



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ, ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΤΟ ΑΡΧΟΝΤΙΚΟ
ΤΑΡΣΟΥΛΗ-ΑΞΕΛΟΥ ΣΤΗΝ ΚΟΡΩΝΗ ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ**

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ Β. ΚΑΠΕΛΙΟΣ

Διπλωματούχος Πολιτικός Μηχανικός

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: **ΒΙΝΤΖΗΛΑΙΟΥ ΕΛΙΣΑΒΕΤ**, ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ Ε.Μ.Π.

ΣΥΜΒΟΥΛΟΣ: **ΜΙΛΤΙΑΔΟΥ ΑΝΔΡΟΝΙΚΗ**, ΕΠΙΚΟΥΡΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2022

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Ωπλισμένου Σκυροδέματος, της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών, του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου (Ε.Μ.Π), υπό την επίβλεψη της Καθηγήτριας, κ. Ελισάβετ Βιντζηλαίου και υπό την συμβουλευτική υποστήριξη της Επίκουρης Καθηγήτριας, κ. Ανδρονίκης Μιλτιάδου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την Καθηγήτρια μου, κ. Ελισάβετ Βιντζηλαίου για την διδασκαλία, την επιστημονική καθοδήγηση και το συνεχές ενδιαφέρον της.

Ιδιαίτερα ευχαριστώ την Επίκουρη Καθηγήτρια, κ. Ανδρονίκη Μιλτιάδου για τις πολύτιμες συμβουλές της, την καθοδήγηση και υποστήριξη καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Ευχαριστώ επίσης, τον Αναπληρωτή Καθηγητή Π. Βασιλάτο και την Ομότιμη Καθηγήτρια Ειρήνη Εφείσιου του Τομέα 4- Συνθέσεις Τεχνολογικής Αιχμής της Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, οι οποίοι μου παρείχαν την αποτύπωση του κτιρίου η οποία έγινε κατά την διάρκεια του εαρινού εξαμήνου του ακαδημαϊκού έτους 2017-18, στο πλαίσιο του μαθήματος Ειδικά Θέματα Οικοδομικής 8ου "ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΜΒΑΣΗ ΣΕ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟ ΚΤΙΣΜΑ" του 8ου εξαμήνου της Σχολής Αρχιτεκτόνων.

Ευχαριστίες οφείλονται επίσης στον Προϊστάμενο της Υπηρεσίας Νεωτέρων Μνημείων και Τεχνικών Έργων Δυτικής Ελλάδας, κ. Γεωργιο Παπανδρέου, Αρχιτέκτονα Μηχανικό και στο Επιστημονικό - Τεχνικό Προσωπικό της, για την συνεργασία και υποστήριξή τους κατά τις επί τόπου ερευνητικές εργασίες.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω το προσωπικό του Εργαστηρίου Ωπλισμένου Σκυροδέματος του Ε.Μ.Π, για την βοήθεια στην φάση εκτέλεση των εργαστηριακών δοκιμών.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δήμο Πύλου – Νέστορος, για την πρόσβαση που μου παρείχε στο υπό μελέτη κτίριο και για την υποστήριξη κατά τις ερευνητικές εργασίες.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία ανήκει στην γενικότερη θεματική περιοχή των ιστορικών λιθόκτιστων κτιρίων. Το αρχοντικό Ταρσούλη – Αξελού, βρίσκεται εντός του ιστορικού οικισμού της Κορώνης του Δήμου Πύλου – Νέστορος και η κατασκευή του κτιρίου τοποθετείται σύμφωνα με πληροφορίες της δημοτικής αρχής, στο έτος 1886. Είναι χαρακτηρισμένο ως έργο τέχνης και αποτελεί εμβληματικό κτίριο του οικισμού της Κορώνης, και χαρακτηριστικό παράδειγμα της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής της περιοχής.

Ως στόχος της εργασίας, ορίζεται η διερεύνηση και η ανασκόπηση των «πρακτικών» σχεδιασμού που υιοθετήθηκαν τους προηγούμενους αιώνες, η πρόταση κατάλληλων επεμβάσεων για την ενίσχυση της κατασκευής με σεβασμό στην αισθητική και τον χαρακτήρα του μνημείου και η υπολογιστική διερεύνηση και τεκμηρίωση αυτών, μέσω των σύγχρονων υπολογιστικών εργαλείων.

Στο πρώτο κεφάλαιο, γίνεται συνοπτική παρουσίαση του χαρακτήρα και των στοιχείων παραδοσιακής αρχιτεκτονικής του οικισμού της Κορώνης και τίθενται οι στόχοι της εργασίας. Συγκεκριμένα, παρατίθενται στοιχεία για τον πολεοδομικό σχεδιασμό του οικισμού και αναλύονται τα αισθητικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά των διαφόρων τύπων κατοικιών που παρατηρούνται.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, γίνεται η γενική περιγραφή της κατασκευής του κτιρίου. Αρχικά, παρατίθενται γενικές πληροφορίες για το υπό μελέτη κτίριο ως προς την θέση, την ιστορικότητα και την σπουδαιότητα του. Στην συνέχεια, με την βοήθεια των αρχιτεκτονικών σχεδίων αποτύπωσης, παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική τεκμηρίωση του κτιρίου, αναλύοντας τον κτιριακό όγκο, τις επιμέρους λειτουργικές ενότητες, τα μορφολογικά και αισθητικά χαρακτηριστικά των όψεων. Τέλος, πραγματοποιείται εκτενής παρουσίαση των φερόντων στοιχείων που απαρτίζουν την κατασκευή, και γίνεται προσπάθεια αναγνώρισης της λειτουργίας τους στην συνολική συμπεριφορά του κτιρίου, και του ρόλου που σχεδιάστηκαν να επιτελέσουν.

Στο τρίτο κεφάλαιο, γίνεται μια προσπάθεια να αναδειχθούν διάφορα δομικά χαρακτηριστικά και παθογένειες της κατασκευής, που θα συμβάλλουν στην πληρέστερη κατανόηση της συμπεριφοράς της, και των ενδεχόμενων κινδύνων όπου αυτή διατρέχει. Επίσης, παρουσιάζονται γενικές φθορές σε φέροντα και μη στοιχεία της κατασκευής, αλλά και αναλυτική καταγραφή των υφιστάμενων ρωγμών των φερόντων τοίχων, μέσω σχεδίων και

φωτογραφικού υλικού, ενώ παράλληλα γίνεται προσπάθεια να αποδοθούν τα αίτια δημιουργίας, η φύση και τα χαρακτηριστικά της κάθε ρωγμής.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται το πρόγραμμα διερευνητικών εργασιών που εκτελέσθηκε, με σκοπό την τεκμηρίωση του κτιρίου. Σε πρώτο στάδιο, έγινε προσπάθεια προσδιορισμού του τρόπου δόμησης των διαφόρων μορφών τοιχοποιίας, τόσο κατά το πάχος, όσο και κατά τις όψεις. Το υπόλοιπο του κεφαλαίου, επικεντρώνεται στις εργαστηριακές δοκιμές που εκτελέσθηκαν στο Εργαστήριο Ωπλισμένου Σκυροδέματος του Ε.Μ.Π, με σκοπό τον προσδιορισμό των μηχανικών χαρακτηριστικών των επιμέρους υλικών που απαρτίζουν τους φέροντες τοίχους. Τα αποτελέσματα των δοκιμών σε συνδυασμό με τον τρόπο δόμησης των τοιχοποιιών, οδήγησαν στον προσδιορισμό των μηχανικών τους χαρακτηριστικών.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, περιγράφεται η επιλεγόμενη μέθοδος προσομοίωσης και οι παραδοχές που ελήφθησαν όσον αφορά τα υλικά, τις στηρίξεις και τις συνδέσεις των φερόντων στοιχείων. Τέλος, παρουσιάζεται το υπολογιστικό προσομοίωμα, όπως προέκυψε στην φάση της αποτίμησης.

Το έκτο κεφάλαιο, αναφέρεται στην επιλεγείσα μέθοδο ανάλυσης, στα φορτία που δρουν επί της κατασκευής και στους συνδυασμούς φόρτισης για τους οποίους ελέγχεται το υπό μελέτη κτίριο.

Στο έβδομο κεφάλαιο, παρατίθενται σχηματικά και υπολογιστικά τα αποτελέσματα της ανάλυσης, τόσο σε όρους μετακινήσεων, όσο και σε όρους δυνάμεων, και πραγματοποιείται σχολιασμός επί των αποτελεσμάτων. Στην συνέχεια, γίνεται ο διαχωρισμός των φερόντων στοιχείων της κατασκευής που πρόκειται να ελεγχθούν ως προς την επάρκεια τους, και τους αποδίδεται μοναδική ονομασία, ώστε να υπάρχει σαφέστερη εποπτεία των αποτελεσμάτων. Τέλος, αναλύονται οι διάφορες μορφές αστοχίας για τις οποίες ελέγχονται τα φέροντα στοιχεία, και παρουσιάζονται σχηματικά οι έλεγχοι επάρκειας της υφιστάμενης κατασκευής, στην φάση της αποτίμησης.

Το όγδοο κεφάλαιο, επικεντρώνεται στις προτεινόμενες τεχνικές επεμβάσεων και ενισχύσεων επί του κτιρίου, με σεβασμό στην ιστορική, αρχιτεκτονική, καλλιτεχνική και κοινωνική αξία του. Οι επεμβάσεις αφορούν τόσο σε ενίσχυση μεμονομένων στοιχείων, αλλά και σε συστημικές επεμβάσεις που αυξάνουν την φέρουσα ικανότητα και δυσκαμψία της κατασκευής στο σύνολο της.

Στο ένατο κεφάλαιο, γίνεται περιγραφή της μεθόδου και των παραδοχών προσομοίωσης του ενισχυμένου φορέα, καθώς και των φορτίων που ασκούνται επ' αυτού.

Στο δέκατο κεφάλαιο, παρατίθενται σχηματικά και υπολογιστικά τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε όρους μετακινήσεων και πραγματοποιείται σχολιασμός επί των αποτελεσμάτων. Τέλος, παρουσιάζονται σχηματικά οι έλεγχοι επάρκειας της ενισχυμένης κατασκευής ανά στοιχείο, και εξάγονται συμπεράσματα ως προς την αποτελεσματικότητα των προτεινόμενων ενισχύσεων και την καθολική επάρκεια του κτιρίου.

ABSTRACT

The present thesis belongs to the general thematic area of historic stone masonry buildings. The mansion of Tarsoulis - Axelou, is located within the historical settlement of Koroni in the Municipality of Pylos - Nestoros and the construction of the building is placed, according to information from the municipal authorities, in the year 1886. It is classified as a work of art and is an emblematic building of the settlement of Koroni and a typical example of the traditional architecture of the area.

The purpose of the thesis is the investigation and review of the "design practices" adopted in the previous centuries, the proposal of appropriate interventions to strengthen the structure with respect to the aesthetics and character of the monument, and the investigation and documentation of these, through the use of modern computational tools.

In the first chapter, the character and elements of traditional architecture of the settlement of Koroni, are briefly presented and the objectives of the study are set. In particular, data on the urban planning of the settlement are presented and the aesthetic and morphological characteristics of the different types of buildings observed are analysed.

In the second chapter, a general description of the building construction is given. First, general information is provided in terms of its location, historicity and significance. Then, with the help of the architectural drawings, the architectural documentation of the building is presented, analyzing the building volume, the individual functional units, the morphological and aesthetic characteristics of the facades. Finally, an extensive presentation of the load-bearing elements that make up the structure is given, and an attempt is made to identify their function in the overall behaviour of the building, and the role they were designed to play.

In the third chapter, an attempt is made to highlight various structural features and pathologies of the structure, which will contribute to a fuller understanding of its behaviour, and the potential risks it faces. Also, general damages of load-bearing and non-load-bearing elements of the structure is presented, as well as a detailed record of the existing cracks in the load-bearing walls, through drawings and photographic material, while an attempt is made to attribute the causes of creation, the nature and characteristics of each crack.

In chapter four, the programme of investigative work carried out to document the building is presented. In the first stage, an attempt was made to determine the way the various walls were build. The rest of the chapter, focuses on the laboratory tests performed at the

Reinforced Concrete Laboratory of the NTUA, in order to determine the mechanical characteristics of the individual materials that make up the load-bearing walls. The results of the tests, in combination with the way the walls were built, led to the determination of their mechanical characteristics.

Chapter five describes the chosen simulation method and the assumptions made with regard to the materials, supports and connections of the load-bearing elements. Finally, the computer simulation as obtained in the assessment phase, is presented.

The sixth chapter deals with the chosen method of analysis, the loads acting on the structure and the load combinations for which the building under study, is tested.

The seventh chapter presents the results of the analysis, both in terms of displacements and forces, and comments on the results. Finally, the various forms of failure for which the load-bearing elements are checked are analysed, and the checks on the adequacy of the existing structure are presented schematically in the assessment phase.

The eighth chapter focuses on the proposed techniques of interventions and reinforcements on the building, respecting its historical, architectural, artistic and social value. The interventions concern both the strengthening of isolated elements and systemic interventions that increase the load-bearing capacity and stiffness of the structure as a whole.

In chapter nine, the method and assumptions for the simulation of the strengthened structure and the loads applied to it are described.

In the tenth chapter, the results of the analysis in terms of displacements are presented schematically and a commentary on the results is provided. Finally, the adequacy checks of the reinforced structure are presented schematically by element, and conclusions are drawn as to the effectiveness of the proposed reinforcements and the overall adequacy of the building.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΣΤΟΧΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	1
1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΟΡΩΝΗΣ.....	1
1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	5
2. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	6
2.1 ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ-ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ.....	6
2.2 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ.....	6
2.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ.....	13
2.3.1 Φέρουσα τοιχοποιία.....	13
2.3.2 Διαχωριστικοί τοίχοι (Μπαγδατί).....	14
2.3.3 Εξώστες.....	15
2.3.4 Ανοίγματα.....	16
2.3.6 Ξυλοδεσιές – Ξύλινος οπλισμός.....	18
2.3.5 Ελκυστήρες.....	20
2.3.7 Στέγη.....	26
2.3.8 Πατώματα - Δάπεδα.....	27
3. ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	30
3.1 ΓΕΝΙΚΟΣ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ.....	30
3.2 ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ.....	32
3.2.1 Τοίχοι.....	32
3.2.2 Τόξα.....	33
3.2.4 Συστήματα Ενισχύσεως.....	33
3.2.5 Στέγη.....	34
3.2.6 Στοιχεία Όψεων.....	34
3.2.7 Ανοίγματα.....	34
3.2.8 Επιχρίσματα.....	34
3.2.9 Αρμολογήματα.....	35
3.2.10 Κλίμακα.....	35
3.2.11 Πατώματα – Δάπεδα.....	35
3.2.12 Οροφές.....	35
3.3 ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΡΩΓΜΩΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ.....	36

3.3.1	Ανατολική όψη.....	36
3.3.3	Νότια όψη.....	44
3.3.4	Δυτική όψη.....	46
4.	ΤΡΟΠΟΣ ΔΟΜΗΣΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ, ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ	48
4.1	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ ΚΑΙ Σ.Α.Δ.	48
4.2	ΘΕΣΕΙΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ	49
4.3	ΤΡΟΠΟΣ ΔΟΜΗΣΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ	50
4.3.1	Κατά τις όψεις.....	50
4.3.2	Κατά το πάχος.....	52
4.4	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ	53
4.4.1	Δοκιμές λίθων.....	53
4.4.2	Δοκιμές κονιαμάτων.....	55
4.2	ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ.....	58
4.2.2	Θλιπτική αντοχή τρίστρωτης τοιχοποιίας.....	60
4.2.4	Εφελκυστική αντοχή τοιχοποιίας	61
4.2.5	Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας	62
5.	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	63
5.1	ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	63
5.2	ΥΛΙΚΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ.....	64
5.3	ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΤΗΡΙΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ.....	64
5.3.1	Ξύλινα στοιχεία.....	64
5.4	ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΡΟΣΟΙΩΜΑΤΟΣ.....	65
6.	ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΒΑΛΛΟΜΕΝΑ ΦΟΡΤΙΑ	66
6.1	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΦΟΡΤΙΑ.....	66
6.1.1	Μόνιμα φορτία	66
6.1.2	Κινητά φορτία	66
6.2	ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	67
6.3	ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ	69

6.4	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΔΡΑΣΕΩΝ	71
7.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ..	72
7.1	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ	72
7.2	ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΝΤΑΤΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ.....	74
7.3	ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΕΛΕΓΧΟ.....	79
7.4	ΈΛΕΓΧΟΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΣΕ ΕΝΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΕΝΤΑΣΗ	81
7.4.1	Ικανοτική τέμνουσα – Καμπτική αντοχή.....	81
7.4.2	Διατμητική αντοχή.....	83
7.4.3	Παρουσίαση ελέγχων επάρκειας σε εντός επιπέδου ένταση	85
7.5	ΈΛΕΓΧΟΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΣΕ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΕΝΤΑΣΗ.....	89
7.5.2	Εκτός επιπέδου ροπή κάμψεως περί κατακόρυφο άξονα	90
7.5.3	Παρουσίαση ελέγχων επάρκειας σε εκτός επιπέδου ένταση	91
7.6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	94
8.	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ.....	96
8.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	96
8.2	ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ.....	96
8.3	ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ.....	97
8.3.1	Ομογενοποίηση μάζας με εφαρμογή ενεμάτων	97
8.3.2	Περιδέσεις στύλων	99
8.3.3	Ενίσχυση διαφραγματικής λειτουργίας.....	101
9.	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΦΟΡΕΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	106
9.1	ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	106
9.2	ΥΛΙΚΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ.....	107
9.3	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΦΟΡΤΙΑ.....	107
9.3.1	Μόνιμα φορτία	107
9.3.2	Κινητά φορτία.....	107
9.4	ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	108
9.5	ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ	109

10. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	112
10.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ	112
10.2 ΈΛΕΓΧΟΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΣΕ ΕΝΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΕΝΤΑΣΗ	114
10.2.1 Ικανοτική τέμνουσα – Καμπτική αντοχή	114
10.2.2 Διατμητική αντοχή.....	115
10.2.3 Παρουσίαση ελέγχων επάρκειας σε εντός επιπέδου ένταση	115
10.3 ΈΛΕΓΧΟΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΣΕ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΕΝΤΑΣΗ	118
10.3.1 Εκτός επιπέδου ροπή κάμψεως περί οριζόντιο άξονα	118
10.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	122
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	124
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	126

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΣΤΟΧΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΟΡΩΝΗΣ

Η Κορώνη είναι σήμερα μια μικρή κωμόπολη που βρίσκεται στην δυτική χερσόνησο της Πελοποννήσου, προς την πλευρά του Μεσσηνιακού κόλπου. Η πόλη αναφέρεται από την αρχαία εποχή σαν Αϊπεια ή Ασίνη, ενώ με το σημερινό όνομα της εμφανίζεται τον 12^ο αιώνα σαν οχυρωμένη πόλη – σταθμό των ενετικών πλοίων, προς την ανατολή ή σαν ορμητήριο πειρατών λίγο αργότερα. Κατά τον μεσαιώνα η πόλη αποτελούσε καθαρά αστικό οικισμό με σημαντική εμπορική και στρατηγική σημασία. Χαρακτηριστικό σημάδι της παρουσίας των Ενετών αποτελεί το μεσαιωνικό κάστρο της Κορώνης.



Εικόνα 1.1 - Σχέδιο οικισμού Κορώνης 1. Κάστρο, 2. Κέντρο οικισμού, 3. Κύριος δρόμος πρόσβασης.

Η σημερινή μορφή του οικισμού εκτός των τοίχων του κάστρου, μορφώθηκε μετά την απελευθέρωση της Κορώνης το 1828 από τις συμμαχικές γαλλικές δυνάμεις. Αναφέρεται μάλιστα, ότι η σημερινή πόλη οφείλει το ρυμοτομικό σχέδιο της στο λοχαγό της γαλλικής στρατιάς Adubart. Η Κορώνη αναπτύχθηκε κατά δυο κατευθύνσεις, αφ' ενός μεν από το λιμάνι, που υπήρξε ο πυρήνας του οικισμού προς το ύψωμα και αφ' ετέρου κατά μήκος των τριών παράλληλων δρόμων. Σήμερα, τον πυρήνα του οικισμού αποτελεί η πλατεία με την εκκλησία και η παραλία. Το πολεοδομικό σύστημα επιβάλλεται από τις τοπογραφικές καμπύλες και αποτελείται από τρία στοιχεία: πλατεία, βασικούς δρόμους και κάθετα σοκάκια με κλίση ή σκάλες που ενώνουν τους ανισοϋψείς άξονες μεταξύ τους. Δημόσια κτίρια, αρχοντικά και αστικά σπίτια είναι κτισμένα κατά μήκος της παραλίας, ενώ προς το ύψωμα

είναι χτισμένα τα λαϊκά μικρότερα σπίτια. Γενικά παρατηρείται μεγάλη πυκνότητα δόμησης. Τα σπίτια είναι χτισμένα είτε κολλητά μεταξύ τους είτε κατά πολύ μικρές αποστάσεις με μικρές αυλές και έχουν την στενή πλευρά τους προς τον δρόμο. Εκτός από τον δημόσιο χώρο συγκέντρωσης, την πλατεία, παρατηρείται μια εσωστρέφεια στην δόμηση των σπιτιών, που εκφράζεται με τις κλειστές ψηλές όψεις πάνω στον δρόμο, χωρίς υπαίθριους χώρους μπροστά. Οι τάσεις εξέλιξης του σημερινού οικισμού παρουσιάζονται κυρίως κατά μήκος των τριών βασικών αξόνων προς τα έξω. Επίσης αναπτύσσεται η παραθαλάσσια ζώνη λόγω του τουρισμού και δυστυχώς γίνονται μετατροπές και επεμβάσεις σε κτίρια που αποδίδουν χρώμα και χαρακτήρα στην Κορώνη.



Εικόνα 1.2 - Ο οικισμός της Κορώνης "Αποψη από την θάλασσα".

Στον οικισμό της Κορώνης διακρίνονται δυο τύποι κατοικιών: τα αρχοντικά – αστικά και τα λαϊκά σπίτια. Τα αρχοντικά – αστικά είναι διώροφα, με ορθογώνια κάτοψη, συνήθως στενομέτωπα προς την πλευρά του δρόμου, από όπου είναι η κύρια πρόσβαση. Η αυλή που συναντάται σπανιότερα βρίσκεται στην στο πλάι ή στο πίσω μέρος του σπιτιού από όπου κατά κανόνα γίνεται η πρόσβαση στον όροφο με εξωτερική σκάλα. Η εσωτερική διαρρύθμιση του χώρου είναι απλή και τυπική. Στο ισόγειο έχουμε πάντα τους αποθηκευτικούς χώρους και γενικά τις βοηθητικές χρήσεις. Χωρίσματα από λιθοδομή υπάρχουν σπάνια, συνήθως τα χωρίσματα είναι ελαφρά ξύλινα. Στον όροφο, η σάλα καταλαμβάνει όλη την κύρια όψη του σπιτιού και είναι ο σπουδαιότερος και μεγαλύτερος χώρος. Πάντα συναντάται μπαλκόνι συμμετρικά τοποθετημένο στην όψη. Το υπόλοιπο

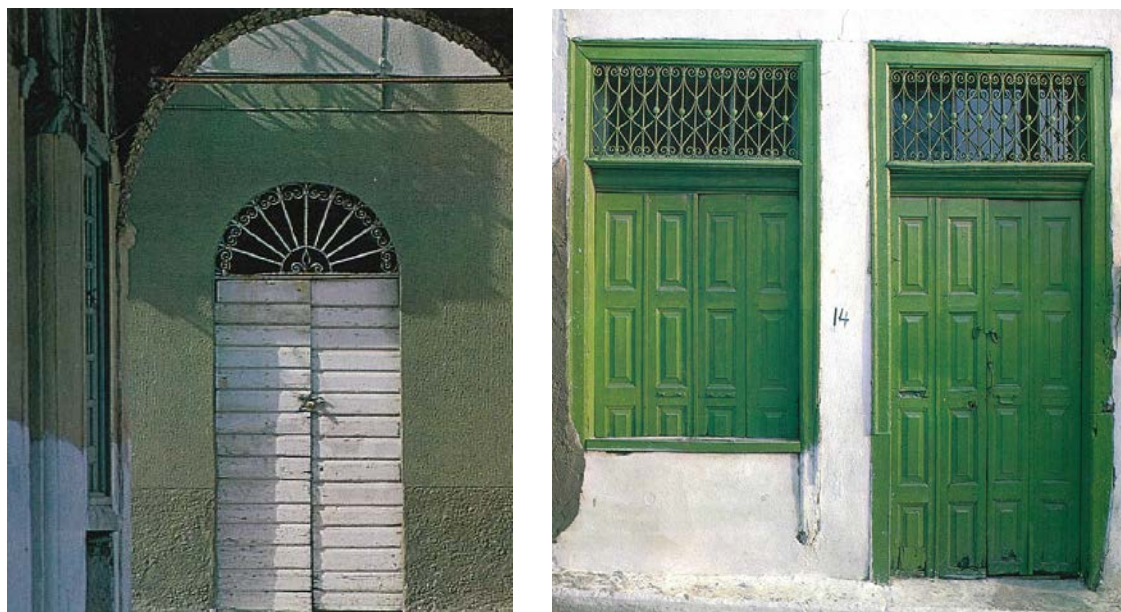
τμήμα του ορόφου χωρίζεται από διάδρομο που καταλήγει στην σάλα, ενώ δεξιά και αριστερά βρίσκονται τα υπνοδωμάτια. Η επικοινωνία των δυο ορόφων γίνεται συνήθως με εσωτερική ξύλινη σκάλα.



Εικόνα 1.3 - Αρχοντικό σπίτι με νεοκλασσικά στοιχεία, στον δρόμο της παραλίας της Κορώνης.

Στα αρχοντικά – αστικά σπίτια η όψεις όπου είναι σε επαφή με τον δρόμο, παρουσιάζουν μεγαλύτερο μορφολογικό ενδιαφέρον. Τα βασικά υλικά που χρησιμοποιούνται είναι η πέτρα, το ξύλο και κατά δεύτερο λόγο το σίδηρο. Οι εξωτερικοί τοίχοι κατασκευάζονται από αργολιθοδομή, ενώ τα εσωτερικά χωρίσματα έχουν ξύλινο σκελετό με γέμισμα από καλάμια και κονίαμα και τελική επιφάνεια επίχρισμα. Τα ανοίγματα διατάσσονται κανονικά σε σταθερές αποστάσεις, ενώ τα θυρώματα διαμορφώνονται άλλοτε με ευθύγραμμο και άλλοτε με τοξωτό ανώφλι. Τα ευθύγραμμα είναι ξύλινα ή πέτρινα, ενώ όταν υπάρχει πώρινο ημικυκλικό τόξο διακοσμείται σχεδόν πάντα με σιδεριές. Τα κουφώματα είναι ξύλινα καρφωτά ή περσιδωτά, ανοίγουν πάνω στον τοίχο και συγκρατούνται πάνω του με μεταλλικά στηρίγματα. Στα παλιότερα σπίτια συνηθίζεται πάνω από τα ανώφλια, να κατασκευάζεται ανακουφιστικό τόξο από λαξεμένους πωρόλιθους. Ιδιαίτερο μορφολογικό χαρακτηριστικό είναι τα μπαλκόνια. Είναι συνήθως ξύλινα, έχουν πλάτος το πολύ ένα μέτρο και στηρίζονται σε μεταλλικά καμπύλα φουρούσια που τοποθετούνται ανά 60 – 80 εκ.. Η στέγαση των σπιτιών γίνεται με δίκλινη ή τετράκλινη στέγη, φερόμενη από ξύλινα ζευκτά,

ενώ το πέτωμα γίνεται με καλάμια και η επικάλυψη με κεραμίδια. Ιδιαίτερο μορφολογικό στοιχείο στις στέγες της περιοχής είναι η χρησιμοποίηση 4 ή και 5 διαδοχικών στρώσεων κεραμιδιών στην πρώτη σειρά, ενώ οι ακροκέραμοι στα τέσσερα άκρα της τοποθετούνται με κλίση 45° προς τα άνω. Στη συμβολή της στέγης με τους τοίχους υπάρχει ξύλινη διακοσμημένη μαρκίζα. Τα μεσοπατώματα αποτελούνται από ξύλινα δοκάρια με καρφωτό σανίδωμα, ενώ ελάχιστες είναι οι περιπτώσεις θόλων που στεγάζουν ισόγειους βοηθητικούς χώρους.



Εικόνα 1.4 - Ανοίγματα ισόγειου με σιδεριά στον φεγγίτη.

Η άλλη κατηγορία σπιτιών είναι τα λαϊκά σπίτια που τα περισσότερα βρίσκονται στα άκρα του οικισμού. Τα σπίτια αυτά χαρακτηρίζονται από την γραφικότητα τους, την ανθρώπινη κλίμακα με το μικρό τους ύψος και τις αυλές τους και από την χρήση του χρώματος στην όψη. Κατά κανόνα είναι μονώροφα με ορθογώνια κάτοψη και ανάλογα με το μέγεθος τους μπορεί να χωρίζονται σε δυο ή περισσότερα δωμάτια. Η πρόσβαση γίνεται μέσω της αυλής που βρίσκεται στην κύρια όψη ή στο πλάι τους. Η κλίμακα η μορφή και η κατασκευή των λίγων δώροφων λαϊκών σπιτιών δεν αλλάζει. Και εδώ το ισόγειο χρησιμοποιείται σαν χώρος αποθήκευσης, ενώ ο όροφος προορίζεται για τις καθημερινές δραστηριότητες. Η επικοινωνία των δυο ορόφων γίνεται με εξωτερική πέτρινη σκάλα δημιουργώντας έτσι έναν εξώστη στην είσοδο του ορόφου που αντικαθιστά το μπαλκόνι. Η μορφή του λαϊκού σπιτιού είναι σαφώς απλούστερη, με χαμηλό ύψος, μικρότερα ανοίγματα και ευτελέστερη κατασκευή, ενώ τα υλικά παραμένουν ίδια.



Εικόνα 1.5 - Άποψη δρόμων Κορώνης, όπου διακρίνονται οι απλές επίπεδες όψεις και τα μπαλκόνια με τις σιδερίες τους.

Γενικότερα τα μορφολογικά και τυπολογικά στοιχεία των κτιρίων της Κορώνης, έχουν βενετσιάνικη προέλευση. Η συμμετρική κάτοψη με τα δωμάτια δεξιά και αριστερά του διαδρόμου, η διαμόρφωση των όψεων με τα μεγάλα ανοίγματα, τα τοξωτά θυρώματα με τα διακοσμητικά θέματα, είναι μια προσπάθεια απομίμησης των βενετσιάνικων προτύπων. Είναι επίσης βέβαιο ότι οι μορφές αυτές αναμίχθηκαν με περισσότερο αυτόχθονους μεσσηνιακούς (στέγες με ανυψώσεις στις άκρες) ή ακόμα και τουρκικούς (χαγιάτια, μπαγδατιά) τρόπους δόμησης. Έτσι, αν και μιλάμε για βενετσιάνικη επίδραση, έχουμε την ανάπτυξη ενός τοπικού ύφους στην αρχιτεκτονική.

1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στην γενικότερη θεματική περιοχή των ιστορικών λιθόκτιστων κτιρίων. Το αρχοντικό Ταρσούλη – Αξελού, αποτελεί εμβληματικό κτίριο του οικισμού της Κορώνης και χαρακτηριστικό παράδειγμα της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής της περιοχής. Ως στόχος της εργασίας, ορίζεται η διερεύνηση και η ανασκόπηση των «πρακτικών» σχεδιασμού που υιοθετήθηκαν τους προηγούμενους αιώνες, η πρόταση κατάλληλων επεμβάσεων για την ενίσχυση της κατασκευής με σεβασμό στην αισθητική και τον χαρακτήρα του μνημείου και η υπολογιστική διερεύνηση και τεκμηρίωση αυτών, μέσω των σύγχρονων υπολογιστικών εργαλείων. Τέλος, προσδοκάτε η εκπόνηση μιας μελέτης η οποία θα αποτελέσει βοηθό και οδηγό για την μετέπειτα αποκατάσταση του ιστορικού μνημείου της Κορώνης.

2. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

2.1 ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ-ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ

Το υπό μελέτη κτίριο βρίσκεται στην πρόσοψη του λιμένος του οικισμού της Κορώνης Μεσσηνίας, πολύ κοντά στην κεντρική πλατεία. Πρόκειται για ένα σχετικά μεγάλο αρχοντικό κτίριο κατοικίας. Η κατασκευή του κτιρίου τοποθετείται, σύμφωνα με πληροφορίες της δημοτικής αρχής στο έτος 1886. Πρώτοι ιδιοκτήτες και κατασκευαστές ήταν η οικογένεια Ταρσούλη. Σήμερα είναι γνωστό ως αρχοντικό Ταρσούλη - Αξελού, καθώς εκεί διέμενε και δημιούργησε ο ζωγράφος Μιχαήλ Αξελός. Σύμφωνα με επιγραφή στην ανατολική όψη του κτιρίου, η ιδιοκτησία έχει μεταβιβαστεί στον Δήμο Κορώνης και μετέπειτα Δήμο Πύλου - Νέστορος από το 1991, με δωρεά της οικογένειας Ταρσούλη. Σήμερα, τμήμα του κτιρίου χρησιμοποιείται ως πολιτιστικός και εκθεσιακός χώρος του Δήμου. Το εν λόγω κτίριο έχει χαρακτηριστεί ως έργο τέχνης, με την υπουργική απόφαση ΥΑ ΥΠΠΟ/ΔΙΛΑΠ/Γ/1259/30073/11-7-1988, που δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 540/Β/1-8-1988, σύμφωνα με τις διατάξεις του Ν. 1469/1950.



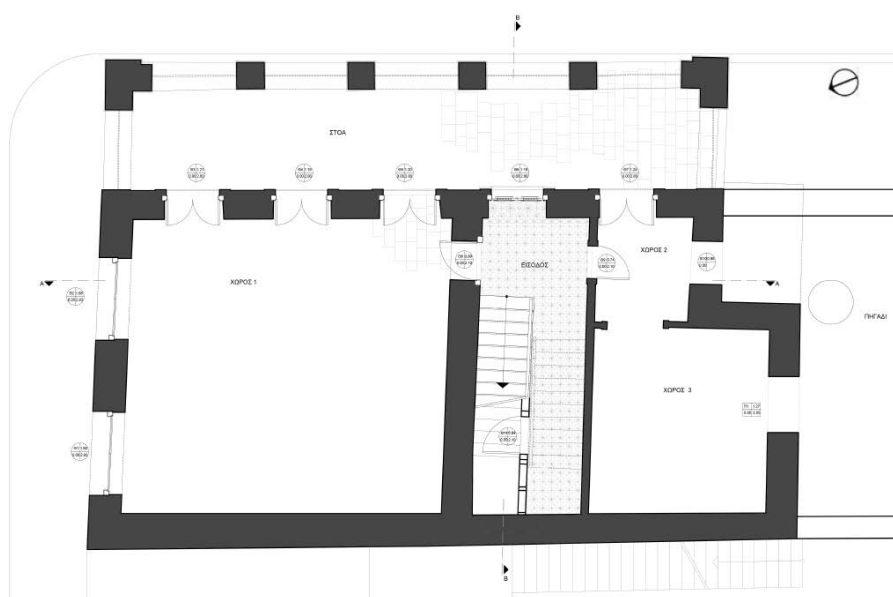
Εικόνα 2.1 - Θέση κτιρίου.

2.2 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ

Τα σχέδια αποτύπωσης που παρουσιάζονται στην παρούσα μεταπτυχιακή εργασία, έχουν εκπονηθεί και αποτελούν προϊόν προπτυχιακών φοιτητών της Σχολής Αρχιτεκτόνων Μηχανικών του Ε.Μ.Π, στα πλαίσια του μαθήματος Ειδικά Θέματα Οικοδομικής 8^{ου}, το ακαδημαϊκό έτος 2017-2018, υπό την επίβλεψη των διδασκόντων Βασιλάτος Π., Εφεισίου Ε., Μιλτιάδου Α..

Το κτίριο στην βόρεια και ανατολική πλευρά του εφάπτεται με κεντρικές δημοτικές οδούς. Η δυτική πλευρά του στο μεγαλύτερο μέρος της εφάπτεται με όμορο κτίριο, ενώ η νότια περιβάλλεται από αυλή περιφραγμένη με λιθόκτιστους τοίχους. Η είσοδος από τον δρόμο στην αυλή γίνεται μέσω κατεδαφισμένου τμήματος του λίθινου τοίχου, ενώ η υπάρχουσα θύρα που λειτουργούσε ως είσοδος έχει πλέον κτιστεί. Το κτίριο αποτελείται από τρεις συνολικά στάθμες, που όλες συνδέονται με εσωτερική ξύλινη κλίμακα.

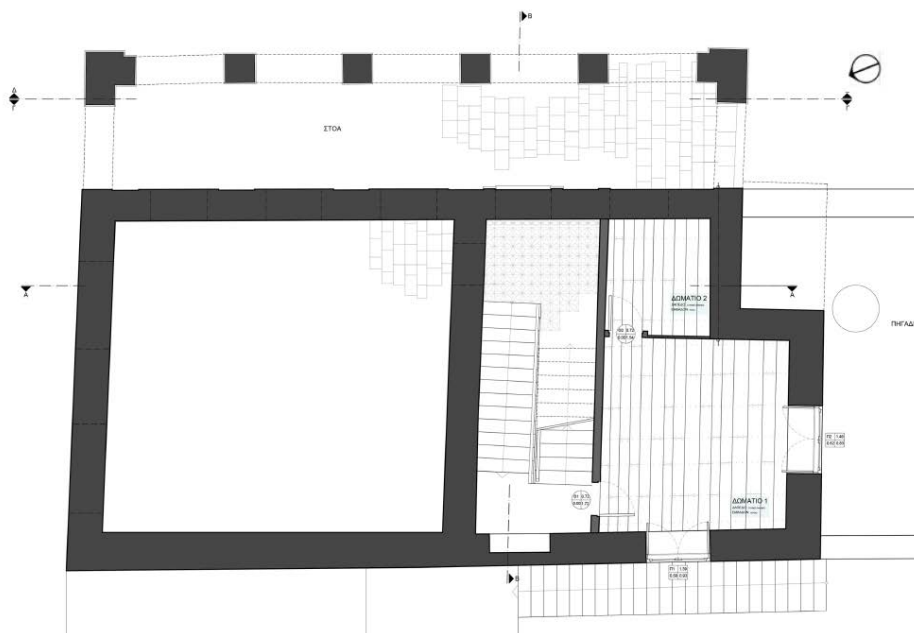
Ισόγειο



Σχήμα 2.1 - Κάτοψη ισογείου.

Η στάθμη του ισογείου αποτελείται από τους χώρους 1,2,3 και τον θάλαμο της εισόδου, όπως φαίνονται στο σχέδιο της κάτοψης. Η επιφάνεια του ισογείου ορόφου ανέρχεται σε 124,86 m², ενώ την συνολική κάλυψη συμπληρώνει το τμήμα του προστώου στην ανατολική πλευρά, εμβαδού 42,45 m². Η κεντρική είσοδος βρίσκεται στην ανατολική όψη και οδηγεί στον θάλαμο της εισόδου που επικοινωνεί με τον χώρο 1,2 αλλά και με την ξύλινη κλίμακα. Ο χώρος 1 καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας του ισογείου και χρησιμοποιούνταν πιθανώς ως αποθηκευτικός χώρος. Η πρόσβαση σε αυτών επιτυγχάνεται μέσω δυο θυρών στην βόρεια πλευρά και τριών στην ανατολική. Οι χώροι 2,3 είχαν και αυτοί χρήση αποθήκης, ενώ η πρόσβαση σε αυτούς πραγματοποιείται μέσω μιας θύρας στην ανατολική πλευρά και δυο θυρών στην νότια που επικοινωνούν με την αυλή. Οι δυο εσωτερικοί τοίχοι λειτουργούν και ως διαχωριστικοί, με σκοπό να απομονώνουν τον θάλαμο εισόδου που οδηγεί μέσω της σκάλας στην κύρια κατοικία του ορόφου.

Ημιώροφος



Σχήμα 2.2 - Κάτοψη ημιώροφου.

Ο ημιώροφος βρίσκεται στο ύψος του πλατύσκαλου της κλίμακας, άνωθεν των χώρων 2 και 3 του ισογείου, καλύπτοντας επιφάνεια 34 m². Ο ημιώροφος αποτελείται από δυο δωμάτια, όπως φαίνονται στο σχέδιο της κάτοψης, τα οποία χρησιμοποιούνταν ως χώροι διανυκτέρευσης βοηθητικού προσωπικού.

Όροφος

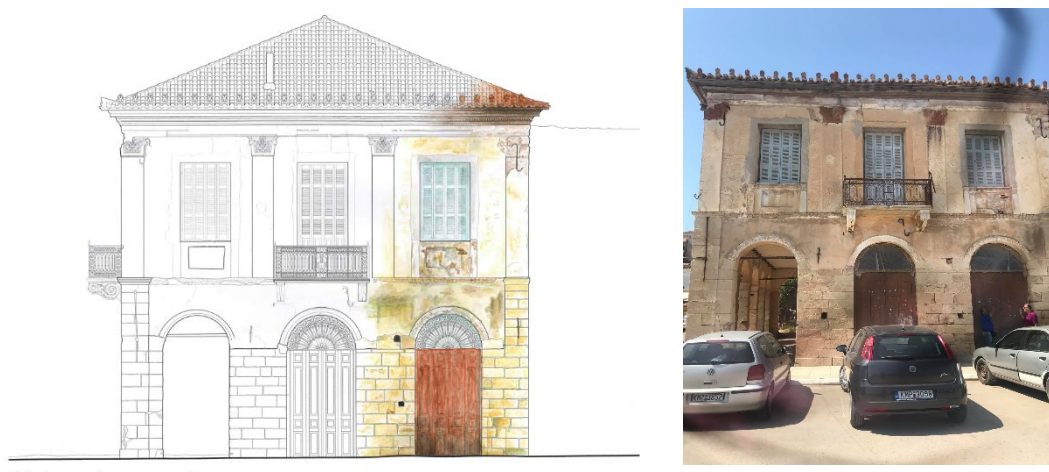


Σχήμα 2.3 Κάτοψη ορόφου.

Ο όροφος συνδέεται με το υπόλοιπο κτίριο μέσω της ξύλινης κλίμακας και αποτελείται από εννέα δωμάτια και τον κεντρικό διάδρομο, όπως φαίνεται στο σχέδιο της. Το συνολικό εμβαδό του ορόφου ανέρχεται στα 169,31 m². Ο όροφος είχε αποκλειστική χρήση κατοικίας, και αποτελείται από χώρους υπνοδωματίων, καθιστικών, κουζίνας και WC.

Εξωτερικά το κτίριο παρουσιάζει αρκετή ομοιογένεια στα μορφολογικά του στοιχεία. Οι όψεις διαμορφώνονται με μεγάλα ανοίγματα, τοξωτά θυρώματα, περίτεχνα μπαλκόνια και διακοσμητικά θέματα. Ο εμπλουτισμός των όψεων με διακοσμητικά στοιχεία, χαρακτηριστικό για την εποχή, το κατατάσσει στην νεοκλασσική αρχιτεκτονική με πολλά μορφολογικά και τυπολογικά στοιχεία Βενετσιάνικης προέλευσης. Έτσι, το κτίριο καθίσταται ιδιαίτερα σημαντικό για την περιοχή. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στην βόρεια και ανατολική όψη, που βρίσκονται σε επαφή με τις τοπικές οδούς, ενώ η νότια και δυτική όψη είναι εμφανώς λιγότερο επιμελημένες. Η διάκριση αυτή συνηθιζόταν και αποδίδεται στην επιθυμία του ιδιοκτήτη για επίδειξη πλούτου.

Βόρεια όψη



Σχήμα 2.4 - Βόρεια όψη.

Η βόρεια όψη αποτελείται από τρία ανοίγματα στο ισόγειο και τρία στον όροφο συμμετρικά τοποθετημένα. Τα ανοίγματα του ισογείου μορφώνονται με τοξοειδή υπέρθυρα. Τα δυο αποτελούν θύρες εισόδου στον χώρο 1 και το τρίτο είναι η θύρα εισόδου του προστώου. Στις θύρες του χώρου 1 τοποθετούνται ξύλινες ταμπλαδωτές πόρτες και κασώματα, ενώ πάνω από αυτές το τοξοειδές τμήμα διακοσμείται με περίτεχνα σιδερένια σφυρήλατα κιγκλιδώματα. Τα ανοίγματα του ορόφου αποτελούνται από περσιδωτά τετράφυλλα

καρφωτά ξύλινα εξώφυλλα και κασώματα. Περιμετρικά των ανοιγμάτων διακρίνεται ισόπαχο πλαίσιο «κορνίζα», κατασκευασμένο από τραβηχτό επίχρισμα. Η ποδιά των παραθύρων σχηματίζει ένα είδος θωρακίου το οποίο φέρει διάκοσμο με γεωμετρικά σχήματα. Το μεσαίο άνοιγμα του ορόφου αποτελεί θύρα και οδηγεί σε μαρμάρινο εξώστη στηριζόμενο σε επίσης μαρμάρινα φορούσια. Ο εξώστης κοσμείται με περίτεχνα σιδερένια σφυρήλατα κιγκλιδώματα και το κάτω μέρος της πλάκας φέρει διάκοσμο με γεωμετρικά σχήματα.

Η εξωτερική πλευρά των πεσσών του ισογείου έως την γένεση των τόξων είναι διαμορφωμένη με εμφανή λαξευτή λιθοδομή. Εξαίρεση αποτελούν οι γωνιές του κτιρίου, όπου δομούνται με λαξευτούς λίθους έως την στάθμη του ορόφου έχοντας την μορφή κίωνων, φέροντας στην κορυφή τους λίθινα επίκρανα δωρικού τύπου. Στην στάθμη του ορόφου μορφώνεται διακοσμητική διαχωριστική ζώνη από προεξέχοντες λίθους, καλυμμένους από επίχρισμα. Στους πεσσούς αλλά και στις γωνιές του ορόφου, διακρίνονται παραστάδες από τραβηχτό επίχρισμα, οι οποίοι στην απόληξη τους φέρουν κεραμικά επίκρανα κορινθιακού ρυθμού. Πάνω από τα παράθυρα σχηματίζεται διαχωριστική διακοσμητική ζώνη με τραβηχτό επίχρισμα. Στην στέψη του ορόφου τρέχει απλό γείσο και τα ακροκεράματα της στέγης. Το υπόλοιπο της εξωτερικής τοιχοποιίας της βόρειας όψης καλύπτεται από πατητό επίχρισμα στην απόχρωση της ώχρας.

Ανατολική όψη



Σχήμα 2.5 - Ανατολική όψη.

