουσιάζεται τοπικά κατά μήκος στο ανώφλι του ανοίγματος. Όπως επιβεβαιώνεται από τους ανωτέρω ελέγχους, η ρωγμή διαμορφώθηκε λόγω αστοχίας σε εκτός επιπέδου ροπή, κάθετη στον οριζόντιο αρμό του τοίχου.

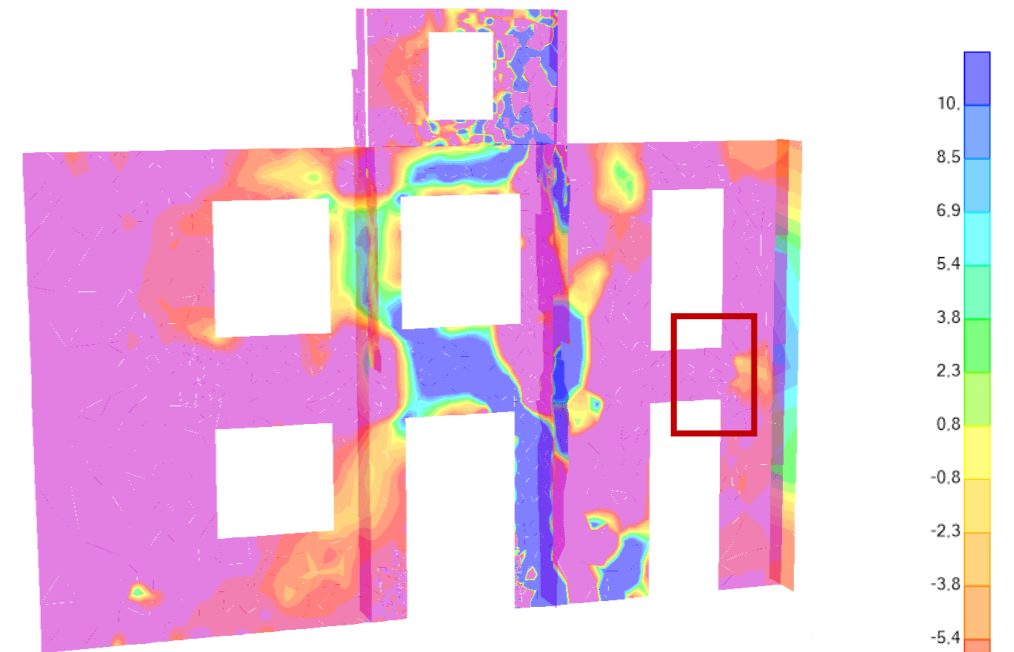
Κρίσιμη Περιοχή 6:



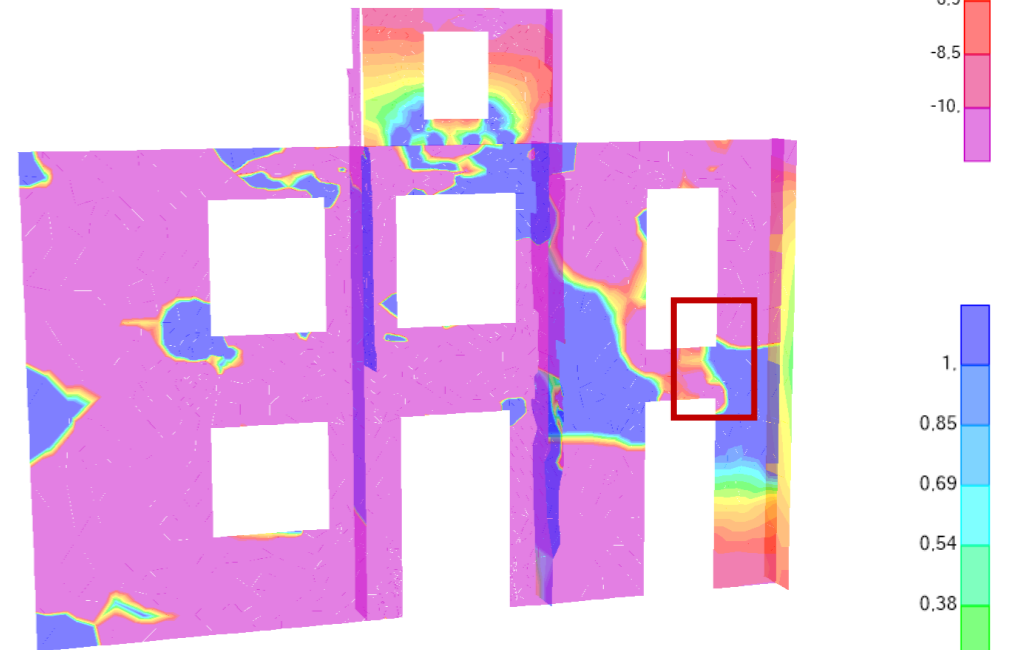
Εικόνα 4.14.: Περιοχή ελέγχου γωνίας εσωτερικού τοίχου.



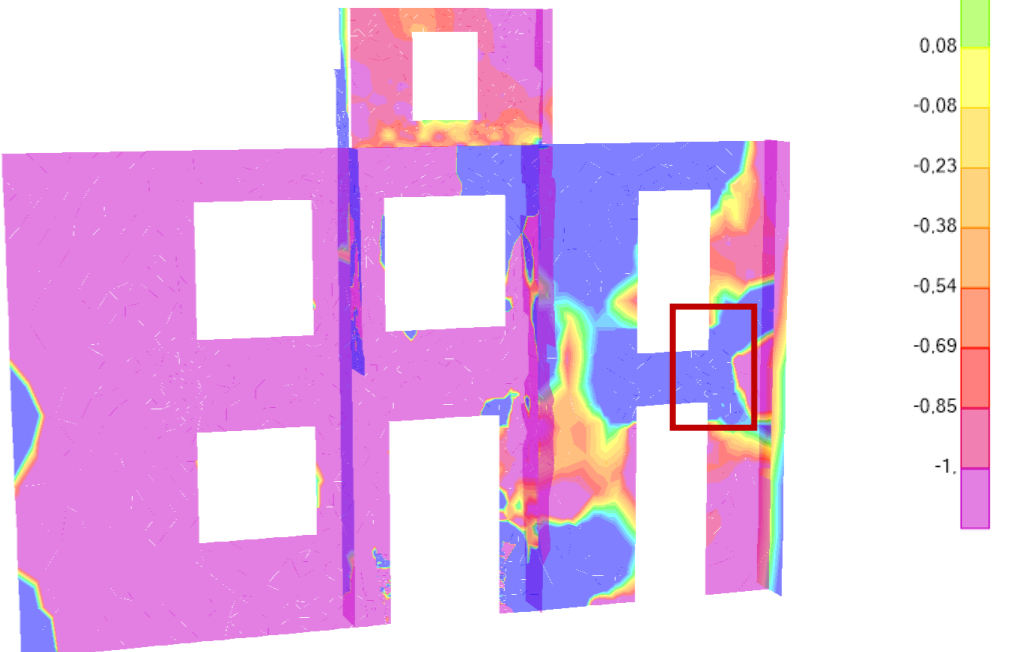
1. Κατανομή δυνάμεων F_{12} (kN/m)



2. Κατανομή M_{22} (kNm/m)



3. Κατανομή M_{11} (kNm/m)



ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ							
ΠΕΡΙΟΧΗ	σο (kPa)	L (m)	tw (m)	L' (m)	Vv (kN)	Vsd (kN)	ΕΛΕΓΧΟΣ
6	159,18	0,70	0,20	0,70	31,25	16,47	ΕΠΑΡΚΕΙ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΚΑΜΨΗ - ΠΑΡΑΛΛΗΛΟ ΣΤΟΥΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥΣ ΑΡΜΟΥΣ							
ΠΕΡΙΟΧΗ	σο (kPa)	L (m)	fd (kPa)	tw (m)	MRd (kNm)	Msd (kNm)	ΕΛΕΓΧΟΣ
6	159,18	0,70	820,00	0,20	1,80	1,25	ΕΠΑΡΚΕΙ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΚΑΜΨΗ - ΚΑΘΕΤΟ ΣΤΟΥΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥΣ ΑΡΜΟΥΣ							
ΠΕΡΙΟΧΗ	fwt (kPa)	L (m)	MRd (kNm/m)	σtw (kPa)	tw (m)	ftd / σtw	ΕΛΕΓΧΟΣ
6	100,00	0,70	1,08	162,00	0,20	0,62	ΑΣΤΟΧΕΙ

Πίνακας 4.8: Έλεγχοι τοιχοποιίας στην κρίσιμη περιοχή 6.

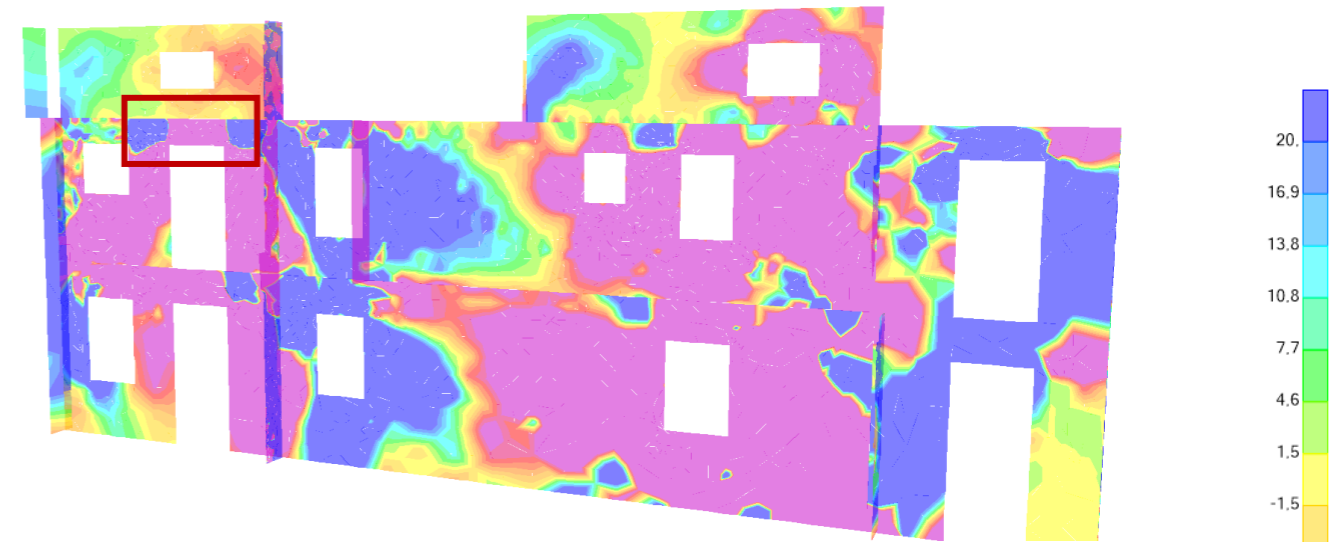
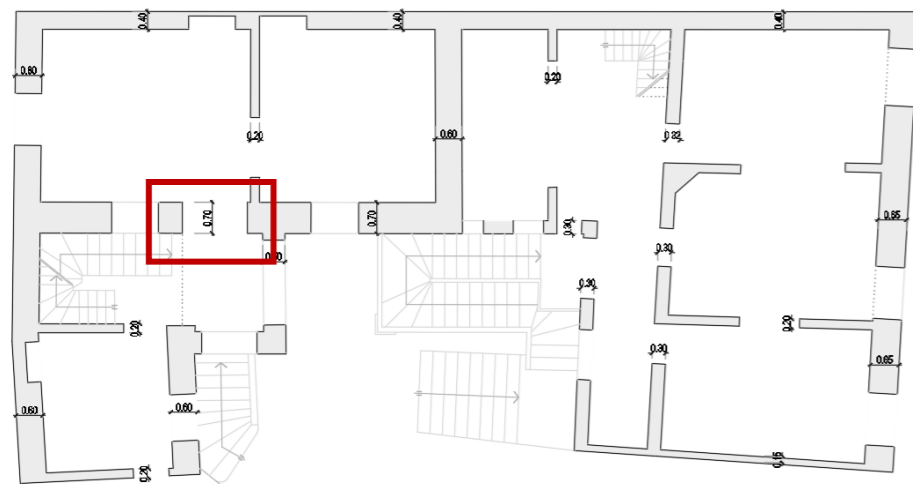
Συμπέρασμα:

Παρόμοια περίπτωση αυξημένης έντασης των εκτός επιπέδου ροπών M11 για το συνδυασμό όπου η κύρια συνιστώσα του σεισμού είναι εγκάρσια στο επίπεδο του τοίχου παρουσιάζεται και κοντά στη σύνδεση των εγκάρσιων τοίχων από οπτόπλινθους. Η κατακόρυφη ρωγμή που απεικονίζεται οφείλεται στην ανωτέρω καταπόνηση.