Η ανατολική όψη διαμορφώνεται σε δυο κατακόρυφα επίπεδα, εξωτερικά τους κίονες του προστώου και την τοιχοποιία του ορόφου και εσωτερικά λίθινο τοίχο που ανέρχεται έως την στάθμη του πατώματος. Το προστώο αποτελείται από πέντε τοξωτά ανοίγματα και έξι κίονες κατασκευασμένους από εμφανή λαξευτή λιθοδομή έως την γένεση των τόξων, φέροντας

στην κορυφή τους λίθινα επίκρανα δωρικού τύπου. Οι γωνιές όπως και στην βόρεια όψη αποτελούνται από εμφανή λαξευτή λιθοδομή έως την στάθμη του ορόφου, φέροντας αντίστοιχα λίθινα επίκρανα. Ο εσωτερικός τοίχος του ισογείου αποτελείται από πέντε θύρες που οδηγούν στο εσωτερικό του κτιρίου. Τα ανοίγματα αποτελούνται από ξύλινες ταμπλαδωτές πόρτες και κασώματα, ενώ κοσμούνται με λίθινες κορνίζες εκτός από την κεντρική είσοδο που εντοπίζονται μαρμάρινοι παραστάδες και υπέρθυρο. Ο όροφος αποτελείται από πέντε ανοίγματα συμμετρικά τοποθετημένα με αυτά του ισογείου. Τα τέσσερα ανοίγματα του ορόφου αποτελούνται από περσιδωτά τετράφυλλα καρφωτά ξύλινα εξώφυλλα και κασώματα, ενώ το πέμπτο αποτελεί τυφλό παράθυρο η ύπαρξη του οποίου συμπληρώνει απλά το αρμονικό σύνολο των στοιχείων. Το κεντρικό άνοιγμα λειτουργεί ως θύρα που οδηγεί σε εξώστη ίδιας μορφής και κατασκευής με αυτόν της βόρειας όψης. Όλα τα ανοίγματα του ορόφου κοσμούνται περιμετρικά με ισόπαχο πλαίσιο «κορνίζα» από τραβηχτό επίχρισμα, ενώ οι ποδιές των παραθύρων σχηματίζουν ένα είδος θωρακίου το οποίο φέρει διάκοσμο σε γεωμετρικά σχήματα. Στους πεσσούς αλλά και στις γωνιές του ορόφου μορφώνονται παραστάδες από τραβηχτό επίχρισμα που φέρουν στην απόληξη τους κεραμικά επίκρανα κορινθιακού ρυθμού. Οι διαχωριστικές ζώνες ισογείου και ορόφου αποτελούν συνέχεια της βόρειας όψης και μορφώνονται αντίστοιχα, ενώ στην στέψη του ορόφου διακρίνεται το γείσο της στέγης με διακοσμητικά ακροκεράματα. Το υπόλοιπο της εξωτερικής τοιχοποιίας της ανατολικής όψης καλύπτεται από πατητό επίχρισμα στην απόχρωση της ώχρας.

Νότια όψη

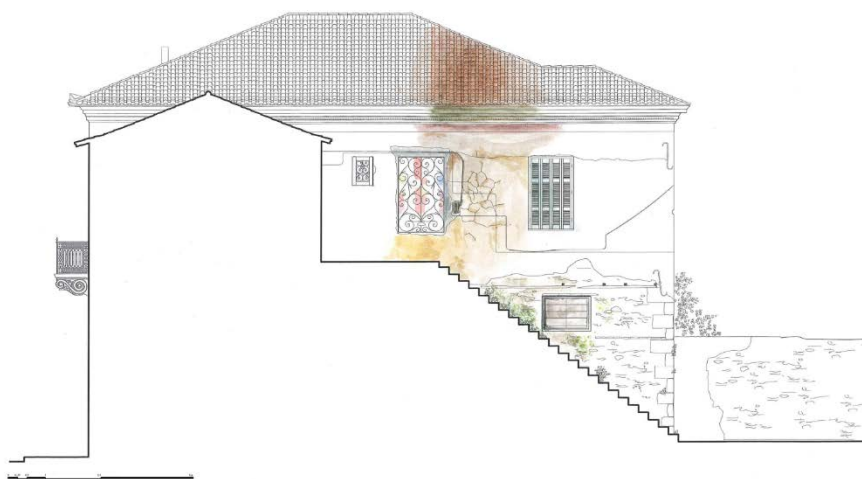


Σχήμα 2.6 - Νότια όψη.

Η νότια όψη λόγω της γεωμετρίας του κτιρίου χωρίζεται σε δυο κατακόρυφα επίπεδα. Ο εξωτερικός νότιος τοίχος επικοινωνώντας μόνο με την εξωτερική αυλή και όντας εν μέρη

ορατός από τον δρόμο, παρουσιάζει εμφανείς διαφορές στον σχεδιασμό και τον διάκοσμο σε σχέση με τον εσωτερικό νότιο και την βόρεια και ανατολική όψη του κτιρίου. Ο εξωτερικός νότιος τοίχος αποτελείται από τρία ανοίγματα, μια θύρα εισόδου στον χώρο 3, ένα παράθυρο στον ημιώροφο και ένα παράθυρο στον όροφο. Τα ανοίγματα δεν φέρουν κάποιο διάκοσμο ενώ τα ξύλινα κουφώματα είναι καρφωτά σανιδωτά, τοποθετημένα εσωτερικά. Στις γωνίες του τοίχου διαμορφώνονται παραστάδες με τραβηγτά επιχρίσματα, ενώ κεραμικό επίκρανο κορινθιακού ρυθμού φέρει η μια από τους δυο. Το σύνολο της εξωτερικής τοιχοποιίας της εσωτερική νότιας όψης καλύπτεται από πατητό επίχρισμα στην απόχρωση της ώχρας. Η εσωτερική νότια όψη αποτελείται από δυο ανοίγματα στο ισόγειο και δυο στον όροφο. Το τοξωτό άνοιγμα του ισογείου λειτουργεί ως είσοδος του προστώου, ενώ το δεύτερο άνοιγμα ως θύρα εισόδου στον χώρο 2. Η γωνιά του τοίχου δομείται με εμφανή λαξευτή λιθοδομή έως την στάθμη του ορόφου φέροντας λίθινο επίκρανο δωρικού τύπου. Τα δυο ανοίγματα του ορόφου αποτελούνται από μια θύρα που οδηγεί σε εξώστη και ένα παράθυρο. Το παράθυρο είναι περσιδωτό τετράφυλλο καρφωτό με ξύλινα εξώφυλλα και κασώματα και περιμετρικό πλαίσιο με τραβηγτό επίχρισμα. Η θύρα του ορόφου είναι ξύλινη και δεν φέρει κάποιο διάκοσμο. Η γωνιά του ορόφου διαμορφώνεται όπως και οι υπόλοιπες με τραβηγτό επίχρισμα και επίκρανο κορινθιακού ρυθμού. Τέλος, διακρίνεται διαχωριστική ζώνη άνωθεν των παραθύρων και το γείσο της στέγης με τα ακροκεράματα, όπως και στις υπόλοιπες όψεις. Το υπόλοιπο της εξωτερικής τοιχοποιίας της νότιας όψης καλύπτεται από πατητό επίχρισμα στην απόχρωση της ώχρας.

Δυτική όψη



Σχήμα 2.7 - Δυτικός τοίχος.

Η δυτική όψη στο μεγαλύτερο μέρος της εφάπτεται με όμορο κτίριο και μόνο ένα μέρος της είναι εμφανές εξωτερικά. Αποτελείται από ένα παράθυρο στον ημιώροφο και δυο στον όροφο μη συμμετρικά τοποθετημένα. Η δυτική όψη στερείται σχεδόν όλων των διακοσμητικών στοιχείων που παρουσιάζει το υπόλοιπο κτίριο, με εξαίρεση την διαχωριστική ζώνη άνωθεν των παραθύρων και το γείσο τη στέγης με τον διάκοσμο του. Το σύνολο της εξωτερικής τοιχοποιίας της δυτικής όψης καλύπτεται από πατητό επίχρισμα στην απόχρωση της ώχρας.

2.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

2.3.1 Φέρουσα τοιχοποιία

Το κύριο φέρον σύστημα του κτιρίου είναι πέτρινες τοιχοποιίες διατεταγμένες σε δυο κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις. Η στάθμη του ισογείου αποτελείται από τους περιμετρικούς τοίχους, τους κίονες του προστώου και δυο εσωτερικούς τοίχους κάθετους μεταξύ τους, οι οποίοι ανέρχονται έως την στάθμη του πατώματος. Ο όροφος αποτελείται μόνο από τους περιμετρικούς τοίχους και από πλήθος εσωτερικών διαχωριστικών τοίχων από τσατμά.

Τα πάχη των τοίχων μεταβάλλονται από στοιχείο σε στοιχείο. Οι φέρουσες τοιχοποιίες του ισογείου εμφανίζουν πάχη που κυμαίνονται από 0,65m έως 0,8m, ενώ οι κίονες έχουν σταθερές διαστάσεις 0,65m x 0,65m. Οι τοίχοι του ορόφου έχουν και αυτοί μεταβλητά πάχη που κυμαίνονται αντίστοιχα από 0,65m έως 0,8m.



Εικόνα 2.2 - Απεικόνιση τριστρωτης αργολιθοδομής και κατά πάχος τομή .

Στο μεγαλύτερο μέρος τους οι φέροντες τοίχοι αποτελούν τριστρωτες αργολιθοδομές με δυο εξωτερικά φύλλα και ενδιάμεση στρώση πλήρωσης από μικρές πέτρες, τούβλα και κονίαμα. Οι δυο εξωτερικές στρώσεις είναι δομημένες από ακανόνιστους λίθους διαφόρων μεγεθών και ποιότητας. Η σχηματική τους ανομοιομορφία οδηγεί σε αρμούς κονιάματος

μεταβλητού πάχους. Παρόλα αυτά, παρατηρείται σε σημεία που είναι εμφανής η λιθοδομή ικανοποιητική πλέξη των λίθων, ώστε να αποφεύγονται συνεχείς κατακόρυφοι αρμοί κονιάματος, που δύναται να επιφέρουν αποκόλληση των τοίχων.



Εικόνα 2.3 - Απεικόνιση λαξευμένης λιθοδομής ανατολικού και βόρειου τοίχου.

Στον περιμετρικό τοίχο της βόρειας όψης υπάρχουν και μικτά συστήματα δόμησης. Συγκεκριμένα η εξωτερική στρώση έως την γένεση των τόξων είναι δομημένη με λαξεμένους ψαμμίτες μεγάλων διαστάσεων, ενώ η εσωτερική στρώση από αργολιθοδομή. Οι λαξεμένοι λίθοι συνδέονται με σημαντικά μικρότερους αρμούς κονιάματος σταθερού πάχους σε σχέση με τις αργολιθοδομές, ενώ η πλέξη τους είναι και εδώ ικανοποιητική. Στα άκρα των πεσσών που διαμορφώνονται, οι λαξεμένοι λίθοι τοποθετούνται σταυρωτά και έτσι προκύπτουν διάτονοι λίθοι που διατρέχουν μεγάλο πάχος της τοιχοποιίας.

Αντίστοιχος τρόπος δόμησης παρατηρείται και στους κίονες του προστώου, οι οποίοι δομούνται με λαξεμένους ψαμμίτες σταθερών διαστάσεων 0,65m x 0,65m, τοποθετημένους ο ένας πάνω στον άλλον με παρεμβολή λεπτής στρώσης κονιάματος. Οι εξωτερικές γωνιές των τοίχων είναι και αυτές δομημένες με μεγάλους λαξευτούς λίθους με επαρκή αλληλεμπλοκή.

2.3.2 Διαχωριστικοί τοίχοι (Μπαγδατί)

Οι διαχωριστικοί τοίχοι του ορόφου αποτελούν μη φέρουσες ελαφρές ξύλινες κατασκευές. Το μπαγδατί αποτελείται από ξύλινο σκελετό με κατακόρυφα και οριζόντια ξύλινα στοιχεία, διατομής 7 x 7 cm τοποθετημένα ανά 1 m περίπου, ενώ μικρότερα ξύλα ή και καλάμια τοποθετούνται οριζόντια πάνω στους ορθοστάτες αφήνοντας κενό όχι μεγαλύτερο από 2 cm. Το γέμισμα του κενού καλύπτεται με μικρούς λίθους ή τούβλα και η τελική επιφάνεια επιχρίεται με ασβεστοκονίαμα. Οι ορθοστάτες των διαχωριστικών τοίχων καρφώνονται στο

ξύλινο πάτωμα και στα οριζόντια φέροντα στοιχεία της στέγης, συνεισφέροντας έτσι σε σχετική αύξηση της δυσκαμψίας του ορόφου.

2.3.3 Εξώστες

Οι εξώστες της βόρειας και ανατολικής όψης αποτελούν ένα από τα πιο χαρακτηριστικά μορφολογικά στοιχεία του κτιρίου. Είναι τοποθετημένοι στην αρχική φάση κατασκευής του κτιρίου και ως είθισται βρίσκονται στις δυο κύριες όψεις του κτιρίου που έχουν μέτωπο σε κεντρικές οδούς. Τοποθετούνται κεντρικά σε κάθε όψη και οι διαστάσεις τους είναι 1m σε μήκος και 2,5m σε πλάτος. Αποτελούνται από ορθογώνια μαρμάρινη πλάκα που στηρίζεται σε δυο μαρμάρινα φουρούσια στα άκρα. Η πλάκα στο κάτω μέρος της φέρει διάκοσμο σε γεωμετρικά σχήματα. Τα φουρούσια μορφώνονται από κοιλόκυρτες επιφάνειες και αποτελούν μέρος της τοιχοποιίας προεξέχοντας από αυτή περίπου 0,90m. Το σύνολο των εξωστών συμπληρώνουν τα μεταλλικά σφυρήλατα κιγκλιδώματα, αναπαριστώντας διάφορα καμπύλα και γραμμικά γεωμετρικά και φυτικά θέματα.



Εικόνα 2.4 - Απεικόνιση εξωστών ανατολικής και νότιας όψης.

Ακόμα ένας εξώστης εντοπίζεται στην νότια όψη στο ύψος του ορόφου, που όμως είναι κατασκευασμένος μεταγενέστερα. Οι διαστάσεις του είναι σαφώς μεγαλύτερες, με μήκος 1,60m και πλάτος 2,6m. Ο νότιος εξώστης είναι κατασκευασμένος με χρήση οπλισμένου σκυροδέματος και τούβλων και στηρίζεται στους φέροντες τοίχους και στην λιθοδομή της αυλής, ενώ δεν παρουσιάζει κάποιο μορφολογικό, αισθητικό και κατασκευαστικό ενδιαφέρον.

2.3.4 Ανοίγματα



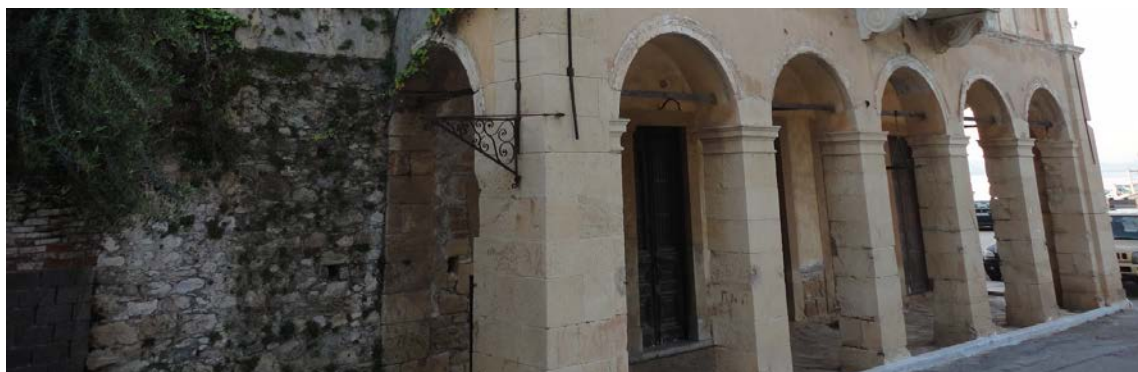
Εικόνα 2.5 - Απεικόνιση ανοιγμάτων ορόφου βόρειας όψης.

Τα ανοίγματα του ορόφου έχουν ορθογωνικό σχήμα και εμφανίζουν σχετικά κοινά χαρακτηριστικά. Στην ανατολική και βόρεια όψη που είναι και οι πλέον επιμελημένες, τα ανοίγματα στον όροφο διατάσσονται ανά σταθερές αποστάσεις και το μέγεθος τους διαφέρει ανάλογα με την χρήση τους (παραθύρα, θύρες). Οι παραστάδες των ανοιγμάτων δεν ενέχουν κάποια μορφή ενίσχυσης, αλλά μορφώνονται με καλή πλέξη των λίθων και με χρήση διάτονων λιθοσωμάτων. Οι ποδιές των παραθύρων δομούνται με χρήση οπτόπλινθων, ενώ τα υπέρθυρα ενισχύονται με ξύλινα στοιχεία. Συγκεκριμένα δημιουργείται ένα είδος πλαισίου, που αποτελείται από ξύλινα πρέκια στην εσωτερική και εξωτερική παρειά που εισέρχονται σε καθορισμένο μήκος στους τοίχους, από εγκάρσια σε αυτά ξύλινα στοιχεία που συνδέουν τα δυο πρέκια και τέλος ξύλινες σανίδες που καλύπτουν όλο το πάχος των τοίχων. Σκοπός αυτού του συστήματος είναι, να συμμετέχει στην παραλαβή κατακόρυφων φορτίων που δημιουργούνται στα μεγάλα ανοίγματα των όψεων.



Εικόνα 2.6 - Απεικόνιση ανοίγματος ημιωρόφου νότιας όψης.

Τα ανοίγματα του ημιώροφου στην νότια και δυτική όψη παρουσιάζουν εμφανώς μικρότερη σπουδαιότητα για το κτίριο τόσο αισθητικά όσο και λειτουργικά. Τα παράθυρα αυτά εξυπηρετούσαν τους χώρους διαμονής και διανυκτέρευσης του βοηθητικού προσωπικού. Το μέγεθος τους είναι πολύ μικρότερο από τα υπόλοιπα, απουσιάζουν τα διακοσμητικά στοιχεία και τα εξώφυλλα τοποθετούνται εσωτερικά. Παρόλα αυτά τα υπέρθυρα τους δομούνται με χρήση ξύλινων πλαισίων και ξυλοσανίδων, όπως και των ανοιγμάτων του ορόφου, ενώ ενισχύονται και με χαμηλά ανακουφιστικά τόξα στην εξωτερική παρειά.



Εικόνα 2.7 - Απεικόνιση ανοιγμάτων ισογείου ανατολικής όψης.

Στο επίπεδο του ισογείου τα ανοίγματα έχουν κατά βάση σημαντικά μεγαλύτερες διαστάσεις και λειτουργούν ως θύρες εισόδου στους επιμέρους χώρους. Στην βόρεια όψη αλλά και στο προστώο της ανατολικής, τα ανοίγματα έχουν παρόμοιες διαστάσεις και τοποθετούνται ανά σχετικά σταθερές αποστάσεις. Τα υπέρθυρα αποτελούνται από το τοξοειδής φορείς σημαντικής καμπυλότητας, καλά δομημένους με λαξεμένους λίθους. Η χρήση των τόξων προκύπτει λόγω των μεγάλων διαστάσεων των θυρών του ισογείου. Τα τοξωτά υπέρθυρα λόγω της καμπυλότητας τους μεταφέρουν τα ισχυρά κατακόρυφα φορτία της ανωδομής αξονικά στους παρακείμενους πεσσούς και κίονες. Στον εσωτερικό ανατολικό τοίχο διατάσσονται ορθογωνικά ανοίγματα μικρότερων διαστάσεων ανά σταθερές αποστάσεις. Στην εξωτερική παρειά ενισχύονται με ισχυρούς λίθινους παραστάδες και υπέρθυρα. Επιπλέον στα υπέρθυρα των ανοιγμάτων τοποθετούνται και ξύλινα πλαίσια και ξυλοσανίδες σε όλο το πάχος για την ενίσχυση τους. Στην νότια όψη υπάρχουν δυο ξύλινες θύρες μικρών διαστάσεων και σπουδαιότητας για το κτίριο. Αυτό απεικονίζεται στον τρόπο δόμησης αυτών καθώς ενισχύονται μόνο με ξύλινο πρέκι μικρών διαστάσεων με ανεπαρκές μήκος έμπηξης.

2.3.6 Ξυλοδεσιές – Ξύλινος οπλισμός

Οι τοποθέτηση ξυλοδεσιών αποτελεί παραδοσιακό τρόπο ενίσχυσης των τοιχοποιιών, δημιουργώντας οριζόντια διαζώματα. Αποτελούν οριζόντιες διατάξεις από συνεχή ξύλινα διαμήκη στοιχεία, τα οποία διατάσσονται στην εξωτερική και εσωτερική παρειά και σε όλο το μήκος των φερόντων τοίχων. Ανά αποστάσεις συνδέονται μεταξύ τους με εγκάρσια ξύλινα στοιχεία (κλάπες) και συνδέονται υποχρεωτικά μεταξύ τους στις διασταυρώσεις των τοίχων. Συνήθως, τοποθετούνται στις στάθμες των πατωμάτων και της στέγης ή και στην στέψη και την ποδιά των ανοιγμάτων. Εξυπηρετούν πολλούς ρόλους στην γενικότερη συμπεριφορά των τοιχοποιιών και μερικοί από αυτούς είναι οι εξής:

- Ομοιόμορφη κατανομή φορτίων στους τοίχους
- Σύνδεση παρειών εγκαρσίως
- Μείωση των ρωγμών λόγω διαφορικών καθιζήσεων
- Σύνδεση διασταυρούμενων τοίχων
- Ενίσχυση περιοχών των ανοιγμάτων
- Λειτουργία οπλισμού κάμψεως και διατμήσεως
- Αύξηση παραμορφωσιμότητας της τοιχοποιίας

Μια άλλη μορφή ενίσχυσης των τοίχων είναι και η διάσπαρτη τοποθέτηση οριζοντίων ξύλινων στοιχείων στο σώμα των τοίχων, τα οποία δεν συνδέονται υποχρεωτικά μεταξύ τους, ούτε παρουσιάζουν κάποια συνέχεια. Η προσφορά τις μεθόδου αυτής είναι κυρίως η τοπική ενίσχυση έναντι διάτμησης στους τοίχους που εφαρμόζεται.

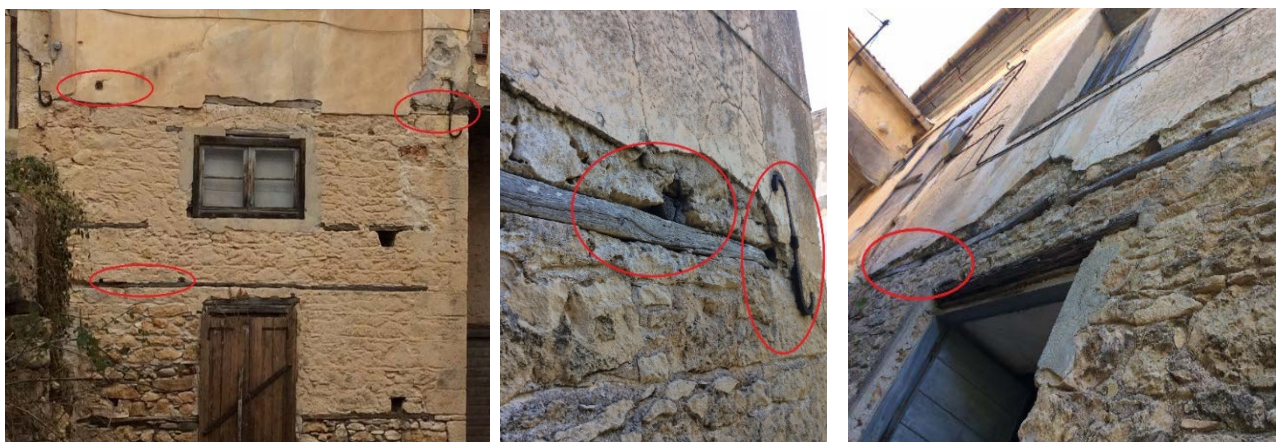
Στο υπό εξέταση κτίριο, διακρίνεται εμφανώς η ύπαρξη περιμετρικής ξυλοδεσιάς στην στάθμη της στέγης, με διάταξη δυο ξύλινων στοιχείων διατομής 13cm x 13cm σε κάθε παρειά των τοίχων. Παρατηρείται επίσης σύνδεση αυτών στις γωνιές του κτιρίου και εγκάρσια ξύλινα στοιχεία διατομής 5cm x 5cm ανά σταθερές αποστάσεις. Επιπλέον, σε συγκεκριμένες θέσεις του κτιρίου και κυρίως στην νότια και δυτική όψη, όπου υπάρχει εκτεταμένη πτώση των εξωτερικών επιχρισμάτων, παρατηρούνται διατάξεις οριζοντίων ξύλινων στοιχείων σε διάφορα ύψη των τοίχων. Τα οριζόντια ξύλινα στοιχεία στην στάθμη του πατώματος παρουσιάζουν χαρακτηριστικά ξυλοδεσιών, καθώς εφαρμόζονται στο ίδιο ύψος στους δύο τοίχους και διακρίνεται η ύπαρξη εγκάρσιων στοιχείων που τα συνδέουν με τα αντίστοιχα στην εσωτερική παρειά των τοίχων. Η ύπαρξη τους δεν είναι εμφανής περιμετρικά του κτιρίου, καθώς καλύπτονται από το εξωτερικό και εσωτερικό επίχρισμα των τοίχων. Η σύνδεση των ξυλοδεσιών στις διασταυρώσεις εικάζεται πως επιτυγχάνεται με διαγώνιους ξύλινους συνδέσμους που διατρέχουν το πάχος των τοίχων, καθώς τα διαμήκη

ξύλα σταματούν πριν τους λαξεμένους λίθους των γωνιών ή και με χρήση μεταλλικών συνδέσμων που αγκυρώνονται στο εξωτερικό της τοιχοποιίας.

Επιπλέον σε χαμηλότερες στάθμες παρατηρείται και η ύπαρξη οριζόντιων ξύλινων στοιχείων στο σώμα των τοίχων όπου δεν εμφανίζουν χαρακτηριστικά ξυλοδεσιών, καθώς δεν υπάρχουν εγκάρσια ξύλα και η περιμετρική τους σύνδεση δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί, λόγω της διάταξης των ανοιγμάτων στις άλλες όψεις. Έτσι τα στοιχεία αυτά λειτουργούν απλά ως οπλισμός διάτμησης των τοίχων και δεν προσφέρουν περιδεδση των διασταυρούμενων, ούτε σύνδεση των παρειών. Ο ξύλινος οπλισμός ενεργοποιείται μετά την εμφάνιση λοξών ρωγμών, οπότε η συνοχή έχει μηδενισθεί και η συνεισφορά της άοπλης τοιχοποιίας λαμβάνεται ίση με την συμβολή της τριβής κατά μήκος της λοξής ρωγμής. Το πλήθος των στοιχείων αυτών, αλλά και οι θέσεις τοποθέτησης τους στο σύνολο του κτιρίου δεν είναι γνωστά, καθώς καλύπτονται από τα εξωτερικά επιχρίσματα.



Σχήμα 2.8 - Θέσεις ξύλινων στοιχείων δυτική - νότιας όψης.



Εικόνα 2.9 - Φωτογραφική απεικόνιση ξυλοδεσιών και εγκάρσιων συνδέσμων στην νότια και δυτική όψη.

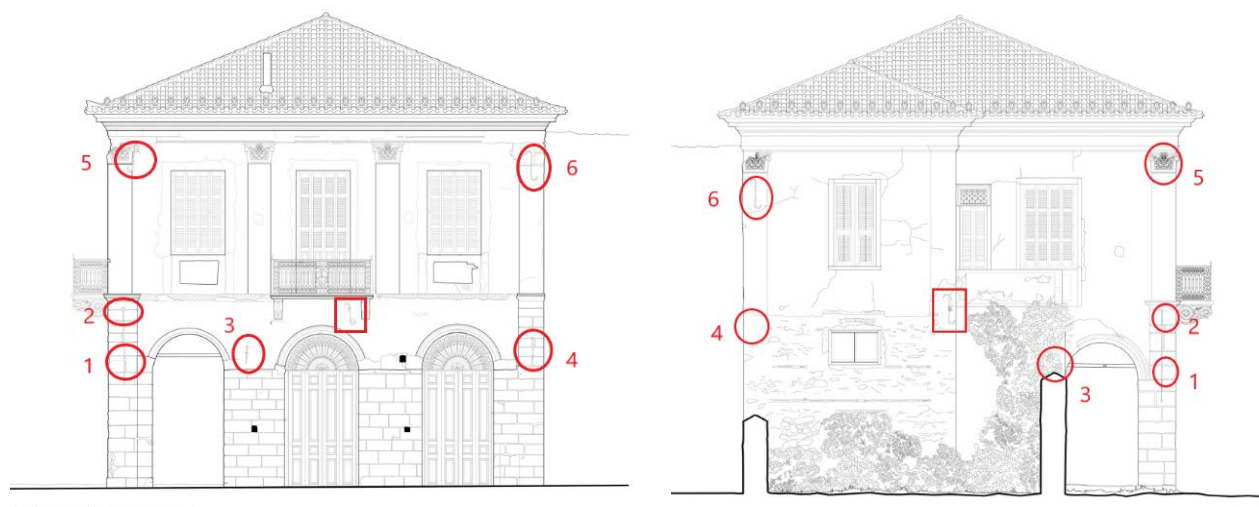
2.3.5 Ελκυστήρες

Οι μεταλλικοί ελκυστήρες είναι από τις συχνότερες μορφές ενίσχυσης που παρατηρούνται σε ιστορικά κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία. Η ευρεία χρήση τους αποδίδεται στην αποτελεσματικότητά τους, αλλά και στο χαμηλό κόστος που απαιτείται για την εφαρμογή τους. Μπορούν να τοποθετηθούν σε διάφορες θέσεις αλλά συνήθως εντοπίζονται στις στάθμες των πατωμάτων και των στεγών.

Ο κύριος ρόλος των οριζόντιων μεταλλικών ελκυστήρων είναι η αποτελεσματική σύνδεση των διασταυρούμενων τοίχων αποτρέποντας φαινόμενα αποκόλλησης και μεμονωμένης λειτουργίας τους. Έτσι ενισχύεται η επιθυμητή λειτουργία κιβωτίου της κατασκευής, όπου μειώνει την ιδιαίτερα κρίσιμη εκτός επιπέδου καταπόνηση των τοίχων και γενικά προσφέρει καλύτερη κατανομή δυνάμεων. Επίσης, οι ελκυστήρες ενισχύουν και την εντός επιπέδου συμπεριφορά των τοίχων αφού αναλαμβάνουν τις ανεπιθύμητες για την τοιχοποιία εφελκυστικές τάσεις και προσφέρουν ένα είδος περίσφυξης. Έτσι αυξάνεται η πλαστιμότητα και η κατανάλωση ενέργειας επιτρέποντας στους τοίχους να αναπτύσσουν μεγαλύτερες παραμορφώσεις στο επίπεδο τους, δίχως να χάνουν την φέρουσα ικανότητά τους. Ιδιαίτερα σημαντική είναι και η συνεισφορά τους σε καμπύλους και τοξωτούς φορείς, αφού αναλαμβάνουν την οριζόντια συνιστώσα της αξονικής δύναμης που μεταφέρουν, προφυλάσσοντας έτσι τους ίδιους τους φορείς αλλά και τα κατακόρυφα στοιχεία όπου αυτοί εδράζονται, όπως τοίχους ή κίονες.

Στο υπό εξέταση κτίριο παρατηρείται η χρήση μεταλλικών ελκυστήρων με μορφή λεπίδων ορθογωνικής διατομής που αγκυρώνονται στην εξωτερική πλευρά των γωνιών, με χρήση κατακόρυφων ή σιγμοειδούς μορφής μεταλλικών στοιχείων. Η παρουσία τους είναι εμφανής στις στάθμες της γένεσης των τόξων, του πατώματος και της στέγης στο σύνολο σχεδόν των περιμετρικών και εσωτερικών τοίχων. Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά με την βοήθεια σχημάτων και εικόνων οι θέσεις εφαρμογής των μεταλλικών στοιχείων και η χρήση τους.

ΒΟΡΕΙΑ-ΝΟΤΙΑ ΟΨΗ



Σχήμα 2.9 - Θέσεις αγκύρωσης μεταλλικών στοιχείων βόρειας - νότιας όψης.

Θέση 1,2

Στην θέση 1 τόσο στην βόρεια όσο και στην νότια όψη φαίνεται η αγκύρωση μεταλλικού στοιχείου που διαπερνά όλη την ανατολική πλευρά και λειτουργεί ως ελκυστήρας των εν σειρά τόξων του προστώου, τοποθετούμενος στην γένεση των τόξων. Αντίστοιχα στην θέση 2 είναι εμφανής η αγκύρωση μεταλλικών στοιχείων στην βόρεια και στην νότια όψη στο ύψος του ορόφου, τα οποία δύναται να έχουν λειτουργία ελκυστήρα αγνώστου μήκους ή εναλλακτικά θα μπορούσαν να αποτελούν συνδέσμους της περιμετρικής ξυλοδεσιάς με τους κατακόρυφους τοίχους. Οι θέσεις αγκύρωσης φαίνονται στις παρακάτω εικόνες.



Εικόνα 2.10 - Θέσεις αγκύρωσης μεταλλικών στοιχείων 1,2: (α) βόρεια όψη, (β) νότια όψη, (γ) διαδρομή ελκυστήρα 1 διαμέσων των τόξων.

Θέση 3, 4

Στην θέση 3 είναι εμφανής η αγκύρωση μεταλλικού στοιχείου στην βόρεια όψη, αλλά όχι στην νότια. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην μετέπειτα προσθήκη λίθινης περιφραξης της αυλής η οποία αποκρύπτει την θέση αγκύρωσης ή σε ασυνέχεια του ελκυστήρα κατά μήκος του τοίχου. Στην θέση 4 διακρίνεται στη βόρεια όψη μέσω φωτογραφιών αλλά και μέσω σχεδίων η αγκύρωση μεταλλικού στοιχείου στο ύψος της γένεσης του τόξου, το οποίο έχει πιθανώς λειτουργία ελκυστήρα αγνώστου μήκους έμπηξης. Στην νότια όψη η ύπαρξη αγκύρωσης τοποθετείται στο ύψος του ορόφου και παρουσιάζεται μόνο μέσω φωτογραφιών, καθώς είναι εν μέρη κρυμμένη από το επίχρισμα και δεν αποτυπώνεται στα σχέδια. Το στοιχείο που αγκυρώνεται στην νότια όψη είναι πιθανώς, μεταλλικός σύνδεσμος της περιμετρικής ξυλοδεσιάς με τον τοίχο.



Εικόνα 2.11 - Θέση αγκύρωσης μεταλλικού στοιχείου: (α) 4 βόρεια όψη, (β) 4 νότια όψη, 3 (γ) βόρεια όψη.

Θέση 5

Στην θέση 5 διακρίνεται στη βόρεια όψη μέσω φωτογραφιών, αλλά και μέσω σχεδίων η αγκύρωση μεταλλικών στοιχείων. Στην νότια όψη η ύπαρξη αγκύρωσης φαίνεται μόνο μέσω φωτογραφιών, καθώς είναι εν μέρη κρυμμένη από το κεραμικό διάκοσμο. Τα στοιχεία αγκυρώνονται σε ύψος μικρότερο από την θέση εφαρμογής της ξυλοδεσιάς της στέγης, οπότε πιθανώς επιτελούν λειτουργία ελκυστήρων, που είναι άγνωστο εάν διαπερνούν τον ανατολικό τοίχο σε όλο το μήκος του. Οι θέσεις εφαρμογής φαίνονται στις παρακάτω εικόνες.



Εικόνα 2.12 - Θέση αγκύρωσης μεταλλικού στοιχείου 5: (α) βόρεια όψη, (β) νότια όψη.

Θέση 6

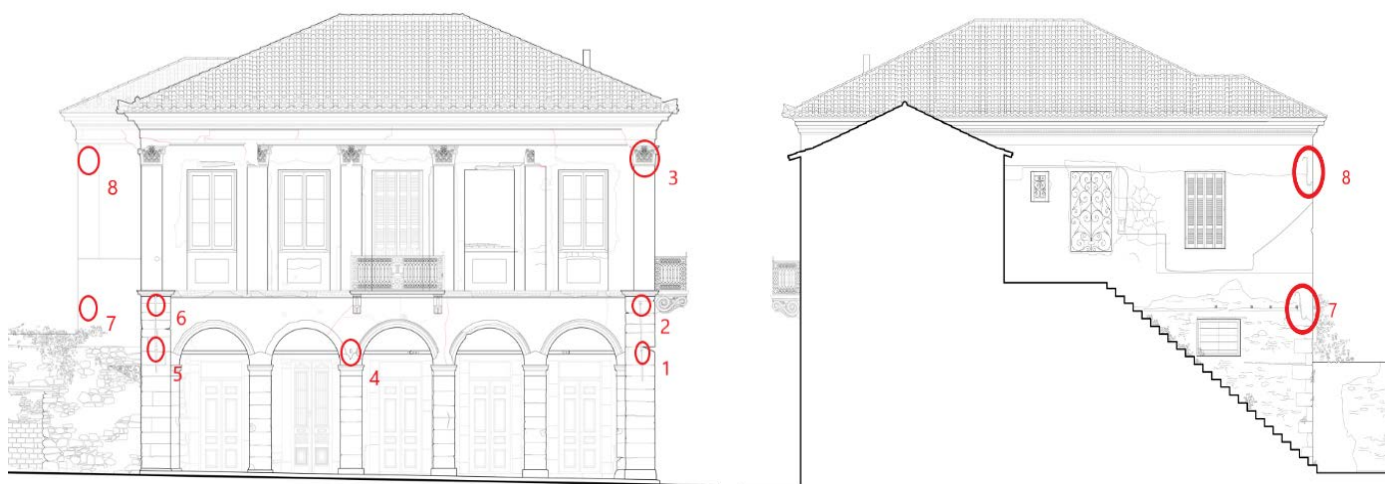
Στην θέση 6 διακρίνεται λόγω πτώσης επιχρισμάτων, τόσο στην βόρεια όσο και στην νότια όψη η αγκύρωση μεταλλικών στοιχείων στην στέψη του κτιρίου. Τα μεταλλικά στοιχεία αντίστοιχα με την θέση 5, λειτουργούν ως οριζόντιοι ελκυστήρες, που είναι άγνωστο εάν διαπερνούν τον δυτικό τοίχο σε όλο το μήκος του.



Εικόνα 2.13 - Θέση αγκύρωσης μεταλλικού στοιχείου 6: (α) βόρεια όψη, (β) νότια όψη.

ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ-ΔΥΤΙΚΗ ΟΨΗ

Στις παρακάτω εικόνες και σχήματα παρουσιάζονται οι αγκυρώσεις μεταλλικών στοιχείων στις δυο όψεις του κτηρίου και εξηγείται ο ρόλος τους στην συνολική συμπεριφορά της κατασκευής.



Σχήμα 2.10 - Θέσεις αγκύρωσης μεταλλικών στοιχείων ανατολικής - δυτικής όψης.

Θέσεις 1,2,3

Στην θέση 1 είναι εμφανής η αγκύρωση μεταλλικού στοιχείου στην ανατολική όψη στο ύψος της γένεσης των τόξων, που λειτουργεί ως ελκυστήρας των εν σειρά τόξων, διαπερνώντας τον βόρειο τοίχο. Στην θέση 2 είναι εμφανής η αγκύρωση μεταλλικού στοιχείου στο ύψος του πατώματος και πιθανολογείται ότι αποτελεί μεταλλικό σύνδεσμο της ξυλοδεσιάς με την τοιχοποιία. Στην θέση 3 αγκυρώνεται στην στέψη του κτιρίου ελκυστήρας, ο οποίος είναι άγνωστο εάν διαπερνά όλο τον βόρειο τοίχο.



Εικόνα 2.14 - (α), (β) Θέσεις αγκύρωσης μεταλλικών στοιχείων 1,2,3 ανατολική όψη, (γ) διαδρομή ελκυστήρα 1 διαμέσων των τόξων.

Θέση 4

Στην θέση 4, είναι ορατή μόνο από την ανατολική όψη η αγκύρωση μεταλλικού ελκυστήρα ο οποίος διαπερνά των εσωτερικό φέροντα τοίχο του ισόγειου με κατεύθυνση Βορράς-

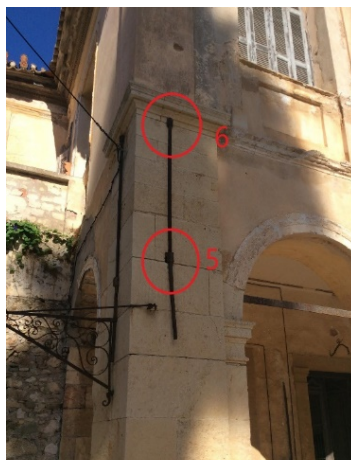
Νότος. Η αγκύρωση του στην δυτική πλευρά δεν μπορεί να εντοπισθεί λόγω του συνορεύοντος κτηρίου.



Εικόνα 2.15 - (α) Θέση αγκύρωσης μεταλλικού στοιχείου 4 ανατολική όψη, (β) διαδρομή

Θέση 5,6

Στις θέσεις 5,6 φαίνεται στην βόρεια όψη η αγκύρωση μεταλλικών στοιχείων στην γένεση του τόξου και στο ύψος του ορόφου. Το στοιχείο 5 πρόκειται για ελκυστήρα του τόξου του προστώου, ενώ το στοιχείο 6 αποτελεί μεταλλικό σύνδεσμο της ξυλοδεσιάς του πατώματος,



Εικόνα 2.16 - Θέσεις αγκύρωσης ελκυστήρων 5,6: (α) ανατολική όψη, (β) ημιώροφος.

Θέση 7,8

Στις θέσεις αυτές φαίνονται μόνο από την δυτική όψη οι αγκυρώσεις μεταλλικών στοιχείων, στο ύψος του ορόφου και στην στέψη. Αντίστοιχα με τα όσα έχουν προαναφερθεί το μεταλλικό στοιχείο στο ύψος τους πατώματος είναι σύνδεσμος της ξυλοδεσιάς και το στοιχείο στην στέψη είναι οριζόντιος ελκυστήρας αγνώστου μήκους.

2.3.7 Στέγη

Η στέγη έχει ξύλινο φέροντα οργανισμό από φυσική ξυλεία, ενώ καλύπτεται από κεραμίδια βυζαντινού τύπου διαστάσεων 20cm x 40cm. Τα ξύλινα στοιχεία της στέγης δεν είναι εμφανή από την στάθμη του ορόφου καθώς καλύπτεται από οροφокονιάματα σε όλη την επιφάνεια. Η κατασκευή της οροφής αποτελείται από ξύλινα δοκάρια διαστάσεων 50mm x 50mm τα οποία καρφώνονται στα οριζόντια στοιχεία της στέγης και επί αυτών τοποθετούνται ξύλινα πηχάκια ανά 2cm. Κάτω από τα πηχάκια τοποθετούνται τα οροφокονιάματα.

Η στέγη αποτελείται από τρία κύρια ζευκτά και ένα ζευκτό στο προεξέχον τμήμα του κτιρίου. Έτσι προκύπτουν δυο κορυφές στην στέγη, με το κεντρικό τμήμα να έχει ύψος 2,70m ενώ η προεξοχή 1,60m. Τα κύρια ζευκτά διατάσσονται ανά 1,60m περίπου, οι κορυφές τους συνδέονται με κορυφιά διαστάσεων 7cm x 7cm, ενώ αποτελούνται από ελκυστήρα διατομής 15cm x 20cm, κατακόρυφους ορθοστάτες διατομής 12cm x 15cm, αμοιβοντες διατομής 15cm x 15cm και διαγώνιες αντηρίδες διατομής 5cm x 10cm. Η σύνδεση όλων των ξύλινων στοιχείων των ζευκτών πραγματοποιείται με μεταλλικούς συνδέσμους. Τα ζευκτά εδράζονται επί των περιμετρικών ξυλοδεσιών της στέγης που έχουν και λειτουργία στρωτήρα στην προκειμένη περίπτωση. Η στήριξη τους εφαρμόζεται σε όλο το πάχος της υποκείμενης τοιχοποιίας, γεγονός ευνοϊκό για την ομαλή και ομοιόμορφη μεταφορά των φορτίων.

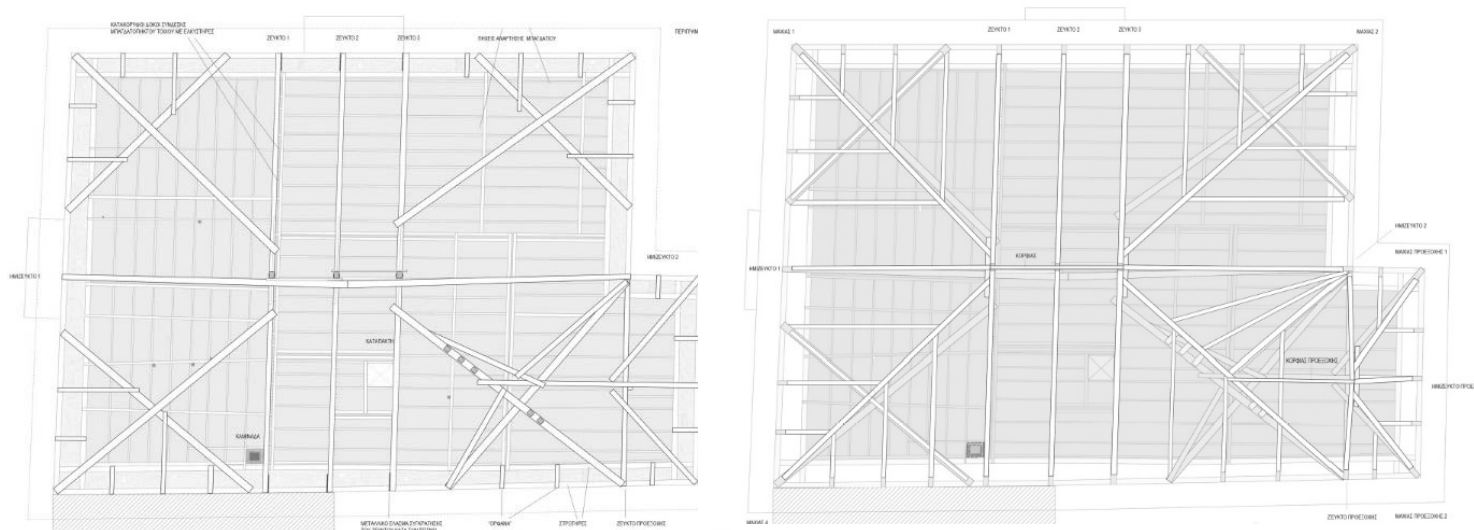
Οι γωνιές της στέγης μορφώνονται με οριζόντιους και κεκλιμένους αμείβοντες διατομής 15cm x 15cm, οι οποίοι συνδέονται με τα ζευκτά και τον στρωτήρα. Επίσης τοποθετούνται και πλάγιοι κεκλιμένοι αμοιβοντες ανά 1,30m περίπου και διατομής 10cm x 10cm, που συνδέονται με τους αμείβοντες του μαχιά και τους στρωτήρες. Η ενίσχυση της γωνιακής σύνδεσης της στέγης με την τοιχοποιία πραγματοποιείται με μέσω διαγώνιου ξύλου (μασχαλίτης). Τέλος πάνω από τους αμείβοντες καρφώνονται οι τεγίδες διατομής 5cm x 5cm και πάνω στις τεγίδες τοποθετούνται τα κεραμίδια χωρίς την παρεμβολή σανιδώματος.



Εικόνα 2.17 - Απεικόνιση φέροντα οργανισμού στέγης.



Εικόνα 2.18 - Απεικόνιση φέροντα οργανισμού στέγης.



Σχήμα 2.12 - Κάτοψη οριζοντίων και κεκλιμένων στοιχείων στέγης.

2.3.8 Πατώματα - Δάπεδα

- Πάτωμα ημιώροφου

Οι χώροι 2,3 του ισογείου και ο ημιώροφος διαχωρίζονται με ξύλινο πάτωμα που τοποθετείται σε ύψος 2,86m. Το φέρον σύστημα του πατώματος αποτελείται από 6 ξυλοδοκούς διατομής 20cm x 20cm, διατεταγμένες ανά 50cm, στην κατεύθυνση ανατολή – δύση. Οι ξύλινες δοκοί εδράζονται στην εσωτερική παρειά των κάθετων τοίχων χωρίς την παρεμβολή ξυλοδεσιάς και χωρίς την ύπαρξη συνδέσμων με την τοιχοποιία. Πάνω από τις δοκούς καρφώνονται διαδοκίδες ανά αποστάσεις και σε αυτές τοποθετούνται οι ξυλοσανίδες του πατώματος πλάτους 12cm και πάχους 2cm.

- Πάτωμα ορόφου

Το ισόγειο με τον όροφο διαχωρίζονται από ξύλινο πάτωμα που τοποθετείται σε ύψος 4,98m. Το πάτωμα εκτείνεται σε όλη την επιφάνεια του ορόφου εκτός από την οπή που δημιουργείται λόγω της ξύλινης κλίμακας, διαστάσεων 2,5m x 4m. Το φέρον σύστημα του πατώματος αποτελείται από 2 ξύλινες δοκούς στην κατεύθυνση βορράς – νότος και από 18 ξύλινες δοκούς στην κατεύθυνση ανατολή – δύση. Οι δυο δοκοί της κατεύθυνσης βορράς – νότος έχουν διατομή 20cm x 20cm. Η δυτική δοκός περιορίζεται μόνο στον χώρο 1 του ισογείου και εδράζεται στην εσωτερική παρειά του βόρειου και του εσωτερικού τοίχου χωρίς κάποιο περαιτέρω σύνδεσμο. Η ανατολική δοκός εκτείνεται από τον βόρειο τοίχο έως την γωνία της προεξοχής στον νότιο. Στο μέσο περίπου του μήκους της, δηλαδή στον εσωτερικό τοίχο, ματίζεται με άλλη δοκό ίδιων διαστάσεων. Η ανατολική δοκός αποτελεί και στήριξη της απόληξης του κλιμακοστασίου στην στάθμη του ορόφου. Λόγω της σπουδαιότητας της όσον αφορά την φέρουσα ικανότητα του πατώματος η ανατολική δοκός συνδέεται με τον βόρειο και νότιο τοίχο με χρήση μεταλλικών ελασμάτων που αγκυρώνονται στο εξωτερικό των τοίχων, όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες.

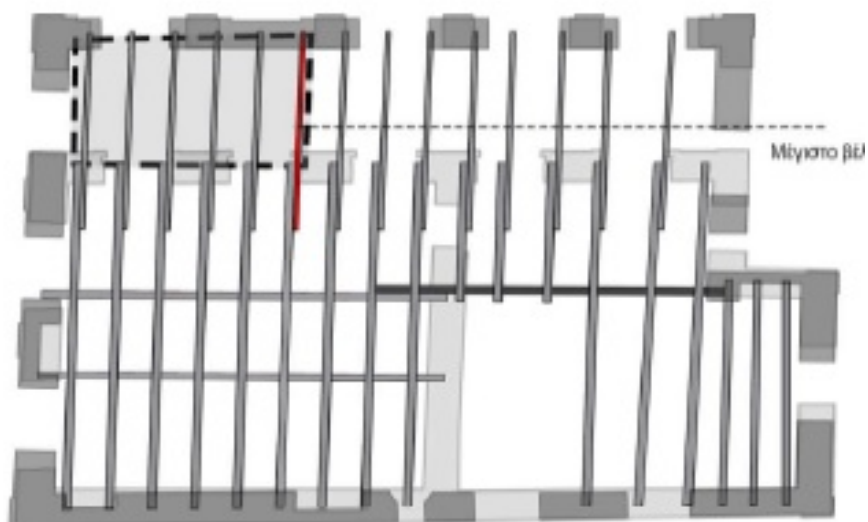
Πάνω από τις δοκούς βορρά – νότου και κάθετα σε αυτές διατάσσονται 18 ξύλινες δοκοί ίδιων διαστάσεων. Η δοκοί αυτοί εδράζονται είτε στον ανατολικό και δυτικό τοίχο είτε στην κάθετη υποκείμενη δοκό στο σημείο της κλίμακας. Η σύνδεση τους με τους κάθετους σε αυτές τοίχους δεν περιλαμβάνει κάποια ενισχυτική διάταξη. Μέρος των ξυλοδοκών ματίζεται άνωθεν του εσωτερικού ανατολικού τοίχου. Τέλος, πάνω από τις ξύλινες δοκούς τοποθετούνται εγκάρσιες διαδοκίδες ανά αποστάσεις στις οποίες καρφώνονται οι ξυλοσανίδες του πατώματος πλάτους 12cm και πάχους 2cm.



Εικόνα 2.19 - Σύστημα σύνδεσης δοκού - ανατολικού τοίχου.



Εικόνα 2.20 - Σύστημα σύνδεσης δοκού - νότιου τοίχου.



Σχήμα 2.13 - Διάταξη ξύλινων δοκών πατώματος.

3. ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ

3.1 ΓΕΝΙΚΟΣ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

Στην παρούσα υποενότητα γίνεται μια προσπάθεια να αναδειχθούν διάφορα δομικά χαρακτηριστικά και παθογένειες της κατασκευής, που θα συμβάλλουν στην πληρέστερη κατανόηση της συμπεριφοράς της και των ενδεχόμενων κινδύνων όπου αυτή διατρέχει. Γενικά το κτίριο εμφανίζει προσεγμένη δόμηση, ενώ ιδιαίτερα ευμενής είναι και η παρουσία ξύλινων και μεταλλικών στοιχείων ενίσχυσης, όπως οι ξυλοδεσιές και οι ελκυστήρες. Παρόλα αυτά παρακάτω παρουσιάζονται ορισμένες παρατηρήσεις που προέκυψαν από την επί τόπου διερεύνηση του κτιρίου.

1. Η χρήση αργών λίθων ως βασικό υλικό δομήσεως, οδηγεί σε δημιουργία μεγάλων σε πάχος αρμών κονιάματος, γεγονός που επηρεάζει αρνητικά την θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας και αυξάνει τις αβεβαιότητες σχετικά με τις αντοχές και την συμπεριφορά της.
2. Οι τρίστρωτες λιθοδομές με δυο εξωτερικές παρειές και στρώση πλήρωσης αποτελούν χαρακτηριστικό τρόπο δόμησης των φερόντων τοίχων της εποχής. Το πρόβλημα με την μέθοδο είναι ότι η στρώση πλήρωσης κατασκευάζεται πρόχειρα, ενώ το υλικό πρόκειται για χαλαρό υλικό με μεγάλο ποσοστό κενών και φτωχά μηχανικά χαρακτηριστικά. Σε συνδυασμό με την απουσία διάτονων λίθων, η σύνδεση των εξωτερικών παρειών είναι ιδιαίτερα ασθενής. Επίσης χαρακτηριστικό της εποχής είναι η εξωτερική παρειά του τοίχου να κατασκευάζεται επιμελέστερα με καλύτερης ποιότητας λίθους και κονίαμα σε σχέση με την εσωτερική, για λόγους επίδειξης πλούτου. Οι πρακτικές αυτές όμως οδηγούν σε παθογένειες στην κατασκευή που περιλαμβάνουν: διαφορά στην κατανομή της έντασης σε κάθε παρειά, πιθανότητα απώλειας της σύνδεσης των παρειών και ασύμβατη λειτουργία λόγω διαφορετικής δυσκαμψίας. Έτσι, οι φέροντες τοίχοι καθίστανται ιδιαίτερα ευάλωτοι σε εκτός επιπέδου δράσεις, σε συνδυασμό με υψηλό αξονικό φορτίο.
3. Το κτίριο κυρίως στο επίπεδο του ισογείου παρουσιάζει ασύμμετρη διάταξη των κατακόρυφων στοιχείων και ασυνέχεια αυτών στον υπερκείμενο όροφο. Η ύπαρξη κανονικότητας καθ' ύψος και σε κάτοψη οδηγεί σε ορθή κατανομή των εντάσεων οπότε και των βλαβών στους πεσσούς και τα υπέρθυρα. Αντίθετα, η έλλειψη κανονικότητας οδηγεί στην εμφάνιση φαινομένων στρέψης, σε ανομοιόμορφη φόρτιση των στοιχείων και σε επιβάρυνση των πιο ευάλωτων περιοχών της κατασκευής. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την περιορισμένη ικανότητα

παραμόρφωσης της τοιχοποιίας καθιστά το κτίριο ευάλωτο σε φθορές λόγω πλευρικών φορτίων.

4. Σε κάποιες όψεις του κτιρίου παρατηρείται ασύμμετρη τοποθέτηση των ανοιγμάτων. Έτσι, τα φέροντα στοιχεία παρουσιάζουν ασυνέχειες και εκτρέπονται οι διαδρομές των δυνάμεων. Λόγω αυτού του φαινομένου, δημιουργούνται εγκάρσιοι εφελκυσμοί και με δεδομένη την μικρή εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας, είναι πολύ πιθανή η εμφάνιση ρωγμών.
5. Το πλήθος των ανοιγμάτων και το μεγάλο μέγεθος αυτών κυρίως στην βόρεια και ανατολική όψη, οδηγεί σε δημιουργία μικρών πεσσών. Οι πεσσοί αποτελούν τα πλέον ισχυρά στοιχεία της κατασκευής, καθώς αναλαμβάνουν μεγάλο μέρος της έντασης και καταναλώνουν σημαντικό ποσοστό ενέργειας. Η μείωση λοιπόν του μεγέθους τους και κατά συνέπεια της φέρουσας ικανότητας και δυσκαμψία τους, τους καθιστά ευάλωτους σε εντός και εκτός επιπέδου καταπονήσεις και επηρεάζει αρνητικά το σύνολο του κτιρίου.
6. Παρατηρείται ακόμα σε κάποιες όψεις το φαινόμενο της τοποθέτησης των ανοιγμάτων πολύ κοντά στο σημείο σύνδεσης των διασταυρούμενων τοίχων. Το γεγονός αυτό δημιουργεί ασθενείς περιοχές, με μεγάλη πιθανότητα εμφάνισης διατμητικών ρωγμών, που σε συνδυασμό με ύπαρξη εκτός επιπέδου ροπών δύναται να προκαλέσουν αποκόλληση των γωνιών, με καταστροφικά αποτελέσματα.
7. Στην νότια όψη σε σημεία όπου έχουν καταρρεύσει τα εξωτερικά επιχρίσματα γίνεται εμφανής η μέθοδος δόμησης τις γωνίας του κτιρίου. Έτσι, παρατηρείται η απουσία δεύτερης σειράς λαξεμένων γωνιακών λίθων, που θα εξασφάλιζαν μια ισχυρή σύνδεση των τοίχων. Αντίθετα, στις εμφανείς λιθοδομές της βόρειας και ανατολικής όψης οι γωνιές είναι σαφώς καλύτερα δομημένες με εφαρμογή δεύτερης σειράς λίθων. Η ορθή σύνδεση των διασταυρούμενων τοίχων είναι μέγιστης σημασίας για την ομαλή λειτουργία του κτιρίου, αφού ενισχύουν την λειτουργία κιβωτίου και αποτρέπουν τους φέροντες τοίχους από το να παραμορφώνονται αυτόνομα. Οι ανεπαρκώς συνδεδεμένοι τοίχοι είναι επιρρεπείς σε εκτός επιπέδου ροπές, που μπορεί να προκαλέσουν τοπική αλλά και ολική κατάρρευση του κτιρίου.
8. Στο επίπεδο του ορόφου είναι εμφανής η απουσία εγκάρσιων εσωτερικών τοίχων, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται μεγάλου μήκους εύκαμπτοι τοίχοι. Οι εσωτερικές εγκάρσιες τοιχοποιίες, εφόσον είναι επαρκώς συνδεδεμένες, λειτουργούν ως έμμεση στήριξη των περιμετρικών, αυξάνοντας την εκτός επιπέδου δυσκαμψία τους και

αποτρέποντας φαινόμενα καμπτικών ρωγμών που μπορεί να προκαλέσουν κατάρρευση μιας εκ των παρειών ή και ολόκληρου του τοίχου.

9. Η ύπαρξη ξύλινων δοκών του πατώματος και στις δυο διευθύνσεις του κτιρίου λειτουργεί ευεργετικά, καθώς ενισχύει την διαφραγματική λειτουργία στο επίπεδο του πατώματος και κατ' επέκταση την λειτουργία κιβωτίου του κτιρίου σε όλες τις διευθύνσεις. Παρόλα αυτά, για την εξασφάλιση όσο το δυνατόν μεγαλύτερης διαφραγματικής λειτουργίας, απαιτείται η σωστή σύνδεση των ξύλινων δοκών με την τοιχοποιία. Στο υπό εξέταση κτίριο μόνο μια εκ των δοκών συνδέεται μέσω μεταλλικού ελάσματος με τους εγκάρσιους τοίχους. Οι υπόλοιπες δοκοί απλώς εδράζονται επί των τοίχων, με άγνωστο μήκος έμπηξης. Έτσι, εξασθενείτε σημαντικά το διάφραγμα, και η κατανομή των θλιπτικών τάσεων από τις δοκούς στην τοιχοποιία δεν είναι ομοιόμορφη, δημιουργώντας εκκεντρότητες. Η έκκεντρη εφαρμογή του αξονικού θλιπτικού φορτίου δημιουργεί εκτός επιπέδου καμπτικές ροπές, ιδιαίτερα ανεπιθύμητες στις τοιχοποιίες.

3.2 ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ

Στην παρούσα υποενότητα γίνεται μια προσπάθεια καταγραφής των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν τα επιμέρους στοιχεία της κατασκευής. Η οικία Ταρσούλη – Αξελού αντιμετωπίζει σήμερα ποικίλα προβλήματα, κυρίως λόγω γήρανσης των υλικών, λόγω χρόνιας έκθεσης αυτού σε περιβαλλοντικές δράσεις και λόγω της πλημμελούς συντήρησης του. Στην παρούσα εργασία δεν παρουσιάζονται αναλυτικά το σύνολο των πιθανών φθορών των ξύλινων και μεταλλικών στοιχείων του πατώματος, της στέγης, των διαχωριστικών τοίχων, των ελκυστήρων και των ξυλοδεσιών. Η λεπτομερής διερεύνηση τους δεν ήταν δυνατή, λόγω έλλειψης εξοπλισμού και αδυναμίας καθαίρεσης των εξωτερικών και εσωτερικών επιχρισμάτων.

3.2.1 Τοίχοι

- Φέρουσες λιθοδομές
Οι φέρουσες λιθοδομές παρουσιάζουν πλήθος ρωγμών που οφείλονται σε μετακινήσεις των τοίχων λόγω σεισμικών δράσεων αλλά και σε τοπική αποδιοργάνωση της λιθοδομής, λόγω εισχώρησης υγρασιών και επαφής με διαβρωμένα μεταλλικά στοιχεία. Η φύση, η θέση και τα αίτια των ρωγμών παρουσιάζονται αναλυτικά στην επόμενη ενότητα.
- Μη φέροντες μπαγδατότοιχοι

Οι εσωτερικοί διαχωριστικοί τοίχοι από μπαγδατί παρουσιάζουν ποικιλία ρηγματώσεων που οφείλονται σε μικρομετακινήσεις, λόγω σεισμικών δράσεων και λόγω βελών κάμψης των δοκών πατώματος και στέγης.

3.2.2 Τόξα

Τα τόξα των ανοιγμάτων του ισογείου δεν παρουσιάζουν δομικά προβλήματα. Τα προβλήματα περιορίζονται σε επιφανειακές φθορές των λίθων λόγω υγρασίας αλλά και λόγω διάβρωσης των μεταλλικών στοιχείων ενίσχυσης (ελκυστήρες).

3.2.3 Εξώστες

Ο μεταγενέστερος εξώστης από οπλισμένο σκυρόδεμα στην νότια όψη είναι σε μέτρια κατάσταση, κυρίως λόγω διάβρωσης τους σκυροδέματος. Το κύριο πρόβλημα όμως είναι η ασυμβατότητα της μορφής και του τρόπου κατασκευής του, με το ύψος, την μορφή και την αισθητική του κτιρίου.

Οι μαρμάρινοι εξώστες της ανατολικής και της βόρειας όψης καθώς και τα φορούσια τους είναι σε γενικά καλή κατάσταση, με μικρές φθορές που οφείλονται στην έκθεση τους σε περιβαλλοντικές δράσεις.

3.2.4 Συστήματα Ενισχύσεως

- Ελκυστήρες

Οι σιδηροί ελκυστήρες είναι άγνωστο εάν παρουσιάζουν κάποια αστοχία κατά το μήκος τους. Γενικά η κατάσταση των εμφανών ελκυστήρων δεν κρίνεται καλή, καθώς αντιμετωπίζουν έντονη διάβρωση, λόγω της έκθεσης τους σε περιβαλλοντικές δράσεις.

- Ξυλοδεσιές

Στα ελάχιστα σημεία των όψεων που είναι εμφανείς η περιμετρική ξυλοδεσιά του πατώματος, παρατηρείται η φυσική φθορά των επιμέρους ξύλινων στοιχείων που την απαρτίζουν, λόγω γήρανσης των υλικών και λόγω έκθεσης τους σε περιβαλλοντικές δράσεις. Εκτός από την κακή κατάσταση του υλικού, ανά τμήματα παρατηρείται και έλλειψη συνέχειας των ξυλοδεσιών, αφού ξύλινα στοιχεία έχουν καταρρεύσει. Η περιμετρική ξυλοδεσιά της στέγης διατηρείται σε σχετικά καλή κατάσταση, χωρίς να παρουσιάζονται αλλοιώσεις του υλικού ή τμηματική απουσία του.

3.2.5 Στέγη

Ο φέρων οργανισμός της στέγης είναι γενικά σε καλή κατάσταση. Τα προβλήματα περιορίζονται στην ανάπτυξη μικροοργανισμών, καθώς και στις μικροπαραμορφώσεις των ξύλινων στοιχείων, εκτός από ορισμένες θέσεις, που δεν ήταν εφικτό να προσεγγιστούν στο πλαίσιο της εργασίας αυτής. Στο πλαίσιο της μελέτης αποκατάστασης του κτηρίου, θα απαιτηθεί βεβαίως λεπτομερέστερη αποτύπωση της παθολογίας και διερεύνηση της, ώστε να προταθούν τα κατάλληλα μέτρα. Η επικάλυψη από βυζαντινού τύπου κεραμίδια είναι σε μέτρια κατάσταση. Η πλημμελής τεχνική τοποθέτησης τους αφήνει περιθώριο για την εισροή ομβρίων όπου σε συνδυασμό με την απουσία σανιδώματος έχει προκαλέσει φθορές σε υποκείμενα ξύλινα στοιχεία, όπως στις τεγίδες.

3.2.6 Στοιχεία Όψεων

Τα διακοσμητικά στοιχεία των όψεων όπως γείσα, διακοσμητικές ζώνες, παραστάδες από τραβηχτά επιχρίσματα παρουσιάζουν σε σημαντικό βαθμό φθορές, λόγω της διαβροχής τους και της εισχώρησης κατερχόμενων υγρασιών. Τα κεραμικά επίκρανα των παραστάδων είναι σε μεγάλο βαθμό κατεστραμμένα και οι φθορές τους προκλήθηκαν λόγω της διάβρωσης των μεταλλικών ελκυστήρων που αγκυρώνονται πίσω από αυτά.

3.2.7 Ανοίγματα

Τα διακοσμητικά στοιχεία των ανοιγμάτων (κορνίζες) είναι, όπως και τα υπόλοιπα διακοσμητικά στοιχεία των όψεων σε κακή κατάσταση. Μεγάλο μέρος τους είναι κατεστραμμένο λόγω της χρόνιας έκθεσης σε καιρικές συνθήκες και λόγω της ελλιπούς συντήρησης.

3.2.8 Επιχρίσματα

Τα εξωτερικά επιχρίσματα έχουν υποστεί φθορές σε μεγάλο βαθμό λόγω της χρόνιας διαβροχής τους και της απουσίας συντήρησης για μεγάλο χρονικό διάστημα. Εντονότερα προβλήματα εντοπίζονται στην νότια και δυτική όψη όπου το μεγαλύτερο μέρος των επιχρισμάτων του ισογείου έχουν καταρρεύσει, λόγω των ανερχόμενων υγρασιών και λόγω της επαφής τους με πυκνή βλάστηση. Στην ανατολική και βόρεια όψη παρατηρείται φθορά των επιχρισμάτων όσον αφορά τους χρωματισμούς, αλλά καταρρεύσεις υπάρχουν μόνο τοπικά σε μικρές επιφάνειες. Βέβαια, πρέπει να σημειωθεί ότι σωζόμενα επιχρίσματα του κτηρίου έχουν ένα ιδιαίτερο χρωματισμό και είναι σημαντικά για την γενικότερη αισθητική των όψεων. Για το λόγο αυτό θα ήταν καλό να γίνει προσπάθεια να μην καθαιρεθούν, όπου αυτό είναι εφικτό και να συντηρηθούν επί τόπου. Εσωτερικά τα επιχρίσματα είναι σε εμφανώς καλύτερη κατάσταση με τα προβλήματα να εντοπίζονται στην παρουσία υγρασίας,

κυρίως στο επίπεδο του ισογείου. Βέβαια αρκετοί από τους εσωτερικούς τοίχους του ισογείου έχουν υποστεί συντήρηση, καθώς χρησιμοποιούνταν για πολιτιστικές εκδηλώσεις του Δήμου.

3.2.9 Αρμολογήματα

Τα αρμολογήματα είναι σε μέτρια σχετικά κατάσταση με τα κυριότερα προβλήματα να εντοπίζονται στην νότια και δυτική όψη λόγω κατάρρευσης των επιχρισμάτων αλλά και στην βόρεια όψη και τους κίονες του προστώου λόγω της έκθεσης των κονιαμάτων στους εξωτερικούς παράγοντες.

3.2.10 Κλίμακα

Η εσωτερική ξύλινη κλίμακα είναι σε μέτρια κατάσταση με τις φθορές να οφείλονται χαλάρωση των συνδέσμων και στην ανάπτυξη μικροοργανισμών στο σώμα των ξύλινων στοιχείων.

3.2.11 Πατώματα – Δάπεδα

Τα ξύλινα πατώματα και οι ξυλοδοκοί που τα απαρτίζουν είναι σε σχετικά καλή κατάσταση με τα προβλήματα να εντοπίζονται σε μικρές παραμορφώσεις και σε γήρανση κάποιων εκ των δοκών.

Τα ξύλινα δάπεδα αντιμετωπίζουν περισσότερα προβλήματα αφού η επιφάνεια των σανίδων είναι σημαντικά φθαρμένη και σε αρκετά σημεία έχουν καταστραφεί αφήνοντας μικρά κενά στο δάπεδο.

Τα λίθινα δάπεδα του ισογείου και ορόφου είναι στο μεγαλύτερο μέρος τους σε σχετικά καλή κατάσταση παρά την απουσία συντήρησης τους για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Το ίδιο δεν ισχύει για τον χώρο 1 του ισογείου, όπου το έδαφος κάτω από τις λίθινες πλάκες έχει υποχωρήσει σημαντικά με αποτέλεσμα το δάπεδο να έχει αποδιοργανωθεί και να μην είναι πλέον λειτουργικό.

3.2.12 Οροφές

Οι ξύλινες οροφές του ισογείου είναι σε γενικά καλή κατάσταση καθώς έχουν επισκευασθεί προσφάτως. Σε αντίθεση οι οροφές του ορόφου από μπαγδατί είναι σε πολλά σημεία κατεστραμμένες και γενικά βρίσκονται σε κατάσταση ετοιμορροπίας, λόγω διαβρωχής τους από βρόχινα νερά που εισέρχονται από την στέγη.

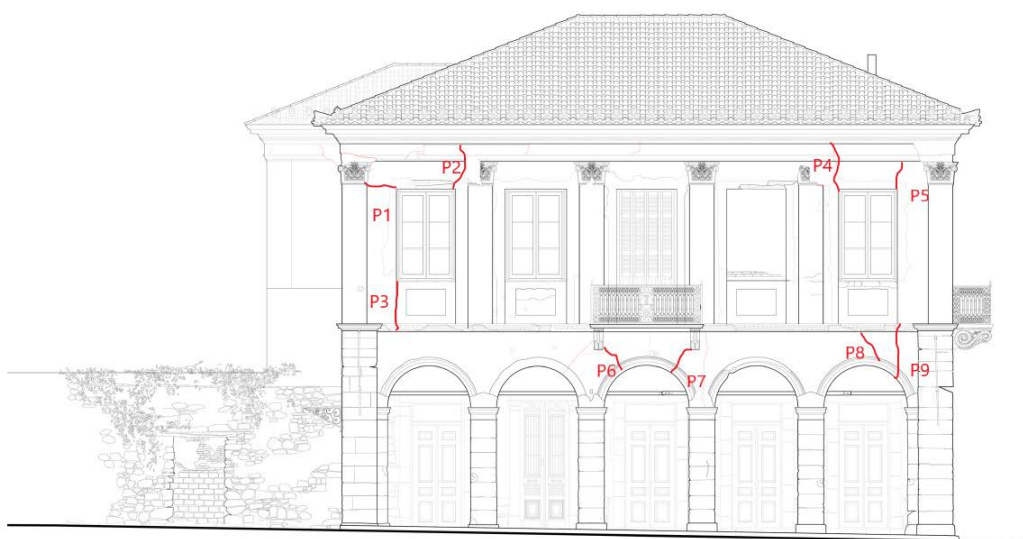
3.3 ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΡΩΓΜΩΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ

Σε αυτή την υποενότητα παρουσιάζονται αναλυτικά οι δομικές φθορές των φερόντων τοίχων του υπό εξέταση κτιρίου, οι οποίες εκδηλώνονται κυρίως ως ρηγματώσεις. Έτσι καταγράφονται αναλυτικά η θέση, το εύρος και μεταβολή αυτού κατά εύρους της ρωγμής, η πιθανή σχετική μετακίνηση των χείλεων και τέλος τα αίτια που τις έχουν προκαλέσει.

Οι σεισμικές δράσεις που έχει υποστεί το κτίριο στην πορεία της ύπαρξης του, σε συνδυασμό με κατασκευαστικές και σχεδιαστικές παθογένειες που έχει (π.χ. ανεπαρκής διαφραγματική λειτουργία), έχουν προκαλέσει πλήθος ρωγμών στις τοιχοποιίες. Επίσης, η φυσική φθορά και η αλλοίωση των μηχανικών χαρακτηριστικών των δομικών υλικών λόγω γήρανσης και έκθεσης σε περιβαλλοντικές δράσεις, συνεπικουρούν στην δημιουργία ρωγμών. Οι ρωγμές εντοπίζονται στην πλειοψηφία τους στους πεσσούς και στα ανώφλια των τοίχων.

Για την όσο το δυνατόν σαφέστερη παρουσίαση των ρωγμών χρησιμοποιούνται σχέδια των τεσσάρων εξωτερικών όψεων που απεικονίζουν την θέση της εκάστοτε ρωγμής και την αρίθμηση της. Επιπλέον χρησιμοποιείται φωτογραφικό υλικό που έχει συλλεχθεί από επί τόπου διερεύνηση, με σκοπό να διαμορφωθεί πληρέστερη εικόνα για την φύση, τα χαρακτηριστικά και τα αίτια δημιουργίας της κάθε ρωγμής.

3.3.1 Ανατολική όψη



Σχήμα 3.1 - Παθολογία ανατολικής όψης.

Ρωγμές P1,P2,P3

Η περίπου οριζόντια ρωγμή P1 οφείλεται σε εντός επιπέδου καμπτική καταπόνηση του ακριανού πεσσού λόγω σεισμικών φορτίων. Οι ακριανοί πεσσοί είναι ιδιαίτερα ευάλωτοι σε αυτού του είδους τις ρωγμές, καθώς η παραμόρφωση του κτιρίου λόγω σεισμού προκαλεί τοπική υπέρβαση της εφελκυστικής τους αντοχής. Η ρωγμή ξεκινά από την άκρη του ανοίγματος και επεκτείνεται προς το κέντρο του πεσσού. Το άνοιγμα της ρωγμής είναι μικρού εύρους χωρίς μετακίνηση των χειλέων, ενώ δεν παρατηρείται αποδιοργάνωση της τοιχοποιίας.

Η κατακόρυφη ρωγμή P2 οφείλεται σε εντός επιπέδου κάμψη του υπερθύρου λόγω οριζοντίων φορτίων. Η ρωγμή ξεκινά από την άκρη του ανοίγματος και επεκτείνεται προς την στέψη. Το χαμηλό αξονικό θλιπτικό φορτίο που δέχεται ο υπερθύρος δίσκος σε συνδυασμό με την ασθενή δυσκαμψία του λόγω μικρών διαστάσεων οδηγούν σε υπέρβαση της κατακόρυφης εφελκυστικής αντοχής του ακόμα και για μικρά πλευρικά φορτία. Η ρωγμή έχει μικρό εύρος, ενώ δεν παρατηρείται μετακίνηση μεταξύ των χειλιών αυτής.

Η κατακόρυφη ρωγμή P3 εντοπίζεται στο σημείο σύνδεσης της ποδιάς του παραθύρου με τον ακριανό πεσσό. Η ποδιά είναι κατασκευασμένη από οπτοπλινθοδομή, ενώ ο πεσσός από λιθοδομή και η ρωγμή οφείλεται σε μη επαρκή σύνδεση των δύο στοιχείων και σε διαφορά στον χρόνο κατασκευής τους. Η εμφάνιση τέτοιων ρωγμών σε συνδυασμό με ισχυρές εκτός επιπέδου δράσεις, δύναται να προκαλέσει ολική απώλεια σύνδεσης των δύο στοιχείων και κατάρρευση της ποδιάς.



Εικόνα 3.1 - Φωτογραφική απεικόνιση ρωγμών ανατολικού τοίχου: (α) P1,2, (β) P3, (γ) P1 εσωτερικά.

Ρωγμές P4,P5

Οι κατακόρυφες ρωγμές P4,5 στο υπέρθυρο του ακριανού ανοίγματος οφείλονται σε υπέρβαση της εφελκυστικής αντοχής, λόγω καμπτικής καταπόνησης. Οι ρωγμές ξεκινούν από τις γωνίες του ανοίγματος και συνεχίζουν προς την στέψη του κτιρίου. Η ρωγμή P5 παρουσιάζει μικρό εύρος και τα χείλη δεν παρουσιάζουν μεταξύ τους μετακίνηση. Αντίθετα, η ρωγμή P4 έχει σημαντικά μεγαλύτερο άνοιγμα και τα χείλη παρουσιάζουν μετακίνηση, η οποία οφείλεται σε κατακόρυφη εκτός επιπέδου κάμψη που αναπτύσσεται την στέψη του τοίχου. Οι ρωγμές είναι εμφανείς και στην εσωτερική παρειά του τοίχου, όπου έχει γίνει προσπάθεια σφράγισης τους με τσιμεντοκονίαμα σε μεταγενέστερο χρόνο, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα



Εικόνα 3.2 - Φωτογραφική απεικόνιση ρωγμών ανατολικού τοίχου P4,5.

Ρωγμές P6,P7,P8,P9

Οι ρωγμές P6 και P7 αναπτύσσονται λόγω συγκεντρωμένων κατακόρυφων φορτίων που προέρχονται από των εξώστη και λόγω κάμψης του υπερθύρου. Οι ρωγμές ξεκινούν από τα φορούσια και επεκτείνονται ακτινικά προς το κέντρο του τόξου. Πρόκειται για τριχοειδής ρωγμές με μικρό εύρος.

Η ρωγμές P8 και P9 εμφανίζονται στο υπέρθυρο του ακριανού τοξωτού ανοίγματος. Η παρουσία τους οφείλεται σε εντός επιπέδου καταπόνηση του υπερθύρου. Η κατακόρυφη ρωγμή P9 ξεκινά από την γωνία του ανοίγματος του ορόφου και καταλήγει στο τόξο του προστώου. Εναλλακτικά, η ύπαρξη της θα μπορούσε να οφείλεται σε ασυνέχεια των ακριανών πεσσών του ισογείου και του ορόφου. Η μικρή αυτή εκτροπή των κατακόρυφων δυνάμεων γεννά εγκάρσιους εφελκυσμούς και σε συνδυασμό με την χαμηλή εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας, προκαλείται κατακόρυφη ρωγμή. Το εύρος της μεταβάλλεται κατά το μήκος της αλλά δεν παρατηρείται εκτός επιπέδου σχετική μετακίνηση.



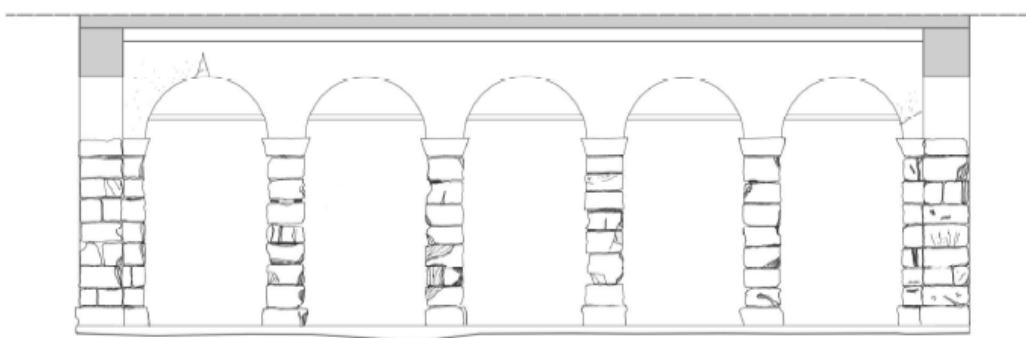
Εικόνα 3.3 - Φωτογραφική απεικόνιση ρωγμών ανατολικού τοίχου P6,7,P8,P9.

Επιπλέον, εκτεταμένες ρωγμές παρουσιάζονται και στους κίονες του προστώου οι οποίες δεν αριθμούνται λόγω του μεγάλου πλήθους τους. Οι εν λόγω ρωγμές είναι συνήθως κατακόρυφες και διαπερνούν τα λιθοσώματα. Η παρουσία καμπτικών ροπών προκαλούν ισχυρές θλιπτικές τάσεις στους κίονες με αποτέλεσμα την ρηγμάτωση ή και την θραύση των λιθοσωμάτων. Η έντονη ρηγμάτωση οφείλεται επίσης και στην γήρανση των υλικών, στην συνεχή έκθεση τους σε υγρασία και γενικότερα σε περιβαλλοντικές δράσεις, αλλά και κυρίως σε συγκεντρωμένες δυνάμεις που προκαλούνται από την οξειδωση και διόγκωση μεταλλικών στοιχείων οριζοντίωσης των αρμών ή και συνδέσμων που βρίσκονται μεταξύ των λίθων. Οι κίονες του προστώου δομούνται με τοιχοσώματα που εμφανίζουν μεγάλο πορώδες, δηλαδή έχουν την ικανότητα να συγκρατούν στο εσωτερικό τους σημαντική ποσότητα ύδατος. Σε συνδυασμό με το έντονα υγρό κλίμα της περιοχής, η τοιχοποιία υποβάλλεται σε κυκλικές διαδικασίες πήξης – τήξης, με αποτέλεσμα την ρηγμάτωση των λιθοσωμάτων. Οι ρωγμές είναι εκτεταμένες και σε ορισμένα σημεία έχει προκληθεί αποκόλληση τμήματος λίθων απομειώνοντας την διατομή των κίωνων. Αντίστοιχες ρωγμές λόγω οξειδωσης μετάλλου έχουν προκληθεί και στα τοξωτά ανοίγματα στα σημεία που τα διαπερνούν οι μεταλλικοί ελκυστήρες.



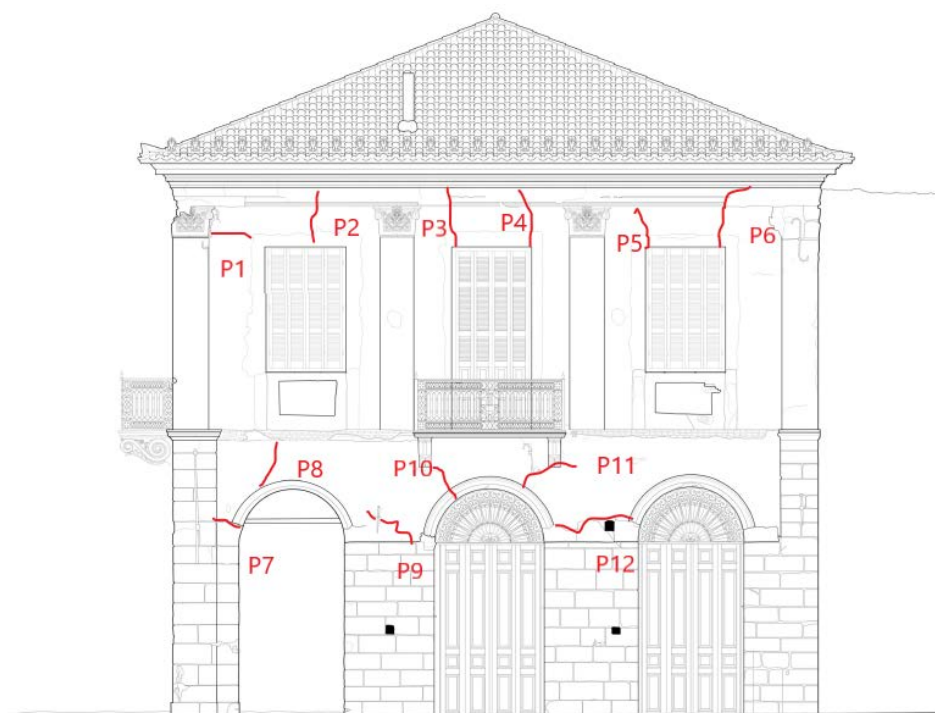


Εικόνα 3.4 - Φωτογραφική απεικόνιση ρωγμών προστώου.



Σχήμα 3.2- Σχηματική απεικόνιση ρωγμών προστώου.

3.3.2 Βόρεια όψη



Σχήμα 3.3 - Παθολογία βόρειας όψης.

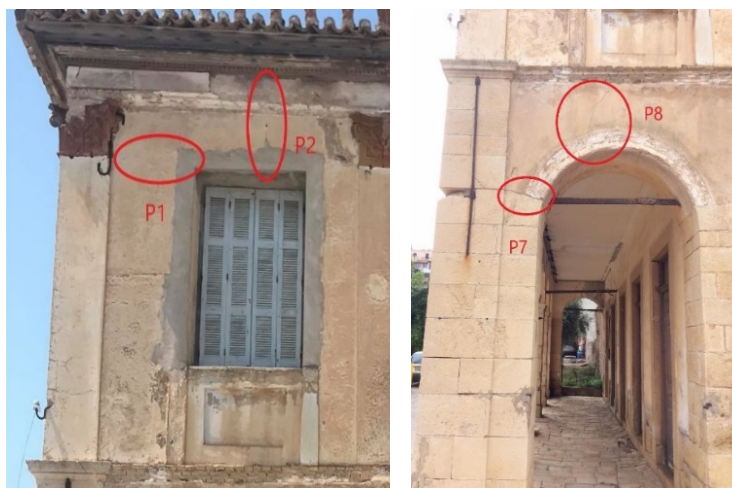
P1,P2,P7,P8

Η οριζόντιες ρωγμές P1 και P7 στις κορυφές των ακριανών πεσσών του ισογείου και του ορόφου οφείλονται σε εντός επιπέδου καμπτική καταπόνηση, λόγω σεισμικών φορτίων. Η ρωγμή εμφανίζεται λόγω ισχυρών εφελκυστικών τάσεων που αναπτύσσονται στους ακριανούς πεσσούς κατά την εφαρμογή πλευρικών φορτίων, με αποτέλεσμα την υπέρβαση της αντοχής τους. Το άνοιγμα είναι μικρό, καθώς τα κατακόρυφα φορτία έχουν κλείσει τις ρωγμές.

Στην επέκταση της ρωγμής P7 στην γωνία του κτιρίου, παρατηρείται ότι στο σημείο αγκύρωσης του ελκυστήρα έχει προκύψει θραύση και απώλεια τμήματος του γωνιακού λίθου, λόγω συγκεντρωμένων φορτίων από τον ελκυστήρα.

Η κατακόρυφη ρωγμή P2 στο υπέρθυρο του ακριανού ανοίγματος, προκαλείται λόγω συνδυαστικού φαινομένου εντός και εκτός επιπέδου κάμψης. Η ρωγμή τοποθετείται στο μέσο περίπου του ανοίγματος με πολύ μικρό εύρος ρωγμής.

Η κατακόρυφη ρωγμή P8 ξεκινά από την γωνία του ανοίγματος του ορόφου και καταλήγει στο τόξο του ισογείου. Η εν λόγω ρωγμή εμφανίζεται λόγω εντός επιπέδου κάμψης της υπερθύρου αλλά και λόγω της ασυνέχειας των πεσσών του ισογείου και του ορόφου με αποτέλεσμα την δημιουργία εγκάρσιων εφελκυσμών και το άνοιγμα της ρωγμής.



Εικόνα 3.5 - Φωτογραφική απεικόνιση ρωγμών βόρειου τοίχου P1,P2,P7,P8.

P3,P4,P5,P6

Οι κατακόρυφες ρωγμές P3, P4, P5 και P6 εμφανίζονται στα άκρα των υπερθύρων των ανοιγμάτων και συνεχίζουν ως την στέψη του τοίχου. Το σύνολο των ρωγμών είναι αποτέλεσμα εντός επιπέδου κάμψης και υπέρβασης της εφελκυστικής αντοχής των ασθενών υπερθύρων. Στις ρωγμές όμως P3 και P6 παρατηρείται σημαντικά μεγαλύτερο άνοιγμα και μετακίνηση μεταξύ των χειλέων, που υποδηλώνουν την ύπαρξη και επιρροή εκτός επιπέδου κάμψεως του υπερθύρου, λόγω ασθενούς διαφραγματική λειτουργίας. Οι ρωγμές και οι προγενέστερες προσπάθειες σφράγισης τους είναι εμφανείς και στην εσωτερική παρειά του τοίχου και παρουσιάζονται στις παρακάτω εικόνες.



Εικόνα 3.6 - Φωτογραφική απεικόνιση ρωγμών βόρειου τοίχου P3,P4.



Εικόνα 3.7 - Φωτογραφική απεικόνιση ρωγμών βόρειου τοίχου P5,P6.

P9,P10,P11,P12

Η ρωγμή P9 παρουσιάζεται περί το μέσο του κεντρικού πεσσού και εκτείνεται έως το σημείο αγκύρωσης μεταλλικού συνδέσμου, παρουσιάζοντας μια βαθμιδωτή μορφή. Η ύπαρξη της οφείλεται σε εντός επιπέδου διατμητική καταπόνηση που προκαλεί λοξή ρωγμή, που διέρχεται μέσω των αρμών λόγω ισχυρών λίθων. Εναλλακτικά, η ύπαρξη της μπορεί να οφείλεται λόγω συγκεντρωμένων φορτίων και λόγω οξειδωσης των μεταλλικών συνδέσμων.

Οι ρωγμές P10 και P11 προέρχονται από τα συγκεντρωμένα κατακόρυφα φορτία που ασκούνται από τον εξώστη. Έτσι οι ρωγμές ξεκινούν από τα φορούσια και συνεχίζουν ακτινικά στο τοξωτό άνοιγμα.

Η οριζόντια ρωγμή P12 στην κορυφή του πεσσού αποτελεί μια ακόμα εντός επιπέδου καμπτική ρωγμή. Κατά την διάρκεια σεισμικών φορτίων οι πεσσοί παραμορφώνονται εντός του επιπέδου τους με αποτέλεσμα το άνοιγμα οριζοντίων ρωγμών, λόγω υπέρβασης της εφελκυστικής αντοχής. Η ρωγμή εκτείνεται σε όλο το μήκος του πεσσού και διακρίνεται στην διατομή όπου μεταβάλλεται ο τρόπος δόμησης της εξωτερική όψης, από λαξεμένους λίθους σε αργολιθοδομή.



Εικόνα 3.8 - Φωτογραφική απεικόνιση ρωγμών βόρειου τοίχου P9,P10,P11,P12.

3.3.3 Νότια όψη



Σχήμα 3.4 - Παθολογία νότιας όψης.

P1,P2

Η οριζόντια ρωγμή P1 εντοπίζεται στον ακριανό πεσσό της νότιας όψης και έχει προκληθεί λόγω εντός επιπέδου κάμψεως του στοιχείου. Η ρωγμή εκκινεί από την άκρη του παραθύρου και επεκτείνεται προς την γωνιά τους κτιρίου. Το άνοιγμα της ρωγμής είναι μεγαλύτερο στην αρχή της και ελαττώνεται κατά το μήκος της. Τα άνωθεν κατακόρυφα φορτία έχουν σχεδόν κλείσει την καμπτική ρωγμή. Η ρωγμή P2 εκκινεί από το άκρο του ανοίγματος και εκτείνεται έως την στέψη του κτιρίου. Αποτελεί εντός επιπέδου καμπτική ρωγμή του υπέρυθρου δίσκου, ενώ το άνοιγμα της είναι μικρού εύρους και δεν παρουσιάζει μετακίνηση των χειλέων.



Εικόνα 3.9 - Φωτογραφική απεικόνιση ρωγμών νότιου τοίχου P1,P2.

P3,P4,P5,P6

Οι ρωγμές P3 και P6 αποτελούν οριζόντιες καμπτικές ρωγμές, λόγω εντός επιπέδου σεισμικής έντασης των δυο πεσσών. Η ρωγμή P3 προκύπτει λόγω μικρού μεγέθους του πεσσού και μεγάλων πλευρικών φορτίων, που δημιουργούν εκτεταμένα εφελκυσόμενα τμήματα στον πεσσό. Η ρωγμή P6 έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με τις υπόλοιπες οριζόντιες ρωγμές των ακριανών πεσσών και οφείλεται σε εντός επιπέδου καμπτική ένταση. Οι ρωγμές P4 και P5 είναι ακόμα δυο εντός επιπέδου καμπτικές ρωγμές στο υπέρθυρο, με μικρό εύρος και χωρίς μετακίνηση των χειλέων αυτών.



Εικόνα 3.10 - Φωτογραφική απεικόνιση ρωγμών νότιου τοίχου P3,P4,P5,P6.

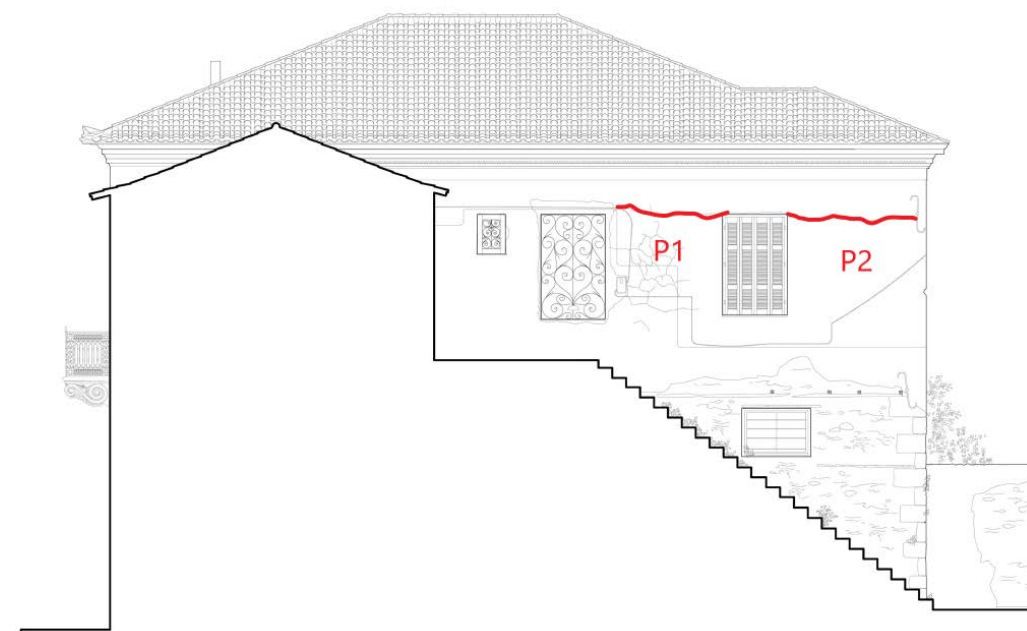
P7,P8,P9

Οι ρωγμές P7 και P9 αποτελούν καμπτικές ρωγμές, λόγω εντός επιπέδου έντασης των υπερθύρων και των ποδιών των παραθύρων. Έκαστες οι ρωγμές ξεκινούν από τις γωνιές των ανοιγμάτων, όπου παρουσιάζουν και το μεγαλύτερο εύρος τους και τερματίζουν σε σημεία, όπου υπάρχουν εναπομείναντα τμήματα του ξύλινου οπλισμού. Έτσι, φαίνεται ότι η ύπαρξη των ξύλινων στοιχείων συμβάλλει στην ικανότητα του τοίχου να παραλάβει τέμνουσες δυνάμεις.