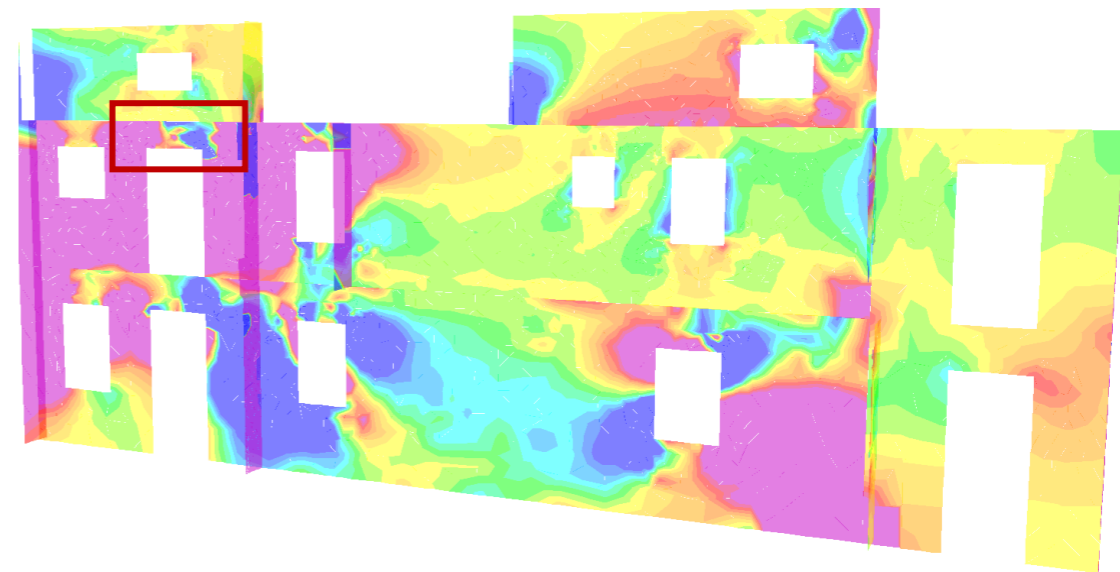
Κρίσιμη Περιοχή 7:



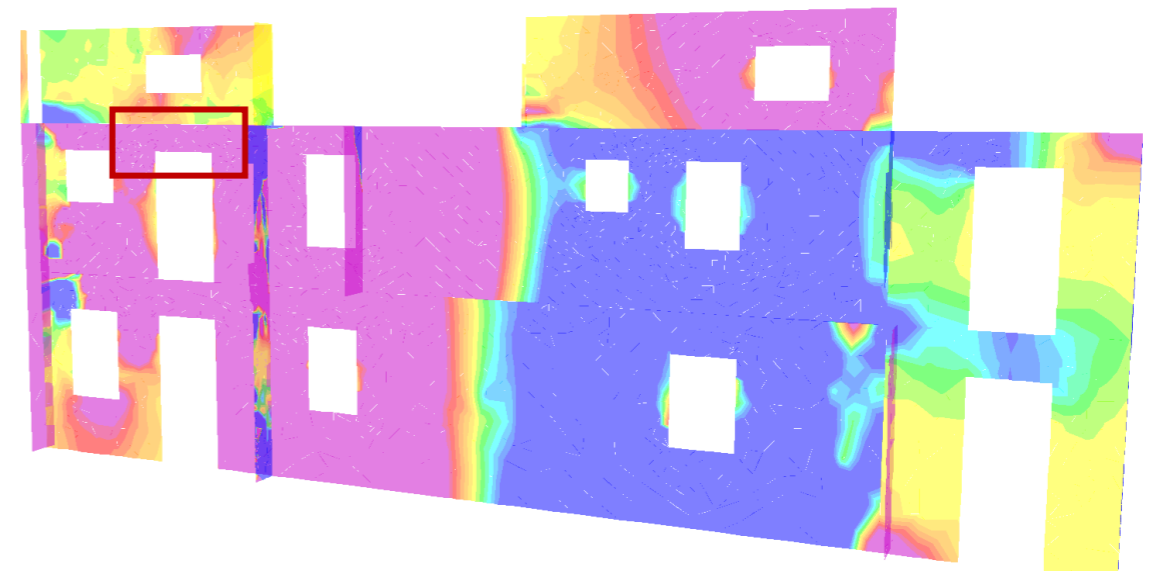
Εικόνα 4.15: Περιοχή ελέγχου σε υπέρθυρο στον όροφο.



1. Κατανομή δυνάμεων F_{12} (kN/m)



2. Κατανομή M_{22} (kNm/m)



3. Κατανομή M_{11} (kNm/m)

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ							
ΠΕΡΙΟΧΗ	σο (kPa)	L (m)	tw (m)	L' (m)	Vv (kN)	Vsd (kN)	ΕΛΕΓΧΟΣ
7	145,71	0,40	0,70	0,05	1,98	15,57	ΑΣΤΟΧΕΙ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΚΑΜΨΗ - ΠΑΡΑΛΛΗΛΟ ΣΤΟΥΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥΣ ΑΡΜΟΥΣ							
ΠΕΡΙΟΧΗ	σο (kPa)	L (m)	fd (kPa)	tw (m)	MRd (kNm)	Msd (kNm)	ΕΛΕΓΧΟΣ
7	145,71	0,40	1340,00	0,70	12,73	3,00	ΕΠΑΡΚΕΙ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΚΑΜΨΗ - ΚΑΘΕΤΟ ΣΤΟΥΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥΣ ΑΡΜΟΥΣ							
ΠΕΡΙΟΧΗ	fwt (kPa)	L (m)	MRd (kNm/m)	σtw (kPa)	tw (m)	ftd / σtw	ΕΛΕΓΧΟΣ
7	145,71	0,40	1,33	16,29	0,70	6,14	ΕΠΑΡΚΕΙ

Πίνακας 4.9: Έλεγχοι τοιχοποιίας στην κρίσιμη περιοχή 7.

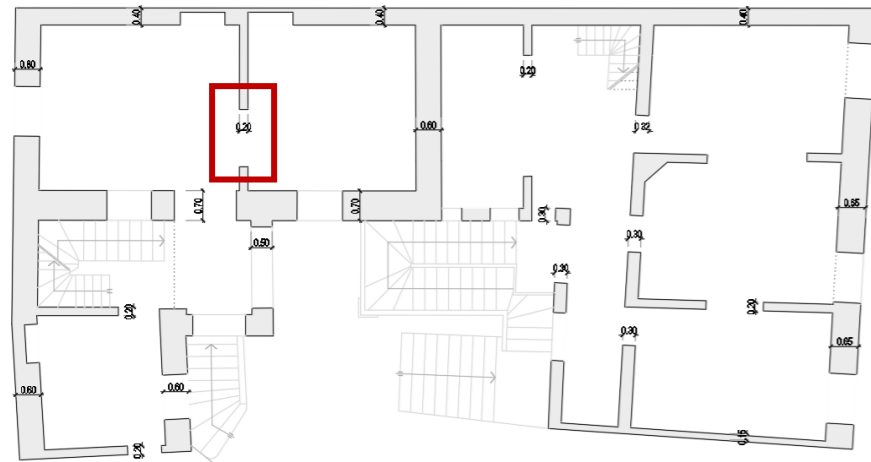
Συμπέρασμα:

Η αστοχία έναντι διατμητικών δυνάμεων στις ακμές του υπερθύρου, οδηγεί στη δημιουργία διαγώνιων ρωγμών σε αυτές καθώς και στην αδυναμία του υπερθύρου να παραλάβει τα φορτία του ανωτέρου ορόφου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την διαμόρφωση κατακόρυφης ρωγμής στο μέσο του υπερθύρου, με το άνοιγμά της να απομειώνεται καθ' ύψος του υπερθύρου.

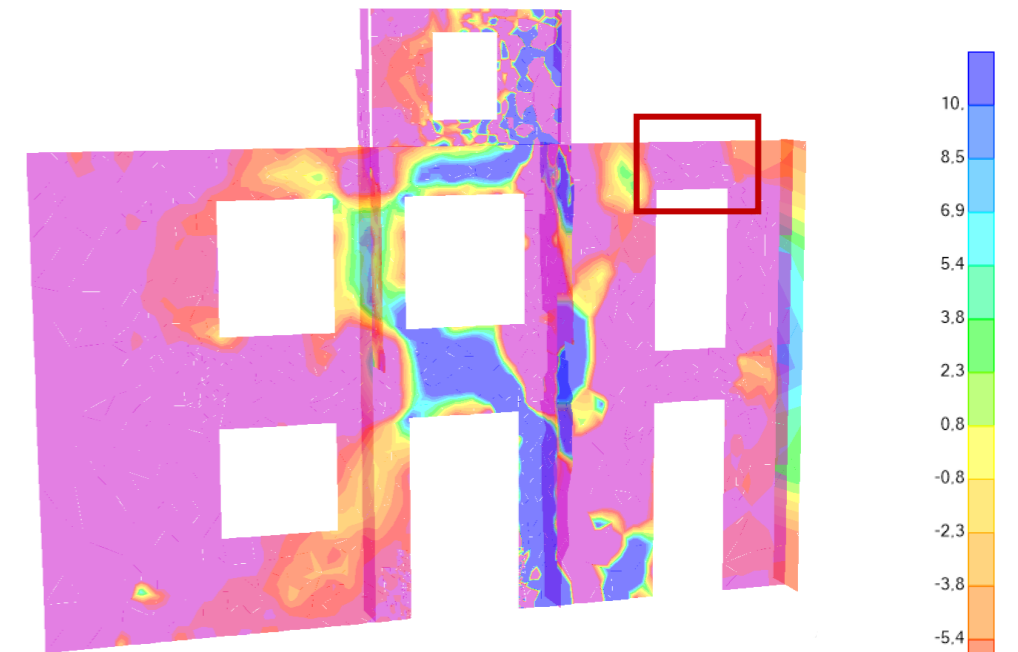
Κρίσιμη Περιοχή 8:



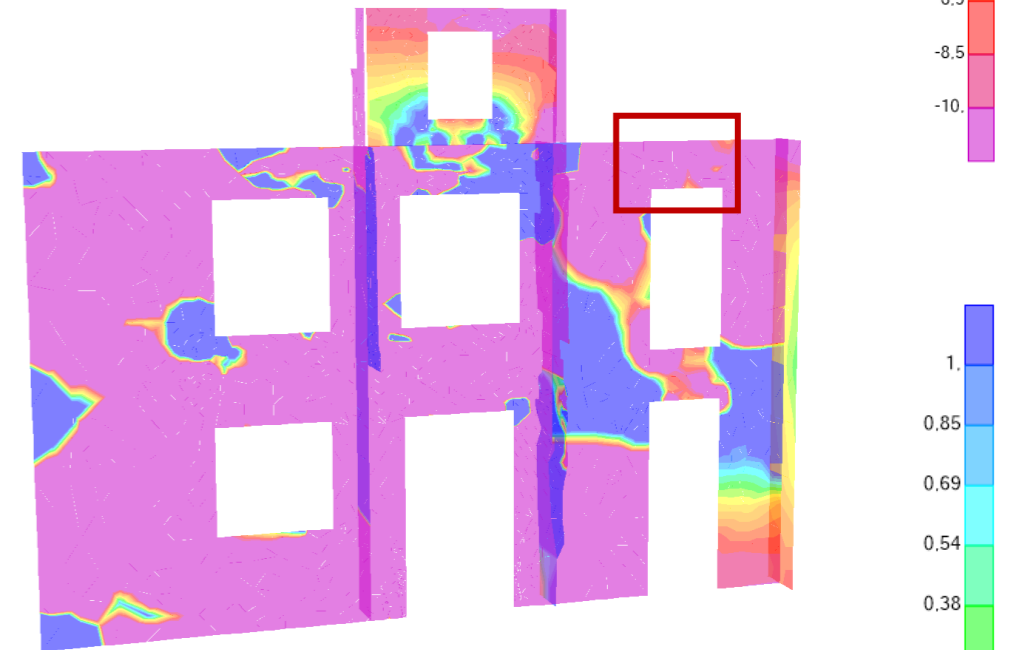
Εικόνα 4.16: Περιοχή ελέγχου σε υπέρθυρο στον όροφο.



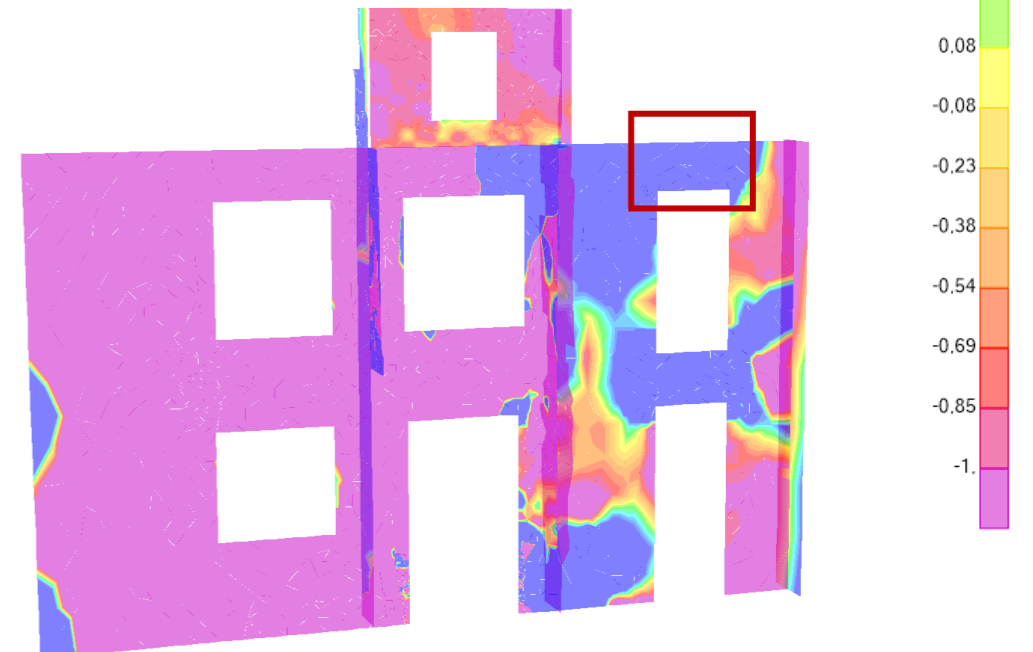
1. Κατανομή δυνάμεων F_{12} (kN/m)



2. Κατανομή M_{22} (kNm/m)



3. Κατανομή M_{11} (kNm/m)



ΠΕΡΙΟΧΗ	σο (kPa)	L (m)	tw (m)	L' (m)	Vv (kN)	Vsd (kN)	ΕΛΕΓΧΟΣ
8	36,00	0,80	0,60	0,80	8,12	4,55	ΕΠΑΡΚΕΙ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΚΑΜΨΗ - ΠΑΡΑΛΛΗΛΟ ΣΤΟΥΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥΣ ΑΡΜΟΥΣ							
ΠΕΡΙΟΧΗ	σο (kPa)	L (m)	fd (kPa)	tw (m)	MRd (kNm)	Msd (kNm)	ΕΛΕΓΧΟΣ
8	36,00	0,80	1340,00	0,60	5,04	1,64	ΕΠΑΡΚΕΙ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΚΑΜΨΗ - ΚΑΘΕΤΟ ΣΤΟΥΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥΣ ΑΡΜΟΥΣ							
ΠΕΡΙΟΧΗ	fwt (kPa)	L (m)	MRd (kNm/m)	σtw (kPa)	tw (m)	ftd / σtw	ΕΛΕΓΧΟΣ
8	100,00	0,80	15,64	260,67	0,60	0,38	ΑΣΤΟΧΕΙ

Πίνακας 4.10: Έλεγχοι τοιχοποιίας στην κρίσιμη περιοχή 8.

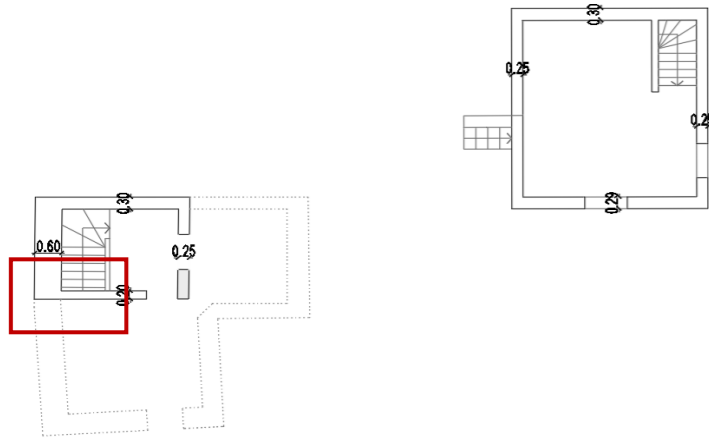
Συμπέρασμα:

Η ρωγμή στο υπέρθυρο του ορόφου οφείλεται στην εκτός επιπέδου ροπή κάθετη στους οριζόντιους αρμούς σε συνδυασμό με την διατμητική καταπόνηση. Οι συγκεκριμένοι έλεγχοι επιβεβαιώνονται και από το γεγονός ότι η ρωγμή ξεκινάει κατακόρυφα από το υπέρθυρο και παρεκκλίνει όσο πλησιάζει την οροφή. Σε αντίθεση με την κρίσιμη περιοχή 1, η ρωγμή είναι κατακόρυφη πάνω από το υπέρθυρο διότι δεν υπάρχει κάποιο ξύλινο στοιχείο για να διακόπτει ή να εμποδίζει τη συγκεκριμένη πορεία.

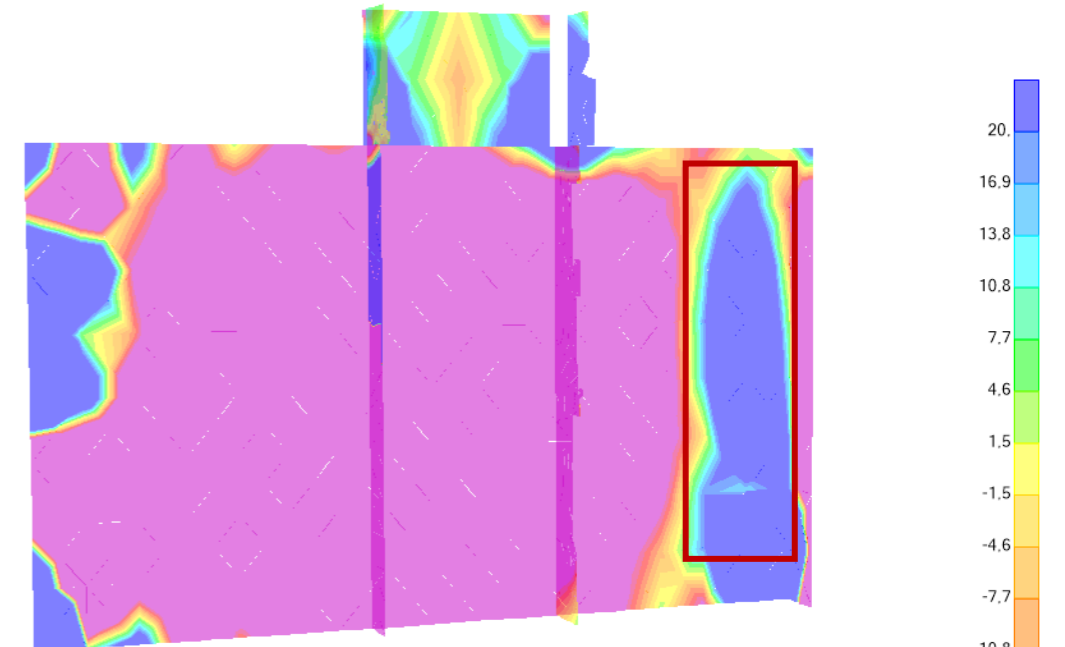
Κρίσιμη Περιοχή 9:



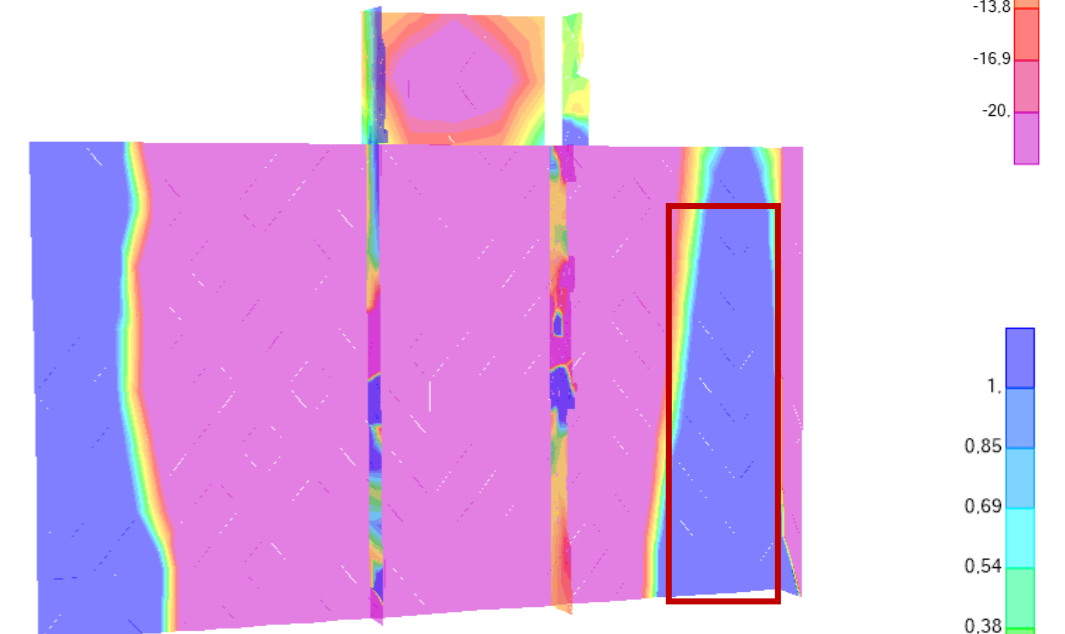
Εικόνα 4.17: Περιοχή ελέγχου σε εξωτερικό τοίχο του δώματος.



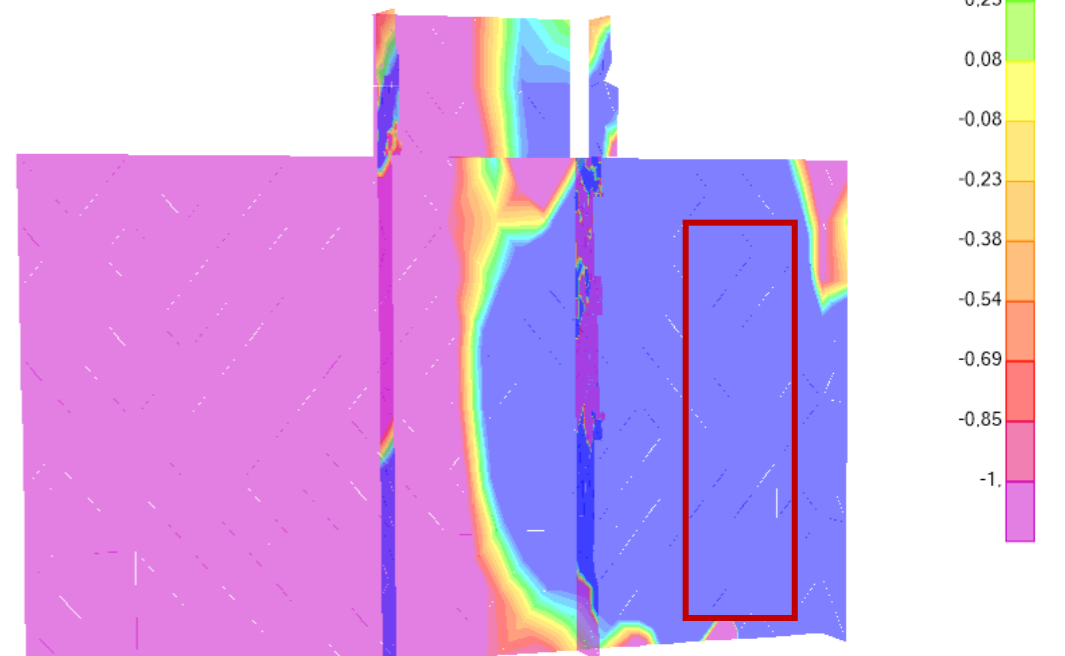
1. Κατανομή δυνάμεων F_{12} (kN/m)



2. Κατανομή M_{22} (kNm/m)



3. Κατανομή M_{11} (kNm/m)



ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ							
ΠΕΡΙΟΧΗ	σ_o (kPa)	L (m)	tw (m)	L' (m)	Vv (kN)	Vsd (kN)	ΕΛΕΓΧΟΣ
9	59,08	0,40	0,20	0,45	7,48	22,74	ΑΣΤΟΧΕΙ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΚΑΜΨΗ - ΠΑΡΑΛΛΗΛΟ ΣΤΟΥΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥΣ ΑΡΜΟΥΣ							
ΠΕΡΙΟΧΗ	σ_o (kPa)	L (m)	fd (kPa)	tw (m)	MRd (kNm)	Msd (kNm)	ΕΛΕΓΧΟΣ
9	59,08	0,45	820,00	0,20	0,49	0,09	ΕΠΑΡΚΕΙ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΚΑΜΨΗ - ΚΑΘΕΤΟ ΣΤΟΥΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥΣ ΑΡΜΟΥΣ							
ΠΕΡΙΟΧΗ	fwt (kPa)	L (m)	Ms (kNm/m)	σ_{tw} (kPa)	tw (m)	ftd / σ_{tw}	ΕΛΕΓΧΟΣ
9	100,00	1,15	1,64	246,00	0,20	0,41	ΑΣΤΟΧΕΙ

Πίνακας 4.11: Έλεγχοι τοιχοποιίας στην κρίσιμη περιοχή 9.