Εικόνα 3.11 - Φωτογραφική απεικόνιση ρωγμών νότιου τοίχου P7,P8,P9.

3.3.4 Δυτική όψη



Σχήμα 3.5 - Παθολογία βόρειας όψης.

P1,P2

Η δυτική όψη όπου αποτελείται από ελάχιστα ανοίγματα και φέροντα στοιχεία ικανού μεγέθους, δεν παρουσιάζει έντονες φθορές. Οι ρωγμές P1 και P2 εντοπίζονται στους πεσσούς του ορόφου και αποτελούν οριζόντιες καμπτικές ρωγμές, λόγω εντός επιπέδου σεισμικής καταπόνησης του κτιρίου, ενώ το εύρος τους είναι πολύ μικρό.



Εικόνα 3.12 - Φωτογραφική απεικόνιση ρωγμών δυτικού τοίχου P1,P2.

4. ΤΡΟΠΟΣ ΔΟΜΗΣΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ, ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ

4.1 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ ΚΑΙ Σ.Α.Δ.

Για τα ιστορικά κτίρια και μνημεία η εκτέλεση διερευνητικών εργασιών αποτελεί σημαντικό μέρος της μελέτης αποκατάστασης. Για να κατανοηθεί σε βάθος η τοπική και συνολική συμπεριφορά, οι ιδιαιτερότητες του κτιρίου και να προκύψουν ασφαλή συμπεράσματα από την ανάλυση, απαιτείται η εκτέλεση ενός ολοκληρωμένου προγράμματος διερεύνησης και τεκμηρίωσης.

Κατά την εκτέλεση του προγράμματος διερεύνησης του κτιρίου πραγματοποιήθηκαν οι κάτωθι ενέργειες:

- Πλήρης αποτύπωση του φέροντος οργανισμού
- Καταγραφή στοιχείων και πληροφοριών, ώστε να προκύψει το ιστορικό του κτιρίου
- Καταγραφή των φθορών και των βλαβών και παρουσίαση αυτών επί των σχεδίων αποτύπωσης
- Τεκμηρίωση των δομικών υλικών με λήψη τριών λιθοσωμάτων και τεσσάρων τεμαχίων κονιάματος από αντιπροσωπευτικές θέσεις, με σκοπό τον προσδιορισμό των μηχανικών τους χαρακτηριστικών
- Οπτική επιθεώρηση και εκτίμηση της κατάστασης διατήρησης των μεταλλικών και ξύλινων στοιχείων της κατασκευής
- Τεκμηρίωσης τρόπου δομήσεως κατά τις όψεις της τοιχοποιίας σε δυο επιλεγμένες αντιπροσωπευτικές θέσεις
- Τεκμηρίωση του τρόπου δόμησης κατά το πάχος της τοιχοποιίας στις θέσεις λήψης λιθοσωμάτων. Η λήψη πραγματοποιήθηκε μόνο από την εσωτερική παρειά των τοίχων, καθώς δεν ήταν δυνατή η αφαίρεση λίθων από τις εξωτερικές όψεις, λόγω προστασίας του μνημείου
- Οπτική παρατήρηση και επί τόπου μετρήσεις, ώστε να προσδιορισθεί ο τρόπος δόμησης και η διάταξη των φερόντων στοιχείων των πατωμάτων και της στέγης

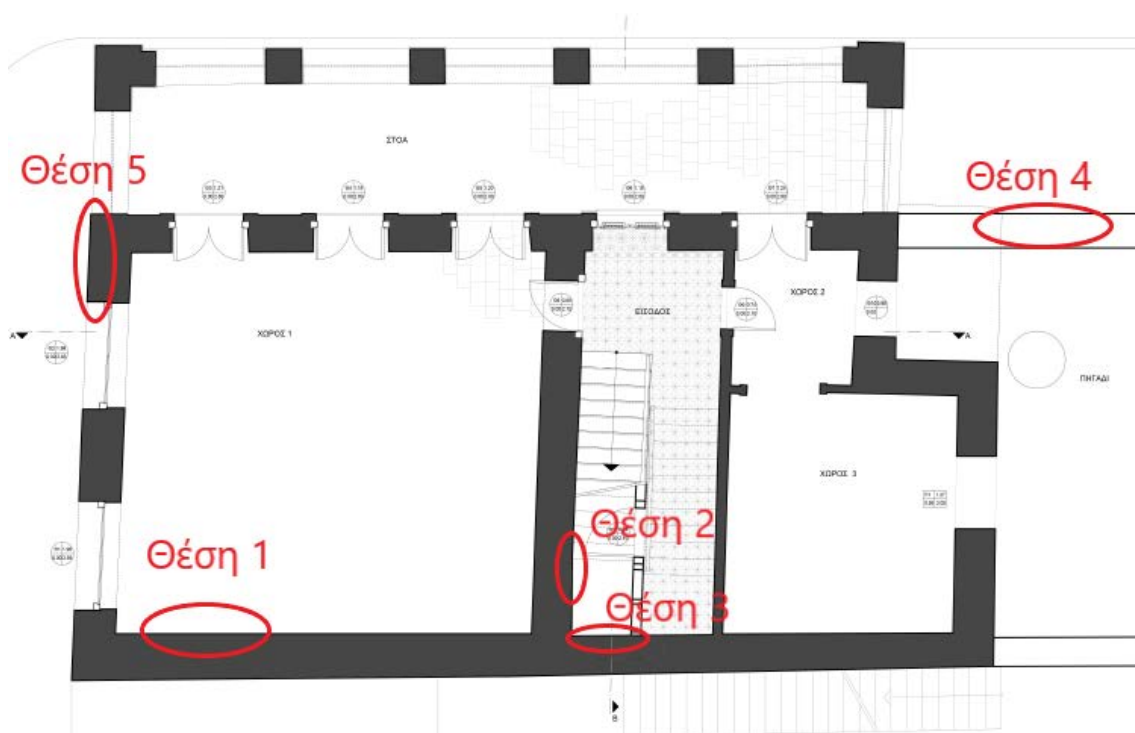
Έτσι σύμφωνα με το πρόγραμμα διερεύνησης που αναλύεται παραπάνω και σύμφωνα με την παράγραφο 3.10.5.1 του ΚΑΔΕΤ, ορίζεται ανεκτή στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων.

Οπότε σύμφωνα με την παράγραφο 4.5.3.1 του ΚΑΔΕΤ για ανεκτή στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων και για έλεγχο των αντιστάσεων σε όρους εντατικών μεγεθών, μπορεί να ληφθεί συντελεστής ασφαλείας υφισταμένων υλικών $\gamma_m = 1,50$.

Μέρος των αποτελεσμάτων της διερευνητικής διαδικασίας έχει αναλυθεί σε προηγούμενα κεφάλαια. Στο παρόν κεφάλαιο θα εξετασθεί ο τρόπος δόμησης των φερουσών τοιχοποιιών τόσο κατά την όψη όσο και κατά το πάχος, αλλά και τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών λίθων και κονιαμάτων που λήφθηκαν από το κτίριο.

4.2 ΘΕΣΕΙΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ

Για την όσο το δυνατόν ακριβέστερη διερεύνηση του τρόπου δόμησης των τοιχοποιιών και των υλικών που τις απαρτίζουν, εξετάστηκαν αντιπροσωπευτικές θέσεις στο κτίριο που παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 4.1 - Θέσεις διερεύνησης.

Για την ελαχιστοποίηση των παρεμβάσεων επί του κτιρίου, οι διερευνητικές εργασίες και η λήψη δοκιμών πραγματοποιήθηκε σε θέσεις όπου δεν θίγεται η φέρουσα ικανότητα και μπορούν επομένως να αποκατασταθούν με ασφάλεια, και όπου οι λιθοδομές είναι εμφανείς ή ελαφρώς επιχρισμένες σε μεταγενέστερη περίοδο. Επίσης, σε καμία περίπτωση δεν αφαιρέθηκαν επιχρίσματα και λίθοι από τις εξωτερικές όψεις του κτιρίου και από περιοχές που φέρουν διάκοσμο.

Στην θέση 1 καθαιρέθηκαν τμηματικά τα μεταγενέστερα επιχρίσματα, ώστε να γίνει εμφανής η λιθοδομή και να εξεταστεί ο τρόπος δόμησης. Επίσης έγινε εξαγωγή ενός δοκιμίου λίθου και ένα δοκιμίου κονιάματος.

Στην θέση 2 και 3 η λιθοδομές είναι ανεπίχριστες. Έτσι οριοθετήθηκε αντίστοιχα περιοχή 1 m² και έγινε εξαγωγή ενός δοκιμίου λίθου και ένα δοκιμίου κονιάματος, από κάθε τοίχο.

Η θέση 4 βρίσκεται εξωτερικά του κτιρίου στον πέτρινο τοίχο της αυλής. Από την συγκεκριμένη θέση αφαιρέθηκε ένα δοκίμιο λίθου που εμφανίζει κοινά χαρακτηριστικά με τους λαξεμένους λίθους των εξωτερικών όψεων, από τις οποίες δεν μπορούσε να εξαχθεί δοκίμιο.

Στην θέση 5 πραγματοποιήθηκε μόνο οπτική παρατήρηση, ώστε να προκύψουν συμπεράσματα σχετικά με το μικτό σύστημα δόμησης του βόρειου τοίχου του ισογείου.

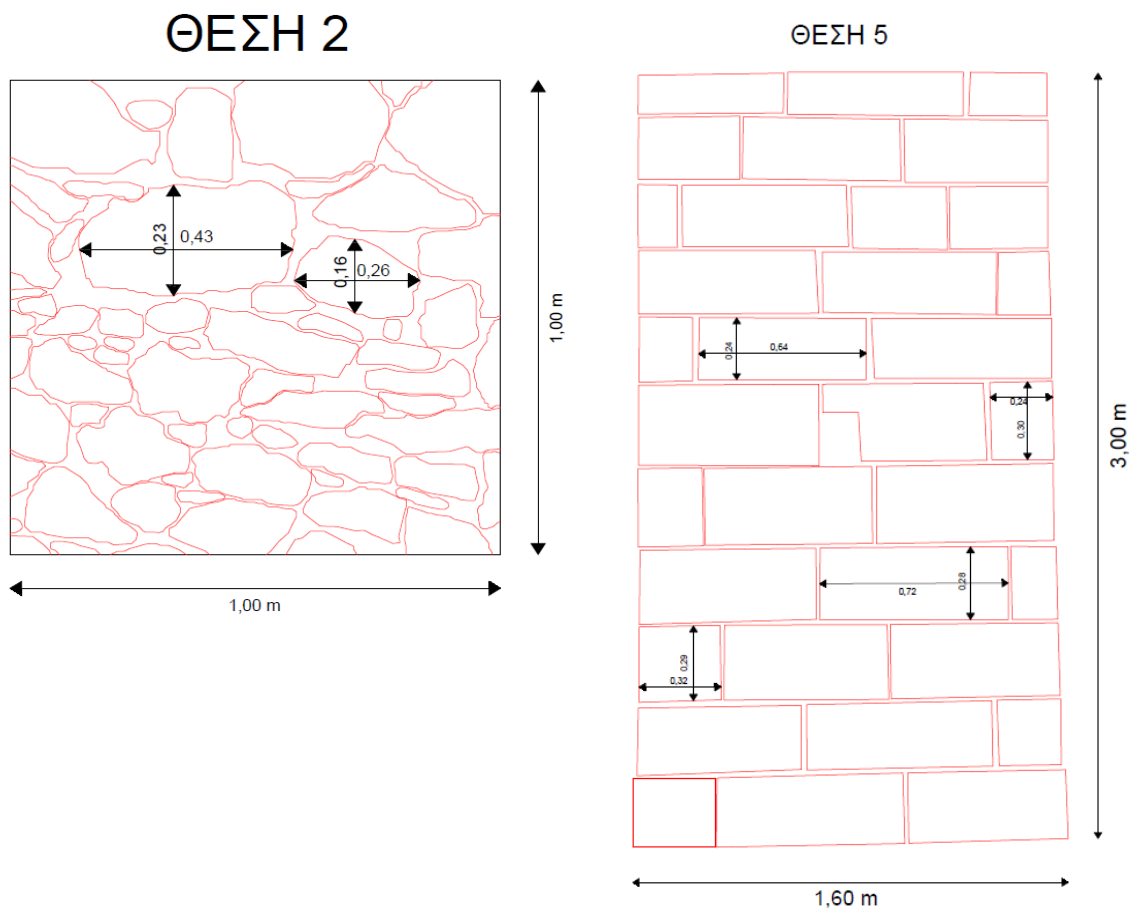
4.3 ΤΡΟΠΟΣ ΔΟΜΗΣΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ

4.3.1 Κατά τις όψεις

Η πλειοψηφία των λίθινων τοιχοποιιών του κτιρίου, αποτελούν αργολιθοδομές με χρήση διαφορετικών ειδών λίθων σε ακανόνιστες διαστάσεις και σχήματα. Εξαιρέση αποτελούν, μέρος της εξωτερικής στρώσης της βόρειας λιθοδομής, οι κίονες του προστώου και οι γωνιές των τοίχων όπου χρησιμοποιούνται αποκλειστικά λαξεμένοι λίθοι, σε σχετικά σταθερές διαστάσεις. Αναλυτικότερη ανάλυση σχετικά με τον τρόπο δόμησης κατά τις όψεις έχει πραγματοποιηθεί στο κεφάλαιο 2. Παρακάτω παρουσιάζεται φωτογραφική απεικόνιση των υπό διερεύνηση θέσεων και σκαριφήματα αυτών, ώστε να προκύψει το ποσοστό του κονιάματος και των λίθων στις συγκεκριμένες θέσεις.



Εικόνα 4.1 - Φωτογραφική αποτύπωση: α) Θέση 1, β) Θέση 2, γ) Θέση 5.



Σχήμα 4.2 - Σκαρίφημα όψεων στις θέσεις 2,5.

Στο σκαρίφημα και στις εικόνες της θέσης 2, παρατηρείται η ανομοιομορφία των χρησιμοποιούμενων λίθων τόσο σε διαστάσεις όσο και σε είδος. Τα κυριότερα πετρώματα που συναντώνται είναι ο ψαμμίτης και διάφορα είδη ασβεστόλιθου. Οι αρμοί κονιάματος μεταξύ των λίθων κυμαίνονται από μερικά χιλιοστά έως αρκετά εκατοστά (ενδεικτικά 0,79 cm – 6,00 cm).

Αντίθετα, στην θέση 5 η δόμηση είναι σαφώς πιο ξεκάθαρη και συμμετρική, αφού χρησιμοποιούνται ίδιου τύπου λαξεμένοι λίθοι με σχετικά σταθερές διαστάσεις. Το πάχος των αρμών κονιάματος παρουσιάζει μικρή διασπορά ανά θέση, αλλά κατά μέσο όρο κυμαίνεται στα 2 cm.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα ποσοστά λίθων και κονιαμάτων στις υπό εξέταση οριοθετημένες θέσεις.

Πίνακας 1 - Ποσοστά επιμέρους δομικών υλικών επί τοιχοποιίας.

Θέση	Ποσοστό λίθων	Ποσοστό Κονιάματος
Θέση 2	79,26 %	20,74 %
Θέση 5	91,40 %	8,6 %

4.3.2 Κατά το πάχος

Στο κτίριο δεν υπάρχει κάποιο κατεδαφισμένο τμήμα, ώστε να είναι εμφανής η τομή κάποιου τοίχου, και η διάνοιξη τομών μεγάλου εύρους στην φάση της διερεύνησης είναι αρκετά παρεμβατική και εξαιρετικά δύσκολη διαδικασία, τόσο κατά την διάνοιξη όσο και κατά την αποκατάσταση. Συνεπώς, η υιοθέτηση παραδοχών είναι αναγκαστική.

Αρχικά το συνολικό πάχος των φερόντων τοίχων (70 cm), οδηγεί στο συμπέρασμα ότι αποτελούν τριστρώτες λιθοδομές με δυο κανονικά δομημένα εξωτερικά φύλλα και στρώση πλήρωσης με μικρότερους λίθους, τούβλα και σημαντικά περισσότερο κονίαμα. Εξαιρέση αποτελούν οι κίονες του προστώου, όπου είναι κατασκευασμένοι με λαξεμένους λίθους σταθερών διαστάσεων, τοποθετημένοι ο ένας πάνω στον άλλο, με παρεμβολή στρώσης κονιάματος.

Για τον προσδιορισμό του πάχους των επιμέρους στρώσεων των τοίχων έγιναν οι εξής παραδοχές. Στις θέσεις 1,2 και 3 όπου έγινε εξαγωγή λίθων από την εσωτερική παρειά, μετρήθηκε το μήκος έμπηξης των στοιχείων εντός της τοιχοποιίας. Και στις τρεις περιπτώσεις οι λίθοι δεν εξήχθησαν ολόκληροι, αλλά τμήμα αυτών για λόγους ευκολίας της διαδικασίας. Τα τρία τμήματα λίθων είχαν μήκος εντός των τοίχων από 20 έως 23 cm και συνυπολογίζοντας τα αγνώστου μήκους εναπομείναντα τμήματα, γίνεται η παραδοχή ότι οι δυο εξωτερικές στρώσεις των τοίχων από αργολιθοδομή έχουν πάχος 25 cm. Όσον αφορά το μικτό σύστημα δόμησης του βόρειου τοίχου του ισογείου, η εσωτερική στρώση από αργολιθοδομή θεωρείται 25 cm, ενώ για την εξωτερική στρώση έγινε μέτρηση του πάχους μέσω διάφορων οπών στην όψη του τοίχου και προέκυψε 25 cm. Η μέτρηση αυτή επιβεβαιώνεται και από τις διαστάσεις που αναγράφονται στο σκαρίφημα της θέσης 5, όπου οι διάτονοι λίθοι που διατρέχουν το πάχος της τοιχοποιίας στις άκρες του πεσσού, έχουν πλάτος κατά μέσο όρο 25 cm.

Έτσι, σύμφωνα με τα παραπάνω παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα τα επιμέρους πάχη κάθε στρώσης στους διαφορετικούς τοίχους του κτιρίου.

Πίνακας 2 - Πάχη τοίχων.

Θέση τοίχου	Εξωτερικές στρώσεις	Ενδιάμεση στρώση	Συνολικό πάχος
Βόρειος ισόγειο	250 cm	200 cm	700 cm
Κίονες			650 cm
Υπόλοιποι τοίχοι	250 cm	200 cm	700 cm



Εικόνα 4.2 - Τομές από την λήψη λίθων στις θέσεις 1,3 και από οπή του βόρειου τοίχου.

4.4 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

Ο εργαστηριακές δοκιμές των λίθων και των κονιαμάτων πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Οπλισμένου Σκυροδέματος του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου τον Σεπτέμβριο του 2021.

4.4.1 Δοκιμές λίθων

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, για τον προσδιορισμό των μηχανικών χαρακτηριστικών των λίθων του κτιρίου ελήφθησαν 4 διαφορετικοί λίθοι από τις θέσεις 1,2,3 και 4. Οι λίθοι 1 και 4 αποτελούν ψαμμίτες και μετά από κοπή προέκυψε ένα δοκίμιο για κάθε λίθο. Ο λίθος 2 αποτελεί ασβεστόλιθο λευκού χρώματος με αρκετές διακλάσεις, από τον οποίο προέκυψαν 4 δοκίμια μετά από τροχισμό. Τέλος, ο λίθος 3 αποτελεί ασβεστόλιθο γκρι χρώματος, χωρίς διακλάσεις και μετά από κοπή του προέκυψε ένα δοκίμιο.



Εικόνα 4.3 - Φωτογραφική απεικόνιση δοκιμών: α) Λ2, β) Λ1, γ) Λ3.

Για τον προσδιορισμό της θλιπτικής αντοχής των λίθων, εκτελέσθηκαν δοκιμές σε θλίψη με χρήση της μηχανής θλίψης Wykeham Farrance, η οποία επιβάλλει θλιπτικό φορτίο με ταχύτητα 1KN/sec με μέγιστη θλιπτική δύναμη που δύναται να επιβληθεί τα 3000 KN.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των δοκιμών και τα αποτελέσματα των δοκιμών.

Πίνακας 3 - Αποτελέσματα δοκιμών λίθων σε θλίψη.

Δοκίμιο	Μάζα (gr)	Διαστάσεις (cm)	Όγκος (cm ³)	Πυκνότητα (kg/m ³)	Φορτίο αστοχίας (KN)	Φορτιζόμενη επιφάνεια (cm ²)	Θλιπτική αντοχή (MPa)
Λ1	1052	9.3, 7.1, 7.6	491,03	2.096,33	98	66,03	14,85
Λ2.1	483	6.0, 6.0, 5.4	194,4	2.484,56	127	36,00	35,3
Λ2.2	495	5.3, 5.8, 6.1	187,51	2.639,80	109	30,74	35,45
Λ2.3	483	6.0, 5.2, 6.1	190,32	2.537,83	95	31,20	30,5
Λ2.4	521	5.4, 6.0, 6.2	200,88	2.593,58	90	32,40	27,77
Λ3	682	6.0, 6.0, 7.0	252,00	2.706,35	187.4	36,00	52,05
Λ4	-	10.0, 10.0, 10.0	1.000,00	-	81.2	100,00	8,12

Τα δοκίμια Λ1 και Λ4 παρουσιάζουν αισθητά μικρές θλιπτικές αντοχές που δεν συμβαδίζουν με τις συνήθεις τιμές ενός ψαμμίτη. Ιδιαίτερα το δοκίμιο Λ4 λόγω ανομοιόμορφης κοπής του, ανέπτυξε συγκεντρωμένες τάσεις στην ακμή του οδηγώντας σε πρόωρη αστοχία του. Έτσι τα αποτελέσματα του δοκιμίου Λ4 αγνοούνται, και η θλιπτική αντοχή για τους λίθους από ψαμμίτη λαμβάνεται **14,85 MPa** και η πυκνότητα **2.096,33 kg/m³**.

Τα επιμέρους δοκίμια που προέκυψαν από τον λίθο Λ2 παρουσιάζουν σχετική διασπορά ως προς την θλιπτική τους αντοχή και την πυκνότητα. Έτσι για τον ασβεστόλιθο Λ2 λαμβάνεται η μέση τιμή των θλιπτικών αντοχών και της πυκνότητας, ήτοι **32,26 MPa** και **2.593,94 kg/m³**.

Το δοκίμιο Λ3 παρουσιάζει σχετικά αντιπροσωπευτικές τιμές για ασβεστόλιθο, οπότε η θλιπτική του αντοχή λαμβάνεται **52,05 MPa** και η πυκνότητα **2.706,35 kg/m³**.

4.4.2 Δοκιμές κονιαμάτων

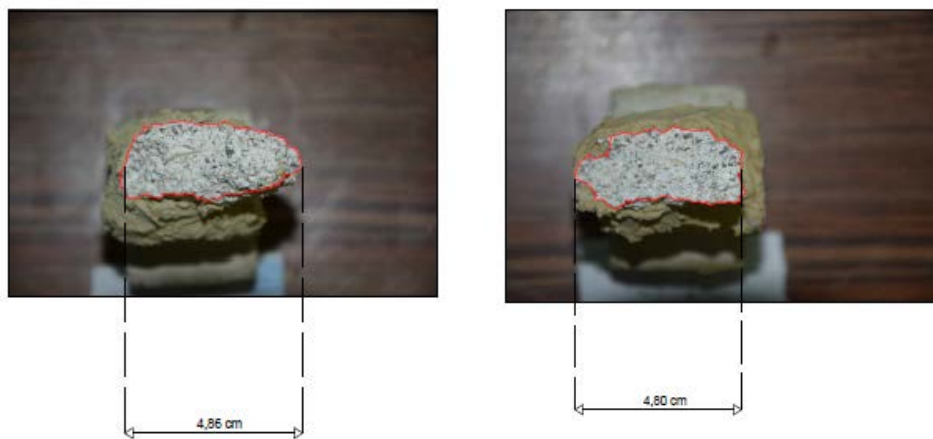
Για τον προσδιορισμό των μηχανικών ιδιοτήτων του εφαρμοζόμενου κονιάματος του κτιρίου, ελήφθησαν 4 δοκίμια από τις αντίστοιχες θέσεις από όπου προήλθαν και οι λίθοι. Το σύνολο των δοκιμίων αποτελούν κονιάματα με ασβεστική σύσταση, και σχετικά μεγάλα αδρανή. Επιπλέον σε κάποια από τα δοκίμια διακρίνεται η ύπαρξη άχυρου και τριχών ζώνων που είχαν τοποθετηθεί κατά την κατασκευή των κονιαμάτων για την ενίσχυση τους.

Ο προσδιορισμός της εφελκυστικής αντοχής των κονιαμάτων πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο των θραυσμάτων. Εφαρμόσθηκε η μέθοδος των θραυσμάτων, καθώς ήταν αδύνατο να εξαχθούν τμήματα κονιάματος ικανού μεγέθους, ώστε να μορφωθούν δοκίμια για εκτέλεση δοκιμής σε θλίψη. Η πειραματική διάταξη περιλαμβάνει δυο στοιχεία σκυροδέματος μορφής ταυ (T), τα οποία συνδέονται με το δοκίμιο μέσω σιδηρόστοκου και από δυο μεταλλικά στοιχεία που μεταβιβάζουν την κατακόρυφη δύναμη που ασκεί το μηχάνημα στα στοιχεία σκυροδέματος ως αξονική εφελκυστική δύναμη. Η δοκιμή ολοκληρώνεται με την αστοχία του ασθενέστερου κονιάματος. Για τον προσδιορισμό της εφελκυστικής αντοχής, χρησιμοποιείται η τελευταία καταγραφή του μηχανήματος πριν την αστοχία του δοκιμίου και η επιφάνεια θραύσης που δημιουργήθηκε.

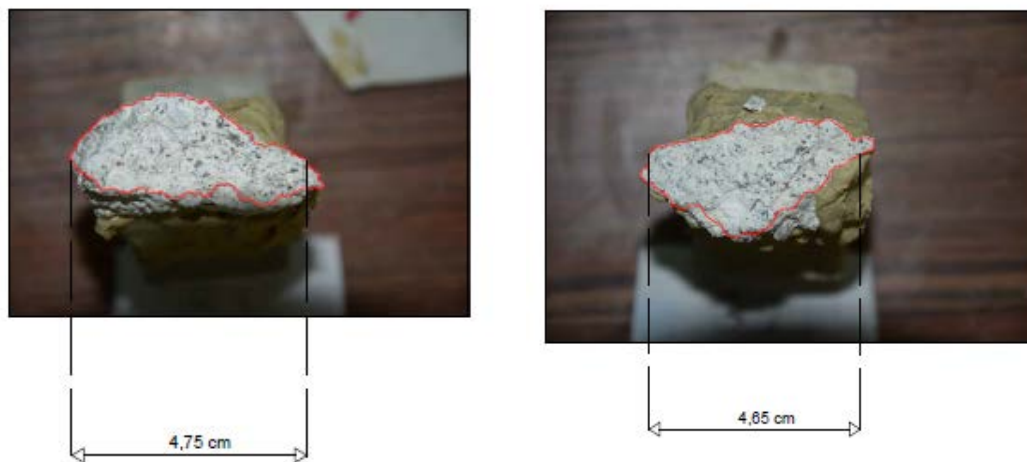
Ως επιφάνεια θραύσης του κονιάματος χρησιμοποιείται η μέση τιμή των δυο επιφανειών θραύσης που προκύπτουν μετά το πέρας της δοκιμής. Ως αξονικό φορτίο λαμβάνεται η τιμή που καταγράφηκε λαμβάνοντας υπόψη και το ίδιο βάρος της πειραματικής διάταξης.



Εικόνα 4.4 - Επιφάνεια θραύσης δοκιμίου K1.



Εικόνα 4.5 - Επιφάνεια θραύσης δοκιμίου K2.



Εικόνα 4.6 - Επιφάνεια θραύσης δοκιμίου K3.



Εικόνα 4.7 - Επιφάνεια θραύσης δοκιμίου K4.



Εικόνα 4.8 - Φωτογραφική απεικόνιση πειραματικής διάταξης κονιαμάτων.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των δοκιμών, τα χαρακτηριστικά κάθε δοκιμίου και η εφελκυστική αντοχή του.

Πίνακας 4 - Αποτελέσματα δοκιμών κονιαμάτων.

Δοκίμιο	Επιφάνεια θραύσεως (cm²)	Βάρος δοκιμίων (gr)	Fδοκιμής (N)	Φτελικό (N)	Εφελκυστική αντοχή (MPa)
K1	5,20	816	273,82	285,63	0,548
K2	8,215	842	99,54	111,48	0,135
K3	7,25	881	105,8	117,93	0,162
K4	6,10	790	25,72	37.4	0,061

Κατά την διάρκεια προετοιμασίας των δοκιμίων, το δοκίμιο K4 προέκυψε μικρότερου μήκους από το απαιτούμενο με αποτέλεσμα να μην εφαρμόζεται σωστά η πειραματική διάταξη, οπότε η τιμή που αναγράφεται δεν κρίνεται αξιόπιστη, και το αποτέλεσμα αγνοείται. Επίσης, το δοκίμιο K1 ενδέχεται να αποτελεί προϊόν μεταγενέστερων επεμβάσεων στο κτίριο, καθώς εμφανίζει ασυνήθιστα μεγάλη τιμή εφελκυστικής αντοχής με βάση την χρονολογία κατασκευής και τα διατιθέμενα υλικά.

Επομένως, ως αντιπροσωπευτική εφελκυστική αντοχή του κονιάματος που εφαρμόζεται στο κτίριο λαμβάνεται η τιμή του δοκιμίου K3, ήτοι **0,162 Mpa**. Η θλιπτική αντοχή λαμβάνεται ως πενταπλάσια της εφελκυστικής, ήτοι **0,81 MPa**.

4.2 ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ

Στο υπό μελέτη κτίριο συναντώνται διαφορετικά χαρακτηριστικά ως προς την δομή των τοίχων. Η πλειοψηφία των φερόντων τοίχων είναι κατασκευασμένοι από τριστρωτη αργολιθοδομή, εκτός από την εξωτερική στρώση του βόρειου τοίχου του ισογείου και τους κίονες του προστώου, όπου η δόμηση πραγματοποιείται με λαξεμένους λίθους.

Για να προκύψει μια αντιπροσωπευτική τιμή θλιπτικής αντοχής λίθων στις αργολιθοδομές, γίνεται παραδοχή που βασίζεται σε οπτική παρατήρηση των εμφανών λιθοδομών του κτιρίου. Θεωρείται ότι τα τρία είδη λίθων που υποβλήθηκαν σε δοκιμή θλίψης συμμετέχουν σε ποσοστά επί της τοιχοποιίας. Συγκεκριμένα εκτιμάται ότι ο λίθος 1 (ψαμμίτης) συμμετέχει κατά 30%, ο λίθος 2 (ασβεστόλιθος) κατά 30% και ο λίθος 3 (ασβεστόλιθος) κατά 40%. Έτσι, επιλέγεται ως θλιπτική αντοχή λίθων των αργολιθοδομών η τιμή $f_{bc} = 34,953 \text{ MPa}$.

Οι λαξεμένοι λίθοι του προστώου και της εξωτερικής παρειάς του βόρειου τοίχου παρουσιάζουν ομοιομορφία ως προς το είδος και τις διαστάσεις. Έτσι, εκτιμάται ότι το πέτρωμα που συμμετέχει στην δόμηση τους είναι αποκλειστικά ο ψαμμίτης με θλιπτική αντοχή $f_{bc} = 14,85 \text{ MPa}$.

Για την θλιπτική αντοχή των κονιαμάτων λαμβάνεται καθολικά για το κτίριο, η τιμή που προέκυψε από τις εργαστηριακές δοκιμές, ήτοι $f_{mc} = 0,81 \text{ MPa}$.

4.2.1 Θλιπτική αντοχή μονόστρωτης τοιχοποιίας

Σύμφωνα με την παράγραφο 6.2.4.3, υπολογίζονται ξεχωριστά για κάθε παρειά οι θλιπτικές αντοχές με την σχέση 6.1 του ΚΑΔΕΤ για καλοδομημένη οπτοπλινθοδομή με $f_{bc} > f_{mc}$ και με

την σχέση 6.3 για λιθοδομή χαμηλής αντοχής εάν $25 \leq f_{bc} \leq 75$ MPa και $0,5 \leq f_{mc} \leq 2,5$ MPa.

α) Καλοδομημένη οπτοπλινθοδομή

$$f_{wc,e} = [f_{mc} + 0,4(f_{bc} - f_{mc})](1 - 0,80\sqrt[3]{a}), \quad f_{bc} > f_{mc}$$

Όπου,

$f_{wc,e}$: η θλιπτική αντοχή μονόστρωτης τοιχοποιίας

f_{bc} : η θλιπτική αντοχή των λιθοσωμάτων

f_{mc} : η θλιπτική αντοχή του κονιάματος

a: ο λόγος του μέσου πάχους των αρμών κονιάματος και του μέσου ύψους των λιθοσωμάτων

β) Χαμηλής αντοχής λιθοδομή

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

Όπου,

$f_{wc,e}$: η θλιπτική αντοχή μονόστρωτης τοιχοποιίας

f_{bc} : η θλιπτική αντοχή των λιθοσωμάτων

f_{mc} : η θλιπτική αντοχή του κονιάματος

λ : συντελεστής συνάφειας λιθοσώματος – κονιάματος, ο οποίος λαμβάνει τιμές 0,50 για τραχείς λίθους και 0,10 για πολύ λείους λίθους

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

0,00 για λαξευτή λιθοδομή

0,50 – 1,00 για λιθοδομή με ημικανονικούς λίθους

1,50 – 2,50 για αργολιθοδομή, ανάλογα με την ποιότητα δομήσεως

ξ : συντελεστής ο οποίος λαμβάνει υπόψη την δυσμενή επιρροή του πάχους των αρμών κονιάματος

$$\xi = 1: [1 + 3,5(k - k_0)] < 1,0$$

$$k = (\text{όγκος κονιάματος}) : (\text{όγκος τοιχοποιίας}) = V_m / V_w \geq 0,30$$

$$k_0 = 0,30$$

Για τον υπολογισμό της θλιπτικής αντοχής των εξωτερικών στρώσεων των τοίχων από αργολιθοδομή χρησιμοποιείται η σχέση 6.3 του ΚΑΔΕΤ για χαμηλής αντοχής λιθοδομές.

Στην περίπτωση όμως των λαξεμένων λιθοδομών, η τιμή της θλιπτικής αντοχής των λίθων δεν επιτρέπει την εφαρμογή της ως άνω σχέσης, καθώς δεν υπερβαίνει τα 25 MPa. Συνεπώς, επιλέγεται η εφαρμογή της σχέσης του Ευρωκώδικα 6 για τον υπολογισμό της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας.

$$f_{wc,e} = K * f_{bc}^{0.7} * f_{mc}^{0.3}$$

Όπου,

f_{bc} : η θλιπτική αντοχή των λιθοσωμάτων

f_{mc} : η θλιπτική αντοχή του κονιάματος

K: σταθερά εξαρτώμενη από τον τύπο του λιθοσώματος και του κονιάματος

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά και η θλιπτική αντοχή των εξωτερικών στρώσεων των τοιχοποιιών.

Πίνακας 5 - Θλιπτική αντοχή εξωτερικών στρώσεων.

Θέση τοίχου	f_{bc} (MPa)	f_{mc} (MPa)	K	λ	f_0 (MPa)	ξ	$f_{wc,e}$ (MPa)
Βόρειος ισόγειο (εξωτερικός)	14,85	1,40	0,45	-	-	-	2,80
Κίονες	14,85	1,40	0,45	-	-	-	2,80
Υπόλοιπες αργολιθοδομές	34,953	1,40	-	0,50	1,50	1,00	2,85

4.2.2 Θλιπτική αντοχή τρίστρωτης τοιχοποιίας

Όταν πρόκειται για ανόμοιες παρειές η τελική αντοχή της τοιχοποιίας υπολογίζεται συνθέτοντας τις επιμέρους αντοχές των παρειών σύμφωνα με την σχέση:

$$f_{wc} = \frac{\lambda e * (\delta e1 * f_{c,e1} + \delta e2 * f_{c,e2}) + \lambda i * f_{c,i}}{1 + \delta e1 + \delta e2} * \frac{1}{\gamma_{rd}}$$

Όπου,

f_{wc} : η θλιπτική αντοχή της τρίστρωτης τοιχοποιίας

$f_{c,e1}$: η θλιπτική αντοχή της εξωτερικής παρειάς

$f_{c,e2}$: η θλιπτική αντοχή της εσωτερικής παρειάς

$f_{c,i}$: η θλιπτική αντοχή του υλικού πλήρωσης χαμηλής αντοχής ίσο με 0,15 MPa έλλειψη ακριβέστερων στοιχείων

δ_{e1} : ο λόγος του πάχους της εξωτερικής παρειάς προς το πάχος του υλικού πλήρωσης

δ_{e2} : ο λόγος του πάχους της εσωτερικής παρειάς προς το πάχος του υλικού πλήρωσης

λ_e, λ_i : εμπειρικοί συντελεστές που λαμβάνουν υπόψη την αλληλεπίδραση εξωτερικών παρειών και υλικού πλήρωσης με τιμές 0,80 και 1,20 αντίστοιχα

Σύμφωνα με την παράγραφο 4.5.3.1 του ΚΑΔΕΤ, επιλέγεται για «Ανεκτή» Σ.Α.Δ. και για έλεγχο σε όρους εντατικών μεγεθών, συντελεστής ασφαλείας υλικών τοιχοποιίας $\gamma_m = 1.50$. Οπότε, σύμφωνα με τα παραπάνω προκύπτουν οι θλιπτικές αντοχές ελέγχου των τοιχοποιιών που παρουσιάζονται στον κάτωθι πίνακα.

Πίνακας 6 - Θλιπτική αντοχή τοιχοποιίας.

Θέση τοίχου	$f_{c,e1}$ (MPa)	$f_{c,e2}$ (MPa)	$f_{c,i}$ (MPa)	δ_{e1}	δ_{e2}	λ_e	λ_i	γ_m	f_{wc} (MPa)
Βόρειος ισόγειο	3,29	3,64	0,15	1,25	1,25	0,80	1,20	1,50	1,11
Κιόνες	-	-	-	-	-	-	-	1,50	1,87
Υπόλοιπες αργολιθοδομές	3,64	3,64	0,15	1,25	1,25	0,80	1,20	1,50	1,12

4.2.4 Εφελκυστική αντοχή τοιχοποιίας

Οι εφελκυστικές τάσεις που αναπτύσσονται στην τοιχοποιία οφείλονται σε συνδυασμό κατακόρυφης θλιπτικής δύναμης, τέμνουσας και ροπής κάμψεως. Έτσι, η τοιχοποιία ως ανισότροπο υλικό, χαρακτηρίζεται από εφελκυστική αντοχή η οποία έχει διαφορετική τιμή ανάλογα με την γωνία υπό την οποία εμφανίζεται ο εφελκυσμός.

Στο υπό εξέταση κτίριο η αντοχή του κονιάματος είναι πολύ μικρότερη από αυτή των λίθων, οπότε η οριζόντια εφελκυστική αντοχή των τοίχων εξαρτάται από την εφελκυστική αντοχή του κονιάματος, καθώς και από την τριβή κατά μήκος των οριζόντιων αρμών της ρωγμής. Η εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας υπό κατακόρυφο εφελκυσμό είναι περίπου ίση με το μισό της αντοχής υπό οριζόντιο εφελκυσμό.

Ωστόσο, στα πλαίσια της παρούσας εργασίας υιοθετείται ενιαία τιμή εφελκυστικής αντοχής, όπως προέκυψε από τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών, ήτοι $f_{wt} = 0,162 \text{ MPa}$.

4.2.5 Μέτρο ελαστικότητας τοιχοποιίας

Σύμφωνα με την παράγραφο 6.2.5 του ΚΑΔΕΤ το μέτρο ελαστικότητας E_{wc} της τοιχοποιίας βρίσκεται στο εύρος:

$$E_{wc} = (300 \div 1200) * f_{wc}$$

ή διαφορετικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί η κάτωθι σχέση για $1 \text{ MPa} < f_{wc} < 3 \text{ MPa}$

$$E_{wc} = 1300 * \left(1 - \frac{f_{wc}}{5}\right) * f_{wc} \pm 140 * f_{wc}^2$$

5. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Το υπολογιστικό προσομοίωμα αποτελεί εργαλείο για τον μελετητή με το οποίο δύναται να ερμηνεύσει την συμπεριφορά και τη απόκριση της κατασκευής σε εξωτερικές δράσεις. Η ακρίβεια των αποτελεσμάτων εξαρτάται από την μέθοδο της προσομοίωσης, τα μηχανικά χαρακτηριστικά, τις ιδιότητες των υλικών της κατασκευής, τις διαστάσεις, τις συνδέσεις μεταξύ των δομικών στοιχείων, τα χαρακτηριστικά της θεμελίωσης κ.α.. Για την εκτίμηση της συμπεριφοράς του κτιρίου υπό την επιβολή σεισμικών δυνάμεων, δημιουργήθηκε υπολογιστικό προσομοίωμα με χρήση του λογισμικού SAP2000.

5.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Για την προσομοίωση του φορέα χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων (Finite Element Method). Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή ο φορέας διακριτοποιείται σε πεπερασμένο αριθμό στοιχείων, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους μέσω των κόμβων τους και δημιουργούν ένα πλέγμα. Η ακρίβεια της μεθόδου εξαρτάται από τον τύπο των πεπερασμένων στοιχείων που χρησιμοποιούνται και από την πυκνότητα του πλέγματος. Όσο πιο πυκνή είναι η διακριτοποίηση των στοιχείων τόσο πιο ρεαλιστικά είναι τα αποτελέσματα που προσφέρει η ανάλυση. Η πυκνή διακριτοποίηση επιτρέπει στον μελετητή να προσομοιώσει όσο το δυνατόν την πραγματικότητα, ορίζοντας στα διαφορετικά στοιχεία της κατασκευής τα επιμέρους χαρακτηριστικά και ιδιότητες τους.

Για τη προσομοίωση του κτιρίου έγιναν οι εξής παραδοχές:

- Όλοι οι φέροντες τοίχοι προσομοιώθηκαν με επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία τύπου (Shell-Thick). Παρόλο που η τοιχοποιία αποτελεί ανομοιογενές και ανισότροπο υλικό η προσομοίωση της έγινε με ομοιογενή και ισότροπα επιφανειακά στοιχεία κελύφους. Οι διαφορές των φερόντων τοίχων ως προς το πάχος, τον τρόπο δόμησης και τα μηχανικά χαρακτηριστικά οδήγησαν στην δημιουργία 3 διαφορετικών τύπων επιφανειακών στοιχείων. Η διακριτοποίηση έγινε με τετράκομβα πεπερασμένα στοιχεία σε όλους τους τοίχους, εκτός από τα τοξωτά υπέρθυρα του ισόγειου, όπου χρησιμοποιήθηκαν και τρίκομβα στοιχεία, ώστε να είναι δυνατή η σχεδίαση τους.
- Οι ξύλινες δοκοί των πατωμάτων και της στέγης προσομοιώθηκαν με ραβδωτά στοιχεία τύπου (Frame Elements), αποδίδοντας στο κάθε στοιχείο τις διαστάσεις και τα χαρακτηριστικά του.

- Το σανίδωμα της στέγης και του πατώματος στην φάση της αποτίμησης ορίζονται μόνο μέσω των κατακόρυφων φορτίων που επιβάλλουν στις δοκούς, καθώς θεωρείται ότι δεν συμβάλλουν στον μηχανισμό αντίστασης της κατασκευής.
- Τα περιμετρικά ξύλινα στοιχεία που απαρτίζουν τις ξυλοδεσιές δεν λήφθηκαν υπόψη στην ανάλυση, καθώς πολλά από αυτά είτε έχουν καταρρεύσει είτε βρίσκονται σε κακή κατάσταση και θεωρείται ότι δεν συνεισφέρουν στην απόκριση του κτιρίου.
- Οι μεταλλικοί ελκυστήρες δεν εντάχθηκαν στο προσομοίωμα, καθώς εκτελείται ελαστική ανάλυση και η ενεργοποίηση των στοιχείων αυτών γίνεται μετά την εμφάνιση ανελαστικών παραμορφώσεων.
- Δεν λήφθηκε υπόψη και δεν προσομοιώθηκε η εσωτερική ξύλινη κλίμακα του κτιρίου.
- Οι διαχωριστικοί τοίχοι του ορόφου δεν συμπεριλαμβάνονται στο προσομοίωμα καθώς θεωρούνται ως δευτερεύοντα στοιχεία, τα οποία δεν συνεισφέρουν σε σημαντικό βαθμό στην αντίσταση έναντι σεισμού.

5.2 ΥΛΙΚΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Οι ιδιότητες των υλικών που αποδίδονται στα πεπερασμένα στοιχεία του προσομοιώματος, προκύπτουν από πειραματικά αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη ενότητα και από εύλογες παραδοχές.

Συγκεκριμένα:

- Το μέτρο ελαστικότητας των κίωνων του προστώου λαμβάνεται $E=1.870,00$ (MPa) και το ειδικό βάρος $\gamma=20$ (KN/m³)
- Το μέτρο ελαστικότητας του βόρειου τοίχου του ισογείου λαμβάνεται $E=1.110,00$ (MPa) και το ειδικό βάρος $\gamma=22$ (KN/m³)
- Το μέτρο ελαστικότητας των υπόλοιπων τοίχων ισογείου και ορόφου λαμβάνεται $E=1.120,00$ (MPa) και το ειδικό βάρος $\gamma=23$ (KN/m³)
- Το μέτρο ελαστικότητας των ξύλινων δοκών του πατώματος και της στέγης λαμβάνεται $E=10.000$ (MPa) και το ειδικό βάρος $\gamma=5$ (KN/m³)

5.3 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΤΗΡΙΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ

5.3.1 Ξύλινα στοιχεία

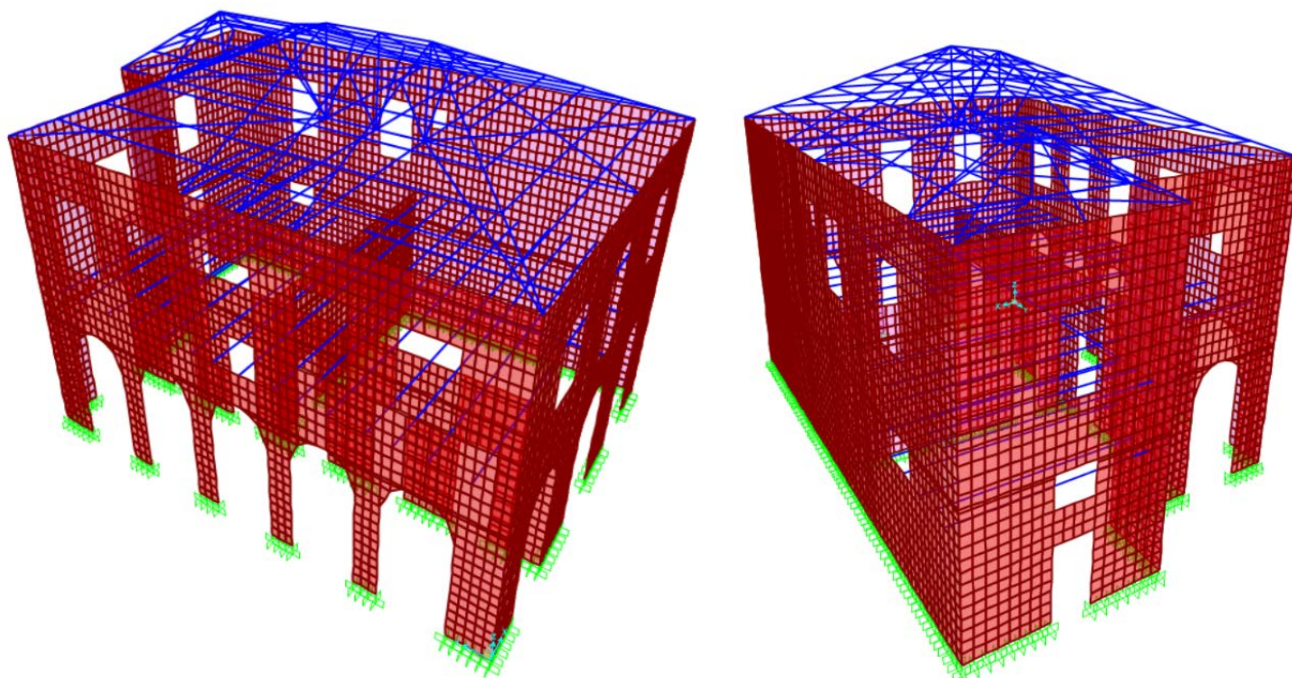
Παρά την ύπαρξη μεταλλικών συνδέσμων μεταξύ ορισμένων ξύλινων στοιχείων και τοιχοποιίας, οι δοκοί που στηρίζουν τα πατώματα θεωρήθηκαν αρθρωμένες στους φέροντες

περιμετρικούς τοίχους. Η παραδοχή αυτή προκύπτει από το ανεπαρκές μήκος έμπηξης των δοκών εντός των τοίχων και από την φυσική φθορά του ξύλου και των μεταλλικών συνδέσμων που οδηγούν σε χαλάρωση της σύνδεσης.