Συμπέρασμα:

Όπως ήταν αναμενόμενο από την πορεία ανάπτυξης της ρωγμής, η ρωγμή οφείλεται σε συνδυασμό διατμητικής καταπόνησης και εκτός επιπέδου ροπής, παράλληλη στον οριζόντιο αρμό.

Στη συνέχεια πραγματοποιούνται έλεγχοι έναντι θλίψης που πραγματοποιήθηκαν στις προαναφερθείσες περιοχές για το συνδυασμό οριακής κατάστασης αστοχίας 1,35G+1,5Q.

Σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα, οι κρίσιμες περιοχές που ελέγχθηκαν επαρκούν σε θλίψη για στατικά φορτία. Εξαιρέση αποτελεί η περιοχή 7.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΘΛΙΨΗ						
ΠΕΡΙΟΧΗ	N (kN/m)	σ_ο (kPa)	L (m)	tw (m)	f_{wc} (kPa)	ΕΛΕΓΧΟΣ
1	9,48	22,57	0,6	0,7	1380	ΕΠΑΡΚΕΙ
2	113,08	269,24	0,6	0,7	1380	ΕΠΑΡΚΕΙ
3	220,00	178,86	2,05	0,6	1340	ΕΠΑΡΚΕΙ
4	72,23	300,96	0,4	0,6	1340	ΕΠΑΡΚΕΙ
5	23,78	198,17	0,6	0,2	820	ΕΠΑΡΚΕΙ
6	27,84	198,86	0,7	0,2	820	ΕΠΑΡΚΕΙ
7	105,00	525,00	0,4	0,2	820	ΕΠΑΡΚΕΙ
8	16,63	69,29	0,4	0,6	1340	ΕΠΑΡΚΕΙ
9	28,42	90,51	1,57	0,2	820	ΕΠΑΡΚΕΙ

Πίνακας 4.12: Έλεγχοι κρίσιμων περιοχών έναντι θλίψης.

4.11 Συμπέρασμα

Ως γενικό συμπέρασμα των ανωτέρω ελέγχων είναι η ταύτιση των ρωγμών που αποτυπώθηκαν στο κτίριο με εκείνες του προσομοιώματος. Ταυτόχρονα, επιβεβαιώθηκαν τα αίτια αστοχίας ρωγμών, συμβάλλοντας με αυτό τον τρόπο στη διαμόρφωση των αντίστοιχων ενισχύσεων. Ως απόρροια των αναλύσεων, παρατηρείται ότι το μνημείο σε αρκετές περιοχές ελέγχου απειλούνται κυρίως από διάτμηση και ροπή εκτός επιπέδου εγκάρσια στους αρμούς και λιγότερο από ροπή εκτός επιπέδου παράλληλα στους αρμούς.

Στις περιοχές όπου παρατηρούνται μεγάλες τιμές κατακόρυφων εκτός επιπέδου ροπών είναι τα υπέρθυρα και οι παρειές των εγκάρσιων τοίχων καθώς και κατά μήκος των τοίχων. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι δεν υπάρχει ισχυρό διάφραγμα στην κάθε στάθμη. Επομένως, ο εκάστοτε εξεταζόμενος τοίχος να συμπεριφέρεται σαν κατακόρυφη πλάκα με ελεύθερο το πάνω άκρο του και συνεπώς να παρατηρούνται μεγαλύτερες παραμορφώσεις με την καθ' ύψος απομάκρυνση από το πακτωμένο τμήμα του.

Κατά τη διάρκεια των σεισμικών διεγέρσεων οι τοίχοι του κτιρίου, οι οποίοι βρίσκονται παράλληλα στη διεύθυνση του σεισμού καλούνται να σηκώσουν το βάρος της αντίστασης σε αυτόν με αποτέλεσμα να καταπονούνται από μεγάλες διατμητικές δυνάμεις. Οι περιοχές στις

οποίες εντοπίστηκαν διατμητικές αστοχίες ήταν οι περιοχές των ανωφλιών σε τοίχους λιθοδομής καθώς και κατά μήκος των τοίχων που βρίσκονταν κοντά σε ανοίγματα.

Οι προσπάθειες διερεύνησης των μέτρων αποκατάστασης θα στοχεύσουν επομένως στη μείωση της εντός επιπέδου διάτμησης μέσω ενίσχυσης των μηχανικών χαρακτηριστικών της τοιχοποιίας καθώς και στην εισαγωγή διαφράγματος για τον περιορισμό των εκτός επιπέδου παραμορφώσεων του κτιρίου.

5. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ

Στόχος της μελέτης του κτιρίου είναι η αποτίμηση και η αποκατάστασή του, έτσι ώστε να επαναλειτουργήσει ως χώρος συνάθροισης κοινού και φιλοξενίας. Σε αυτό το κεφάλαιο πραγματοποιείται εφαρμογή επεμβάσεων για την αύξηση της αντοχής του κτιρίου σύμφωνα με τις νέες απαιτήσεις καθώς και άρση των αιτιών που δημιούργησαν τις υφιστάμενες βλάβες.

Πριν από την οποιαδήποτε εφαρμογή των επεμβάσεων, θα προηγηθεί η αποξήλωση των επιχρισμάτων από τη φέρουσα τοιχοποιία, αρμολόγημα τοιχοποιίας στις περιοχές που έχει γίνει έκλυση κονιάματος καθώς έμφραξη και σφράγιση των ρωγμών.

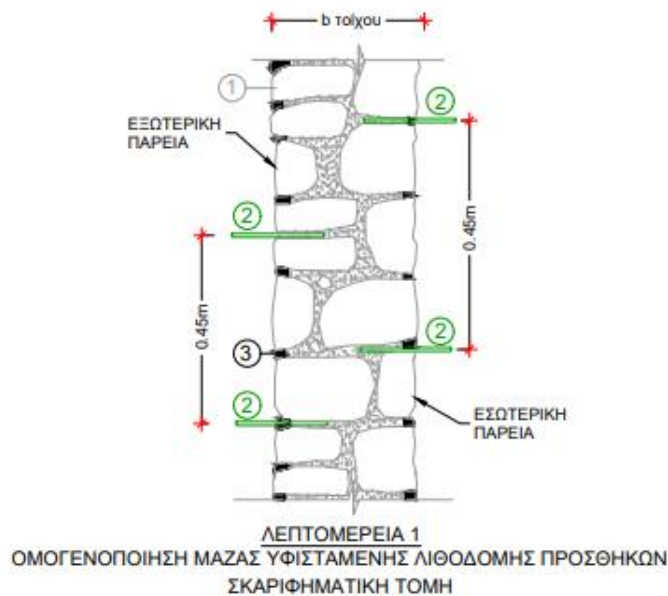
5.1. ΕΝΕΜΑΤΑ ΜΑΖΑΣ

Αρχικά, προβλέπεται καθολική ομογενοποίηση όλων των λιθοδομών με την εφαρμογή τριμερούς ενέματος (τσιμέντο, υδράσβεστος και ποζολάνη) με θλιπτική αντοχή $f_{gr,c}=10\text{MPa}$. Η παραπάνω εργασία θα εξασφαλίσει τη δυνατότητα εγκατάστασης μηχανισμών μεταφοράς έντασης μεταξύ των δομικών μελών της κατασκευής, διότι σήμερα έχουν παύσει ουσιαστικά να συνεργάζονται στατικά και αντισεισμικά.

Λόγω του μεγάλου πάχους των λιθοδομών (40 έως 70 cm) τα ενέματα θα γίνουν και από τις δύο όψεις της λιθοδομής, όπου αυτό είναι εφικτό.

Οι δοκιμαστικοί έλεγχοι θα αποδείξουν την πλήρωση των κενών, σύμφωνα με τις ισχύουσες σήμερα φόρμες. Θα χρησιμοποιηθεί ένεμα υψηλής διεισδυτικότητας σε κάνναβο 45 x 45 cm.

Με τα ενέματα ομογενοποίησης της τοιχοποιίας, θα επιτευχθεί σημαντική βελτίωση των αντοχών της. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται σχηματικά η ανωτέρω διαδικασία, η οποία θα πρέπει να συνοδεύει τα σχέδια ενίσχυσης του κτιρίου.



Σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ (§8.9.5.1) η νέα θλιπτική αντοχή της δίστρωτης τοιχοποιίας μετά την ομογενοποίηση υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$f_{wc,f} = f_{wc,0} + \Delta f_0 + \lambda n f_{gc}$$

Όπου:

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

n : ο λόγος του όγκου του εισαγόμενου ενέματος ως προς το συνολικό όγκο του κονιάματος. Συνιστάται το ένεμα να μην λαμβάνεται μεγαλύτερο από το 30% του κονιάματος : $n < 0.3$

f_{gc} : θλιπτική αντοχή ενέματος

$\Delta f_0 = f_0 / (1 + 1 / (10n))$: λόγω των ενεμάτων μειώνεται η ακανονιστία και ανομοιογένεια της δόμησης που οφείλεται στον βαθμό λάξευσης των λίθων και επομένως απαιτείται μείωση του συντελεστή f_0 .

f_0 : συντελεστής (σε MPa), ο οποίος λαμβάνει υπ' όψη τον βαθμό λάξευσης των λίθων και παίρνει τις ακόλουθες τιμές 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, ο οποίος λαμβάνεται ίσος με 0,50 για τραχείς λίθους και ίσος με 0,1 για πολύ λείους λίθους. Η παραμορφωσιακή ικανότητα της ενισχυμένης τοιχοποιίας είναι πρακτικώς ίση με αυτή πριν την επέμβαση.

Η θλιπτική αντοχή των τρίστρωτων τοίχων μετά την ομογενοποίηση υπολογίζεται από τη σχέση:

$$f_{wc,f} = f_{wc,o} \left[1 + 1,25 \frac{V_i \sqrt{f_{gr,c}}}{V_w f_{wc,o}} \right]$$

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

V_i : ο όγκος του τοίχου μεταξύ των δύο εξωτερικών παρειών

V_w : ο όγκος της τοιχοποιίας

Παρακάτω παρουσιάζονται οι πίνακες των θλιπτικών αντοχών των τοίχων του κτιρίου μετά την ομογενοποίησή τους.

Πάχος τοιχοποιίας t	40,00	cm
Θλιπτική Αντοχή Λίθου f_b	26,50	MPa
Θλιπτική Αντοχή Κονιάματος f_m	1,10	MPa
f_{gc}	10,00	MPa
Συντελεστής λ	0,3	
Συντελεστής n	0,20	
f_o	0,75	
Δf_o	0,50	
Χαρακτ. Θλιπ. Αντοχή Τοιχοπ. f_{wc}	4,08	MPa
Εφελκ. αντοχή λιθοδομής f_{wt}	0,16	MPa
Μέτρο ελαστικότητας $E1 (=1000 \times f_{cw})$	4080	MPa

Εικόνα 5.1: Μηχανικά χαρακτηριστικά δίστρωτης λιθοδομής πάχους 40cm, μετά την ενίσχυση.