Αντίστοιχα, τα ξύλινα στοιχεία της στέγης παρά την ύπαρξη περιμετρικού στρωτήρα και μεταλλικών συνδέσμων στα ζευκτά, θεωρήθηκαν αρθρωμένα με τους περιμετρικούς τοίχους στο στάδιο της αποτίμησης. Τέλος, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως το σανίδωμα των πατωμάτων και της στέγης δεν προσομοιώθηκε, καθώς στην πρώτη περίπτωση δεν θεωρείται σφηνωμένο με τους τοίχους λόγω φυσικής φθοράς και απουσίας συνδέσμων, και στην δεύτερη λόγω πλήρους απουσίας του.

5.4 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΡΟΣΟΙΩΜΑΤΟΣ

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζεται το προσομοίωμα όπως προέκυψε για την φάση της αποτίμησης του κτιρίου, σύμφωνα με τις παραδοχές που παρουσιάστηκαν παραπάνω.



Σχήμα 5.1 - Υπολογιστικό προσομοίωμα κατασκευής

6. ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΒΑΛΛΟΜΕΝΑ ΦΟΡΤΙΑ

Η μέθοδος ανάλυσης που επιλέγεται είναι αυτή της ελαστικής (ισοδύναμης) στατικής ανάλυσης. Επιλέγεται η εφαρμογή ελαστικής ανάλυσης, καθώς το επίπεδο αξιοπιστίας των δεδομένων δεν είναι ικανοποιητικό για την εφαρμογή ανελαστικών αναλύσεων. Η προσομοίωση του κτιρίου γίνεται μέσω θεώρησης ελαστικής δυσκαμψίας και ιξώδους απόσβεσης που αντιστοιχούν στην οιονεί διαρροή των στοιχείων. Η αριθμητική επίλυση γίνεται με την Άμεση Μέθοδο Δυσκαμψίας, κατά την οποία σχηματίζεται το μητρώο δυσκαμψίας κάθε στοιχείου και συντίθεται σε ένα συνολικό γενικό μητρώο δυσκαμψίας του συστήματος. Οι βαθμοί ελευθερίας είναι 6 (3 μεταθέσεις κατά ορθογωνικούς άξονες και 3 στροφές περί αυτούς), ανά κόμβο του προσομοιώματος. Οι εξισώσεις ισορροπίας εκφράζονται σαν ισότητα του γινομένου του γενικού μητρώου δυσκαμψίας και του μητρώου – στήλη των αγνώστων μετακινήσεων των κόμβων με το μητρώο – στήλη των επικόμβιων φορτίων. Από τους βαθμούς ελευθερίας των κόμβων, υπολογίζεται με βάση το μητρώο δυσκαμψίας στοιχείου, τα εντατικά μεγέθη.

6.1 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΦΟΡΤΙΑ

Στα κατακόρυφα φορτία που επιβάλλονται στο κτίριο συμπεριλαμβάνονται τα μόνιμα φορτία (G), που αποτελούνται από ίδιο βάρος των φερόντων στοιχείων και από φορτία επικαλύψεων των πατωμάτων και της στέγης αλλά και από τα κινητά φορτία (Q).

6.1.1 Μόνιμα φορτία

Το ίδιο βάρος των φερόντων τοίχων και των ξύλινων στοιχείων υπολογίζεται αυτόματα από το πρόγραμμα, αφού έχουν εισαχθεί στο προσομοίωμα το ειδικό βάρος και οι διαστάσεις κάθε υλικού. Για την επικάλυψη των πατωμάτων ορίσθηκε φορτίο $0,5 \text{ KN/m}^2$ και για την επικάλυψη και την επικεράμωση της στέγης φορτίο $0,6 \text{ KN/m}^2$. Τα άνωθεν φορτία κατανέμονται ως γραμμικά στα ραβδωτά στοιχεία του πατώματος και της στέγης.

6.1.2 Κινητά φορτία

Σύμφωνα με τον EN 1991-1-1 για κατηγορία Γ και χρήση χώρου συνάθροισης κοινού-εκθεσιακού χώρου έχει προβλεφθεί κινητό φορτίο πατωμάτων 5 KN/m^2 και κινητό φορτίο μη προσβάσιμης στέγης $0,5 \text{ KN/m}^2$.

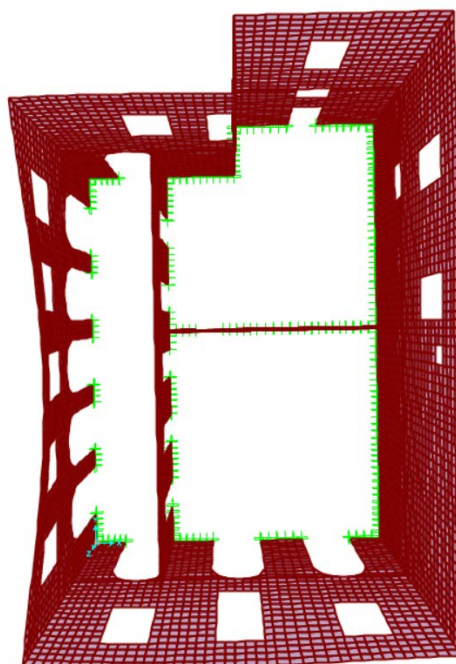
6.2 ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Για τον προσδιορισμό των θεμελιωδών ιδιοπεριόδων πραγματοποιήθηκε ιδιομορφική ανάλυση. Η ιδιομορφική (Modal) ανάλυση του κτιρίου πραγματοποιείται λαμβάνοντας υπόψη, την μάζα λόγω κατακόρυφων φορτίων $G+0,3Q$. Κατά την επίλυση ορίσθηκαν τόσες ιδιομορφές, ώστε το άθροισμα των δρώσων ιδιομορφικών μαζών να συμπληρώνει το 75% της συνολικής ταλαντευόμενης μάζας του συστήματος, ανά οριζόντια διεύθυνση.

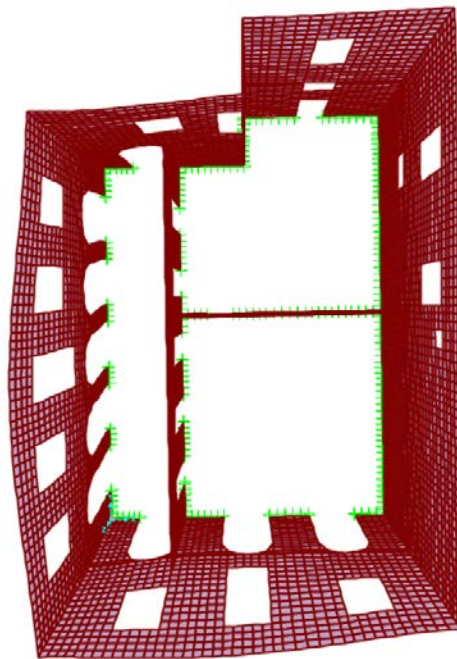
Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των δέκα πρώτων ιδιομορφών σε μορφή πίνακα, αλλά και η τρισδιάστατη απεικόνιση των κύριων ιδιομορφών.

Πίνακας 7 - Αποτελέσματα ιδιομορφικής ανάλυσης.

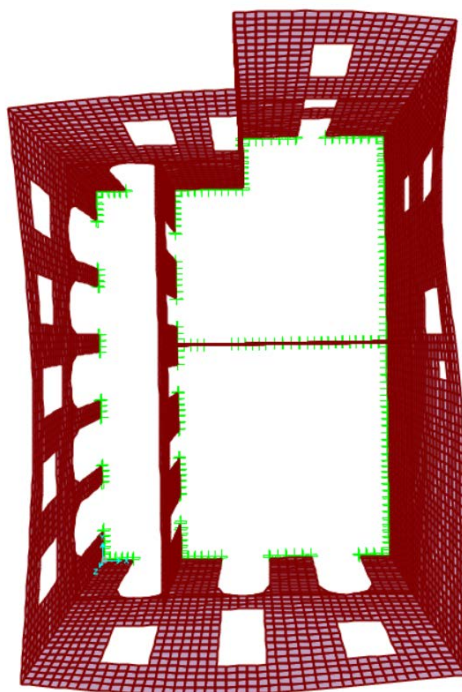
Ιδιομορφή	Ιδιοπερίοδος	UX	UY	SumUX	SumUY
1	0,252	19,33%	2,72%	19,33%	2,72%
2	0,224	0,40%	31,75%	19,72%	34,47%
3	0,182	36,95%	0,53%	56,67%	35,00%
4	0,177	0,55%	1,35%	57,22%	36,35%
5	0,159	3,36%	0,38%	60,58%	36,73%
6	0,145	8,52%	11,88%	69,09%	48,62%
7	0,129	8,34%	0,19%	77,43%	48,81%
8	0,115	1,87%	6,90%	79,31%	55,71%
9	0,102	0,45%	11,56%	79,76%	67,28%
10	0,101	1,38%	15,17%	81,13%	82,44%



Σχήμα 6.1 - Τρισδιάστατη απεικόνιση 1ης ιδιομορφής ($T=0,252$ sec, $U_x=19,33\%$, $U_y=2,72\%$)



Σχήμα 6.2 - Τρισδιάστατη απεικόνιση 2ης ιδιομορφής ($T=0,224 \text{ sec}$, $U_x=0,40\%$, $U_y=31,75\%$).



Σχήμα 6.3 - Τρισδιάστατη απεικόνιση 3ης ιδιομορφής ($T=0,182 \text{ sec}$, $U_x=36,95\%$, $U_y=0,53\%$).

Από τα αποτελέσματα της ιδιομορφικής ανάλυσης προκύπτει ότι η στην διεύθυνση X το κτίριο είναι αρκετά πιο εύκαμπτο. Ιδιαίτερα στην στάθμη του ορόφου όπου απουσιάζουν εσωτερικοί φέροντες τοίχοι, οι δυο τοίχοι μεγάλου μήκους (ανατολικός, δυτικός) παραμορφώνονται έντονα εκτός του επιπέδου τους.

Επιπλέον λόγω της ασυμμετρίας σε κάτοψη του κτιρίου, αλλά και λόγω της έντονης διαφοράς σε δυσκαμψία μεταξύ των τοίχων, παρατηρείται η ανάπτυξη σημαντικά μεγαλύτερων παραμορφώσεων στον ανατολικό και βόρειο τοίχο που αποτελούνται από πολλά ανοίγματα. Σε αντίθεση με τον νότιο και δυτικό, όπου λόγω της προεξοχής στην πρώτη περίπτωση και λόγω της ύπαρξης ελάχιστων ανοιγμάτων στην δεύτερη, παρουσιάζονται αισθητά μεγαλύτερη δυσκαμψία.

6.3 ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ

Τα σεισμικά φορτία επιβάλλονται στην κατασκευή με καθ' ύψος ομοιόμορφη κατανομή. Αυτό συμβαίνει διότι στα κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία η μάζα είναι κατανεμημένη καθ' ύψος των τοίχων και όχι συγκεντρωμένη στις στάθμες των δαπέδων και διότι το υπό εξέταση κτίριο αποτελείται από ευπαραμόρφωτα διαφράγματα. Για την υλοποίηση της ομοιόμορφης κατανομής επιβάλλονται επικόμβιες δυνάμεις στο πλέγμα των πεπερασμένων στοιχείων ανάλογες της επιμεριζόμενης μεταφορικής μάζας που αντιστοιχεί ανά κόμβο.

Συγκεκριμένα το ισοδύναμο στατικό φορτίο που επιβάλλεται σε κάθε κόμβο του προσομοιώματος είναι:

$$F = m * Sd(T) * Cm$$

Όπου:

m: η μάζα κάθε στοιχείου

Sd(T): η τιμή της φασματικής επιτάχυνση σχεδιασμού

Cm: ο συντελεστής δρώσας μάζας ο οποίος λαμβάνεται ίσος με:

- 1,00 για μονώροφα και διώροφα κτίρια
- 0,80 για τρείς ή παραπάνω ορόφους

Ο έλεγχος των φερόντων στοιχείων πραγματοποιείται σε όρους δυνάμεων και επιλέγεται ως στόχος αποτίμησης, η στάθμη επιτελεστικότητας B1 «Σημαντικών Βλαβών». Επιπλέον, για να ληφθούν υπόψιν αβεβαιότητες που συνοδεύουν το προσομοίωμα, λαμβάνεται

προσαυξητικός συντελεστής επί των εντατικών μεγεθών $\gamma_{ed} = 1,05$ για ελαφρές και τοπικές βλάβες ή/και επεμβάσεις σύμφωνα με τον πίνακα Σ4.1 του ΚΑΔΕΤ.

Η ελαστική (ισοδύναμη) στατική ανάλυση εκτελείται με χρήση ενιαίου δείκτη συμπεριφοράς «q». Για την επιλογή του δείκτη συμπεριφοράς λαμβάνονται υπόψιν ο στόχος επιτελεσματικότητας, το εύρος φθορών επί των υφιστάμενων πρωτεύοντων στοιχείων και οι διαθέσιμοι επικουρικοί μηχανισμοί που διαθέτει το κτίριο και συμβάλλουν στην κατανάλωση ενέργειας, όπως οι περιμετρικοί ελκυστήρες. Με βάση λοιπόν τα παραπάνω επιλέγεται ενιαίος δείκτης συμπεριφοράς της κατασκευής $q = 1,20$.

Για τον υπολογισμό των σεισμικών φορτίων επί της κατασκευής πραγματοποιούνται οι κάτωθι παραδοχές:

- Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας II
- Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $a=0,24g$
- Συντελεστής συμπεριφοράς $q=1,20$
- Κατηγορίας εδάφους C ($S=1,15$, $T_B=0,20$, $T_C=0,60$, $T_D=2,50$)
- Συντελεστής σπουδαιότητας $\gamma=1,00$
- Συντελεστής απόσβεσης $\xi=5\%$

Εφόσον εφαρμόζονται ελαστικές αναλύσεις, γίνεται χρήση των τροποποιημένων φασμάτων σχεδιασμού όπου:

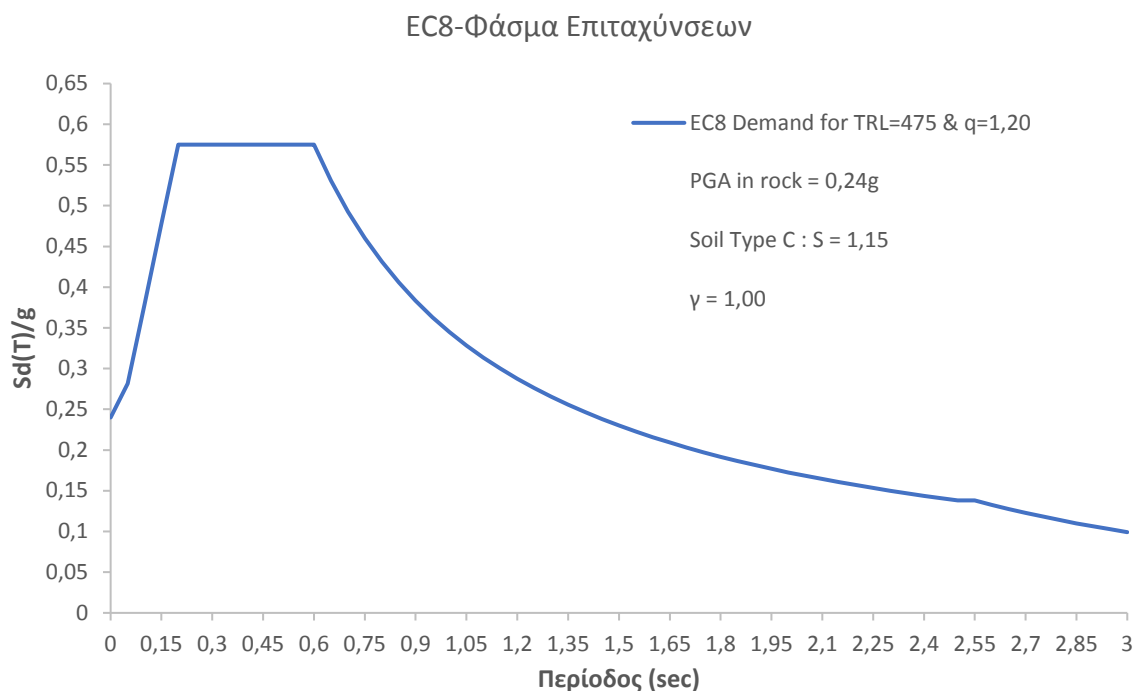
$$0 \leq T \leq T_B : S_d(T) = \gamma * a_g * S * \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_d(T) = \gamma * a_g * S * \frac{2,5}{q}$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) \begin{cases} = \gamma * a_g * S * \frac{2,5}{q} * \left[\frac{T_C}{T} \right] \\ \geq 0,2a_g \end{cases}$$

$$T_D \leq T : S_d(T) \begin{cases} = \gamma * a_g * S * \frac{2,5}{q} * \left[\frac{T_C * T_D}{T^2} \right] \\ \geq 0,2a_g \end{cases}$$

Λαμβάνοντας υπόψιν τα αποτελέσματα της ιδιομορφικής ανάλυσης, προκύπτει ότι οι κύριες ιδιομορφές και στις δυο διευθύνσεις του κτιρίου βρίσκονται στο πλατό του φάσματος ($T_B \leq T \leq T_C$). Συνεπώς ως φασματική επιτάχυνση για την φάση της αποτίμησης λαμβάνεται η τιμή $S_d(T) = 0,575 g$.



Σχήμα 6.4 - Φάσμα σχεδιασμού κατά Ευρωκώδικα 8 (EN 1988).

6.4 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΔΡΑΣΕΩΝ

Σύμφωνα με την παράγραφο 4.5.2 του ΚΑΔΕΤ για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας και για «Ανεκτή» στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων λαμβάνεται συντελεστής γ_g επί των μόνιμων δράσεων ίσος με 1,50.

Επομένως εκτελούνται ελαστικές αναλύσεις για τους ακόλουθους συνδυασμούς φορτίσεων:

- 1,50G+1,50Q
- G+0,30Q+Ex+0,3Ey
- G+0,30Q+Ex-0,3Ey
- G+0,30Q-Ex+0,3Ey
- G+0,30Q-Ex-0,3Ey
- G+0,30Q+0,30Ex+Ey
- G+0,30Q-0,30Ex+Ey
- G+0,30Q+0,30Ex-Ey
- G+0,30Q-0,30Ex-Ey

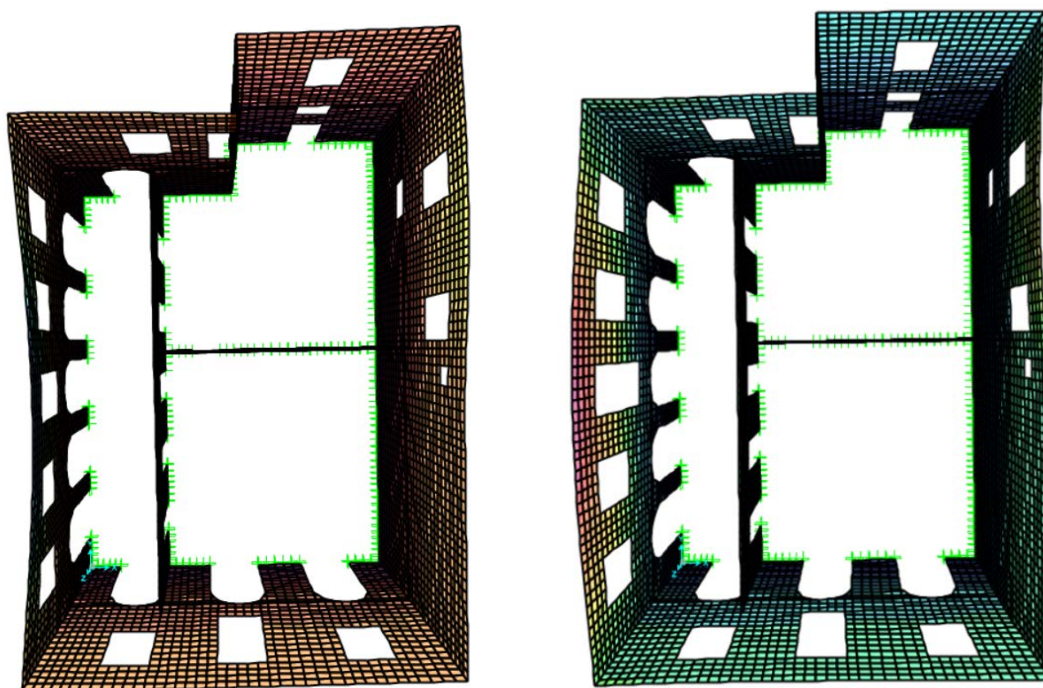
7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Στον παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ελαστικής ισοδύναμης στατικής ανάλυσης της υφιστάμενης κατασκευής, τόσο σε όρους δυνάμεων όσο και σε μετακινήσεις. Στην συνέχεια, εκτελούνται οι έλεγχοι των φερόντων στοιχείων της κατασκευής σε όρους δυνάμεων για τις διάφορες μορφές αστοχίας της τοιχοποιίας, ώστε να αποτιμηθεί η κατασκευή ως προς την επάρκεια της.

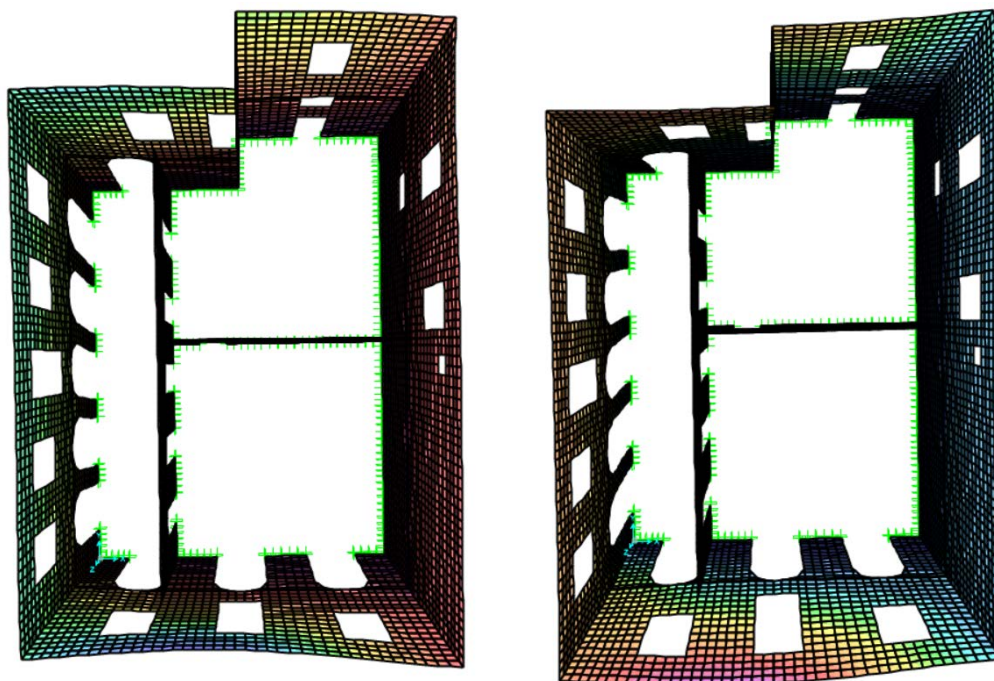
Τα ξύλινα στοιχεία της στέγης δεν εντάχθηκαν στο προσομοίωμα στην φάση της αποτίμησης, καθώς θεωρείται ότι δεν υπάρχει επαρκή σύνδεση των στρωτήρων και των ζευκτών με την φέρουσα τοιχοποιία και η συνεισφορά τους στην απόκριση της κατασκευής είναι μη ρεαλιστική. Τα κατακόρυφα φορτία που μεταβιβάζει η στέγη στην τοιχοποιία εισήχθησαν ως συγκεντρωμένα φορτία στους κόμβους έδρασης των ξύλινων στοιχείων.

7.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ

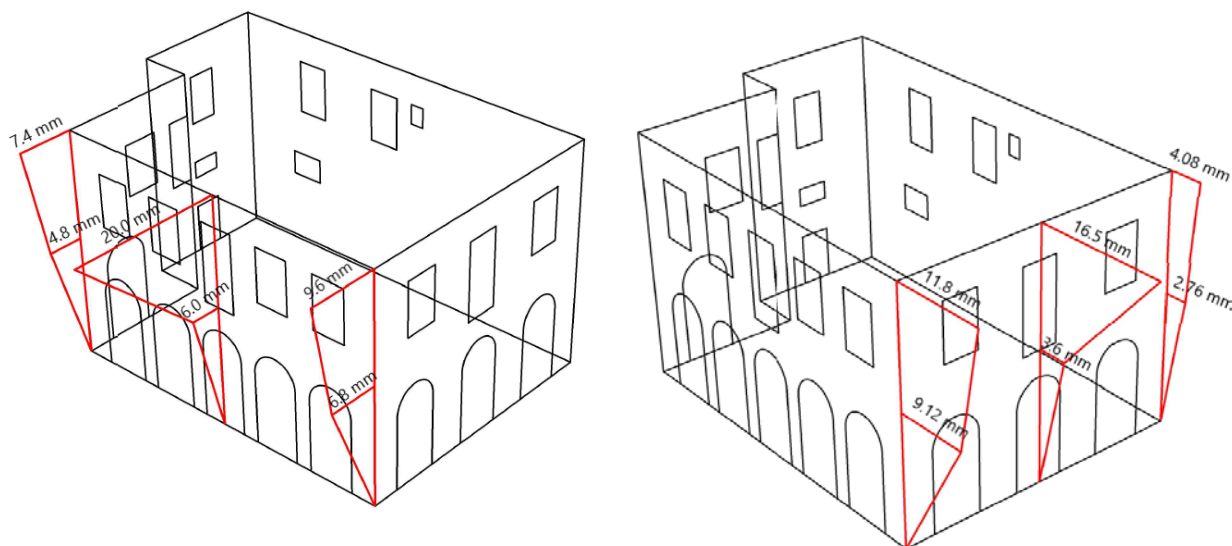
Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης για τους σεισμικούς συνδυασμούς στις οριζόντιες διευθύνσεις, και σχηματικά το προφίλ των μετακινήσεων των εξωτερικών τοίχων.



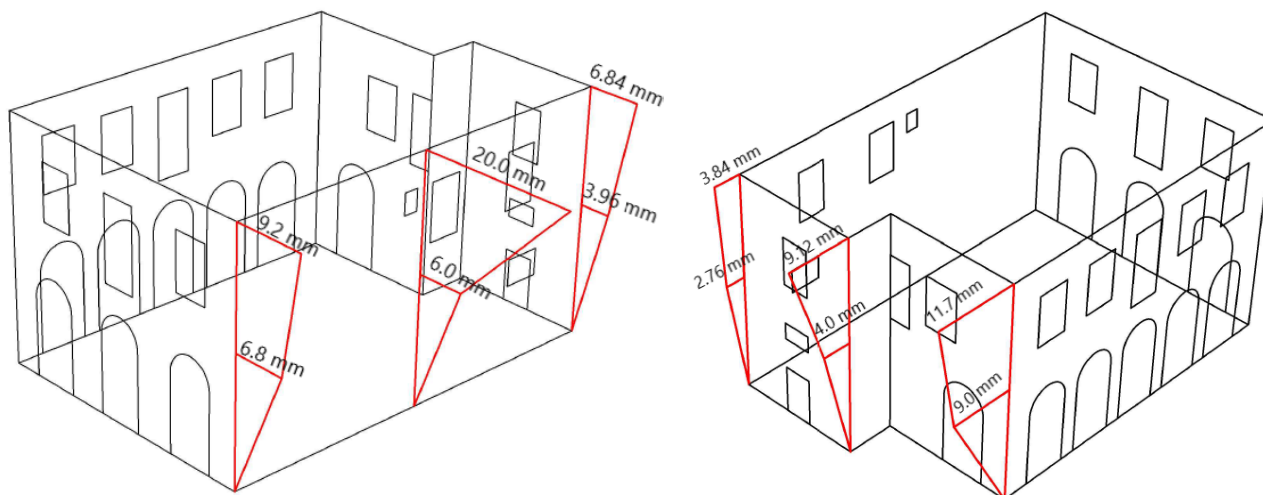
Σχήμα 7.1 - Παραμορφωμένη κατάσταση φορέα σε συνδυασμό $G+0.3Q\pm Ex$.



Σχήμα 7.2 - Παραμορφωμένη κατάσταση φορέα σε συνδυασμό $G+0.3Q\pm E_y$.



Σχήμα 7.3 – Προφίλ ανελαστικών μετακινήσεων ανατολικού και βόρειου τοίχου σε συνδυασμό $G+0.3Q-E_x$ και $G+0.3Q-E_y$ αντίστοιχα.



Σχήμα 7.4 – Προφίλ ανελαστικών μετακινήσεων δυτικού και νότιου τοίχου σε συνδυασμό $G+0.3Q+Ex$ και $G+0.3Q+Ey$ αντίστοιχα.

Από τα αποτελέσματα των προφίλ των μετακινήσεων επιβεβαιώνεται η αδυναμία του κτιρίου σε εκτός επιπέδου ένταση. Λόγω της απουσίας ισχυρού διαφράγματος στην στάθμη του πατώματος και της στέγης, οι τοίχοι παραμορφώνονται έντονα εκτός του επιπέδου τους. Οι μεγαλύτερες παραμορφώσεις παρατηρούνται στους περιμετρικούς τοίχους του ορόφου, όπου λειτουργούν ως τριέριστες πλάκες μεγάλου ανοίγματος, με τις μεγαλύτερες μετακινήσεις να εμφανίζονται στην στέψη, στο μέσο περίπου των τοίχων. Η απουσία εγκάρσιων εσωτερικών τοίχων στον όροφο, έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ιδιαίτερα εύκαμπτων περιμετρικών τοίχων.

Επιπλέον, παρατηρείται η στρωφική ευαισθησία του κτιρίου, λόγω της ασυμμετρίας του και λόγω της διαφορετικής δυσκαμψίας των περιμετρικών τοίχων. Συγκεκριμένα, ο δυτικός και νότιος τοίχος είναι σημαντικά πιο δύσκαμπτοι από τον ανατολικό και τον βόρειο, οι οποίοι απαρτίζονται από πολλά ανοίγματα και μικρών διαστάσεων πεσσούς. Συνεπώς, ο ανατολικός και βόρειος τοίχος αναπτύσσουν αισθητά μεγαλύτερες παραμορφώσεις εντός του επιπέδου τους, με αποτέλεσμα την στρόφη του κτιρίου.

7.2 ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΝΤΑΤΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται σχηματικά τα αποτελέσματα της ανάλυσης σε όρους εντατικών μεγεθών για τους σεισμικούς συνδυασμούς και γίνεται προσπάθεια σχολιασμού επί των αποτελεσμάτων. Τα εντατικά μεγέθη ακολουθούν την παρακάτω ονοματολογία:

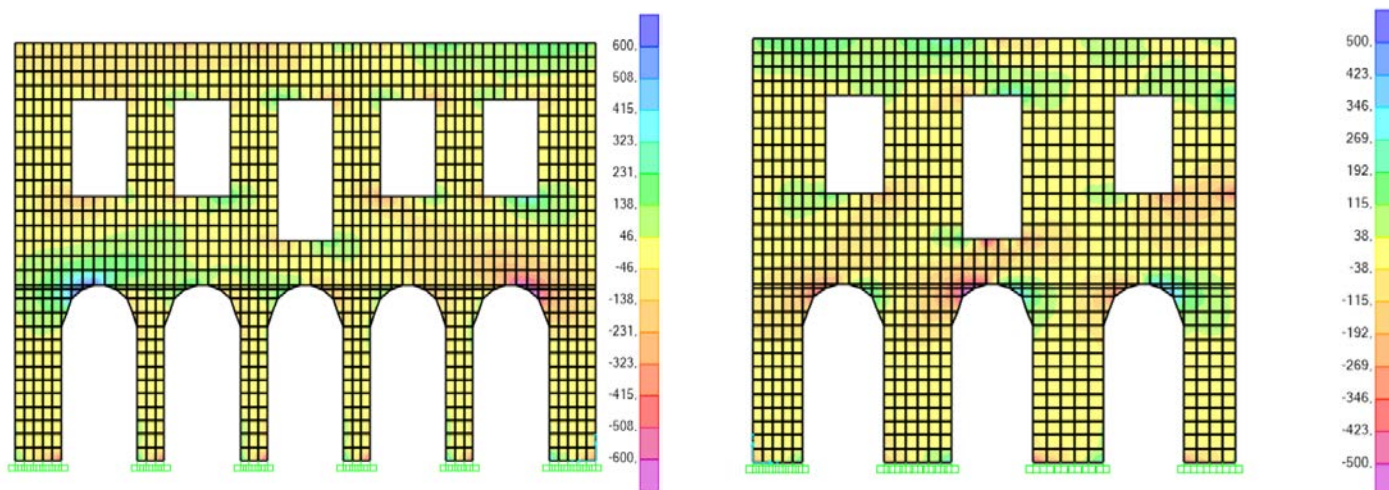
F11: Εντός επιπέδου οριζόντια δύναμη σε KN ανά τρέχον μέτρο

F22: Κατακόρυφη δύναμη σε KN ανά τρέχον μέτρο

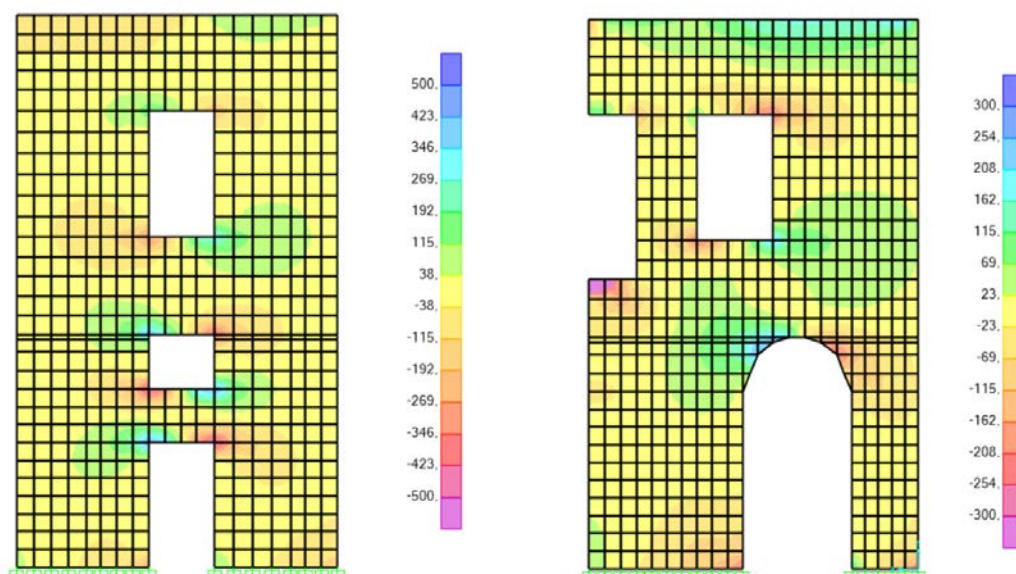
M11: Εκτός επιπέδου ροπή κάθετη στους οριζόντιους αρμούς σε KNm ανά τρέχον μέτρο

M22: Εκτός επιπέδου ροπή παράλληλη στους οριζόντιους αρμούς σε KNm ανά τρέχον μέτρο

Οριζόντιες δυνάμεις F11



Σχήμα 7.5 - Κατανομή οριζοντίων δυνάμεων α) ανατολικού τοίχου $G+0.3Q-Ey$, β) βόρειου τοίχου $G+0.3Q-Ex$.

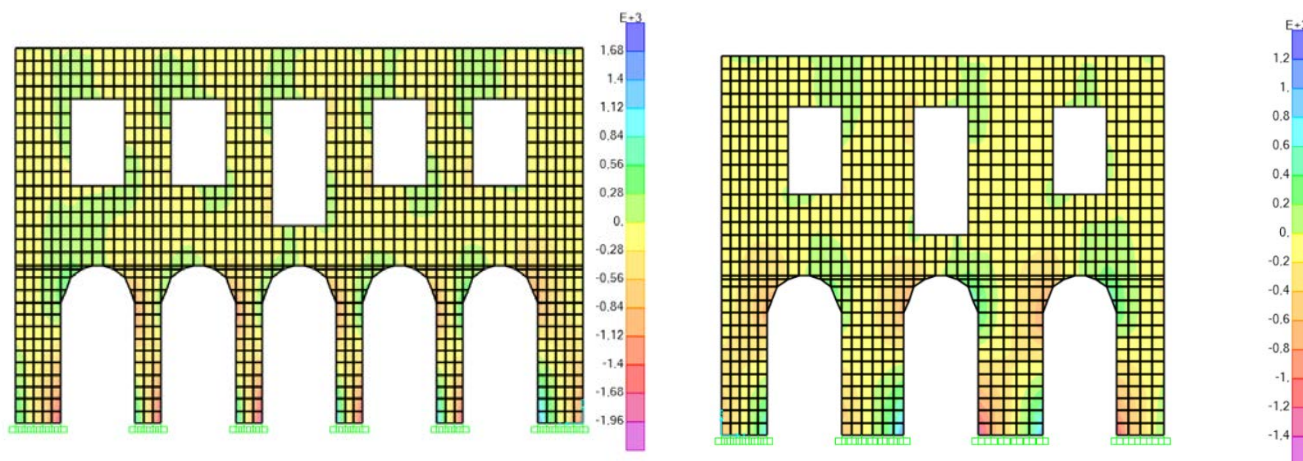


Σχήμα 7.6 - Κατανομή οριζοντίων δυνάμεων νότιου τοίχου $G+0.3Q-Ex$.

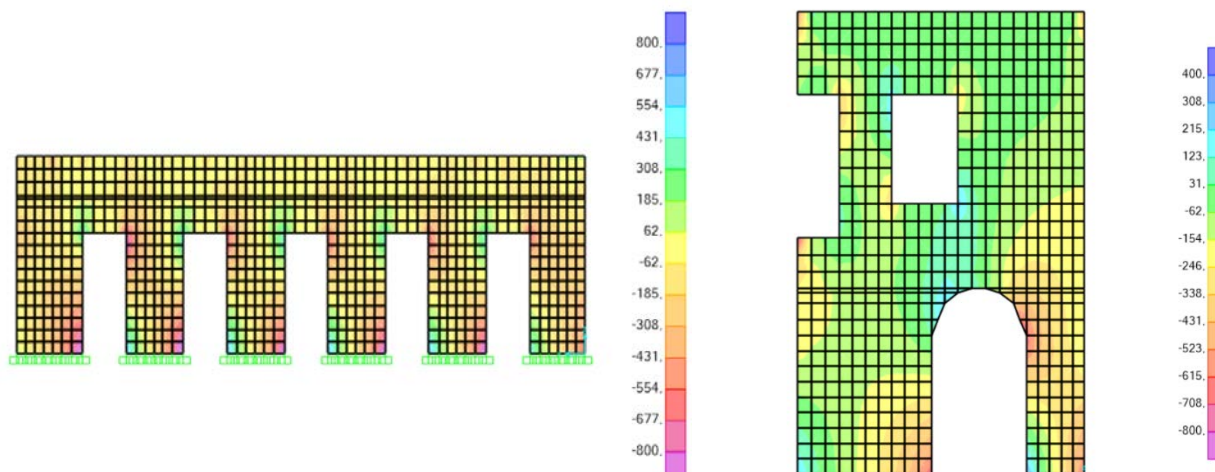
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα παρατηρείται συγκέντρωση των οριζοντίων δυνάμεων στις ακμές των ανοιγμάτων λόγω της εντός επιπέδου παραμόρφωσής τους. Ανάλογα με την

διεύθυνσης της σεισμικής φόρτισης, αναπτύσσονται θλιπτικά ή αξονικά φορτία στις γωνίες των υπέρθρων δίσκων που βρίσκονται άνωθεν και κάτωθεν των ανοιγμάτων, προκαλώντας ρηγματώσεις στα στοιχεία λόγω υπέρβαση της εφελκυστικής τους αντοχής.

Κατακόρυφες δυνάμεις F22 σε εντός επιπέδου φόρτιση



Σχήμα 7.7 - Κατανομή κατακόρυφων δυνάμεων α) ανατολικού τοίχου $G+0.3Q-Ey$, β) βόρειου τοίχου $G+0.3Q-Ex$.

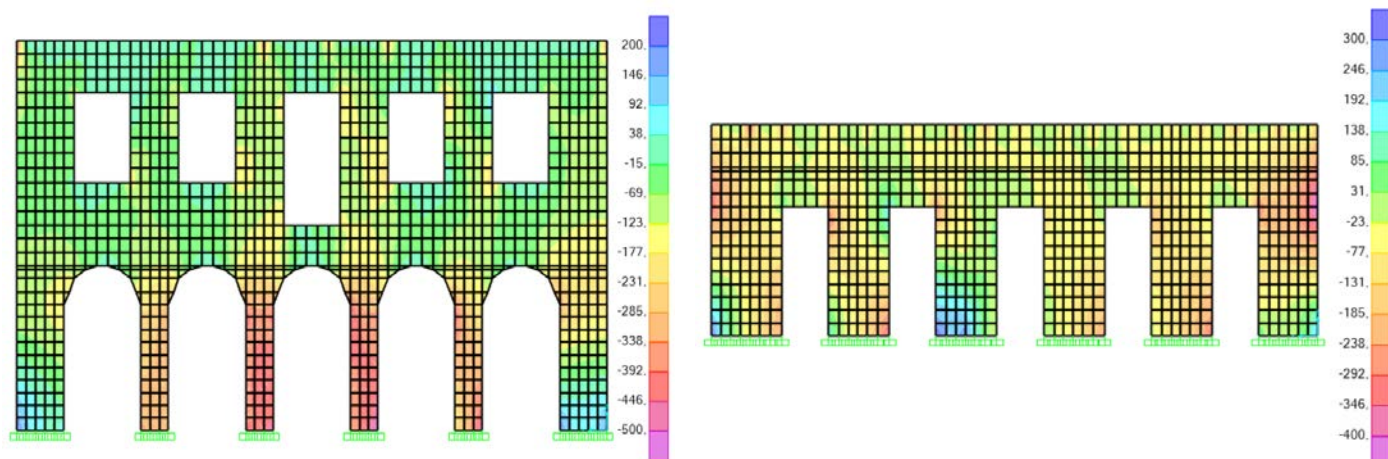


Σχήμα 7.8 - Κατανομή κατακόρυφων δυνάμεων α) εσωτερικού τοίχου $G+0.3Q-Ey$, β) νότιου τοίχου $G+0.3Q-Ex$.

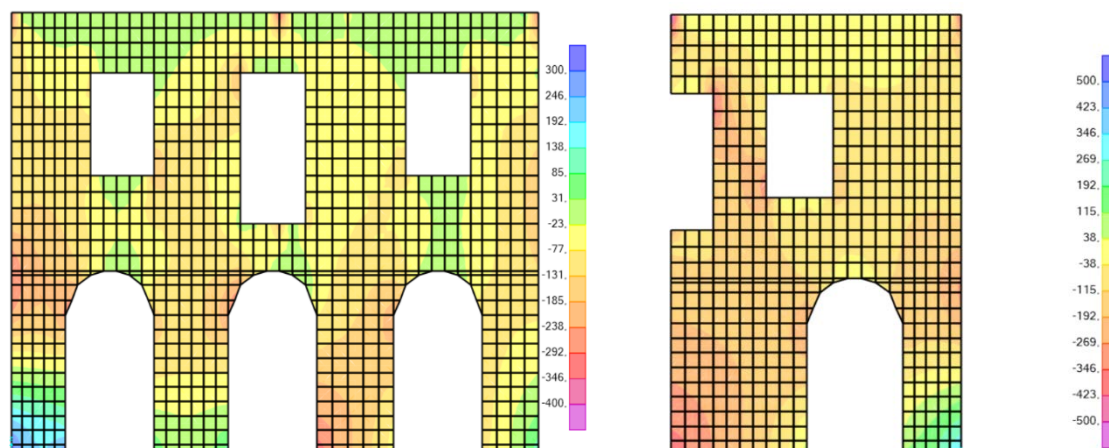
Κατά την εντός επιπέδου σεισμική φόρτιση των τοίχων τα στοιχεία μεγάλου λόγου διάτμησης, όπως οι πεσσοί του ισογείου, αναπτύσσουν στην βάση και την κορυφή τους εφελκυσόμενες και θλιβόμενες περιοχές, το εύρος των οποίων εξαρτάται από την δυσκαμψία του στοιχείου και την διεύθυνση φόρτισης. Οι εφελκυστικές αυτές δυνάμεις προκαλούν

ρηγματώσεις στην διατομή και απομειώνουν την φέρουσα ικανότητα του πεσσού. Από τα παραπάνω σχήματα παρατηρείται ότι οι μεγαλύτεροι και πιο δύσκαμπτοι πεσσοί του ισογείου αναλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος της σεισμικής έντασης.

Κατακόρυφες δυνάμεις F22 σε εκτός επιπέδου φόρτιση



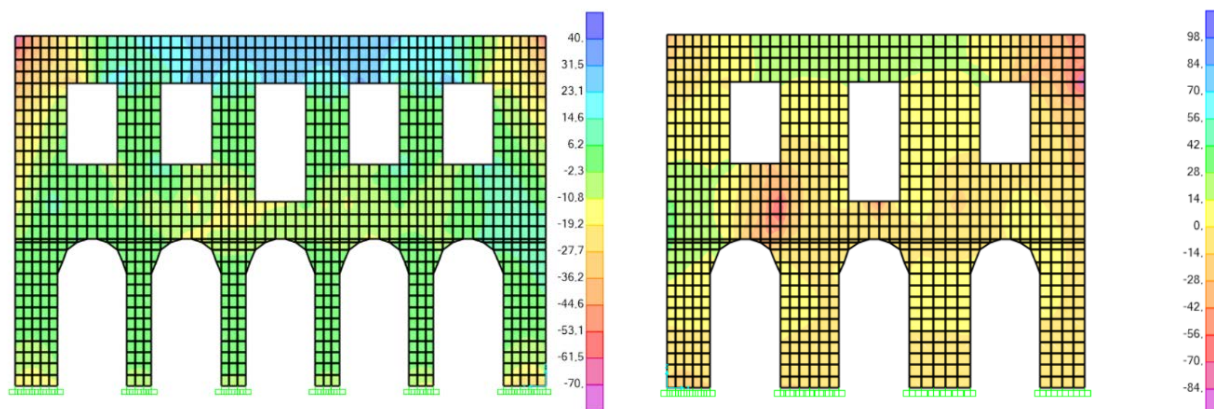
Σχήμα 7.9 - Κατανομή κατακόρυφων δυνάμεων α) ανατολικού τοίχου $G+0.3Q+Ex$, β) εσωτερικού τοίχου $G+0.3Q+Ex$.