Πάχος τοιχοποιίας t	60,00	cm
Θλιπτική Αντοχή Λίθου f_b	26,50	MPa
Θλιπτική Αντοχή Κονιάματος f_m	1,10	MPa
f_{gc}	10,00	MPa
Όγκος τοίχου/όγκο τοιχοποιίας V_i/V_w	0,4	
Χαρακτ. Θλιπ. Αντοχή Τοιχοπ. f_{wc}	2,92	MPa
Εφελκ. αντοχή λιθοδομής f_{wt}	0,16	MPa
Μέτρο ελαστικότητας $E1 (=1000 \times f_{cw})$	2921	MPa

Εικόνα 5.2: Μηχανικά χαρακτηριστικά τρίστρωτης λιθοδομής πάχους 60cm, μετά την ενίσχυση.

Πάχος τοιχοποιίας t	70,00	cm
Θλιπτική Αντοχή Λίθου f_b	26,50	MPa
Θλιπτική Αντοχή Κονιάματος f_m	1,10	MPa
f_{gc}	10,00	MPa
Όγκος τοίχου/όγκο τοιχοποιίας V_i/V_w	0,33	
Χαρακτ. Θλιπ. Αντοχή Τοιχοπ. f_{wc}	2,68	MPa
Εφελκ. αντοχή λιθοδομής f_{wt}	0,16	MPa
Μέτρο ελαστικότητας $E_1 (=1000 \times f_{cw})$	2684	MPa

Εικόνα 5.3: Μηχανικά χαρακτηριστικά τρίστρωτης λιθοδομής πάχους 70cm, μετά την ενίσχυση.

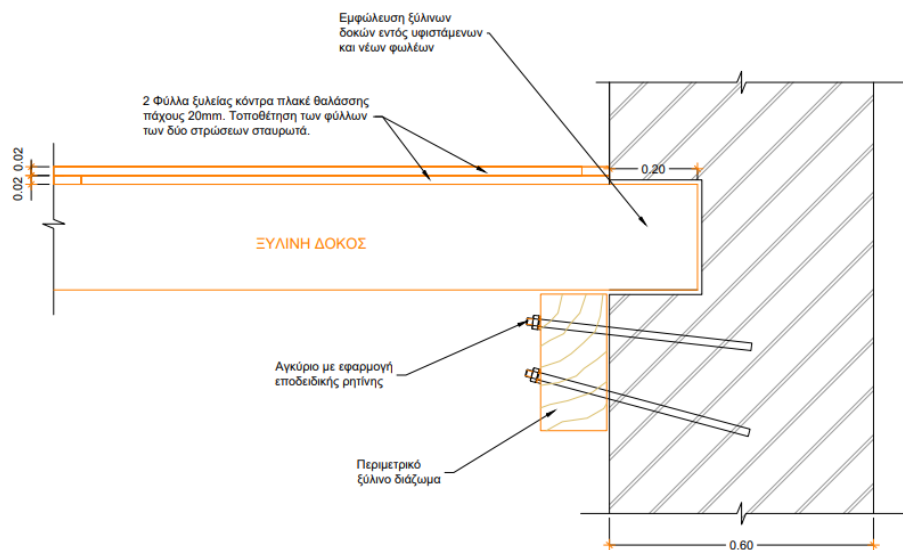
5.2 ΑΝΑΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΑΤΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Προτείνεται η ανακατασκευή των πατωμάτων, ακολουθώντας τον αρχικό τρόπο δόμησής τους, με σκοπό την ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας του κτιρίου. Η ενίσχυση αυτή εξασφαλίζει την καλύτερη συνεργασία των πατωμάτων με την τοιχοποιία για την ομοιόμορφη κατανομή των φορτίων καθώς και τον περιορισμό της εκτός επιπέδου ταλάντωσης των τοίχων.

Πριν από την οποιαδήποτε εργασία, θα πρέπει να αποξηλωθούν τα υπάρχοντα ξύλινα δοκάρια που έχουν αποσθρωθεί και να αντικατασταθούν από νέα συμβατικής ξυλείας. Η κακή κατάσταση των όλων υφιστάμενων ξύλινων στοιχείων των πατωμάτων δεν επιτρέπει την χρήση ή την ενίσχυσή τους.

Για την περαιτέρω ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας, προτείνεται η κατασκευή φωλέων εντός του πάχους της τοιχοποιίας, με βάθος έμπηξης περί τα 20cm, στο οποίο θα εισέρχονται οι νέες ξύλινες δοκοί. Ταυτόχρονα, προτείνεται η κατασκευή περιμετρικού ξύλινου διαζώματος, ώστε να εξασφαλίζεται η απαραίτητη σύνδεση των διαφραγμάτων με τους υποκείμενους τοίχους.

Όπως απεικονίζεται στην παρακάτω λεπτομέρεια, το ξύλινο διάζωμα θα κατασκευαστεί στο κάτω μέρος της ξύλινης εντός του πάχους της τοιχοποιίας. Το διάζωμα συμβάλλει στη ενίσχυση της στήριξης της ξύλινης δοκού καθώς και στην καλύτερη σύνδεση της με την τοιχοποιία, επομένως θα πρέπει να αγκυρωθεί με κατάλληλα αγκύρια στην τοιχοποιία και με κοχλίες στις ξύλινες δοκούς. Στη συνέχεια, θα τοποθετηθούν φύλλα κόντρα πλακέ, τοποθετημένα σταυρωτά και καρφωμένα απευθείας στις κύριες ξύλινες δοκούς ή επάνω σε καδρόνια. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται κατασκευαστική λεπτομέρεια του νέου πατώματος.



Εικόνα 5.4: Λεπτομέρεια ανακατασκευής πατώματος.

5.3 ΑΝΑΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΤΕΓΗΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Προτείνεται ανακατασκευή των στεγών, ανάλογη με την αποτύπωση της υφιστάμενης που έχει καταρρεύσει. Τα ξύλινα δοκάρια που έχουν απομείνει θα καθαιρεθούν και θα αντικατασταθούν με νέα. Στη συνέχεια θα ενσωματωθεί θερμομόνωση και υγρομόνωση και θα τοποθετηθεί επικάλυψη είτε με κεραμίδια είτε με αντίστοιχες πέτρινες πλάκες, διαμορφώνοντας έτσι ένα προσβάσιμο δώμα και διατηρώντας τον αρχικό αρχιτεκτονικό χαρακτήρα των στεγών.

Η διαδικασία της ανακατασκευής είναι ίδια με των πατωμάτων, μέσω κατασκευής φωλέων εντός της τοιχοποιίας και κατάλληλη σύνδεση των ξύλινων δοκών με τους υποκείμενους τοίχους, μέσω περιμετρικού ξύλινου διαζώματος.

5.4 ΛΙΘΟΣΥΡΡΑΦΗ

Η επαρκής σύνδεση μεταξύ των εγκάρσιων τοίχων αποτελεί προϋπόθεση για την αποφυγή τοπικών μηχανισμών αστοχίας καθώς και για την ευνοϊκότερη μεταφορά των φορτίων στην κατασκευή.

Προτείνεται η μέθοδος της λιθοσυρραφής για τη σύνδεση των εγκάρσιων τοίχων, η οποία προηγείται των παρακάτω ενισχύσεων στην τοιχοποιία.

Συγκεκριμένα, θα καθαιρεθούν λιθοσώματα από τον κάθε εγκάρσιο τοίχο και αντικατάστασή του με νέα και πλήρωση των κενών με συμβατό κονίαμα. Προτείνεται η επανάληψη της διαδικασίας ανά 0,5-1,0m καθ' ύψος και στις δύο παρειές του τοίχου.

5.5 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ ΜΕ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ

Όλες οι ανωτέρω προτεινόμενες επεμβάσεις εφαρμόστηκαν στο μοντέλο του ενισχυμένου κτιρίου στο πρόγραμμα SAP2000.

Συγκεκριμένα:

- Η ενίσχυση της τοιχοποιίας με ενέματα πραγματοποιήθηκε με τροποποίηση των ιδιοτήτων της ήδη υπάρχουσας λιθοδομής σύμφωνα με τα νέα μηχανικά χαρακτηριστικά της.
- Η στήριξη των ξύλινων δοκών της στέγης και των πατωμάτων τροποποιήθηκε σε πάκτωση, ενώ ταυτόχρονα τοποθετήθηκε η πρώτη στρώση των ξύλινων πλακών εγκάρσια στις ξύλινες δοκούς. Η δεύτερη και τελική στρώση του πατώματος τοποθετήθηκε υπό γωνία 45° , σε σχέση με τη διαμήκη κατεύθυνση των σανίδων της πρώτης στρώσης.
- Δεσμεύτηκαν οι γωνίες των εσωτερικών τοίχων με τους περιμετρικούς του κτιρίου, επιτυγχάνοντας έτσι τη σύνδεσή

τους και την κοινή λειτουργία τους κατά τη σεισμική καταπόνηση του κτιρίου.

5.5.1. Φορτία κατασκευής

- Τα ίδια βάρη της τοιχοποιίας και των ραβδωτών στοιχείων ορίστηκαν στις ιδιότητες των εισαχθέντων υλικών στο πρόγραμμα. Επιπρόσθετα, υπολογίστηκαν τα μόνιμα φορτία που ελήφθησαν υπόψη είναι το ίδιο βάρος του φέροντα οργανισμού καθώς και η επικάλυψη των δαπέδων με φορτίο $2,0\text{kN/m}^2$.
- Τα κινητά φορτία προέκυψαν από τη μελλοντική χρήση του κτιρίου και σύμφωνα με τις κατηγορίες του κανονισμού. Η κατηγορία χρήσης του κτιρίου είναι C1, λόγω διαμόρφωσης χώρων ως χώροι εστίασης και υποδοχής κοινού καθώς και χώρος αναγνωστηρίου. Επομένως, το κινητό φορτίου που επιβλήθηκε είναι $q=3,0\text{ kN/m}^2$.
- Για τις στέγες, λήφθηκε επιβαλλόμενο κινητό φορτίο $q=0,5\text{kN/m}^2$, σύμφωνα με την κατηγορία H του κανονισμού για οροφές προσιτές μόνο για κανονική συντήρηση και επισκευή.

5.6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

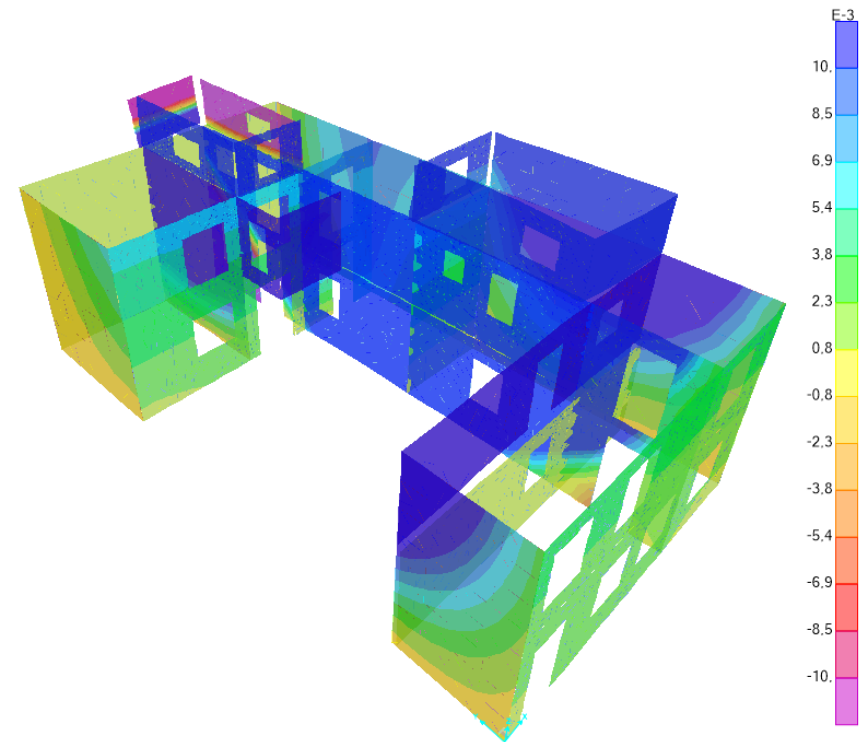
Κατόπιν ιδιομορφικής ανάλυσης στο ενισχυμένο κτίριο, παρατηρείται μείωση των ιδιοπεριόδων του, με σημαντικότερη μείωση κατά τη διεύθυνση Υ. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ενίσχυση των πατωμάτων και των στεγών που περιλαμβάνουν ξύλινες δοκούς τοποθετημένες εγκάρσια στη διεύθυνση Υ, συνέβαλαν στην σύνδεση των τοίχων παράλληλων κατά τη διεύθυνση Υ, άρα και στην καλύτερη συμπεριφορά του κτιρίου κατά αυτή τη διεύθυνση.

Οι κύριες ιδιομορφές του κτιρίου είναι οι ακόλουθες:

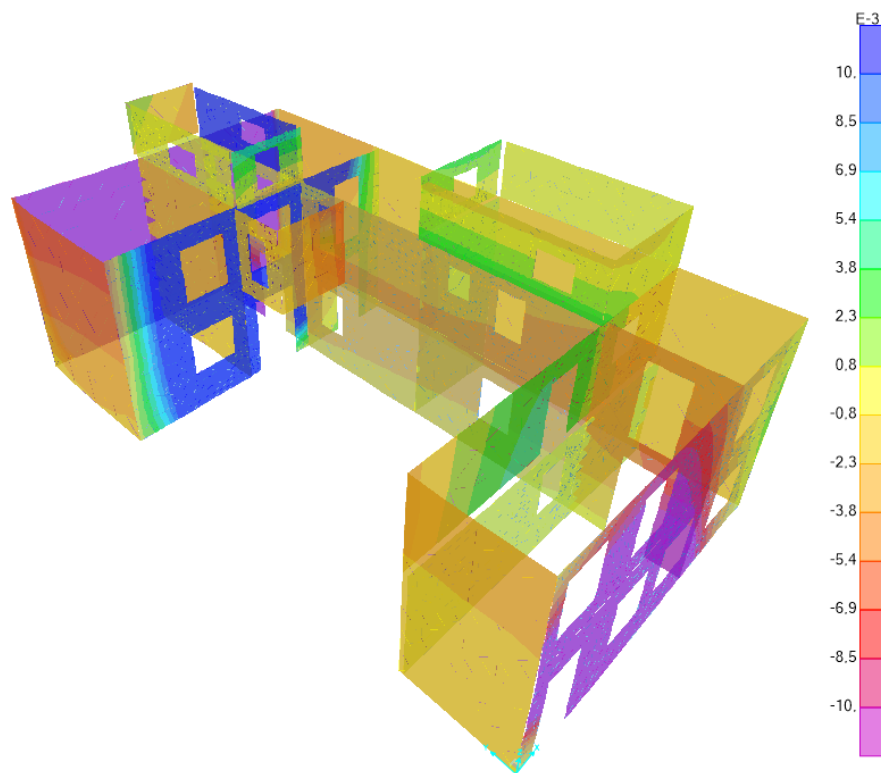
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	ΙΔΙΟΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΡΩΣΑΣ ΙΔΙΟΜ. ΜΑΖΑΣ
X	0,49 sec	36%
Υ	0,29 sec	42%

Πίνακας: Κύριες ιδιομορφές του κτιρίου για κάθε διεύθυνση.

Οι εικόνες που παρουσιάζονται παρακάτω απεικονίζουν τις παραμορφώσεις του κτιρίου κατά τις θεμελιώδεις ιδιομορφές.



Εικόνα 5.5: Παραμόρφωση κτιρίου λόγω της κύριας ιδιομορφής κατά τη διεύθυνση X.



Η αύξηση της δυσκαμψίας του κτηρίου κατά τις δύο διευθύνσεις είναι ευνοϊκή, όχι μόνο ως προς τη μείωση των μετακινήσεων, αλλά και ως προς τα σεισμικά φορτία που δέχεται η κατασκευή.

Κατά τη φάση της ενίσχυσης, η τιμή του δείκτη συμπεριφοράς q^* του κτιρίου για στάθμη επιτελεστικότητας Β και για πιθανότητα υπέρβασης εντός 50 ετών, προκύπτει από τον Πίνακα Π4.1 του ΚΑΔΕΤ, όπως παρουσιάζεται παρακάτω. Η τιμή που προκύπτει ισούται με $q^*=1,60$.

ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΥΠΕΡΒΑΣΕΩΣ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ 50 – ΕΤΙΑΣ	ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ		
	Άμεση χρήση μετά τον σεισμό (Α)	Προστασία ζωής (Β)	Αποφυγή κατάρρευσης (Γ)
10 %	= 1,65	1,00	= 0,70
50 %	= 1,00	0,60	= 0,45

Πίνακας Π4.1: Τιμές του όρου $agR:q^*$ για την τέμνουσα βάσεως, με τιμή αναφοράς που αντιστοιχεί σε στάθμη επιτελεστικότητας (Β) και πιθανότητα υπερβάσεως 10% εντός της 50-ετίας.

Εικόνα 5.6: Παραμόρφωση κτιρίου λόγω της κύριας ιδιομορφής κατά τη διεύθυνση

Υ.

Από EC-8, για έδαφος κατηγορίας B: $S=1,2$ $T_B=0,15$, $T_C=0,50$ και $T_D=2,00$.

Άρα, για $T_B < T_C < T_D$ χρησιμοποιείται η σχέση:

$$S_d(T) = \gamma_I * a_{gR} * S * (2,5/q)$$

Όπου:

- $\gamma_I=1,00$ συντελεστής σπουδαιότητας, για σπουδαιότητα Σ2
- $a_{gR}=0,16g$ Μέγιστη σεισμική οριζόντια επιτάχυνση εδάφους
- $S=1,20$ συντελεστής εδάφους, για έδαφος B
- και $q=1,60$

Άρα, προκύπτει ότι $S_{dy}=0,10g$.

Αντίστοιχα, για T_x χρησιμοποιείται η παραπάνω σχέση και από αντικατάσταση των δεδομένων προκύπτει ότι: $S_{dx}=0,15g$.

Οι συνδυασμοί των δράσεων για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας (βασικοί και τυχηματικοί συνδυασμοί) γίνονται σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς και με τους αντίστοιχους συντελεστές συνδυασμού των μεταβλητών δράσεων ψ_i .

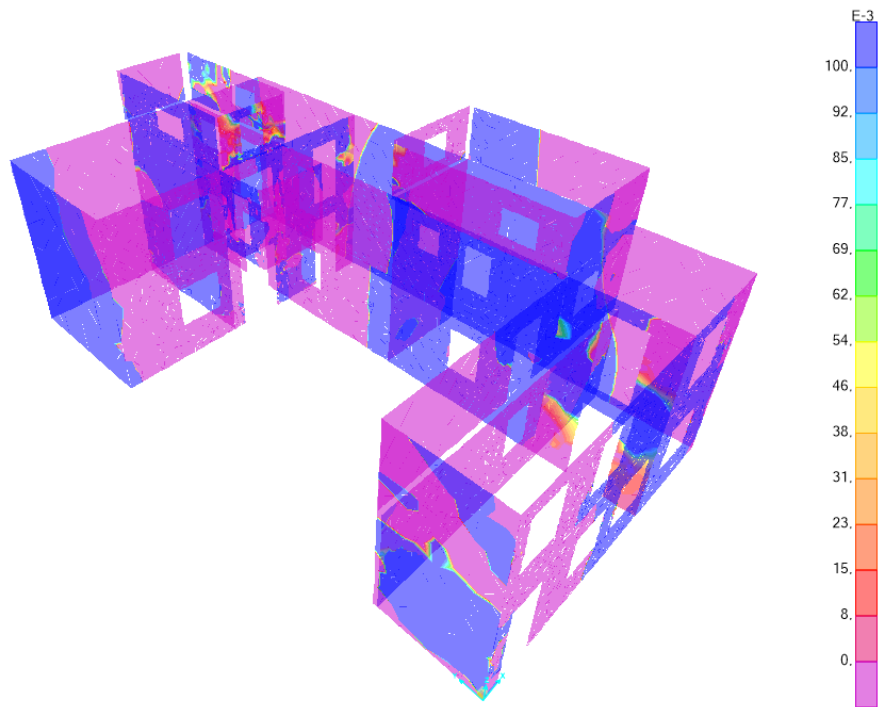
Επομένως, οι σεισμικοί συνδυασμοί για τους οποίους θα γίνει η ανάλυση του κτιρίου και θα ελεγχθεί η επάρκειά του, λαμβάνοντας υπόψη τη χωρική επαλληλία των σεισμικών δράσεων, είναι οι ίδιοι που είχαν οριστεί και κατά τη φάση της αποτίμησης.

Τα νέα μεγέθη των σεισμικών επιταχύνσεων εισάγονται στο προσομοίωμα και πραγματοποιείται ισοδύναμη στατική ανάλυση για τους σεισμικούς συνδυασμούς.

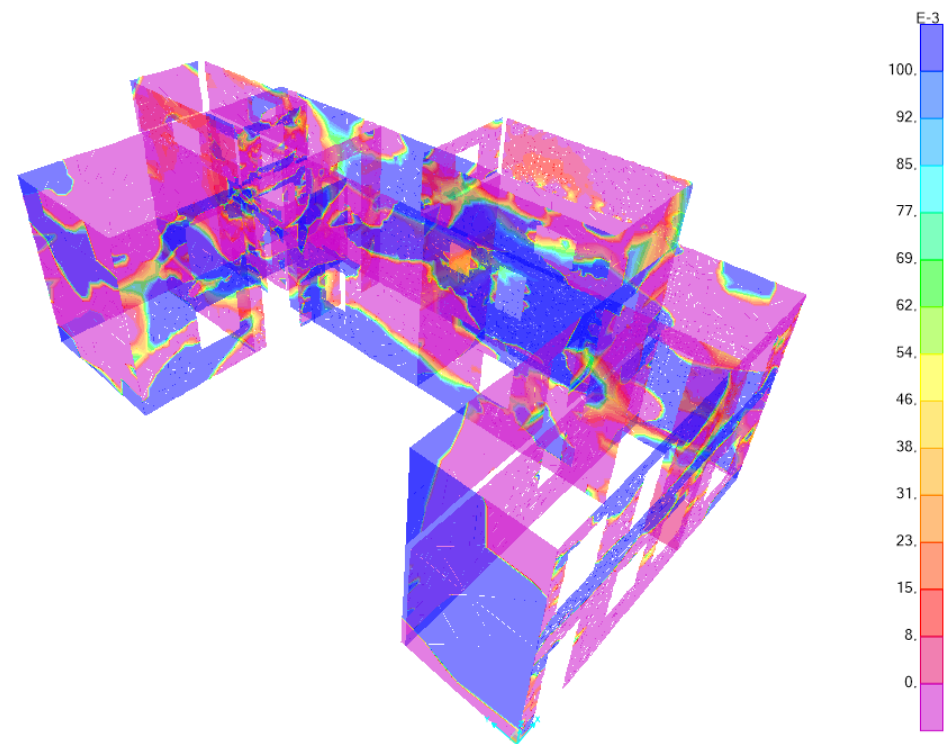
5.7 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΙΣΟΔΥΝΑΜΗΣ ΕΛΑΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Στην ακόλουθη ενότητα θα πραγματοποιηθούν οι έλεγχοι σε διάτμηση και ροπή εκτός επιπέδου. Αρχικά, παρουσιάζεται η κατανομή των εντατικών μεγεθών πριν και μετά την επέμβαση στο σύνολο του κτιρίου. Σημειώνεται ότι μετά την εφαρμογή των ενεμάτων η τοιχοποιία θεωρείται πλέον συμπαγής, επομένως οι έλεγχοι γίνονται τώρα για όλο το πάχος της τοιχοποιίας.