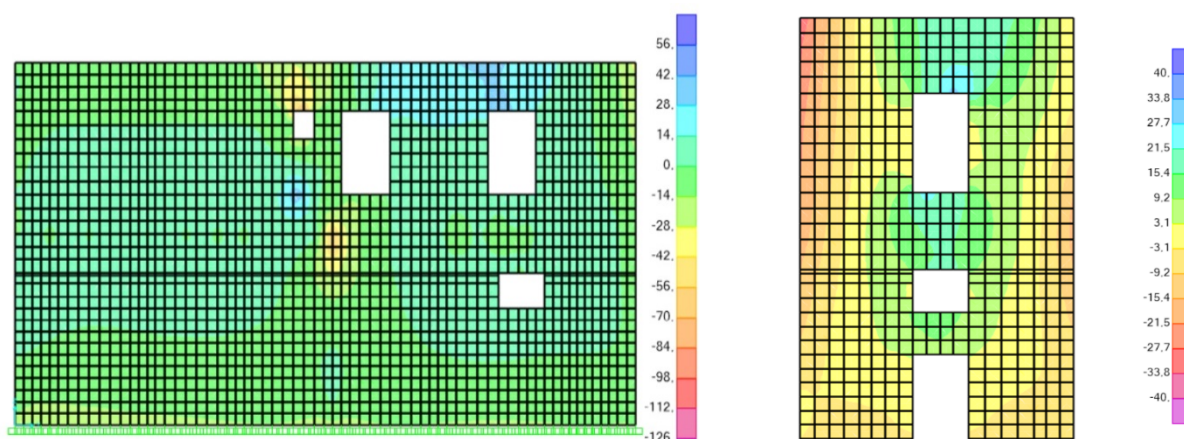
Σχήμα 7.10 - Κατανομή κατακόρυφων δυνάμεων α) βόρειου τοίχου $G+0.3Q-Ey$, β) νότιου τοίχου $G+0.3Q-Ey$.

Καθώς οι φέροντες τοίχοι δέχονται σεισμική ένταση κάθετα στο επίπεδο τους, παρατηρείται η ύπαρξη εφελκυστικών τάσεων στην βάση των πεσσών, όπου συνδέονται με εγκάρσιους τοίχους. Το φαινόμενο αυτό συμβαίνει, διότι οι εγκάρσιοι φέροντες τοίχοι κατά την εντός επιπέδου παραμόρφωση τους, παρασέρνουν τους πεσσούς. Το μέγεθος των εφελκυστικών φορτίων εξαρτάται, από την δυσκαμψία του εκάστοτε πεσσού και από την δυσκαμψία του συνδεδεμένου εγκάρσιου τοίχου.

Εκτός επιπέδου ροπές κάθετες στον οριζόντιο άξονα M11



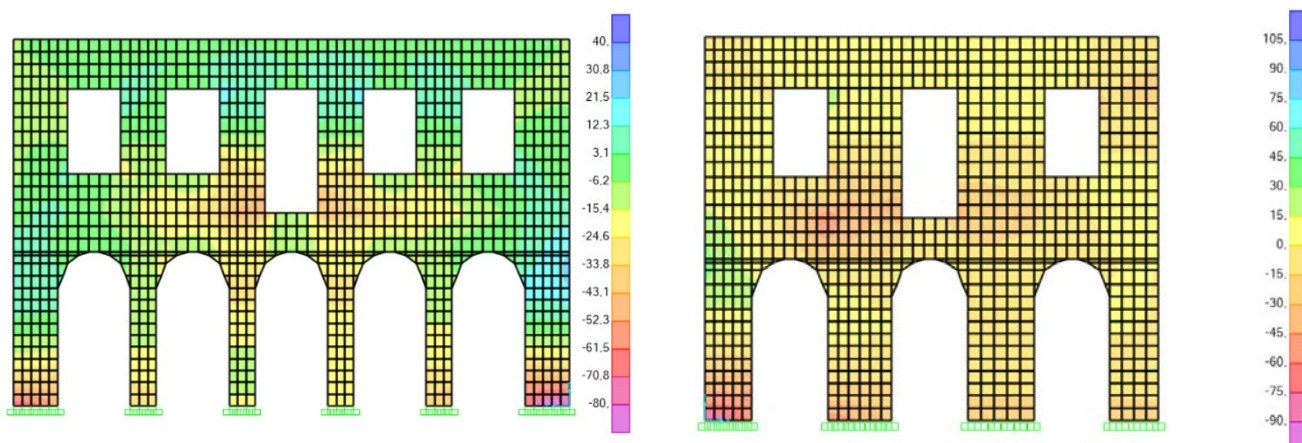
Σχήμα 7.11 - Κατανομή ροπών εκτός επιπέδου α) ανατολικού τοίχου $G+0.3Q-Ex$, β) βόρειου τοίχου $G+0.3Q-Ey$.



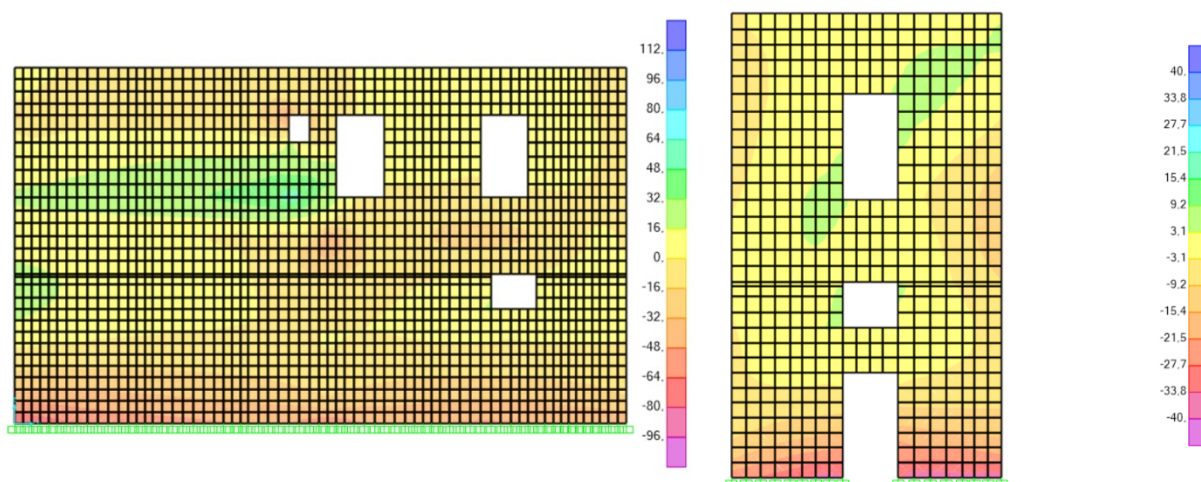
Σχήμα 7.12 - Κατανομή ροπών εκτός επιπέδου α) δυτικού τοίχου $G+0.3Q+Ex$, β) νότιου τοίχου $G+0.3Q+Ey$.

Κατά την εκτός επιπέδου σεισμική φόρτιση παρατηρείται ότι οι περιοχές σύνδεσης διασταυρούμενων τοίχων και οι υπέρθυροι δίσκοι ιδίως του ορόφου, καταπονούνται σε εκτός επιπέδου ροπή κάθετη στον οριζόντιο άξονα. Το φαινόμενο αυτό αποδίδεται στην απουσία ισχυρού διαφράγματος στις στάθμες των πατωμάτων και της στέγης, με αποτέλεσμα οι τοίχοι να παραμορφώνονται αυτόνομα εκτός του επιπέδου τους. Η πιθανή αστοχία λόγω της εκτός επιπέδου φόρτισης, θα μπορούσε να έχει καταστροφικά αποτελέσματα για το κτίριο, όπως αποκόλληση γωνιών και κατάρρευση τμήματος των τοίχων.

Εκτός επιπέδου ροπές παράλληλες στον οριζόντιο άξονα M22



Σχήμα 7.13 - Κατανομή ροπών εκτός επιπέδου α) ανατολικού τοίχου $G+0.3Q-Ex$, β) βόρειου τοίχου $G+0.3Q-Ey$.

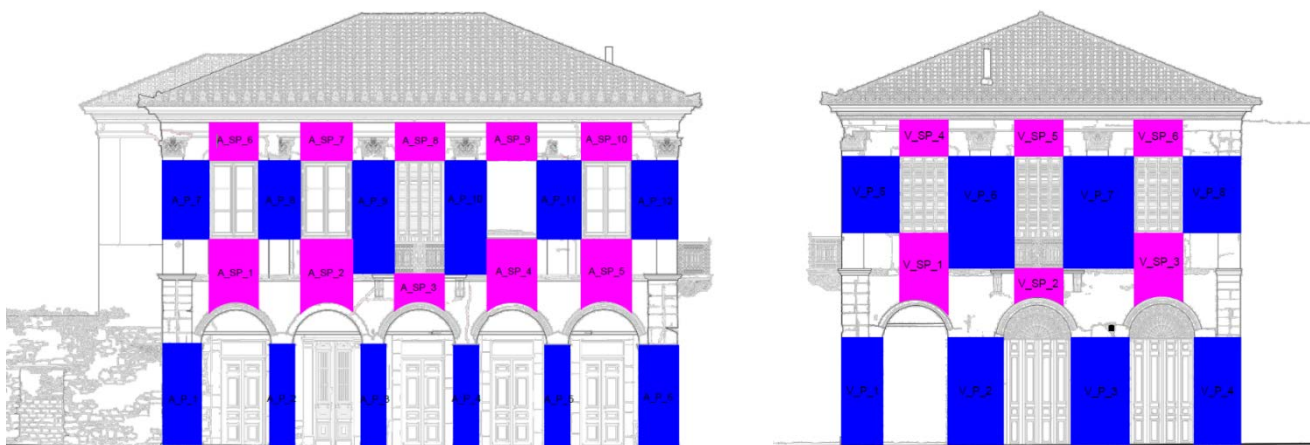


Σχήμα 7.14 - Κατανομή ροπών εκτός επιπέδου α) δυτικού τοίχου $G+0.3Q+Ex$, β) βόρειου τοίχου $G+0.3Q+Ey$.

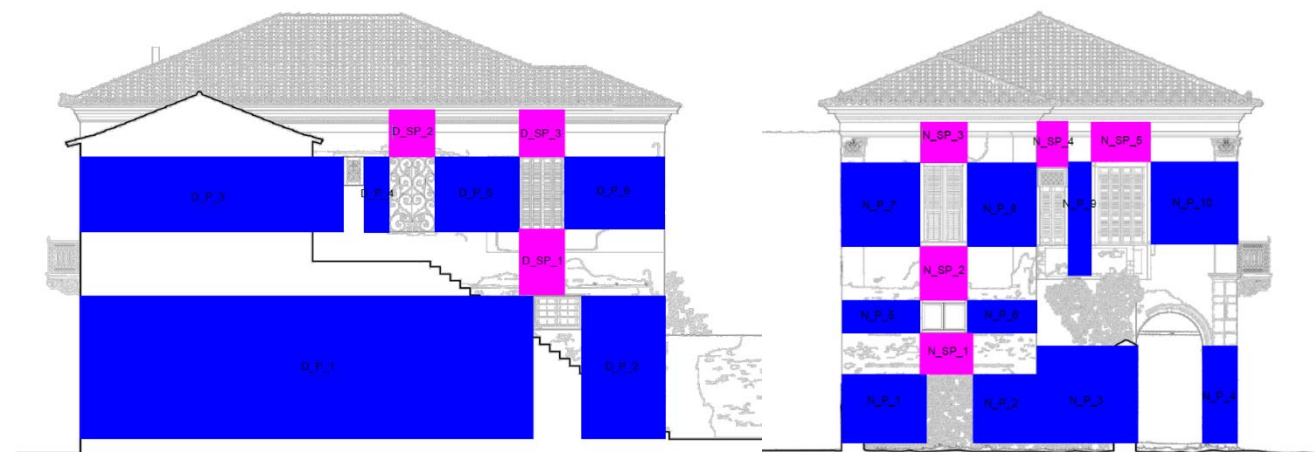
Κατά την εκτός επιπέδου σεισμική φόρτιση παρατηρείται ότι οι πεσσοί του κτιρίου καταπονούνται έντονα στις διατομές της βάσης και της κορυφής τους από ροπές παράλληλες στους οριζόντιους αρμούς. Η ένταση των ροπών παρουσιάζει αύξηση στους ακριανούς πεσσούς του ισογείου, καθώς παρασύρονται από τους εγκάρσιους διασταυρούμενους, και στους κεντρικούς πεσσούς του ορόφου, λόγω απουσίας διαφράγματος και λειτουργίας κιβωτίου. Αντίστοιχα, η πιθανή αστοχία λόγω της παρούσας φόρτισης δύναται να έχει καταστροφικά αποτελέσματα, με ανατροπή τοίχων εκτός του επιπέδου τους.

7.3 ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ

Οι έλεγχοι επάρκειας της κατασκευής γίνονται επί των κύριων φερόντων στοιχείων, και πιο συγκεκριμένα στους πεσσούς και τα υπέρθυρα. Συνεπώς, στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζεται ο διαχωρισμός των άνωθεν στοιχείων στους φέροντες τοίχους του κτιρίου και τους αποδίδεται μοναδική ονομασία, ώστε να υπάρχει σαφέστερη εποπτεία των αποτελεσμάτων.



Σχήμα 7.15 - Πεσσοί και υπέρθυρα ανατολικού και βόρειου τοίχου.



Σχήμα 7.16 - Πεσσοί και υπέρθυρα δυτικού και νότιου τοίχου.



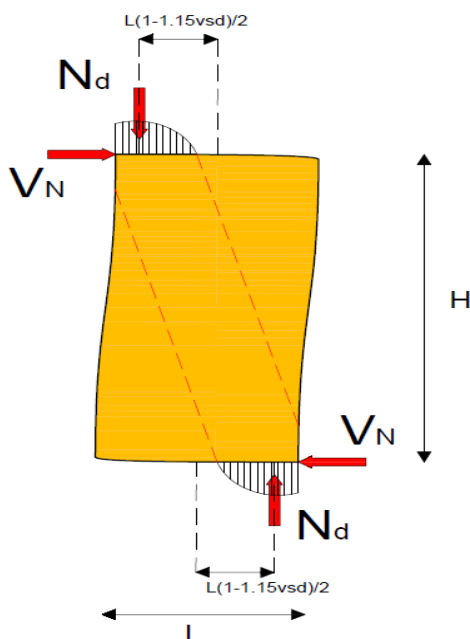
Σχήμα 7.17 - Πεσσοί και υπέρθυρα εσωτερικού τοίχου.

Καθώς η προσομοίωση του κτιρίου γίνεται με χρήση επιφανειακών πεπερασμένων στοιχείων, δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη εξαγωγής εντατικών μεγεθών σε επιλεγείσες προκαθορισμένες θέσεις. Στους πεσσούς οι τομές γίνονται στην κεφαλή και τον πόδα του στοιχείου, ενώ στα υπέρθυρα στην αριστερή και την δεξιά παρειά. Για να μην προκύψει σύγχυση στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων, οι διατομές ακολουθούν τον εξής τρόπο αρίθμησης : [τοίχος που εξετάζεται]_[είδος στοιχείου]_[αρίθμηση στοιχείου]_[θέση ελέγχου].

7.4 'ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΣΕ ΕΝΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΕΝΤΑΣΗ

7.4.1 Ικανοτική τέμνουσα – Καμπτική αντοχή

Στην περίπτωση άοπλης τοιχοποιίας ως κάμψη αναφέρεται η περιστροφή του τοίχου περί την διατομή στήριξης του στην βάση. Έτσι, κατά την καμπτική καταπόνηση ενός τοίχου δύναται να προκύψουν εφελκυσόμενες και θλιβόμενες περιοχές, στις ακραίες διατομές της βάσης και της κορυφής. Για τις εφελκυσόμενες περιοχές αμελείται η εφελκυστική αντοχή του τοίχου και θεωρείται ως αδρανής, μην συνεισφέροντας στην αντίσταση. Στην θλιβόμενη περιοχή βάσης και κορυφής, θεωρείται ότι ο τοίχος αναλαμβάνει αξονική δύναμη N_d η οποία ασκείται στο μέσο περίπου της θλιβόμενου μήκους. Η μεταφορά της N_d από την θέση της στην διατομή κορυφής προς την θέση που ασκείται στην διατομή βάσης, γίνεται μέσω ενός λοξού θλιπτήρα που διατρέχει το στοιχείο περίπου διαγώνια. Η κατακόρυφη δύναμη του θλιπτήρα είναι η N_d και οριζόντια η V_N . Η οριζόντια ισούται με την κατακόρυφη αξονική επί την κλίση του θλιπτήρα ως προς την κατακόρυφη δηλαδή επί L/H , όπου L το μήκος του στοιχείου και H το ύψος.



Σχήμα 7.18 - Εντός επιπέδου κάμψη στοιχείου.

1. Η αξονική δύναμη N_d του θλιπτήρα που αναπτύσσεται στην θλιβόμενη περιοχή προκαλεί μια ροπή ευστάθειας.

$$M_{Rd} = N_d * (1 - 1.15v_{sd}) * L/2$$

$$v_{sd} = \frac{N_d}{l * t * f_d}$$

$$f_d = \frac{f_{mc}}{\gamma_w}$$

Όπου,

L: το μήκος της υπό εξέταση διατομής

t: το πάχος της υπό εξέταση διατομής

N_d : το θλιπτικό αξονικό φορτίο που αναπτύσσεται στην θλιβόμενη περιοχή

v_{sd} : το ανοιγμένο αξονικό φορτίο

f_{mc} : η μέση θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας όπως λαμβάνεται από δοκιμές

γ_w : ο συντελεστής ασφαλείας της τοιχοποιίας σύμφωνα με την στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων

Εφόσον ο έλεγχος επάρκειας πραγματοποιείται σε όρους τέμνουσας δύναμης, υπολογίζεται η ικανοτική τέμνουσα σύμφωνα με την σχέση 7.2(β) του ΚΑΔΕΤ ως εξής:

$$V_f = \frac{M_{Rd}}{H_0}$$

Όπου, $H_0=H$ για απουσία διαφράγματος

$H_0=H/2$ για παρουσία διαφράγματος

2. Η οριζόντια δύναμη του θλιπτήρα.

$$V_N = \frac{L}{H} * N_d$$

Το θλιβόμενο μήκος υπολογίζεται υιοθετώντας παραδοχή ελαστικού προφίλ των τάσεων κατά μήκος της διατομής.

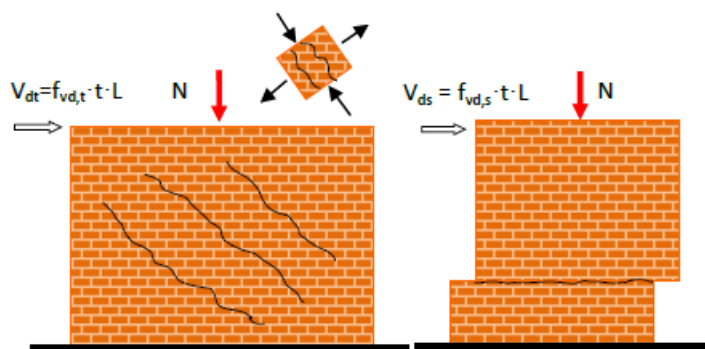
Οι τάσεις στα άκρα λαμβάνονται:

$$\sigma_I = \frac{N}{A} + \frac{M}{W}$$

$$\sigma_{II} = \frac{N}{A} - \frac{M}{W}$$

- Εάν, σ_I & $\sigma_{II} < 0$, τότε $L_c=L$, $\sigma_d=(\sigma_I+\sigma_{II})/2$, $N_d=\sigma_d/L_c * t$ και η διατομή βρίσκεται υπό θλίψη στο σύνολο της
- Εάν, $\sigma_I < 0$ & $\sigma_{II} > 0$, τότε $L_c < L$, $\sigma_d=\sigma_I/2$, $N_d=\sigma_d/L_c * t$ και η διατομή βρίσκεται μερικώς υπό θλίψη
- Εάν, σ_I & $\sigma_{II} > 0$, τότε $L_c=0$, $\sigma_d=0$, $N_d=0$ και η διατομή βρίσκεται όλη σε εφελκυσμό

7.4.2 Διατμητική αντοχή



Σχήμα 7.19 - Εντός επιπέδου διάτμηση στοιχείου.

Σύμφωνα με την παράγραφο 7.2.2 του ΚΑΔΕΤ, η διατμητική αντίσταση ενός τοίχου εντός επιπέδου ορίζεται ως η ελάχιστη των παρακάτω δυο μηχανισμών αστοχίας.

Διαγώνια εφελκυστική ρηγμάτωση

Κατά την διάρκεια επιβολής κατακόρυφης αξονικής δύναμης και τέμνουσας δύναμης προκαλούνται διατμητικές παραμορφώσεις στους τοίχους. Κατά την παραμόρφωση του τοίχου δημιουργείται μια εφελκυστική και μια θλιβόμενη διαγώνιος. Ο τοίχος δύναται να αστοχήσει στην εφελκυστική διαγώνιο, λόγω υπέρβασης της εφελκυστικής αντοχής και στην θλιβόμενη, λόγω θλιπτικής αστοχίας του διαγώνιου θλιπτήρα υπό ταυτόχρονο εγκάρσιο εφελκυσμό. Η πρώτη περίπτωση είναι η πιο συνήθης, και έτσι η τοιχοποιία ελέγχεται για αυτή την μορφή αστοχίας. Οι λοξές ρωγμές δύναται εμφανίζονται σε όλο το πάχος της τοιχοποιίας ή και μόνο σε κάποια από τις εξωτερικές στρώσεις. Επίσης οι λοξές ρωγμές μπορεί να εμφανίζονται ως ευθείες γραμμές ή με βαθμιδωτή μορφή ανάλογα με το μέγεθος και τα μηχανικά χαρακτηριστικά λίθων και κονιαμάτων.

Σύμφωνα με την σχέση Σ7.2 του ΚΑΔΕΤ η διατμητική τάση ρηγματώσεως και η διατμητική αντοχή, υπολογίζονται ως εξής:

$$f_{vd,t} = \sqrt{f_{wtd} * (f_{wtd} + v_{sd} * f_d)}$$

$$f_d = \frac{f_{mc}}{\gamma_w}$$

$$V_{v,t} = f_{vd,t} * L * t$$

Όπου,

L: το μήκος της υπό εξέταση διατομής

t: το πάχος της υπό εξέταση διατομής

v_{sd}: το ανοιγμένο αξονικό φορτίο

f_{wtd}: η μέση αντοχή της τοιχοποιίας σε εφελκυσμό. Στην περίπτωση των στύλων του προστώου λαμβάνεται η εφελκυστική αντοχή των λίθων, καθώς εν απουσία κατακόρυφων αρμών κονιάματος, η ρωγμή πρέπει να διαπεράσει αναγκαστικά τους λίθους (f_{bt}=f_{bc}/10)

f_{mc}: η μέση θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας

γ_w: ο συντελεστής ασφαλείας της τοιχοποιίας σύμφωνα με την στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων

Ολίσθηση κατά μήκος των οριζοντίων αρμών

Κατά την διάρκεια επιβολής κατακόρυφης αξονικής δύναμης και τέμνουσας δύναμης, δύναται να προκληθεί ολίσθηση της τοιχοποιίας κατά μήκος οριζοντίων αρμών. Η διατμητική αντοχή ολισθήσεως εξαρτάται από την συνοχή και την τριβή που αναπτύσσεται λόγω κατακόρυφου θλιπτικού φορτίου. Η αντίσταση ολισθήσεως αναπτύσσεται μόνο στην

θλιβόμενη περιοχή της υπό εξέταση διατομής. Το θλιβόμενο μήκος υπολογίζεται σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στην παραπάνω υποενότητα.

Σύμφωνα με τις σχέσεις 7.3(α) και 7.3(β) του ΚΑΔΕΤ η διατμητική τάση ολισθήσεως και η διατμητική αντοχή, υπολογίζονται ως εξής:

$$f_{vd,s} = f_{vmo} + 0,4 * \frac{Nd}{L' * t} \leq 0,065 * f_b$$

$$V_{v,s} = f_{vd,s} * L' * t$$

Όπου,

- t: το πάχος της υπό εξέταση διατομής
- N_d: το αξονικό θλιπτικό φορτίο που αναπτύσσεται στο θλιβόμενο μήκος της διατομής για συνδυασμό κατακόρυφης αξονικής δύναμης και τέμνουσας
- f_{vmo}: η διατμητική αντοχή στην περίπτωση απουσίας κατακόρυφου φορτίου (συνοχή) και επιλέγεται τιμή 0,10 MPa στις τρίστρωτες αργολιθοδομές και 0,20 MPa στις λαξεμένες λιθοδομές με μικρό πάχος αρμών
- μ: ο συντελεστής τριβής κατά μήκος της οριζόντιας επιφάνειας ολισθήσεως ο οποίος λαμβάνεται ίσος με 0,40 στις τρίστρωτες αργολιθοδομές και 0,80 στις λαξεμένες λιθοδομές με μικρό πάχος αρμών
- f_b: η θλιπτική αντοχή των λιθοσωμάτων

7.4.3 Παρουσίαση ελέγχων επάρκειας σε εντός επιπέδου ένταση

Παρακάτω παρουσιάζονται οι έλεγχοι των φερόντων στοιχείων σε εντός επιπέδου ένταση. Λόγω μεγάλου όγκου αποτελεσμάτων οι έλεγχοι παρουσιάζονται σχηματικά, ενώ τα αναλυτικά αποτελέσματα των ελέγχων παρατίθενται στο Παράρτημα. Η επάρκεια ή αστοχία των στοιχείων υποδεικνύεται με τους αντίστοιχους χρωματισμούς και αναγράφεται ο τρόπος αστοχίας ή ο συντελεστής εξάντλησης της αντοχής.

Σε περίπτωση που ολόκληρη η διατομή βρίσκεται σε θλίψη, ο έλεγχος σε εντός επιπέδου κάμψη παραλείπεται και εκτελείται μόνο ο έλεγχος σε εντός επιπέδου διάτμηση.

Σε περίπτωση επάρκειας τα στοιχεία χρωματίζονται σε χρώμα πράσινο και αναγράφεται ο συντελεστής επάρκειας του δυσμενέστερου συνδυασμού.

Σε περίπτωση που μέσω των αποτελεσμάτων της ανάλυσης προκύψει για κάποιον συνδυασμό εφελκυσμός στο σύνολο της διατομής, οι έλεγχοι σε εντός επιπέδου ένταση σταματούν και θεωρείται ότι το στοιχείο αστοχεί λόγω εφελκυσμού. Όταν προκύπτει αυτή

η μορφή αστοχίας το στοιχείο χρωματίζεται σε χρώμα πορτοκαλί και αναγράφεται η ένδειξη ΕΦΕΛΚ.

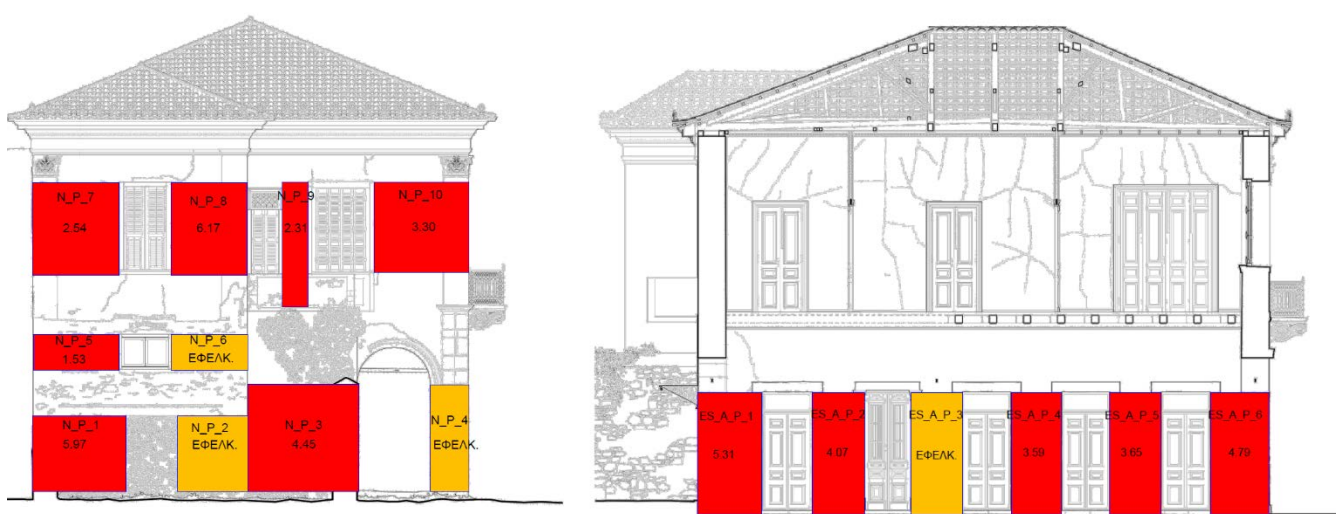
Σε περίπτωση υπέρβασης της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας λόγω κάμψης, το στοιχείο χρωματίζεται σε χρώμα κόκκινο και αναγράφεται η ένδειξη ΘΡΑΥΣΗ.

Σε περίπτωση υπέρβασης της αντοχής το στοιχείο χρωματίζεται με χρώμα κόκκινο και αναγράφεται ο συντελεστής εξάντλησης της αντοχής του στοιχείου, για τον δυσμενέστερο συνδυασμό.

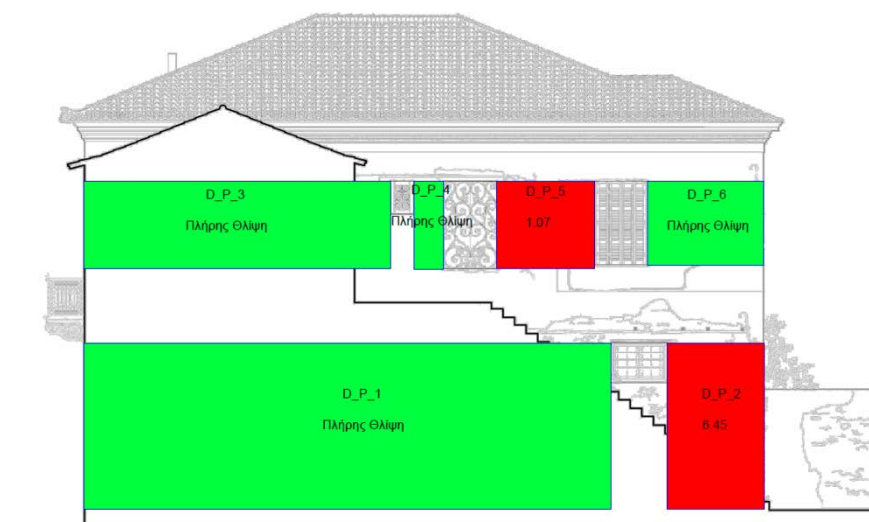
Κάμψη εντός επιπέδου



Σχήμα 7.20 - Αποτελέσματα πεσσών ανατολικού και βόρειου τοίχου σε εντός επιπέδου κάμψη.



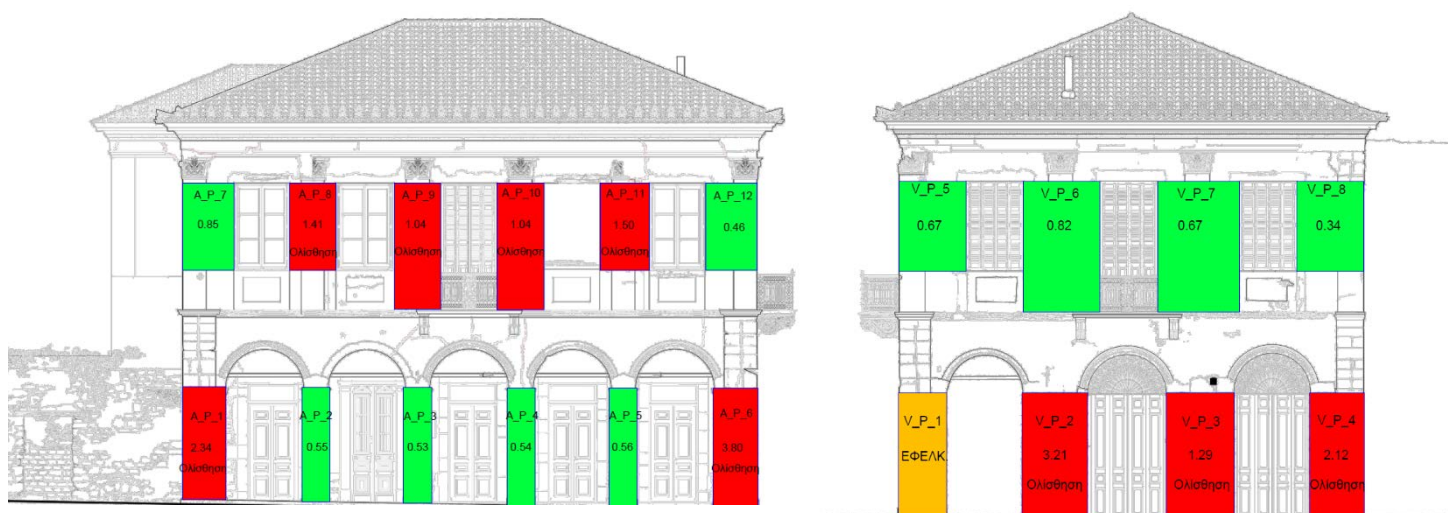
Σχήμα 7.21 - Αποτελέσματα πεσσών νότιου και εσωτερικού τοίχου σε εντός επιπέδου κάμψη.



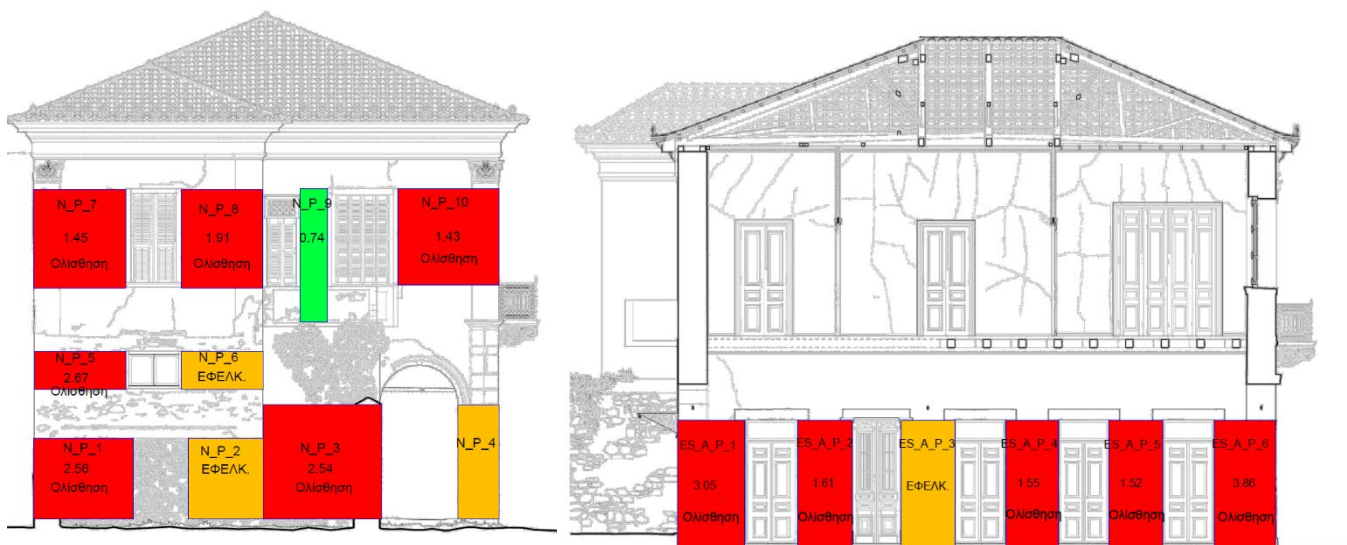
Σχήμα 7.20 - Αποτελέσματα πεσσών δυτικού τοίχου σε εντός επιπέδου κάμψη.

Με βάση τα αποτελέσματα των πεσσών σε εντός επιπέδου κάμψη παρατηρείται υπέρβαση της καμπτικής αντοχής σε ποσοστό 88%. Επιπλέον, αρκετοί πεσσοί βρίσκονται σε εφελκυσμό σε όλο το μήκος της διατομής τους, χάνοντας την ικανότητα τους να παραλάβουν σεισμικές τέμνουσες. Οι μεγαλύτεροι λόγοι ανεπάρκειας εμφανίζονται στους ακραίους πεσσούς, καθώς παραμορφώνονται έντονα εντός του επιπέδου τους, αναπτύσσοντας αυξημένα εφελκυστικά φορτία που απομειώνουν την ικανότητα παραλαβής των σεισμικών τεμνουσών. Παρατηρείται επίσης, ότι στοιχεία μεγάλου λόγου διάτμησης εμφανίζουν ανεπάρκεια στην παραλαβή της εντός επιπέδου κάμψεως σε σχέση με τα στοιχεία μικρού λόγου διάτμησης, όπως τους πεσσούς του δυτικού τοίχου.

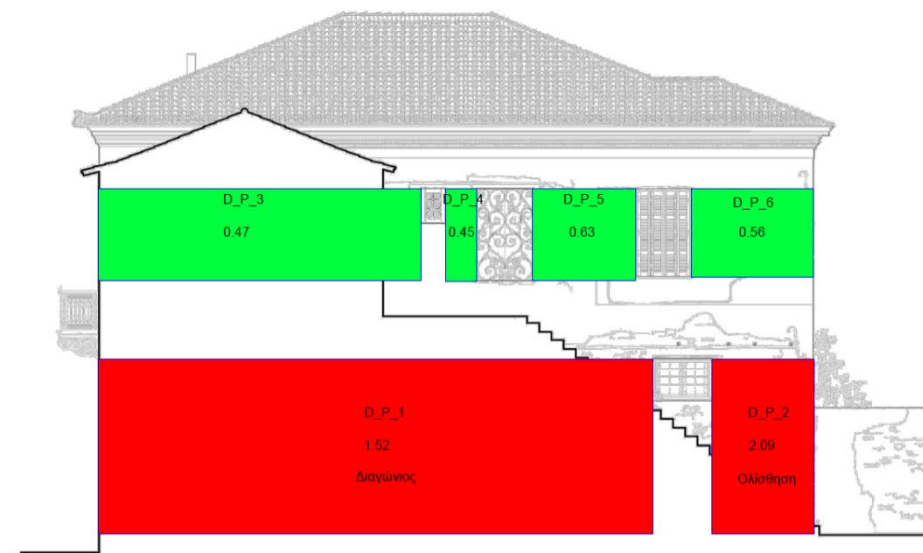
Διάτμηση εντός επιπέδου



Σχήμα 7.21 - Αποτελέσματα πεσσών ανατολικού και βόρειου τοίχου σε εντός επιπέδου διάτμηση.



Σχήμα 7.24 - Αποτελέσματα πεσσών νότιου και εσωτερικού τοίχου σε εντός επιπέδου διάτμηση.



Σχήμα 7.25 - Αποτελέσματα πεσσών δυτικού τοίχου σε εντός επιπέδου διάτμηση.

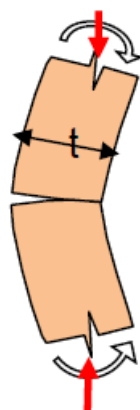
Με βάση τα αποτελέσματα των πεσσών σε εντός επιπέδου διάτμηση παρατηρείται υπέρβαση της αντοχής σε ποσοστό 64%. Όπως και στην κάμψη, τα στοιχεία τα οποία βρίσκονται υπό εφελκυσμό αστοχούν, καθώς αδυνατούν να συνεισφέρουν στην παραλαβή της σεισμικής τέμνουσας. Οι αστοχίες εμφανίζονται κυρίως στους πεσσούς του ισογείου και σε πεσσούς μεγάλης δυσκαμψίας που καταπονούνται από εντονότερες σεισμικές δυνάμεις. Κυρίαρχη μορφή αστοχίας είναι η ολίσθηση, καθώς λόγω μεγάλων παραμορφώσεων απομειώνεται η θλιβόμενη ζώνη και το ευμενές θλιπτικό αξονικό φορτίο των στοιχείων, και συνεπώς η ικανότητα τους να αναπτύξουν δυνάμεις τριβής για την παραλαβή των τεμνουσών. Αντίθετα, για πεσσούς μεγάλων διαστάσεων που βρίσκονται σε θλίψη, ως κυρίαρχη μορφή αστοχίας προκύπτει η διαγώνια εφελκυστική ρηγμάτωση.

7.5 ΈΛΕΓΧΟΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΣΕ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΕΝΤΑΣΗ

Οι φέρουσες τοιχοποιίες υποβάλλονται σε εκτός επιπέδου καταπόνηση λόγω σεισμικών και ανεμικών φορτίων. Οι αστοχίες που οφείλονται σε εκτός επιπέδου ένταση είναι ιδιαίτερα καταστροφικές για την τοιχοποιία, καθώς δύναται να προκαλέσουν ανατροπή και μερική κατάρρευση τμήματος του κτιρίου. Η πλημμελής σύνδεση κάθετων τοίχων, η απουσία διαφραγματικής λειτουργίας και η ανεπαρκής σύνδεση των εξωτερικών στρώσεων σε περίπτωση δίστρωτης και τρίστρωτης τοιχοποιίας, αποτελούν αιτίες που καθιστούν τα κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία ευάλωτα σε εκτός επιπέδου ένταση.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι δυο πιθανοί τρόποι αστοχίας ενός στοιχείου σε εκτός επιπέδου ένταση.

7.5.1 Εκτός επιπέδου ροπή κάμψεως περί οριζόντιο άξονα



Σχήμα 7.22 - Εκτός επιπέδου ροπή κάμψεως περί οριζόντιο άξονα στοιχείου.

Η συγκεκριμένη μορφή αστοχίας εμφανίζεται κυρίως στους πεσσούς της τοιχοποιίας στις διατομές της κορυφής και της βάσης τους. Όπως και στην εντός επιπέδου κάμψη, θεωρείται αμελητέα η εφελκυστική αντοχή του τοίχου και γίνεται παραδοχή αδρανούς περιοχής στο τμήμα της διατομής που εφελκύεται. Συνεπώς, η ροπή αντοχής του τοίχου εξαρτάται μόνο από το θλιβόμενο τμήμα του, την θλιπτική δύναμη που αναπτύσσονται σε αυτό και την ροπή ευστάθειας που αυτή προσφέρει. Στην φάση της αποτίμησης οι πεσσοί ελέγχονται σε εκτός επιπέδου ροπή θεωρώντας ότι λειτουργούν ανεξάρτητα από την υπόλοιπη κατασκευή δεχόμενοι ως αξονικό φορτίο τα κατακόρυφα φορτία για τον συνδυασμό $G+0.3Q$.

Σύμφωνα με την παράγραφο 7.3(a) και την σχέση (7.6a) του ΚΑΔΕΤ η ροπή αντοχής υπολογίζεται από την σχέση:

$$Mrd = \frac{1}{2} * L * t^2 * \sigma_d * \left(1 - \frac{\sigma_d}{f_d}\right)$$

Όπου,

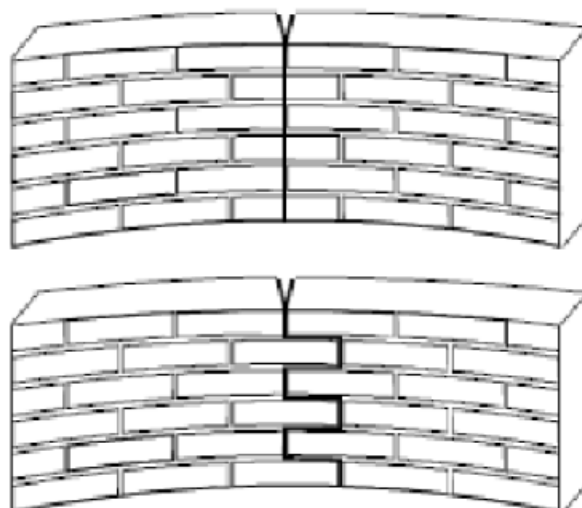
L: το μήκος της υπό εξέταση διατομής

t: το πάχος της υπό εξέταση διατομής

σ_d : η θλιπτική τάση

f_d : η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας

7.5.2 Εκτός επιπέδου ροπή κάμψεως περί κατακόρυφο άξονα



Σχήμα 7.23 - Εκτός επιπέδου ροπή κάμψεως περί κατακόρυφο άξονα στοιχείου.

Η συγκεκριμένη μορφή αστοχίας εμφανίζεται κυρίως στα υπέρθυρα, στα σημεία σύνδεσης διασταυρούμενων τοίχων και περί το μέσο στην στέψη τοίχων εν απουσία διαφράγματος. Η ικανότητα παραλαβής εκτός επιπέδου καμπτικής ροπής κάθετα στους αρμούς εξαρτάται αποκλειστικά από την εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας.

Σύμφωνα με την παράγραφο 7.3(β) και την σχέση (7.6β) του ΚΑΔΕΤ η ροπή αντοχής υπολογίζεται από την σχέση:

$$Mrd = \frac{1}{6} * f_{wt,d} * t^2 * h$$

$$f_{wt,d} = \frac{f_{wt}}{\gamma_w}$$

Όπου,

h: το ύψος της υπό εξέταση διατομής

- t: το πάχος της υπό εξέταση διατομής
- $f_{wt,d}$: η εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας
- γ_w : ο συντελεστής ασφαλείας της τοιχοποιίας σύμφωνα με την στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων

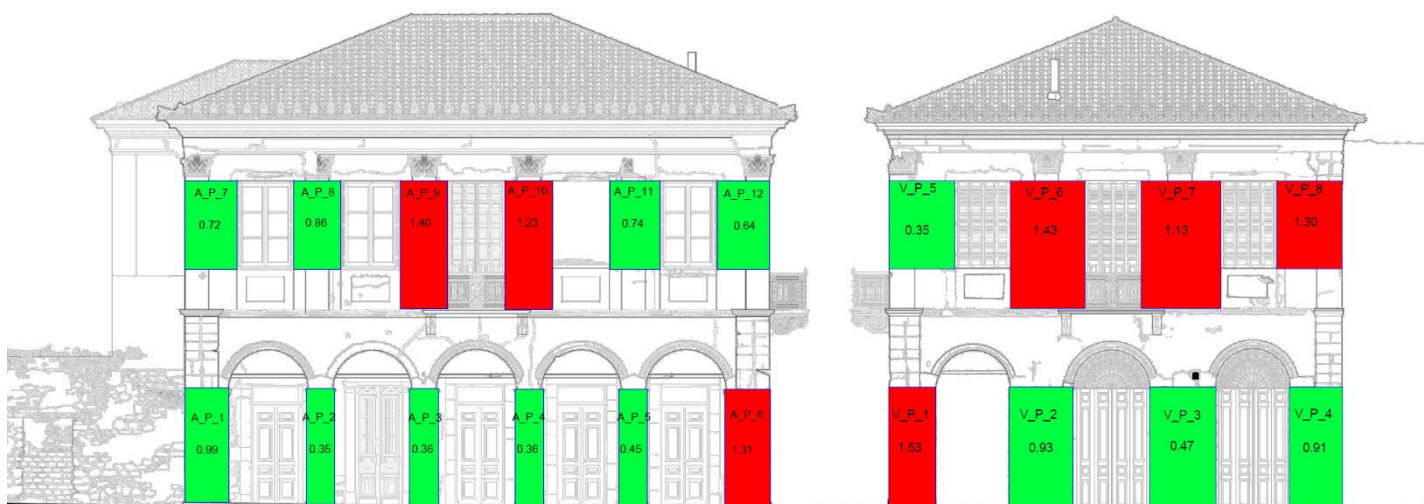
7.5.3 Παρουσίαση ελέγχων επάρκειας σε εκτός επιπέδου ένταση

Παρακάτω παρουσιάζονται οι έλεγχοι των φερόντων στοιχείων σε εκτός επιπέδου ένταση. Λόγω μεγάλου όγκο αποτελεσμάτων οι έλεγχοι παρουσιάζονται σχηματικά, ενώ τα αναλυτικά αποτελέσματα των ελέγχων παρουσιάζονται στο Παράρτημα. Η επάρκεια ή αστοχία των στοιχείων υποδεικνύεται με τους αντίστοιχους χρωματισμούς και αναγράφεται ο τρόπος αστοχίας ή ο συντελεστής εξάντλησης της αντοχής.

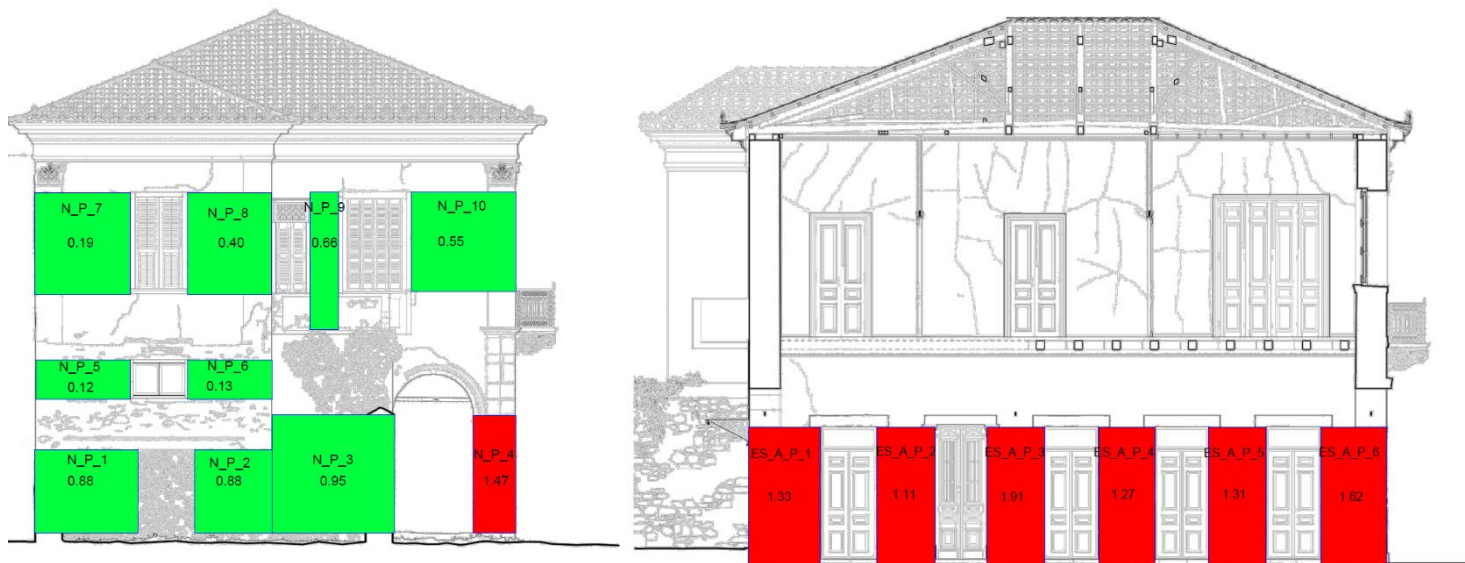
Σε περίπτωση επάρκειας τα στοιχεία χρωματίζονται σε χρώμα πράσινο και αναγράφεται ο συντελεστής επάρκειας του δυσμενέστερου συνδυασμού.

Σε περίπτωση ανεπάρκειας τα στοιχεία χρωματίζονται σε χρώμα κόκκινο και αναγράφεται ο συντελεστής ανεπάρκειας του δυσμενέστερου συνδυασμού.

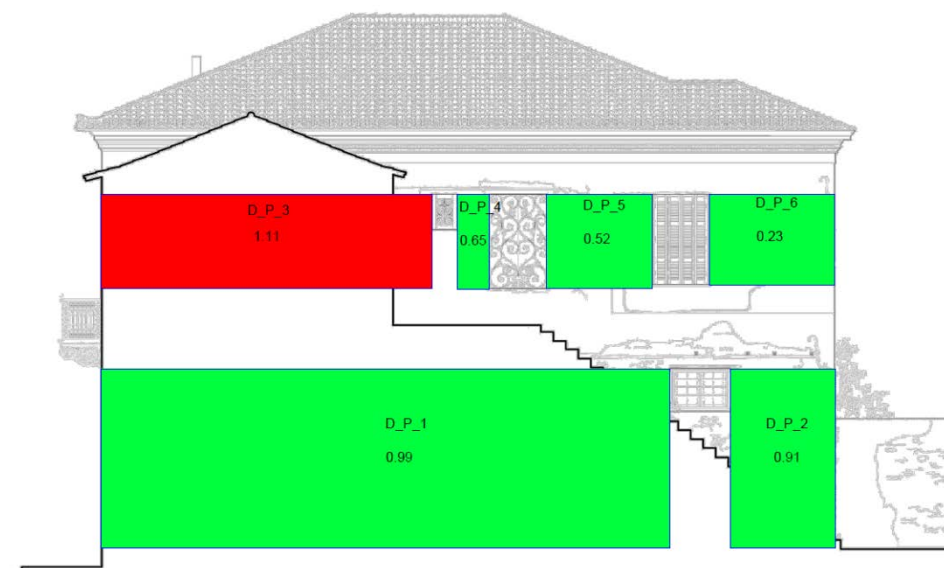
Εκτός επιπέδου ροπή κάμψεως περί οριζόντιο άξονα



Σχήμα 7.24 - Αποτελέσματα πεσσών ανατολικού και βόρειου τοίχου σε εκτός επιπέδου ροπή περί οριζόντιο άξονα.



Σχήμα 7.25 - Αποτελέσματα πεσσών νότιου και εσωτερικού τοίχου σε εκτός επιπέδου ροπή περί οριζόντιο άξονα.

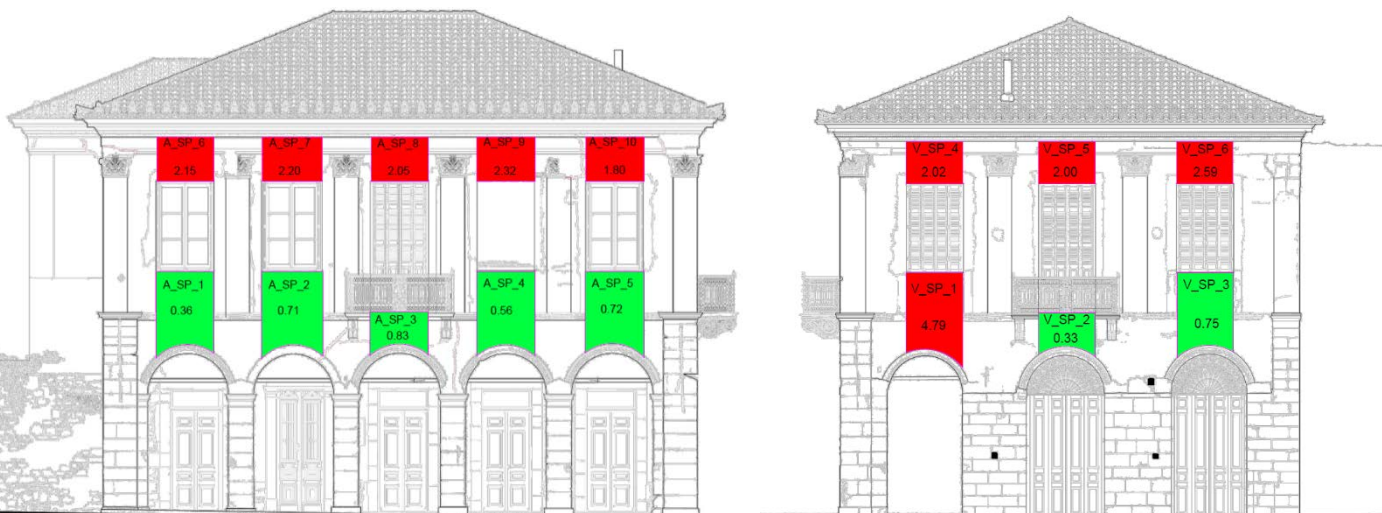


Σχήμα 7.26 - Αποτελέσματα πεσσών δυτικού τοίχου σε εκτός επιπέδου ροπή περί οριζόντιο άξονα.

Με βάση τα αποτελέσματα των πεσσών σε εκτός επιπέδου ροπή περί οριζόντιο άξονα παρατηρείται υπέρβαση της αντοχής σε ποσοστό 35%. Οι αστοχίες εμφανίζονται στους πεσσούς του ορόφου που βρίσκονται περί το μέσο των τοίχων, όπου αναπτύσσεται η μεγαλύτερη εκτός επιπέδου ένταση, λόγω απουσίας διαφραγματικής λειτουργίας. Επίσης, λόγω ύπαρξης πολλών ανοιγμάτων και μικρής δυσκαμψίας του βόρειου και ανατολικού τοίχου, οι πεσσοί του νότιου και βόρειου τοίχου που βρίσκονται στην διασταύρωση αυτών

είναι ιδιαίτερα ευάλωτοι σε εκτός επιπέδου δράση, καθώς παρασύρονται από την εντός επιπέδου παραμόρφωσή τους. Τέλος, οι πεσσοί του εσωτερικού τοίχου αστοχούν στο σύνολο τους λόγω περιορισμένης εκτός επιπέδου δυσκαμψίας τους.

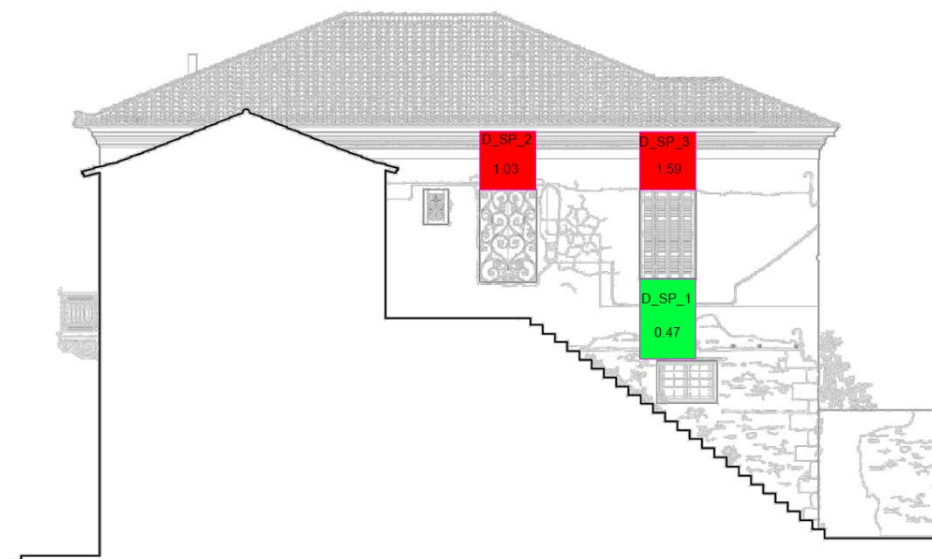
Εκτός επιπέδου ροπή κάμψεως περί κατακόρυφο άξονα



Σχήμα 7.27 - Αποτελέσματα υπερθύρων ανατολικού και βόρειου τοίχου σε εκτός επιπέδου ροπή περί κατακόρυφο άξονα.



Σχήμα 7.28 - Αποτελέσματα υπερθύρων νότιου και εσωτερικού τοίχου σε εκτός επιπέδου ροπή περί κατακόρυφο άξονα.



Σχήμα 7.29 - Αποτελέσματα υπερθύρων δυτικού τοίχου σε εκτός επιπέδου ροπή περί κατακόρυφο άξονα.

Με βάση τα αποτελέσματα των υπερθύρων σε εκτός επιπέδου ροπή περί κατακόρυφο άξονα, παρατηρείται υπέρβαση της αντοχής σε ποσοστό 48%. Οι αστοχίες συγκεντρώνονται στα υπέρθυρα ορόφου και κυρίως περί το μέσο των τοίχων, όπου υπάρχει μεγαλύτερη συγκέντρωση εντάσεων. Κύρια αιτία εμφάνισης των αστοχιών, αποτελεί η απουσία διαφραγμάτων και η αυτόνομη παραμόρφωση των τοίχων.

7.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κατά την φάση της αποτίμησης σύμφωνα με τους ελέγχους φέρουσας ικανότητας σε όρους δυνάμεων, προκύπτει πλήθος αστοχιών τόσο σε εντός όσο και σε εκτός επιπέδου ένταση. Τα πλέον αδύναμα σημεία της κατασκευής σε εντός επιπέδου ένταση εντοπίζονται στους πεσσούς του ισογείου, οι οποίοι αναλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος της τέμνουσας, ενώ σε εκτός επιπέδου ένταση οι πεσσοί και τα υπέρθυρα του ορόφου παρουσιάζονται ιδιαίτερα ανεπαρκή. Επισημαίνεται, ότι οι έλεγχοι φέρουσας ικανότητας των υπερθύρων σε εντός επιπέδου ένταση δεν παρουσιάστηκαν σχηματικά, καθώς αστοχούν στο σύνολο τους λόγω εφελκυστικών φορτίων.

Η μικρή δυσκαμψία των τοίχων του ορόφου, όπου απουσιάζουν εσωτερικές τοιχοποιίες σε συνδυασμό με την ασθενή διαφραγματική λειτουργία του κτιρίου και την συγκέντρωση της έντασης στα στοιχεία του ισογείου, καθιστούν το κτίριο ιδιαίτερα εύτρωτο έναντι δράσεως σεισμού. Επιτακτική λοιπόν είναι η ανάγκη σχεδιασμού και εφαρμογής κατάλληλων και συμβατών με την ιστορικότητα του κτιρίου ενισχύσεων, όπου θα περιορίσουν την

“προβληματική” συμπεριφορά του και θα αυξήσουν την φέρουσα ικανότητα του έναντι σεισμού.

8. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ

8.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της αποτίμησης προκύπτει η ανάγκη ενίσχυσης του υπό μελέτη κτιρίου. Οι προτεινόμενες επεμβάσεις που παρουσιάζονται στο παρόν κεφάλαιο, στοχεύουν στην ενίσχυση της φέρουσας ικανότητας του κτιρίου, με σεβασμό στην ιστορική, αρχιτεκτονική, καλλιτεχνική και κοινωνική αξία του. Οι επεμβάσεις αφορούν τόσο σε ενίσχυση μεμονομένων στοιχείων, αλλά και σε συστημικές επεμβάσεις που αυξάνουν την φέρουσα ικανότητα και δυσκαμψία της κατασκευής στο σύνολο της.

8.2 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ

Πριν την εφαρμογή των ενισχύσεων επιβάλλεται να εκτελεστούν οι απαραίτητες εργασίες επισκευής μεμονωμένων φθορών του κτιρίου. Οι επισκευές αυτές δεν λαμβάνονται υπόψη στην φάση της ανάλυσης κατά τον ανασχεδιασμό και δεν συμβάλλουν στην αύξηση της φέρουσας ικανότητας των στοιχείων, καθώς επαναφέρουν το κτίριο στην προ βλάβης κατάσταση του. Τέτοιες εργασίες είναι οι εξής:

- Συμπλήρωση αποκολλημένων λίθων των φέρουσων τοιχοποιιών και συγκεκριμένα των λίθων που εξήχθησαν στο στάδιο της τεκμηρίωσης.
- Έλεγχος, συντήρηση ή και αντικατάσταση εάν απαιτηθεί των ξύλινων πλαισίων των υπερθύρων.
- Αφαίρεση και αντικατάσταση των μεταλλικών ελκυστήρων των τοξωτών ανοιγμάτων του ισογείου, όπου λόγω οξειδωσης έχουν προκαλέσει ρηγματώσεις στους λίθους.
- Συντήρηση και επαναφορά στην αρχική διατομή των ρηγματομένων λίθων και ιδιαίτερα στους στύλους του προστώου, εφόσον αυτό είναι δυνατό.
- Συντήρηση ή αντικατάσταση των μαρμάρινων φορουσιών στους εξώστες της ανατολικής και βόρειας όψης.
- Αφαίρεση του μεταγενέστερου εξώστη από οπλισμένο σκυρόδεμα στην νότια όψη.
- Επισκευή και διατήρηση, εφόσον είναι δυνατό, των εξωτερικών επιχρισμάτων και εφαρμογή νέων τραβηχτών επιχρισμάτων στις περιοχές όπου έχουν καταρρεύσει, με σκοπό την προστασία της τοιχοποιίας.
- Αφαίρεση, εξυγίανση της υποδομής και επανατοποθέτηση του δαπέδου του ισογείου.

8.3 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

8.3.1 Ομογενοποίηση μάζας με εφαρμογή ενεμάτων

Η εφαρμογή ενεμάτων στο εσωτερικό της τοιχοποιίας αποτελεί μια πρόσφορη μέθοδο ενίσχυσης των ιστορικών κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία, αφού δεν αλλοιώνει την εξωτερική τους μορφή και το φέρον σύστημα. Με εφαρμογή ενεμάτων σε τρίστρωτες τοιχοποιίες, επιτυγχάνεται πλήρωση των κενών της τοιχοποιίας, καλύτερη σύνδεση μεταξύ εξωτερικών παρειών και του πυρήνα, βελτίωση των μηχανικών χαρακτηριστικών και άρση της ανομοιογένειας της δόμησης στο εσωτερικό. Επιπλέον με την ομογενοποίηση της μάζας στην περίπτωση των τρίστρωτων τοιχοποιιών, ελαχιστοποιείται η πιθανότητα εμφάνισης κατακόρυφης ρωγμής στην εσωτερική στρώση που δύναται να προκαλέσει αποκόλληση των εξωτερικών παρειών.

Παράλληλα όμως η τεχνική των ενεμάτων αποτελεί μια μη αναστρέψιμη μέθοδο ενίσχυσης και πριν την εφαρμογή της θα πρέπει να πληρούνται οι εξής προϋποθέσεις:

- Συστηματική και ολοκληρωμένη διερεύνηση και τεκμηρίωση της κατασκευής όσον αφορά τα υλικά δόμησης, τον τρόπο δόμησης και πιθανών μη εμφανών ιδιομορφιών κατά το πάχος των τοίχων και την υφιστάμενη παθολογία,
- Σχεδιασμός κατάλληλης σύνθεσης ενέματος το οποίο θα διαθέτει:
 - την απαιτούμενη ενεσιμότητα και ρευστότητα ώστε να διεισδύσει στο σύνολο των κενών και των ρωγμών των τοίχων.
 - υψηλή αντοχή σε εφελκυσμό ώστε να επιτευχθεί καλύτερη συνάφεια με τα υφιστάμενα υλικά και χαμηλή θλιπτική αντοχή ώστε να μην αυξηθεί υπέρμετρα η δυσκαμψία.
 - φυσικοχημική ανθεκτικότητα και συμβατότητα με τα υφιστάμενα υλικά.

Στα πλαίσια της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας δεν υπήρξε η δυνατότητα εκτέλεσης φυσικοχημικών εργαστηριακών αναλύσεων των λίθων και των κονιαμάτων του κτιρίου, ώστε να προκύψει ασφαλής και απολύτως συμβατή πρόταση σύστασης ενέματος.

Για την επίτευξη όμως των στόχων του ανασχεδιασμού, προτείνεται η εφαρμογή υδραυλικού τριμερούς ενέματος αποτελούμενο από λευκό τσιμέντο Δανίας, υδραυλική άσβεστο και ποζολάνη, θλιπτικής αντοχής $f_{gr,c} = 10$ MPa. Εναλλακτικά, λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας του υφιστάμενου κονιάματος σε ασβέστη, συμβατή θα ήταν και ο εφαρμογή ενέματος με βάση την φυσική υδραυλική άσβεστο NHL 5, θλιπτικής αντοχής $f_{gr,c} = 6$ MPa, μετά το πέρας 28 ημερών.

Για την ορθή εφαρμογή των ενεμάτων επί της τοιχοποιίας πρέπει να εκτελεσθούν οι εξής εργασίες:

- Εκτέλεση επί τόπου εργαστηριακών διερευνήσεων για τον εντοπισμό του τρόπου δόμησης και των θέσεων των αρμών στους επιχρισμένους εξωτερικούς τοίχους.
- Καθαίρεση των εσωτερικών επιχρισμάτων και έλεγχος των αρμών, έτσι ώστε να εντοπισθούν πιθανές θέσεις με αποσπασμένα κονιάματα και να αφαιρεθούν.
- Χάραξη αμφίπλευρου ιδεατού κανάβου τοποθέτησης σωληνίσκων (ισοσκελών τριγώνων πλευράς 0,30 – 0,40 m) και σε κάθε περίπτωση, όχι μεγαλύτερος από το πάχος της τοιχοποιίας.
- Τοποθέτηση επί των αρμών διαφανών σωληνίσκων εισόδου και ελέγχου ενέματος, διαμέτρου 10 mm. Οι μισοί από αυτούς θα εισέχουν εντός της τοιχοποιίας κατά το 1/3 του πάχους της, ενώ οι υπόλοιποι κατά το 1/2. Το εξέχον τμήμα των σωληνίσκων θα λαμβάνεται περίπου 0,50 m.
- Στερέωση των σωληνίσκων με κονίαμα αρμολόγησης.
- Πλήρωση των αρμών και όλων των τυχόν κενών στην περίμετρο των ανοιγμάτων και όπου αλλού προκύψει, μετά από προσεκτικό έλεγχο για την αποφυγή διαρροών.
- Εφαρμογή ενέματος από κάτω προς τα πάνω. Η πίεση στο ακροφύσιο δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,10 MPa, προς αποφυγή κινδύνου βλάβης στην τοιχοποιία λόγω υπερβολικής εσωτερικής πίεσης.
- Μετά το τέλος της διαδικασίας εισπίεσης και ελέγχου ενέματος, τα άκρα των σωληνίσκων θα δένονται και θα τοποθετούνται με φορά προς τα πάνω ώστε το ένεμα να διατηρείται στην τοιχοποιία υπό πίεση μέχρι την ολοκλήρωση της πήξης.
- Σφράγιση των θέσεων εξόδου αφού εξέλθει όλος ο αέρας και τρέξει καθαρό ένεμα.

Θλιπτική αντοχή τριστρωτων τοιχοποιιών

Η θλιπτική αντοχή των τριστρωτων τοιχοποιιών μετά την ομογενοποίηση υπολογίζεται με την κάτωθι σχέση. Συνίσταται όμως να μην λαμβάνεται αύξηση αντοχής μεγαλύτερη από 100%:

$$f_{wc,f} = f_{wc,0} \left(1 + 1,25 \frac{V_i \sqrt{f_{gr,c}}}{V_w f_{wc,0}} \right)$$

Όπου,

$f_{wc,f}$ η θλιπτική αντοχή της ενισχυμένης τοιχοποιίας

$f_{wc,0}$ η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας πριν την ενίσχυση

V_i ο όγκος του υλικού πληρώσεως

V_w ο όγκος της τοιχοποιίας
 $f_{gr,c}$ η θλιπτική αντοχή του ενέματος

Πίνακας 8 - Θλιπτική αντοχή μετά την ενεμάτωση.

Θέση τοίχου	$f_{wc,0}$ (MPa)	V_i / V_w	$f_{gr,c}$ (MPa)	$f_{wc,f}$ (MPa)
Βόρειος ισόγειο	1,11	0,35	10	2,22
Υπόλοιπες αργολιθοδομές	1,12	0,35	10	2,24

Εφελκυστική αντοχή

Η εφελκυστική αντοχή αυξάνεται με την ομογενοποίηση της μάζας, καθώς πληρώνονται τα κενά της τοιχοποιίας και αυξάνεται η συνοχή. Συνεπώς, λαμβάνεται ως εφελκυστική αντοχή της ενισχυμένης τοιχοποιίας η τιμή 0,25MPa.

Διατμητική αντοχή

Η εφαρμογή τριμερών ενεμάτων επηρεάζει ουσιαστικά την διατμητική αντοχή της τοιχοποιίας, καθώς για τριμερή ενέματα έχουμε αύξηση της συνοχής κατά 200%, ήτοι $f_{v0} = 0,30$ MPa.

Μέτρο ελαστικότητας

Η εφαρμογή τριμερών ενεμάτων αυξάνει το μέτρο ελαστικότητας των τριστρωτων τοιχοποιιών, και η αύξηση αυτή είναι της τάξεως περίπου του 60%.

8.3.2 Περιδέσεις στύλων

Οι στύλοι του προστώου αποτελούν ένα από τα πλέον προβληματικά στοιχεία της κατασκευής. Το πλήθος των ρωγμών που παρουσιάζουν δεν είναι γνωστό εάν αποδίδεται αποκλειστικά στην παρουσία οξειδωμένων μεταλλικών στοιχείων στο σώμα τους και στην επιρροή περιβαλλοντικών δράσεων ή έχουν προκύψει συνδυαστικά με την εμφάνιση ισχυρών θλιπτικών φορτίων. Έτσι, προτείνεται η εφαρμογή ανοξειδωτων χαλύβδινων στοιχείων περιίδεσης, με σκοπό την αύξηση της θλιπτικής αντοχής των στύλων. Εφαρμόζονται λοιπόν μεταλλικά γωνιακά ελάσματα L50x50x5 mm και εγκάρσιοι ηλεκτροσυγκολλημένοι μεταλλικοί συνδέσμοι 50x5 mm ποιότητας S235. Μεταξύ των γωνιακών ελασμάτων και των στύλων εφαρμόζεται κατάλληλο συμβατό κονίαμα και ισχυρή

σύσφιξη. Η βελτίωση της συμπεριφοράς, επιτυγχάνεται μέσω της περίσφιξης που προσφέρουν τα ελάσματα στους λίθους.

Λόγω των δυσχερειών στην εφαρμογή της ενίσχυσης και της αβεβαιότητας αποτελεσματικότητας της ενίσχυσης λαμβάνεται συντελεστής ασφαλείας επί της αποδοτικότητας της περίσφιξης $\gamma_{Rd} = 1,25$.

Η συμβολή της ενίσχυσης εκτιμάται μέσω των σχέσεων του ΚΑΝ.ΕΠΕ ως εξής:

$$f_{wc}^* = f_{wc} * (1 + K) ,$$

$$K = 3.5 * \Lambda^{3/4} \quad \& \quad \Lambda = \alpha * \rho * \frac{f_y}{f_{wc}}$$

Όπου,

f_{wc}^* η θλιπτική αντοχή των στύλων μετά την ενίσχυση

f_{wc} η θλιπτική αντοχή των στύλων πριν την ενίσχυση

α ο συντελεστής αποδοτικότητας της ενίσχυσης = $a_n * a_s$

ρ το γεωμετρικό ποσοστό του οπλισμού

f_y η τάση διαρροής του χάλυβα

Για τετραγωνική διατομή στύλου και για απόσταση μεταξύ των ελασμάτων περίπου $s = 35$ cm, λαμβάνεται $a_n=1/3$ και $a_s=0,534$. Έτσι προκύπτει συντελεστής αποδοτικότητας της περίσφιξης ίσος με $\alpha = a_n * a_s / \gamma_{Rd} = 0.142$.

Επίσης για τετραγωνική διατομή στύλου το γεωμετρικό ποσοστό της χαλύβδινης ενίσχυσης υπολογίζεται από την σχέση $\rho = 4 * A_{sw, σκέλους} / b * s = 0,0044$. Συνεπώς, εφαρμόζοντας τις παραπάνω σχέσεις του ΚΑΝΕΠΕ προκύπτει αύξηση της θλιπτικής αντοχής των στύλων και λαμβάνει τιμή ίση με $f_{wc}^* = 2,80$ MPa.

Εναλλακτικά, αντί για την εφαρμογή περιδέσεων που προκαλούν οπτική όχληση και σε βάθος χρόνου ενδέχεται να προκαλέσουν αντίστοιχα προβλήματα με αυτά που καλούνται να αντιμετωπίσουν λόγω οξειδωσης, προτείνεται η τμηματική υποσύλωση και ανακατασκευή των στύλων του προστώου. Οι νέοι φορείς θα πρέπει να κατασκευασθούν χωρίς την χρήση των χαλύβδινων στοιχείων, η οξειδωση των οποίων έχει προκαλέσει την παρατηρηθείσα παθολογία. Η ανακατασκευή τους θα πρέπει να γίνει με χρήση λαξεμένων ψαμμιτών παρόμοιας αντοχής, περίπου 20 MPa, και λεπτών αρμών κονιάματος φυσικής

υδραυλικής ασβέστου NHL 3,5, ώστε να μην προκύψει σημαντική μεταβολή της δυσκαμψίας.

8.3.3 Ενίσχυση διαφραγματικής λειτουργίας

Η ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας των πατώματων και της στέγης σε κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία αποτελεί μια εκ των αποτελεσματικότερων μεθόδων, καθώς συνεισφέρει καθολικά στην απόκριση της κατασκευής. Με την εξασφάλιση ισχυρών διαφραγμάτων επαρκώς συνδεδεμένων με τα κατακόρυφα στοιχεία, ενισχύεται η επιθυμητή λειτουργία κιβωτίου. Αυτό, έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη σύνδεση των κατακορύφων στοιχείων μεταξύ τους, την μείωση των εντός και εκτός επιπέδου παραμορφώσεων των τοίχων και την αύξηση της δυσκαμψίας του κτιρίου που μπορεί να οδηγήσει σε μείωση των συμβατικών σεισμικών φορτίων επί της κατασκευής, λαμβάνοντας υπόψιν το φάσμα σχεδιασμού.

Ενίσχυση διαφράγματος στην στάθμη του πατώματος

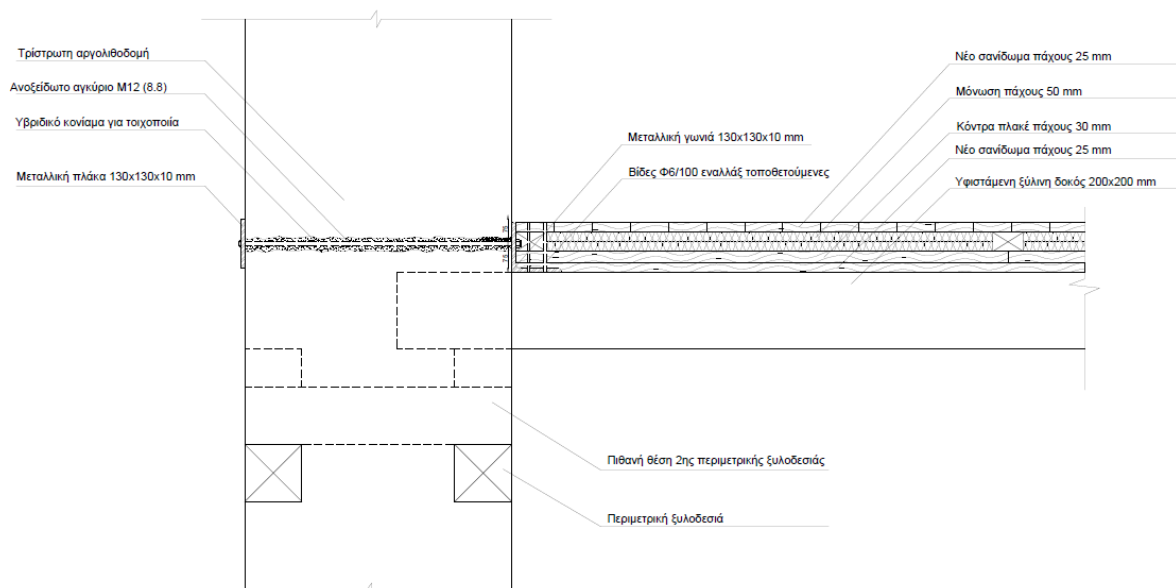
Το υφιστάμενο ξύλινο πάτωμα αποτελείται από ξύλινες δοκούς διατεταγμένες και στις δυο οριζόντιας διευθύνσεις του κτιρίου και από μονό ξύλινο σανίδωμα. Για την ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας του πατώματος προτείνεται, η καθαίρεση του υφιστάμενου φθαρμένου σανιδώματος και η αντικατάστασή του με νέο διπλό ξύλινο σανίδωμα, πάχους κάθε στρώσης 2,5 cm, διατεταγμένο και στις δυο διευθύνσεις του κτιρίου και νέα στρώση κόντρα πλακέ πάχους 3 cm. Βασική προϋπόθεση για την αποτελεσματικότητα της ενίσχυσης, είναι η επαρκής σύνδεση τόσο του νέου σανιδώματος όσο και των υφιστάμενων ξύλινων δοκών, που συμμετέχουν στο διάφραγμα, με τα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία της κατασκευής.

Συγκεκριμένα προτείνεται η εφαρμογή νέου μεταλλικού φορέα διατομής L135/10 (S235) στο σύνολο της εσωτερικής περιμέτρου του κτιρίου, αγκυρωμένου επί των φερόντων τοίχων με αγκύρια ανοξειδωτού χάλυβα M12 (8.8), ανά 40 cm περίπου. Για την εξασφάλιση αποτελεσματικότητας του διαφράγματος, οι μεταλλικοί σύνδεσμοι ακυρώνονται στην εξωτερική όψη του κτιρίου με χρήση μεταλλικού ελάσματος 130x130x10, και εφαρμογής έγχυτου υβριδικού κονιάματος κατάλληλου για τοιχοποιία. Τα αγκύρια της διεπιφάνειας καταπονούνται κυρίως υπό διατμητικά φορτία αναπτύσσοντας δράση βλήτρου. Λόγω ανομοιομορφίας της τοιχοποιίας και απουσίας κανονιστικού πλαισίου σχετικά με τον σχεδιασμό αγκυρίων επί τοιχοποιίας (αργολιθοδομής), για τον διαστασιολόγησή γίνεται χρήση των σχέσεων του ΚΑΝ.ΕΠΕ. Η αντοχή της διεπιφάνειας ελέγχεται για διαρροή του χάλυβα και για τοπική αστοχία περιβάλλουσας τοιχοποιίας. Στον έλεγχο της τοπικής

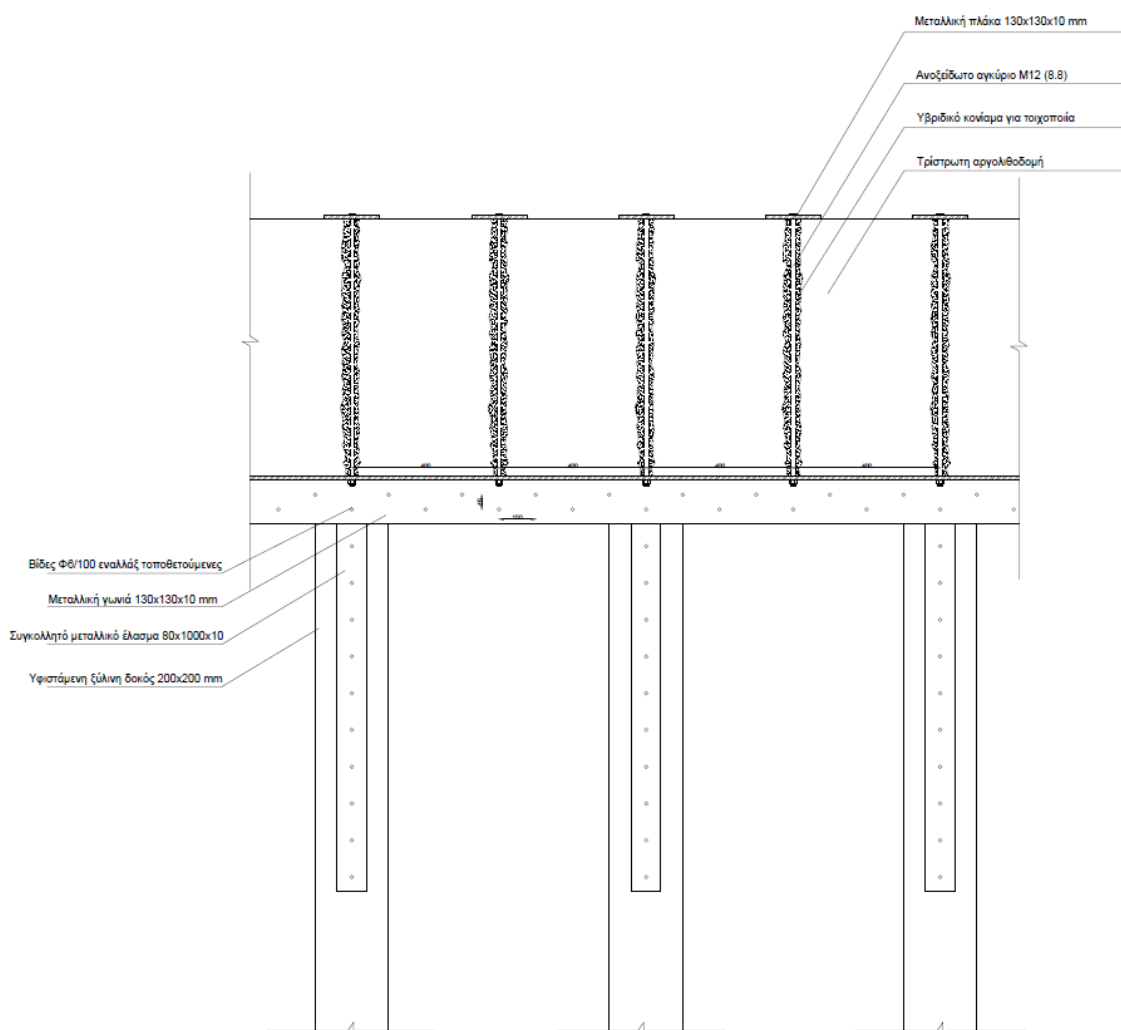
αστοχίας υποβάθρου, υιοθετήθηκε ως θλιπτική αντοχή, η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας ανεξάρτητα εάν το αγκύριο εφαρμόζεται σε λίθο ή σε αρμό κονιάματος και προσαυξητικός συντελεστής επί των εντατικών μεγεθών $\gamma_{Ed}=1,25$.

Το νέο διάφραγμα συνδέεται με το μεταλλικό φορέα και τις υφιστάμενες ξύλινες δοκούς, μέσω μεταλλικών ξυλόβιδων διαμέτρου 6 mm ανά 100 mm εναλλάξ τοποθετούμενων. Για την σύνδεση των ξύλινων δοκών, προβλέπεται η εφαρμογή νέων μεταλλικών ελασμάτων 80x1000x10 (S235), τα οποία συγκολλούνται με εξωραφές πάχους 6mm, επί του περιμετρικού και ξυλόβιδων διαμέτρου 6 mm διατεταγμένων ανά 100 mm.

Σημειώνεται, ότι για την εφαρμογή του νέου διαφράγματος απαραίτητη προϋπόθεση είναι η εξασφάλιση της φέρουσας ικανότητας των υφιστάμενων ξύλινων δοκών. Συνεπώς, απαιτούνται εκτεταμένες διερευνητικές εργασίες, ώστε να προσδιορισθεί η κατάσταση στην οποία βρίσκεται κάθε στοιχείο που απαρτίζει το πάτωμα, το είδος της ξυλείας που έχει χρησιμοποιηθεί και τα μηχανικά της χαρακτηριστικά. Με βάση τα αποτελέσματα των ερευνών και με τον ακριβή καθορισμό των κατακόρυφων φορτίων που επιβάλλει η μελλοντική χρήση του κτιρίου, θα εξετασθεί εάν απαιτείται ενίσχυση τους ή τοποθέτηση πυκνότερων φερουσών δοκών.



Σχήμα 8.1 - Λεπτομέρεια σύνδεσης διαφράγματος πατώματος με τοιχοποιία.



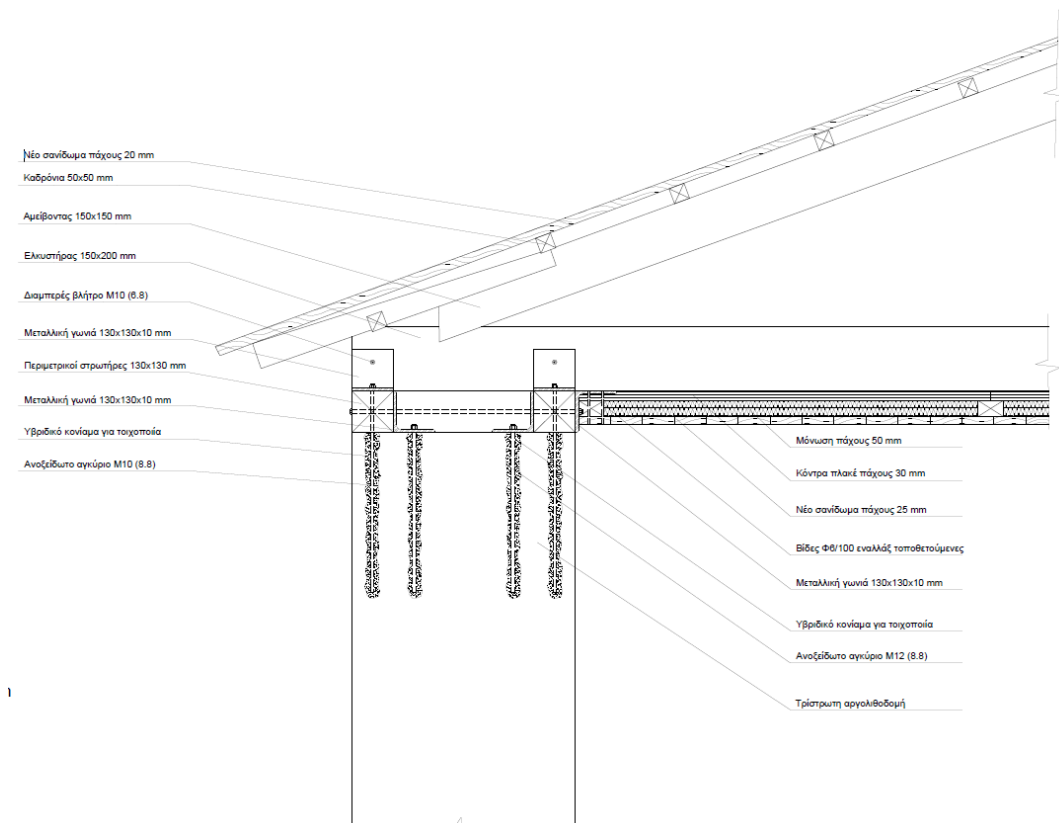
Σχήμα 8.2 - Λεπτομέρεια σύνδεσης ξύλινων δοκών πατώματος.

Ενίσχυση διαφράγματος στην στάθμη της στέγης

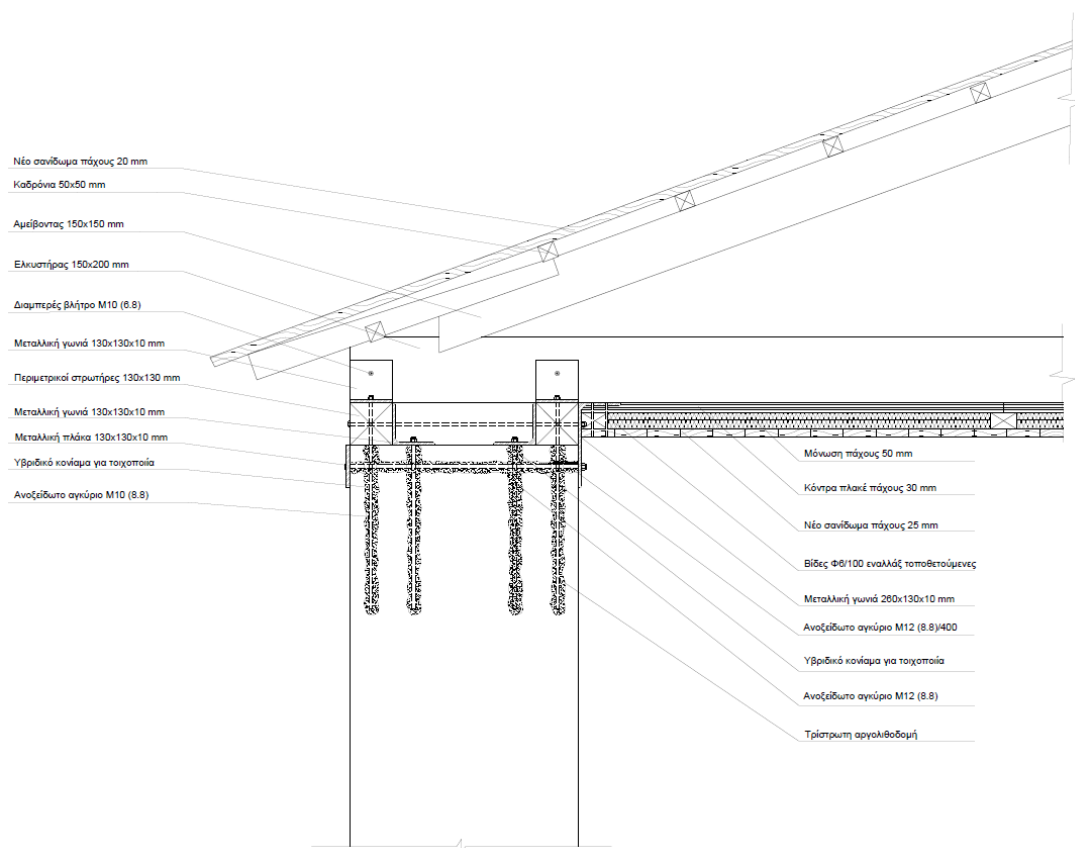
Δεδομένης της απουσίας εσωτερικών φερόντων τοίχων στον όροφο, η δημιουργία ισχυρού διαφράγματος στην στάθμη της στέγης αποτελεί μονόδρομο για την καθολική ενίσχυση της συμπεριφοράς του κτιρίου. Επιλέγεται δημιουργία διαφράγματος στο οριζόντιο επίπεδο της στέγης. Συνεπώς, προτείνεται η εφαρμογή περιμετρικού μεταλλικού στοιχείου διατομής L130/10 (S235) στο σύνολο της εσωτερικής περιμέτρου του κτιρίου. Πάνω στον περιμετρικό φορέα και κάτω από τους ελκυστήρες της στέγης καρφώνεται νέα στρώση κόντρα πλακέ πάχους 30 cm και νέα στρώση σανιδώματος πάχους 25 cm, που θα συνδυαστούν με τα στοιχεία μόνωσης και ψευδοροφής. Το νέο διάφραγμα συνδέεται με το μεταλλικό φορέα, μέσω μεταλλικών ξυλόβιδων διαμέτρου 6 mm ανά 100 mm εναλλάξ τοποθετούμενων και με τις υφιστάμενες ξύλινες δοκούς μέσω μεταλλικών ξυλόβιδων διαμέτρου 6 mm ανά 100 mm.