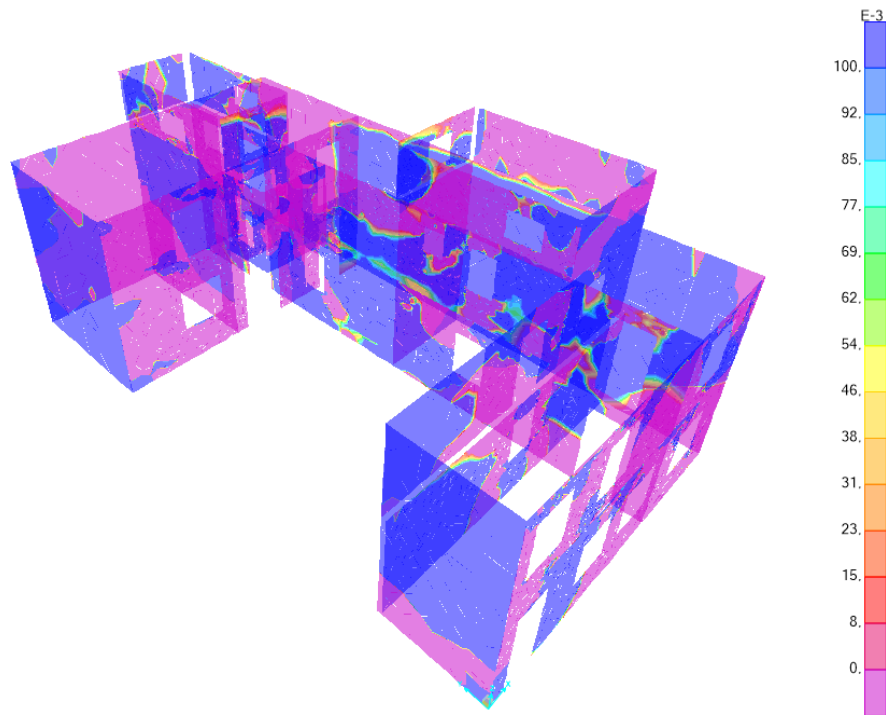
Οι έλεγχοι πραγματοποιήθηκαν στις περιοχές που ελέγχθηκαν κατά την αποτίμηση και αποτελούν τις πιο κρίσιμες του κτιρίου.



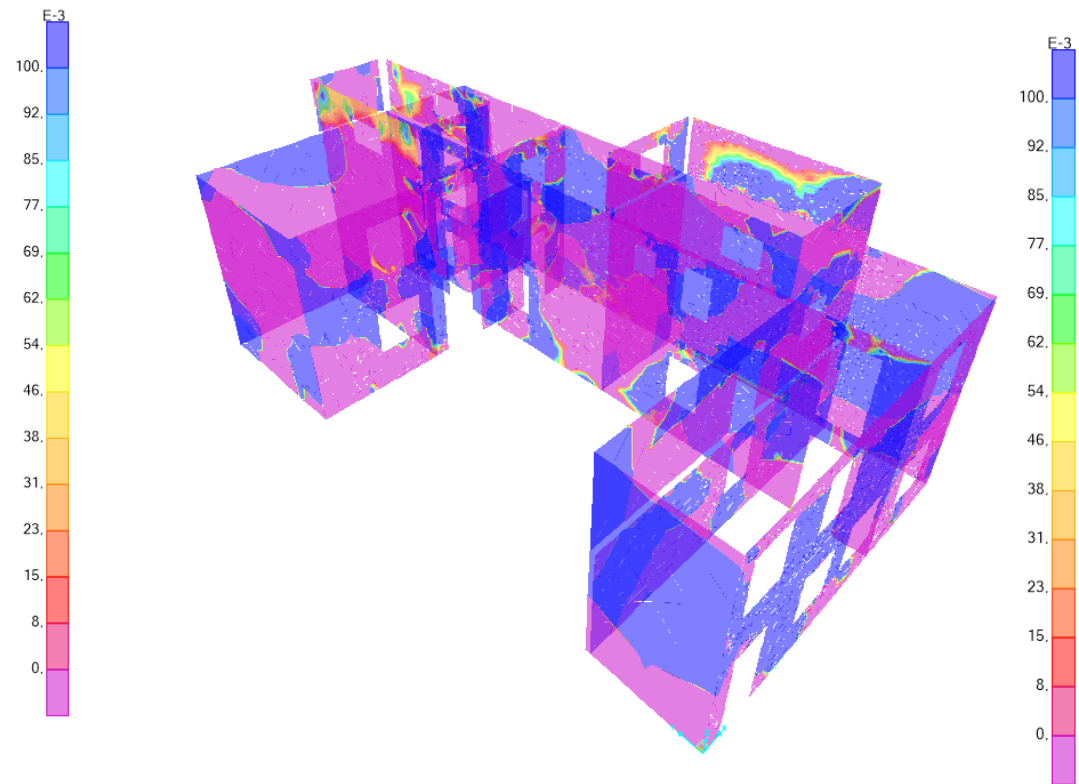
Εικόνα 5.7: Κατανομή M11 σε όλο το κτίριο, πριν την ενίσχυση.



Εικόνα 5.8: Κατανομή M11 σε όλο το κτίριο, μετά την ενίσχυση.



Εικόνα 5.9: Κατανομή M22 σε όλο το κτίριο, πριν την ενίσχυση.



Εικόνα 5.10: Κατανομή M22 σε όλο το κτίριο, μετά την ενίσχυση.

Σημαντικότερη μείωση παρατηρείται στην κατανομή των ροπών εκτός επιπέδου M22 παράλληλες στους οριζόντιους αρμούς. Οι αναπτυσσόμενες ροπές μειώθηκαν λόγω του συνδυασμού της ομογενοποίησης μαζί με την προσθήκη διαφραγματικής λειτουργίας στο κτίριο. Ταυτόχρονα, η νέα μορφή της κατανομής των ροπών εκτός επιπέδου M11 κάθετες στους οριζόντιους αρμούς επαληθεύει τη λειτουργία ενίσχυσης του διαφράγματος. Γενικότερα οι αναπτυσσόμενες ροπές οφειλόμενες στην εκτός επιπέδου κάμψη μειώθηκαν με την αύξηση της διαφραγματικής λειτουργίας της στέγης και των πατωμάτων.

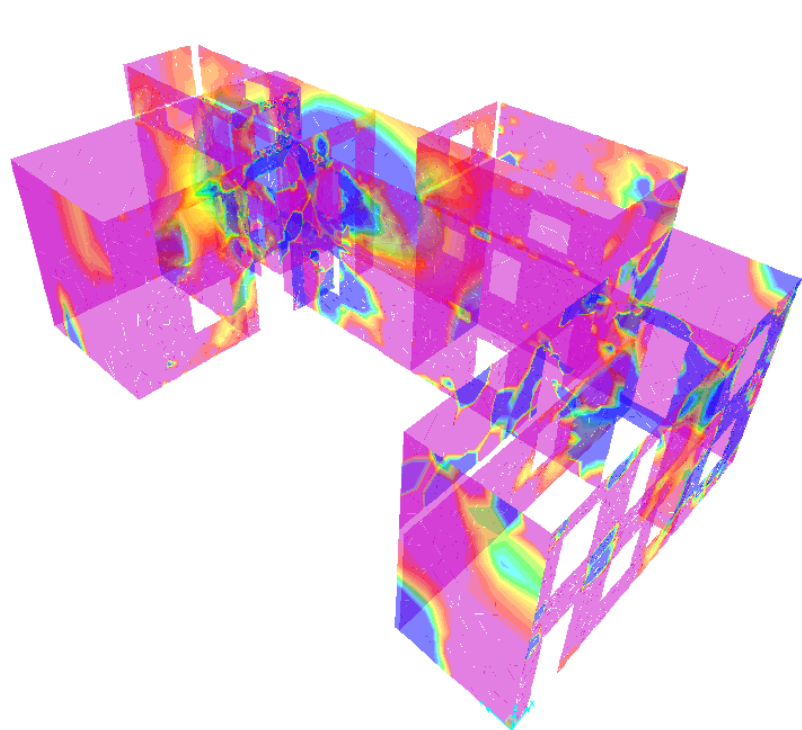
Με την αποκατάσταση της σύνδεσης των εσωτερικών τοίχων με τους περιμετρικούς σε συνδυασμό με την ύπαρξη πλέον διαφραγματικής λειτουργίας, η τοιχοποιία δεν καταπονείται πλέον τόσο έντονα με τιμές καμπτικών ροπών κοντά στα όριά της. Ωστόσο, συνεχίζεται να παρατηρείται σχεδόν η ίδια καταπόνηση στους περιμετρικούς τοίχους που δεν επηρεάζονται τόσο έντονα από τις ανωτέρω ενισχύσεις.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΚΑΜΨΗ - ΠΑΡΑΛΛΗΛΟ ΣΤΟΥΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥΣ ΑΡΜΟΥΣ						
ΠΕΡΙΟΧΗ	N (kN/m)	fc (kPa)	tw (m)	MRd (kNm)	Msd (kNm)	ΕΛΕΓΧΟΣ
1	35,16	2680,00	0,70	11,15	0,22	ΕΠΑΡΚΕΙ
2	36,32	2680,00	0,70	12,30	0,45	ΕΠΑΡΚΕΙ
3	477,00	2920,00	0,60	130,11	3,58	ΕΠΑΡΚΕΙ
4	124,09	2920,00	0,60	34,72	0,87	ΕΠΑΡΚΕΙ
5	32,45	820,00	0,20	2,17	0,07	ΕΠΑΡΚΕΙ
6	10,74	820,00	0,20	1,01	0,19	ΕΠΑΡΚΕΙ
7	40,32	2920,00	0,60	11,72	1,17	ΕΠΑΡΚΕΙ
8	15,13	2920,00	1,60	31,58	0,09	ΕΠΑΡΚΕΙ
9	4,19	820,00	0,20	0,41	0,11	ΕΠΑΡΚΕΙ

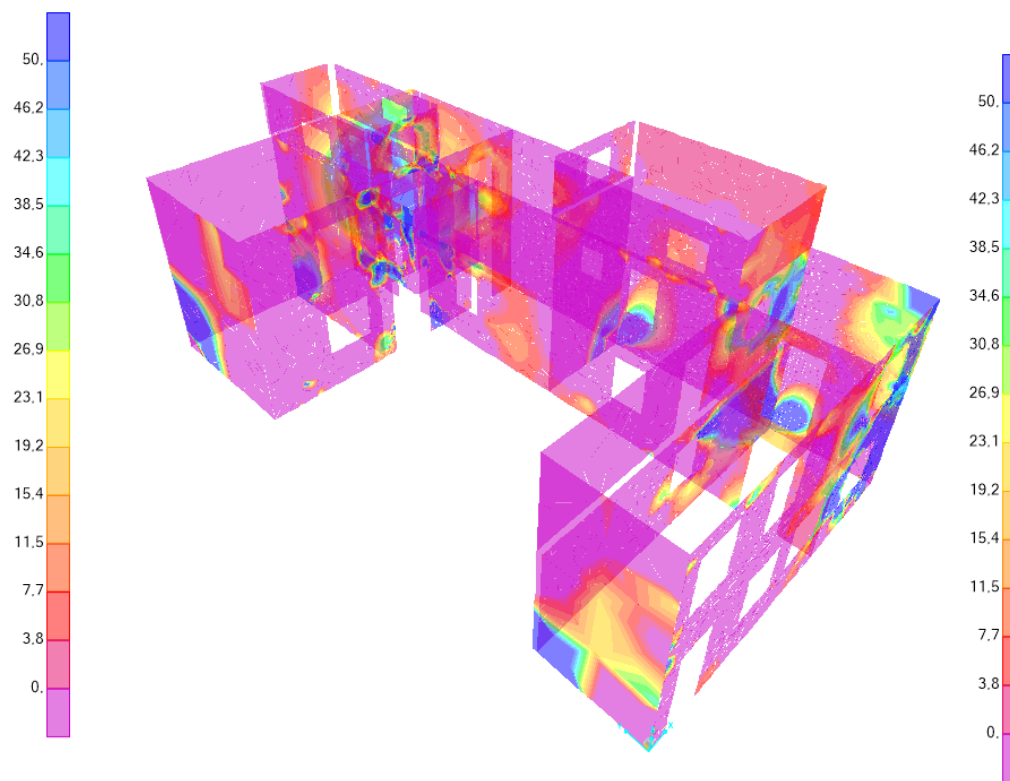
Πίνακας 5.1: Έλεγχος κρίσιμων περιοχών για καταπόνηση σε εκτός επιπέδου ροπές παράλληλες στους οριζόντιους αρμούς, μετά την ενίσχυση.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΚΑΜΨΗ - ΚΑΘΕΤΟ ΣΤΟΥΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥΣ ΑΡΜΟΥΣ						
ΠΕΡΙΟΧΗ	fwt	Ms (kNm/m)	σtw	tw (m)	ftd / σtw	CHECK
1	100,00	0,28	2,40	0,70	41,67	ΕΠΑΡΚΕΙ
2	100,00	1,25	10,71	0,70	9,33	ΕΠΑΡΚΕΙ
3	100,00	1,27	12,70	0,60	7,87	ΕΠΑΡΚΕΙ
4	100,00	1,28	12,80	0,60	7,81	ΕΠΑΡΚΕΙ
5	100,00	0,13	3,90	0,20	25,64	ΕΠΑΡΚΕΙ
6	100,00	0,13	3,90	0,20	25,64	ΕΠΑΡΚΕΙ
7	100,00	0,65	6,50	0,60	15,38	ΕΠΑΡΚΕΙ
8	100,00	0,02	0,20	0,60	500,00	ΕΠΑΡΚΕΙ
9	100,00	0,06	1,68	0,20	59,52	ΕΠΑΡΚΕΙ

Πίνακας 5.2: Έλεγχος κρίσιμων περιοχών για καταπόνηση σε εκτός επιπέδου ροπές κάθετες στους οριζόντιους αρμούς, μετά την ενίσχυση.



Εικόνα 5.11: Κατανομή F12 σε όλο το κτίριο, πριν την ενίσχυση.



Εικόνα 5.12: Κατανομή F12 σε όλο το κτίριο, μετά την ενίσχυση.

Όσον αφορά την εντός επιπέδου τέμνουσα, η επιρροή των ενεμάτων είναι εμφανής στις περιοχές των ανωφλιών και υπερθύρων. Η αύξηση της εφελκυστικής αντοχής της τοιχοποιίας μέσω της εφαρμογής ενεμάτων είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της αντοχής της τοιχοποιίας και με αυτό τον τρόπο την επάρκεια αρκετών υπερθύρων και ανωφλιών που αστοχούσαν πριν τις επεμβάσεις. Επιπρόσθετα, η σύνδεση των εγκάρσιων τοίχων μέσω λιθοστραφής συμβάλλει στην μείωση της διατμητικής καταπόνησης του κτιρίου.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν στις κρίσιμες περιοχές του κτιρίου κατά την αποτίμηση. Όλες οι περιοχές διαθέτουν επάρκεια μετά το σύνολο των επεμβάσεων.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ						
ΠΕΡΙΟΧΗ	N (kN/m)	tw (m)	fv (kPa)	Vv (kN)	Vsd (kN)	ΕΛΕΓΧΟΣ
1	35,16	0,70	100,56	14,08	2,04	ΕΠΑΡΚΕΙ
2	36,32	0,70	34,69	14,57	4,01	ΕΠΑΡΚΕΙ
3	477,00	0,60	106,10	190,98	145,03	ΕΠΑΡΚΕΙ
4	124,09	0,60	78,89	49,70	51,22	ΕΠΑΡΚΕΙ
5	32,45	0,20	108,27	12,99	7,84	ΕΠΑΡΚΕΙ
6	10,74	0,20	20,56	4,32	4,52	ΕΠΑΡΚΕΙ
7	40,32	0,60	35,94	15,09	4,77	ΕΠΑΡΚΕΙ
8	15,13	0,60	25,32	10,63	3,38	ΕΠΑΡΚΕΙ
9	4,19	0,20	8,08	1,70	0,30	ΕΠΑΡΚΕΙ

Πίνακας 5.3: Έλεγχος κρίσιμων περιοχών για διατμητική καταπόνηση, μετά την ενίσχυση.

5.8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Γενικά, οι επεμβάσεις παρατηρείται να αυξάνουν έντονα την αντοχή του κτιρίου σε περιοχές όπου συνδέονται οι τοίχοι μέσω του διαφράγματος της κάθε στάθμης καθώς και με τους εσωτερικούς τοίχους. Οι περιμετρικοί που εφάπτονται με τα όμορα κτίρια καθώς και η όψη του κτιρίου επί της Θησέως φαίνεται να μην έχουν επηρεαστεί έντονα από τις επεμβάσεις.

Οι επεμβάσεις οι οποίες προτάθηκαν κρίνονται ως ικανές να θωρακίσουν το κτήριο έναντι δυναμικών καταπονήσεων. Συγκεκριμένα, η εφαρμογή των ενεμάτων αυξάνει την αντοχή της τοιχοποιίας και εξασφαλίζει την καλύτερη συνεργασία κονιάματος – φυσικών λίθων. Ακολούθως η σύνδεση της στέγης με την περιμετρική τοιχοποιία και η προσθήκη διαφράγματος έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της διαφραγματικής λειτουργίας της στέγης και των πατωμάτων. Οι τάσεις κατανέμονται ομοιόμορφα στις τοιχοποιίες, περιορίζεται η ανάπτυξη εφελκυστικών τάσεων, ενώ η εκτός επιπέδου καμπτική ένταση κάθετα στους αρμούς του κονιάματος δεν κρίνεται πλέον κρίσιμη.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το υπό μελέτη κτίριο βρίσκεται σε ένα από τα κεντρικότερα σημεία της Αθήνας. Πρόσφατα, έγινε ο χαρακτηρισμός του κτιρίου ως μνημείο από τη Διεύθυνση Αναστήλωσης, Μουσείων και Τεχνικών Έργων του Υπουργείου Πολιτισμού και είναι δείγμα της εποχής του Εκλεκτικισμού με έντονο νεοκλασικό χαρακτήρα και υπολογίζεται ότι κατασκευάστηκε πριν από το 1917.

6.1 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ

Ο φέρων οργανισμός του κτιρίου είναι κατασκευασμένος από φέρουσα τοιχοποιία και τα πάχη της τοιχοποιίας ποικίλλουν ανάλογα το είδος της υλικού που χρησιμοποιήθηκε για την δόμησή της, είτε με λίθους ή οπτόπλινθους. Περιλαμβάνει ξύλινα πατώματα και στέγη, ενώ την όψη του κτιρίου διακοσμεί μια μαρμάρινη κολώνα μπροστά από την κεντρική είσοδο.

Το κτίριο είναι εν μέρει εγκαταλελειμμένο και όπως είναι φυσικό έχει υποστεί σημαντικές ζημιές. Ως προς τις φθορές, τα πατώματα του κτιρίου έχουν μερικώς καταστραφεί ενώ οι στέγες έχουν καταρρεύσει. Επιπρόσθετα, υπάρχουν έντονες αποφλοιώσεις επιχρισμάτων σχεδόν σε όλους τους εσωτερικούς τοίχους του κτιρίου.

Κατόπιν αυτοψίας, παρατηρήθηκαν έντονες ρηγματώσεις στα υπέρθυρα και στα ανώφλια των παραθύρων καθώς και διαγώνιες ρωγμές στις γωνίες των τοίχων κτιρίου. Ταυτόχρονα, παρατηρήθηκαν κατακόρυφες ρωγμές τόσο κατά μήκος της λιθοδομής όσο και στις γωνίες των εγκάρσιων τοίχων που είναι κατασκευασμένοι από οπτόπλινθους. Στην όψη του κτιρίου δεν ήταν δυνατή η παρατήρηση ρωγμών καθώς πραγματοποιήθηκε πρόσφατα επέμβαση σε αυτή με νέα επιχρίσματα.

Οι ρωγμές των ανοιγμάτων καθώς και οι διαγώνιες ρωγμές που εντοπίστηκαν στους τοίχους οφείλονται στη διατμητική καταπόνηση των αντίστοιχων περιοχών. Ακόμη, οι κατακόρυφες ρωγμές κατά μήκος των τοίχων είναι αποτέλεσμα των ροπών εκτός επιπέδου ενώ αίτιο της εμφάνισης των ρωγμών και στις δύο πλευρές των εγκάρσιων τοίχων αποτελεί η διατμητική τους καταπόνηση λόγω έλλειψη σύνδεσής τους με τους περιμετρικούς τοίχους κατά τη σεισμική φόρτιση του κτιρίου.

Η ανωτέρω παθολογία οδηγεί στο συμπέρασμα ότι αρκετές φθορές του κτιρίου οφείλονται στην έλλειψη συντήρησης κατά τη χρήση του κτιρίου σε συνδυασμό με τις συνθήκες περιβάλλοντος της κατασκευής.

Τέλος, τονίζεται ότι τα αίτια ανάπτυξης ρωγμών στους τοίχους οφείλονται στη σεισμική φόρτιση του κτιρίου κατά την πάροδο των χρόνων με ταυτόχρονη γήρανση των δομικών υλικών.

Οι ανωτέρω εκτιμήσεις θα επιβεβαιωθούν αρχικά μέσω των αναλύσεων του προσομοιώματος του κτιρίου και των ελέγχων έναντι αστοχίας της τοιχοποιίας.

6.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Η μέθοδος προσομοίωσης της κατασκευής με πεπερασμένα στοιχεία καθώς και η απλουστευμένη θεώρηση ελαστικής συμπεριφοράς της τοιχοποιίας παρείχε με ικανοποιητική ακρίβεια την συμπεριφορά της κατασκευής στην επιβολή εξωτερικών φορτίσεων. Παρατηρήθηκε πλήρης ταύτιση των ρωγμών του κτιρίου με εκείνες του προσομοιώματος. Επίσης, με τις κατανομές των εντατικών μεγεθών, από τα αποτελέσματα της ισοδύναμης ελαστικής ανάλυσης, πραγματοποιήθηκαν οι έλεγχοι έναντι αστοχίας σε κρίσιμες περιοχές μέσω των οποίων επιβεβαιώθηκαν τα αίτια των βλαβών του κτιρίου.

6.3 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Σύμφωνα με την αποτίμηση του κτιρίου και των αναλυτικών ελέγχων κρίνεται αναγκαία η λήψη άμεσων μέτρων ενίσχυσης. Η εφαρμογή ενεμάτων και λιθοσυρραφής μείωσαν κατά πολύ τον κίνδυνο διατμητικής αστοχίας, ενώ η ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας μέσω ανακατασκευής των πατωμάτων και των στεγών βελτίωσαν τη συμπεριφορά του κτιρίου σε ροπές εκτός επιπέδου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΚΑΔΕΤ –Κανονισμός για αποτίμηση και Δομητικές Επεμβάσεις Τοιχοποιίας.
- Σημειώσεις από Ευρωκώδικα 1-Δράσεις επί των κατασκευών
- Σημειώσεις από Ευρωκώδικα 5- Σχεδιασμός Ξύλινων Κατασκευών.
- Σημειώσεις από Ευρωκώδικα 6- Σχεδιασμός κατασκευών από Τοιχοποιία.
- Σημειώσεις από Ευρωκώδικα 8-Αντισεισμικός Σχεδιασμός Κατασκευών Μέρος 1 Γενικοί κανόνες, Σεισμικές Δράσεις, Κανόνες για Κτίρια.
- Βιντζηλαίου Ελισάβετ, Σημειώσεις Μαθήματος Προχωρημένης Μηχανικής Τοιχοποιίας ΕΜΠ,2023.
- Διπλωματική εργασία, Ευφροσύνη Τσιαγά, «Αποτύπωση, Αποτίμηση και προτάσεις επεμβάσεων στο διατηρητέο κτήριο «ΣΤΕΜΜΑ» της οδού Καποδιστρίου 4, στο Αίγιο», με επιβλέπουσα καθηγήτρια την κ. Βιντζηλαίου.
- Διπλωματική εργασία, Καραμπάτσου Μαρία-Πολυξένη, «Στατική και δυναμική ανάλυση της επάρκειας του παλιού καθολικού ναού της ιεράς μονής Αγίας Τριάδας στις Πλαταιές, Ν. Βοιωτίας με χρήση πεπερασμένων στοιχείων», με επιβλέπουσα καθηγήτρια την κ. Βιντζηλαίου.
- Διπλωματική εργασία, Δέσποινα Εμμ. Καρπουζλή, «Συμπεριφορά διαφραγμάτων ιστορικών κατασκευών», με επιβλέπουσα καθηγήτρια την κ. Βιντζηλαίου.
- Διπλωματική εργασία, Δέσποινα Εμμ. Καρπουζλή, «Συμπεριφορά διαφραγμάτων ιστορικών κατασκευών», με επιβλέπουσα καθηγήτρια την κ. Βιντζηλαίου.
- Βιντζηλαίου Ελισάβετ, Καλαγρή Άννα, Μιλτιάδου Αδρονίκη, Ενέματα υδραυλικής ασβέστου για την επισκευή ιστορικών κατασκευών, 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Δομικών Υλικών και Στοιχείων, ΤΕΕ, Αθήνα, 21-23 Μαΐου,2008.
- CSI Reference Manual SAP2000 Berkeley, California: Computers and Structures, Inc.
- Σπυράκος Κ., (2019), Κατασκευές από Τοιχοποιίας – Αποτίμηση & Επεμβάσεις για Σεισμικά Φορτία, Εκδόση Εργονόμος ΙΚΕ, Αθήνα.