Συνδυαστικά με την ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας και στην προσπάθεια εκμετάλλευσης και ανάδειξης των υφιστάμενων στοιχείων του κτιρίου, προτείνεται και η ενίσχυση του υφιστάμενου διαζώματος που απαρτίζουν οι περιμετρικές ξυλοδεσιές (στρωτήρες) και η σύνδεση τους με το νέο διάφραγμα. Συγκεκριμένα, προτείνεται η εφαρμογή νέων μεταλλικών στοιχείων L130/10 (S235) επί των περιμετρικών ξυλοδεσιών και η σύνδεση τους με την διάταξη του διαφράγματος μέσω διαμπερών ανοξειδωτων βλήτρων M10 (6.8). Η σύνδεση των νέων μεταλλικών στοιχείων με την υποκείμενη τοιχοποιία επιτυγχάνεται μέσω ανοξειδωτων αγκυριών διαμέτρου M12 (8.8), με βάθος έμπηξης επί των εξωτερικών στρώσεων του τοίχου, $L=400 - 500$ mm και εφαρμογής έγχυτου υβριδικού κονιάματος κατάλληλου για τοιχοποιία. Το βάθος έμπηξης θα καθορισθεί από το σημείο τοποθέτησης (υποκείμενος πεσσός ή υπέρθυρο). Επιπλέον, διάταξη με αντίστοιχα μεταλλικά στοιχεία και συνδέσμους, τοποθετείται επί των ξυλοδεσιών για την σύνδεση των ξύλινων ζευκτών της στέγης με το νέο διάζωμα και την υποκείμενη τοιχοποιία. Οι μεταλλικοί σύνδεσμοι της διεπιφάνειας λειτουργούν συνδυαστικά ως βλήτρα και αγκύρια. Για την διαστασιολόγηση τους σε δράση βλήτρου ισχύουν όσα προαναφέρθηκαν, ενώ ως κρίσιμη μορφή αστοχίας σε δράση αγκυρίου θεωρήθηκε η αστοχία συνάφειας μεταξύ έγχυτου συνδετικού υλικού και υποβάθρου. Επί το δυσμενέστερο θεωρήθηκε ότι τα αγκύρια τοποθετούνται μόνο σε αρμούς κονιάματος λαμβάνοντας υπόψιν τα ενισχυμένα (μετά την ενεμάτωση) μηχανικά χαρακτηριστικά του κονιάματος και προσαυξητικός συντελεστής επί των εντατικών μεγεθών $\gamma_{Ed}=1,25$.

Εναλλακτικά, εφόσον διαπιστωθεί ότι κατάσταση της περιμετρικής ξυλοδεσίας δεν είναι στο επιθυμητό επίπεδο, προτείνεται η εφαρμογή μεγαλύτερου γωνιακού ελάσματος του διαφράγματος και η σύνδεση του με την τοιχοποιία μέσω ανοξειδωτου αγκυρίου M12 (8.8) ανά 400 mm, αγκυρούμενου επί της εξωτερικής όψης των τοίχων μέσω μεταλλικού ελάσματος 130x130x10 mm και έγχυτου υβριδικού κονιάματος κατάλληλου για τοιχοποιία. Σημειώνεται επίσης, ότι για την αποτελεσματικότητα της ενίσχυσης επιβάλλεται η αναλυτική διερεύνηση της ξύλινης στέγης, ώστε να προσδιορισθεί η κατάσταση του συνόλου των επιμέρους στοιχείων που την απαρτίζουν, και προταθούν πιθανές εργασίες επισκευής ή και ενίσχυσης τους.



Σχήμα 8.4 - Λεπτομέρεια σύνδεσης διαφράγματος στέγης τοιχοποιίας.



Σχήμα 8.3 - Λεπτομέρεια σύνδεσης διαφράγματος στέγης τοιχοποιίας(εναλλακτική πρόταση).

9. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΦΟΡΕΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

9.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Προκειμένου να διαπιστωθεί η αποτελεσματικότητα των προτεινόμενων επεμβάσεων του προηγούμενου κεφαλαίου απαιτείται να προσομοιωθεί ο φορέας εκ νέου. Οι παραδοχές που πραγματοποιήθηκαν είναι οι εξής:

- Όλοι οι φέροντες τοίχοι προσομοιώθηκαν με επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία τύπου (Shell-Thick). Παρόλο που η τοιχοποιία αποτελεί ανομοιογενές και ανισότροπο υλικό η προσομοίωση της έγινε με ομοιογενή και ισότροπα επιφανειακά στοιχεία κελύφους. Οι διαφορές των φερόντων τοίχων ως προς το πάχος, τον τρόπο δόμησης και τα μηχανικά χαρακτηριστικά οδήγησαν στην δημιουργία 4 διαφορετικών τύπων επιφανειακών στοιχείων. Η διακριτοποίηση έγινε με τετράκομβα πεπερασμένα στοιχεία σε όλους τους τοίχους εκτός από τα τοξωτά υπέρθυρα του ισογείου όπου χρησιμοποιήθηκαν και τρίκομβα στοιχεία ώστε να είναι δυνατή η σχεδίαση τους.
- Οι ξύλινες δοκοί των πατώματων και της στέγης αλλά και τα νέα μεταλλικά στοιχεία του ορόφου, προσομοιώθηκαν με ραβδωτά στοιχεία τύπου (Frame Elements), αποδίδοντας στο κάθε στοιχείο τις διαστάσεις και τα χαρακτηριστικά του.
- Μετά την ενίσχυση της σύνδεσης των ραβδωτών στοιχείων με τους φέροντες τοίχους, αυτά θεωρούνται πακτωμένα με την τοιχοποιία.
- Το σανίδωμα του πατώματος και της στέγης προσομοιώνεται με χρήση επιφανειακών πεπερασμένων στοιχείων, αποδίδοντας στο κάθε στοιχείο τις διαστάσεις και τα χαρακτηριστικά του. Τα στοιχεία του σανιδώματος θεωρούνται συνεχώς συνδεδεμένα με τους φέροντες τοίχους.
- Τα περιμετρικά ξύλινα στοιχεία που απαρτίζουν την ξυλοδεσιά του πατώματος και της στέγης δεν λήφθηκαν υπόψη στην ανάλυση
- Δεν λήφθηκε υπόψη και δεν προσομοιώθηκε η εσωτερική ξύλινη κλίμακα του κτιρίου.
- Οι διαχωριστικοί τοίχοι του ορόφου δεν συμπεριλαμβάνονται στο προσομοίωμα καθώς θεωρούνται ως δευτερεύοντα στοιχεία τα οποία δεν συνεισφέρουν σε σημαντικό βαθμό στην αντίσταση έναντι σεισμού.

9.2 ΥΛΙΚΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Οι ιδιότητες των υλικών των τοιχοποιιών μεταβάλλονται σε σχέση με την φάση της αποτίμησης, καθώς η ενίσχυση μέσω εφαρμογής τριμερών ενεμάτων θεωρείται ότι μεταβάλλει το μέτρο ελαστικότητας της τοιχοποιίας. Όσον αφορά τα προστιθέμενα υλικά της ενίσχυσης τα χαρακτηριστικά τους παρουσιάζονται παρακάτω.

Συγκεκριμένα:

- Το μέτρο ελαστικότητας των κιώνων του προστώου λαμβάνεται $E=1.870,00$ (MPa) και το ειδικό βάρος $\gamma=20$ (KN/m³)
- Το μέτρο ελαστικότητας του βόρειου τοίχου του ισογείου λαμβάνεται $E=1.760,00$ (MPa) και το ειδικό βάρος $\gamma=22$ (KN/m³)
- Το μέτρο ελαστικότητας των υπόλοιπων τοίχων ισογείου και ορόφου λαμβάνεται $E=1.792,00$ (MPa) και το ειδικό βάρος $\gamma=23$ (KN/m³)
- Το μέτρο ελαστικότητας των ξύλινων στοιχείων λαμβάνεται $E=10.000$ (MPa) και το ειδικό βάρος $\gamma=5$ (KN/m³)

9.3 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΦΟΡΤΙΑ

Στα κατακόρυφα φορτία που επιβάλλονται στο κτίριο συμπεριλαμβάνονται τα μόνιμα φορτία (G), που αποτελούνται από ίδιο βάρος των φερόντων στοιχείων και από φορτία επικαλύψεων των πατωμάτων και της στέγης αλλά και από τα κινητά φορτία (Q).

9.3.1 Μόνιμα φορτία

Το ίδιο βάρος των φερόντων τοίχων, των ξύλινων και των νέων μεταλλικών στοιχείων υπολογίζεται αυτόματα από το πρόγραμμα, αφού έχουν εισαχθεί στο προσομοίωμα το ειδικό βάρος και οι διαστάσεις κάθε υλικού. Το ίδιο βάρος του περιμετρικού διαζώματος εισάγεται ως κατανεμημένο φορτίο στους κόμβους των τοίχων. Τα επιπλέον μόνιμα φορτία επικάλυψης και επικεράμωσης των πατωμάτων και της στέγης δεν μεταβάλλονται και παραμένουν σταθερά όπως ορίστηκαν στην φάση της αποτίμησης.

9.3.2 Κινητά φορτία

Τα κινητά φορτία των πατωμάτων και της στέγης δεν μεταβάλλονται και παραμένουν σταθερά όπως ορίστηκαν στην φάση της αποτίμησης.

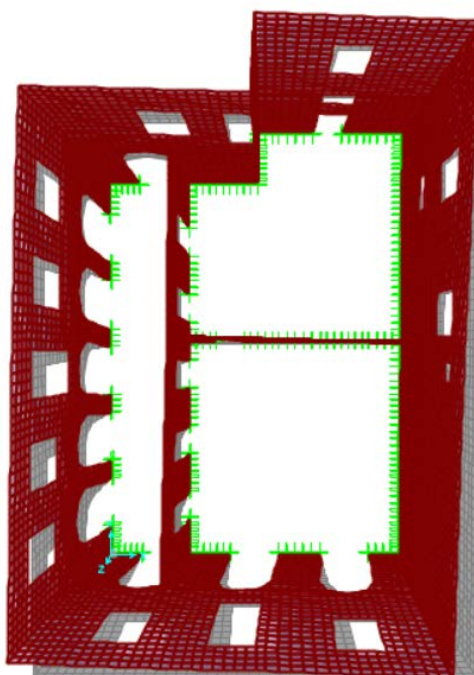
9.4 ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Για τον προσδιορισμό των θεμελιωδών ιδιοπεριόδων πραγματοποιήθηκε ιδιομορφική ανάλυση. Η ιδιομορφική (Modal) ανάλυση του κτιρίου πραγματοποιείται λαμβάνοντας υπόψη, την μάζα λόγω κατακόρυφων φορτίων $G+0,3Q$. Κατά την επίλυση ορίσθηκαν τόσες ιδιομορφές ώστε το άθροισμα των δρώσων ιδιομορφικών μαζών να συμπληρώνει το 75% της συνολικής ταλαντευόμενης μάζας του συστήματος, ανά οριζόντια διεύθυνση.

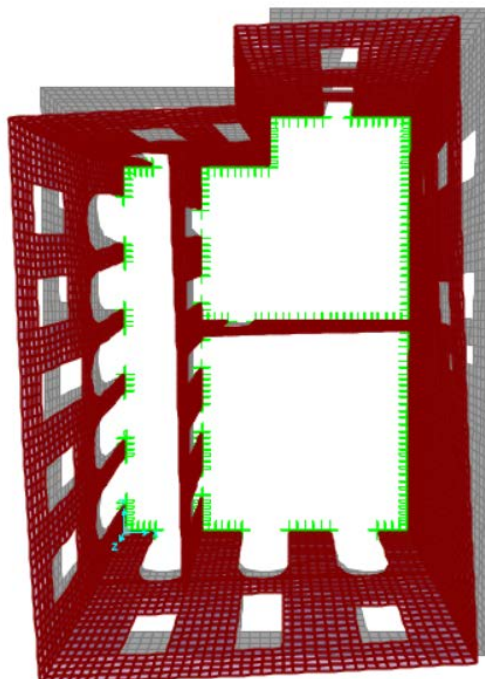
Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των δέκα πρώτων ιδιομορφών σε μορφή πίνακα αλλά και η τρισδιάστατη απεικόνιση των κύριων ιδιομορφών.

Πίνακας 9 - Αποτελέσματα Ιδιομορφικής ανάλυσης ενισχυμένου φορέα.

Ιδιομορφή	Ιδιοπερίοδος	UX	UY	SumUX	SumUY
1	0,244	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
2	0,169	42,33%	17,76%	42,33%	17,76%
3	0,143	0,00%	0,00%	42,33%	17,76%
4	0,142	34,35%	30,22%	76,79%	47,98%
5	0,112	0,59%	30,33%	77,38%	78,31%
6	0,105	0,01%	0,03%	77,39%	78,34%
7	0,088	0,00%	0,00%	77,39%	78,34%
8	0,082	0,00%	0,00%	77,39%	78,34%
9	0,070	9,11%	0,58%	86,50%	78,92%
10	0,064	0,00%	0,00%	86,50%	78,92%



Σχήμα 9.1 - Τρισδιάστατη απεικόνιση 2ης ιδιομορφής ($T=0,169\text{ sec}$, $U_x=42,33\%$, $U_y=17,76\%$).



Σχήμα 9.2 - Τρισδιάστατη απεικόνιση 4ης ιδιομορφής ($T=0,142$ sec, $U_x=34,35\%$, $U_y=30,22\%$).

Από τα αποτελέσματα της ιδιομορφικής ανάλυσης προκύπτει ότι η στην διεύθυνση X το κτίριο συνεχίζει να είναι αρκετά πιο εύκαμπτο. Επιπλέον, λόγω της ασυμμετρίας σε κάτοψη του κτιρίου, αλλά και λόγω της έντονης διαφοράς σε δυσκαμψία μεταξύ των τοίχων, συνεχίζει να παρατηρείται στροφή του κτιρίου ως προς τον κατακόρυφο άξονα. Το φαινόμενο αυτό θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί, αυξάνοντας την δυσκαμψία του ανατολικού και βόρειου τοίχου κλείνοντας μέρος των ανοιγμάτων. Η επέμβαση αυτή όμως θα αλλοίωνε έντονα την μορφολογία του φορέα.

Η προτεινόμενη ενισχύσεις αποδίδουν σημαντικά μεγαλύτερη δυσκαμψία στον φορέα και περιορίζουν τις εκτός επιπέδου μετακινήσεις των τοίχων, ενισχύοντας την διαφραγματική λειτουργία του κτιρίου στις στάθμες του πατώματος και της στέγης.

9.5 ΣΕΙΣΜΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ

Διατηρώντας ως στόχο και στην φάση του ανασχεδιασμού την στάθμη επιτελεστικότητας B1 «Σημαντικών Βλαβών» και λαμβάνοντας υπόψιν τις ενισχύσεις που προτείνονται στον

φορέα όπως ομογενοποίηση μάζας, διαζώματα και ενίσχυση διαφραγματικής λειτουργίας, θεωρείται ασφαλές να γίνει παραδοχή συντελεστή συμπεριφοράς της κατασκευής ίσο με $q=1,50$.

Για τον υπολογισμό των σεισμικών φορτίων επί της κατασκευής πραγματοποιούνται οι κάτωθι παραδοχές:

- Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας II
- Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $a=0,24g$
- Συντελεστής συμπεριφοράς $q=1,50$
- Κατηγορίας εδάφους C ($S=1,15$, $T_B=0,20$, $T_C=0,60$, $T_D=2,50$)
- Συντελεστής σπουδαιότητας $\gamma=1,00$
- Συντελεστής απόσβεσης $\xi=5\%$

Εφόσον εφαρμόζονται ελαστικές αναλύσεις, γίνεται χρήση των τροποποιημένων φασμάτων σχεδιασμού όπου:

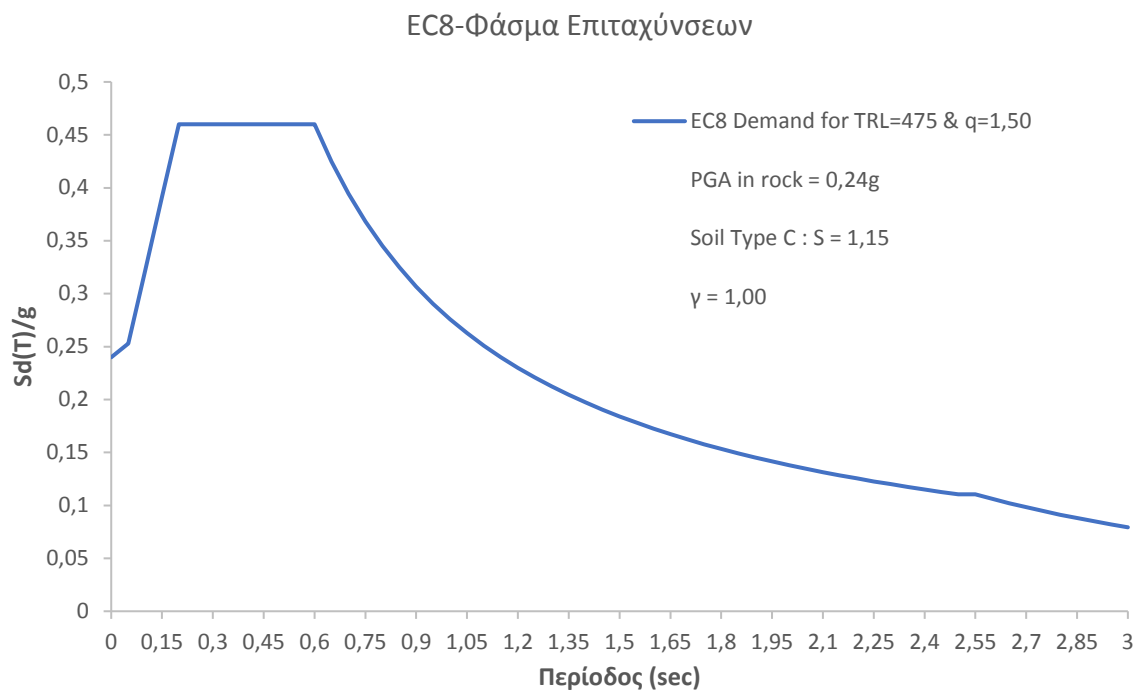
$$0 \leq T \leq T_B : S_d(T) = \gamma * a_g * S * \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_d(T) = \gamma * a_g * S * \frac{2,5}{q}$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) \begin{cases} = \gamma * a_g * S * \frac{2,5}{q} * \left[\frac{T_C}{T} \right] \\ \geq 0,2a_g \end{cases}$$

$$T_D \leq T : S_d(T) \begin{cases} = \gamma * a_g * S * \frac{2,5}{q} * \left[\frac{T_C * T_D}{T^2} \right] \\ \geq 0,2a_g \end{cases}$$

Λαμβάνοντας υπόψιν τα αποτελέσματα της ιδιομορφικής ανάλυσης, προκύπτει ότι οι κύριες ιδιομορφές και στις δυο διευθύνσεις του κτιρίου βρίσκονται στον ανιόντα κλάδο του φάσματος ($T < T_B$). Συνεπώς ως φασματική επιτάχυνση για την φάση του ανασχεδιασμού λαμβάνεται στην διεύθυνση Χ η τιμή $S_{dx}(T) = 0,41 g$ και στην διεύθυνση Υ η τιμή $S_{dy}(T) = 0,38 g$



Σχήμα 9.3 - Φάσμα σχεδιασμού κατά Ευρωκώδικα 8 (EN 1988).

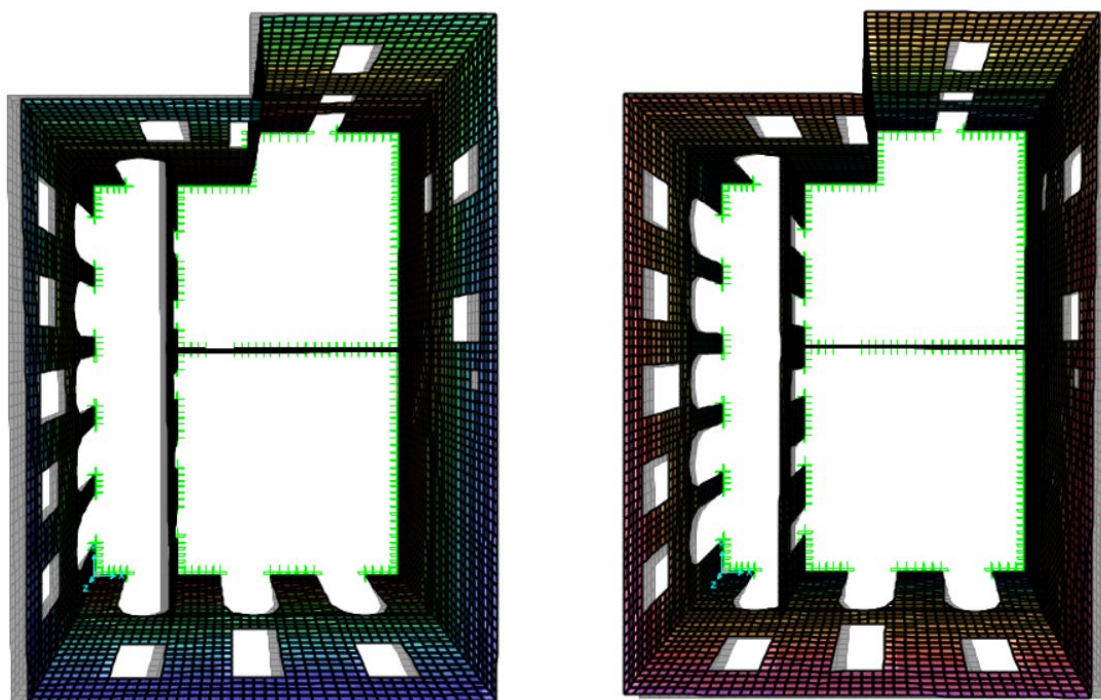
10. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Στον παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ελαστικής ισοδύναμης στατικής ανάλυσης της ενισχυμένης κατασκευής, τόσο σε όρους δυνάμεων όσο και σε μετακινήσεις. Στην συνέχεια, εκτελούνται οι έλεγχοι των φερόντων στοιχείων της κατασκευής σε όρους δυνάμεων για τις διάφορες μορφές αστοχίας της τοιχοποιίας, ώστε να τεκμηριωθεί η αποτελεσματικότητα των προτεινόμενων ενισχύσεων.

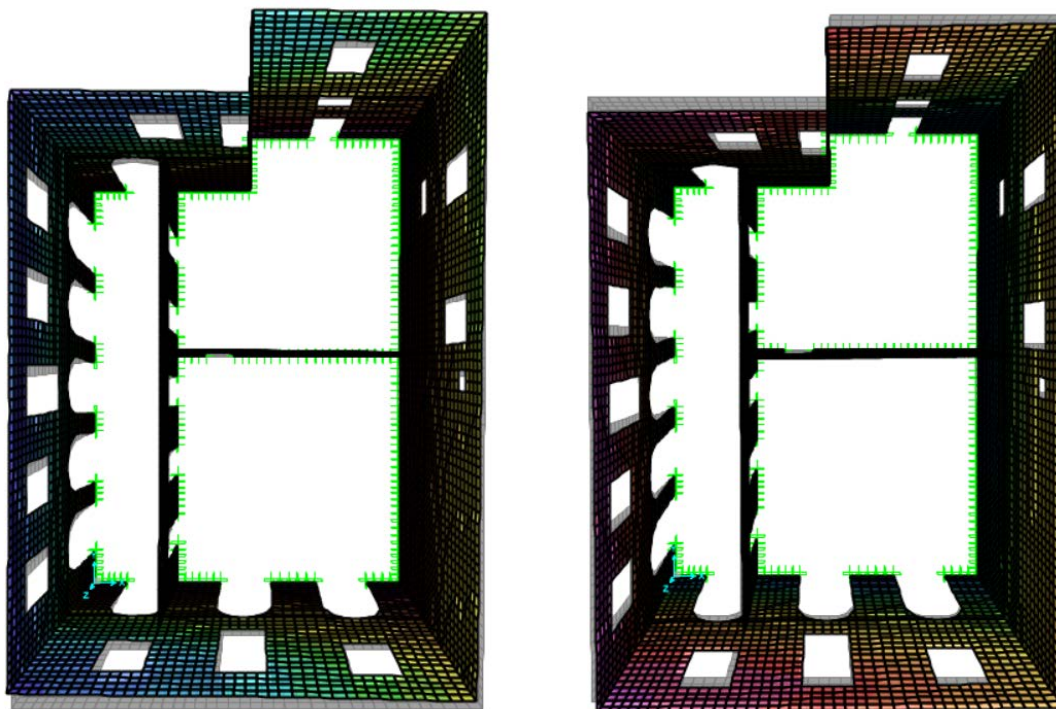
Τα ξύλινα στοιχεία της στέγης δεν εντάχθηκαν στο προσομοίωμα ούτε στην φάση της αποτίμησης, αμελώντας την συνεισφορά τους στην απόκριση της κατασκευής. Τα κατακόρυφα φορτία που μεταβιβάζει η στέγη στην τοιχοποιία εισήχθησαν ως συγκεντρωμένα φορτία στους κόμβους έδρασης των ξύλινων στοιχείων.

10.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ

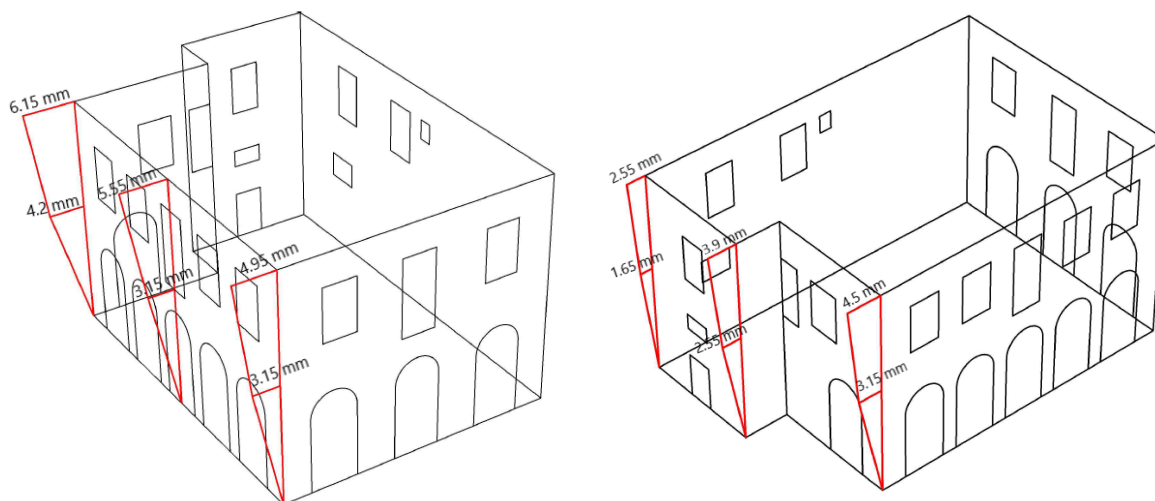
Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης για τους σεισμικούς συνδυασμούς στις οριζόντιες διευθύνσεις και σχηματικά το προφίλ των μετακινήσεων των εξωτερικών τοίχων.



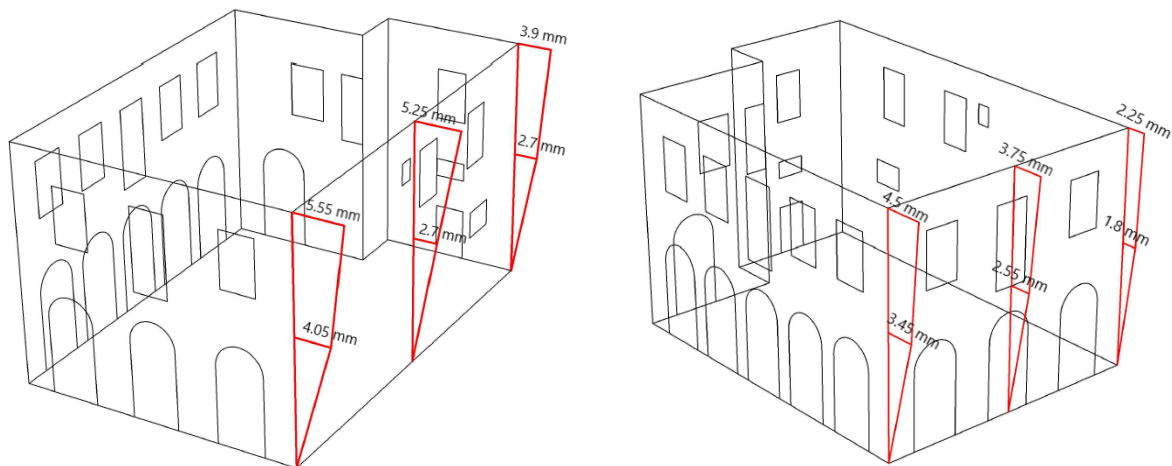
Σχήμα 10.1 - Παραμορφωμένη κατάσταση φορέα σε συνδυασμό $G+0.3Q\pm Ex$.



Σχήμα 10.3 - Παραμορφωμένη κατάσταση φορέα σε συνδυασμό $G+0.3Q\pm E_y$.



Σχήμα 10.2 - Προφίλ μετακινήσεων ανατολικού και βόρειου τοίχου σε συνδυασμό $G+0.3Q\pm E_x$ και $G+0.3Q\pm E_y$ αντίστοιχα.



Σχήμα 10.4 - Προφίλ μετακινήσεων δυτικού και νότιου τοίχου σε συνδυασμό $G+0.3Q+E_x$ και $G+0.3Q+E_y$ αντίστοιχα.

Από τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στα παραπάνω σχήματα, παρατηρείται ότι η ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας του κτιρίου περιορίζει σημαντικά τις εντός, αλλά κυρίως τις εκτός επιπέδου παραμορφώσεις των φερόντων τοίχων. Χαρακτηριστικά οι εκτός επιπέδου μετακινήσεις στο μέσο των επιμηκών τοίχων του κτιρίου στην στάθμη της οροφής, παρουσιάζουν μείωση έως και 150% σε σχέση με την φάση της αποτίμησης. Παράλληλα, αμβλύνονται οι σχετικές μετακινήσεις των ορόφων, παρουσιάζοντας αισθητά πιο ομοιόμορφο προφίλ μετακινήσεων. Βέβαια, λόγω της διαφορετικής δυσκαμψίας των τοίχων συνεχίζουν να παρατηρούνται φαινόμενα στροφής του κτιρίου στο σύνολο του.

10.2 ΈΛΕΓΧΟΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΣΕ ΕΝΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΕΝΤΑΣΗ

10.2.1 Ικανοτική τέμνουσα – Καμπτική αντοχή

Ο έλεγχος σε εντός επιπέδου κάμψη εκτελείται σύμφωνα με τα όσα ορίστηκαν στην υποενότητα 7.4.1. Μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων ενισχύσεων στον φορέα, κατά τους ελέγχους σε εντός επιπέδου κάμψη, λαμβάνεται η αυξημένη θλιπτική αντοχή των τοίχων και ως απόσταση μεταξύ διατομής μέγιστης ροπής και σημείο μηδενισμού των ροπών, λόγω ενίσχυσης των διαφραγμάτων, το ήμισυ του ύψους του εκάστοτε προς έλεγχο στοιχείου ($H_0=H/2$).

10.2.2 Διατμητική αντοχή

Ο έλεγχος σε εντός επιπέδου διάτμηση εκτελείται σύμφωνα με τα όσα ορίστηκαν στην υποενότητα 7.4.2. Μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων ενισχύσεων στον φορέα, κατά τους ελέγχους σε εντός επιπέδου διάτμηση, λαμβάνεται η αυξημένη θλιπτική, εφελκυστική και διατμητική αντοχή των τοίχων.

10.2.3 Παρουσίαση ελέγχων επάρκειας σε εντός επιπέδου ένταση

Παρακάτω παρουσιάζονται οι έλεγχοι των φερόντων στοιχείων σε εντός επιπέδου ένταση. Λόγω μεγάλου όγκου αποτελεσμάτων οι έλεγχοι παρουσιάζονται σχηματικά, ενώ τα αναλυτικά αποτελέσματα των ελέγχων παρατίθενται στο Παράρτημα. Η επάρκεια ή αστοχία των στοιχείων υποδεικνύεται με τους αντίστοιχους χρωματισμούς και αναγράφεται ο τρόπος αστοχίας ή ο συντελεστής εξάντλησης της αντοχής.

Σε περίπτωση που ολόκληρη η διατομή βρίσκεται σε θλίψη, ο έλεγχος σε εντός επιπέδου κάμψη παραλείπεται και εκτελείται μόνο ο έλεγχος σε εντός επιπέδου διάτμηση.

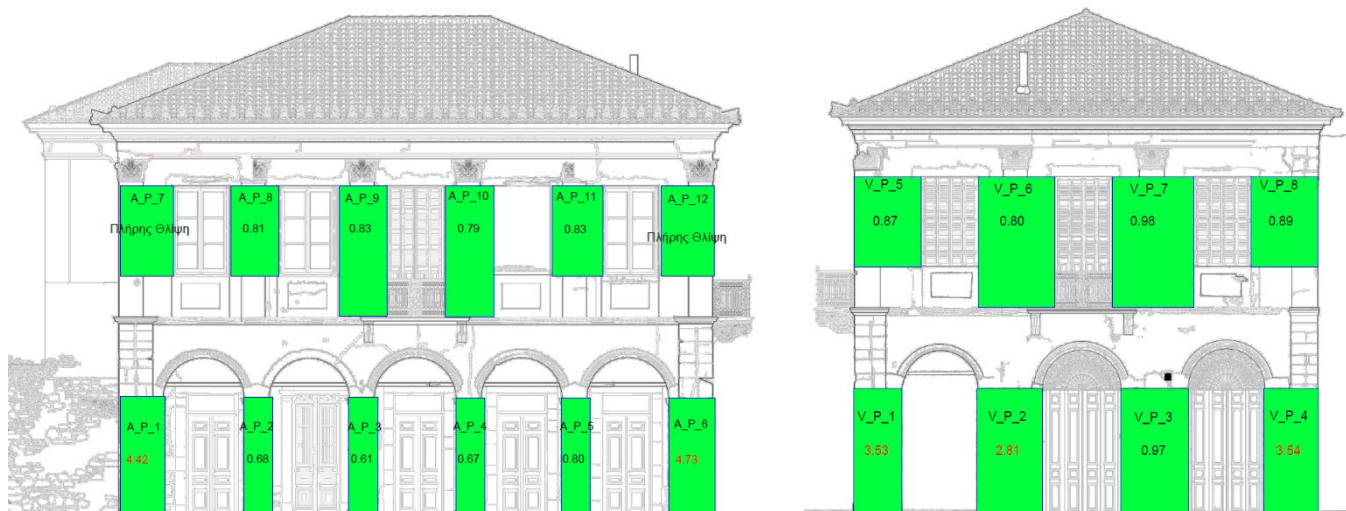
Σε περίπτωση επάρκειας τα στοιχεία χρωματίζονται σε χρώμα πράσινο και αναγράφεται ο συντελεστής επάρκειας του δυσμενέστερου συνδυασμού.

Σε περίπτωση που μέσω των αποτελεσμάτων της ανάλυσης προκύψει για κάποιον συνδυασμό εφελκυσμός στο σύνολο της διατομής, οι έλεγχοι σε εντός επιπέδου ένταση σταματούν και θεωρείται ότι το στοιχείο αστοχεί λόγω εφελκυσμού. Όταν προκύπτει αυτή η μορφή αστοχίας το στοιχείο χρωματίζεται σε χρώμα πορτοκαλί και αναγράφεται η ένδειξη ΕΦΕΛΚ.

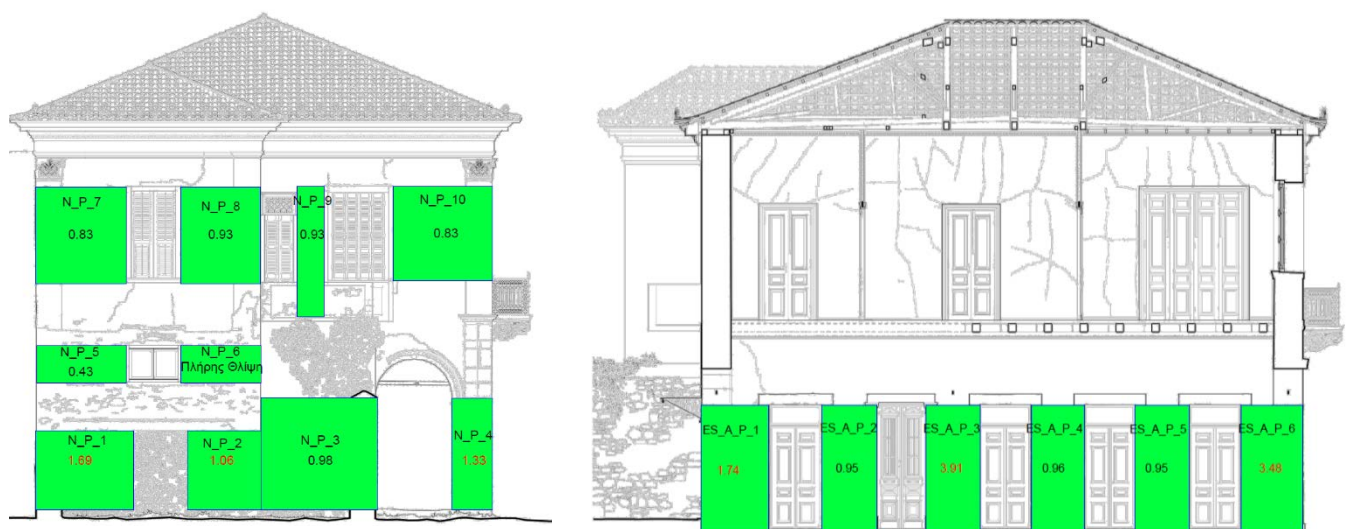
Σε περίπτωση υπέρβασης της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας λόγω κάμψης, το στοιχείο χρωματίζεται σε χρώμα κόκκινο και αναγράφεται η ένδειξη ΘΡΑΥΣΗ.

Σε περίπτωση υπέρβασης της αντοχής το στοιχείο χρωματίζεται με χρώμα κόκκινο και αναγράφεται ο συντελεστής εξάντλησης της αντοχής του στοιχείου για τον δυσμενέστερο συνδυασμό.

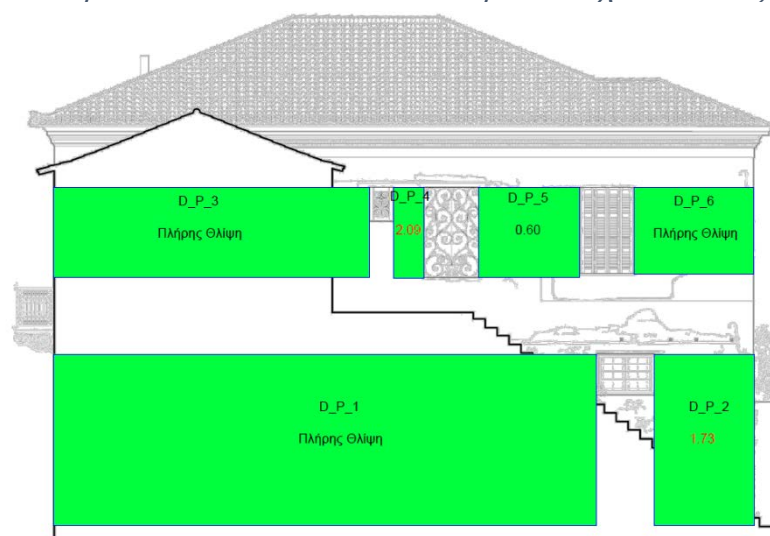
Κάμψη εντός επιπέδου



Σχήμα 10.5 - Αποτελέσματα πεσσών ανατολικού και βόρειου τοίχου σε εντός επιπέδου κάμψη.



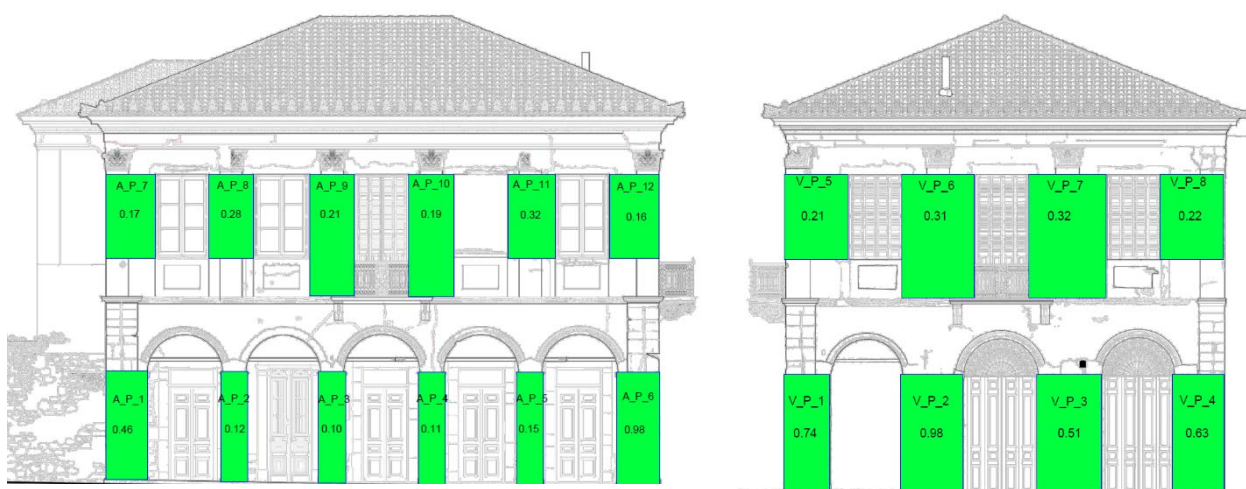
Σχήμα 10.6 - Αποτελέσματα πεσσών νότιου και εσωτερικού τοίχου σε εντός επιπέδου κάμψη.



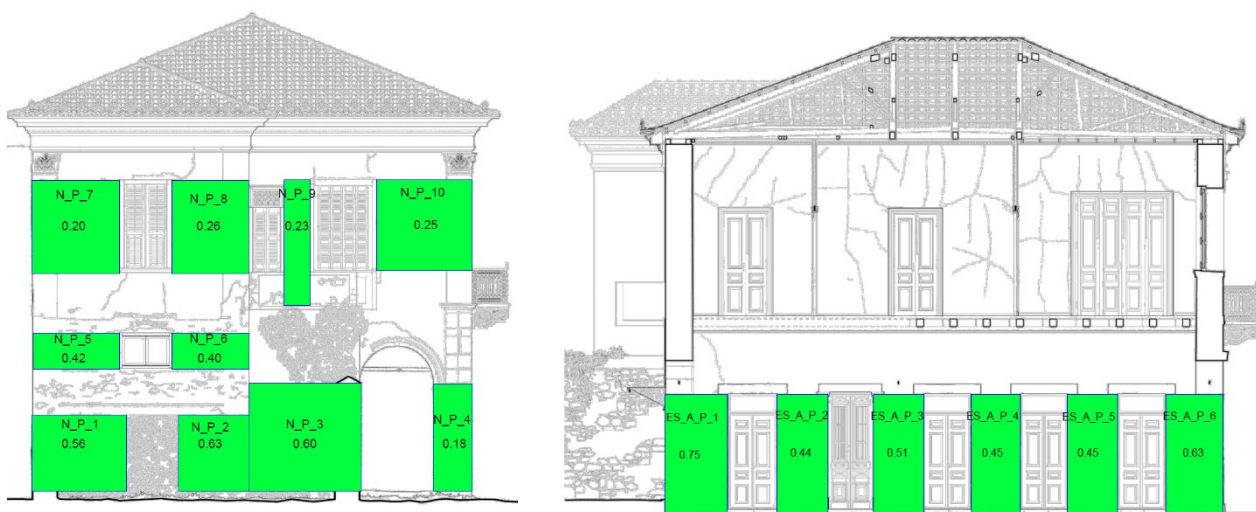
Σχήμα 10.7 - Αποτελέσματα πεσσών δυτικού τοίχου σε εντός επιπέδου κάμψη.

Με βάση τα αποτελέσματα των πεσσών σε εντός επιπέδου κάμψη παρατηρείται υπέρβαση της καμπτικής αντοχής σε ποσοστό 33%. Ακόμα και μετά την εφαρμογή των ενισχύσεων αρκετοί πεσσοί του ισόγειου συνεχίζουν να παρουσιάζουν ανεπάρκειες σε κάμψη. Η υπέρβαση όμως της καμπτικής αντοχής, χωρίς την παρουσία ταυτόχρονης θραύσης της θλιβόμενης ζώνης, δεν θεωρείται ότι απομειώνει την φέρουσα ικανότητα των πεσσών, όποτε και αυτοί θεωρούνται επαρκής.

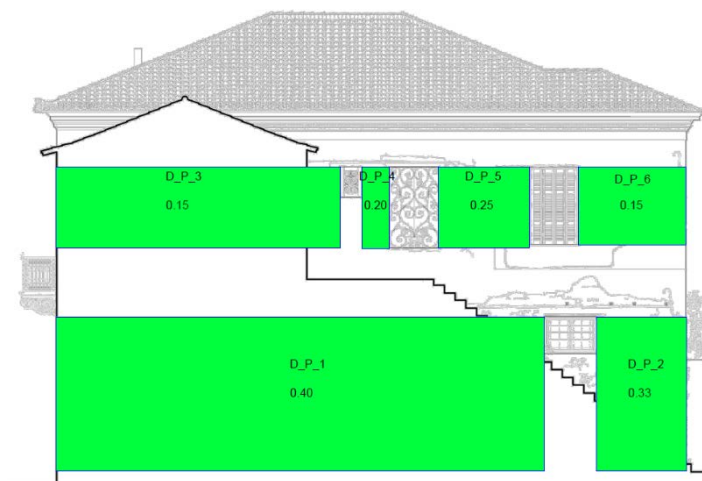
Εντός επιπέδου διάτμηση



Σχήμα 10.8 - Αποτελέσματα πεσσών ανατολικού και βόρειου τοίχου σε εντός επιπέδου διάτμηση.



Σχήμα 10.9 - Αποτελέσματα πεσσών νότιου και εσωτερικού τοίχου σε εντός επιπέδου διάτμηση.



Σχήμα 10.10 - Αποτελέσματα πεσσών δυτικού τοίχου σε εντός επιπέδου διάτμηση.

Με βάση τα αποτελέσματα των πεσσών σε εντός επιπέδου διάτμηση παρατηρείται καθολική επάρκεια. Οι πεσσοί τους ισογείου συνεχίζουν να αναλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος των σεισμικών τεμνουσών. Με την ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας επιτυγχάνεται ομοιόμορφη των φορτίων, με αποτέλεσμα την εξάλειψη ισχυρών εφελκυσμών σε μεμονομένα στοιχεία. Αυτό συνεπάγεται, εμφάνιση μεγαλύτερων ισχυρών θλιπτικών φορτίων στους πεσσούς, καθιστώντας ως κυρίαρχη μορφή αστοχίας σε διάτμηση την διαγώνια εφελκυστική ρηγμάτωση.

10.3 ΈΛΕΓΧΟΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ ΣΕ ΕΚΤΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΕΝΤΑΣΗ

10.3.1 Εκτός επιπέδου ροπή κάμψης περί οριζόντιο άξονα

Ο έλεγχος σε εκτός επιπέδου κάμψη περί οριζόντιο άξονα εκτελείται σύμφωνα με τα όσα ορίστηκαν στην υποενότητα 7.5.1 λαμβάνοντας την αυξημένη θλιπτική αντοχή των τοίχων. Έπειτα από την ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας του κτιρίου θεωρείται, ότι πλέον οι τοίχοι δεν παραμορφώνονται αυτόνομα εκτός του επιπέδου τους. Έτσι, ως αξονική θλιπτική δύναμη για τον υπολογισμό της ροπής ευστάθιας, λαμβάνεται αυτή που αναπτύσσεται στην θλιβόμενη ζώνη της διατομής.

10.3.2 Εκτός επιπέδου ροπή κάμψης περί κατακόρυφο άξονα

Ο έλεγχος σε εκτός επιπέδου κάμψη περί κατακόρυφο άξονα, εκτελείται σύμφωνα με τα όσα ορίστηκαν στην υποενότητα 7.5.2. Μετά την εφαρμογή των ενεμάτων λαμβάνεται κατά τους ελέγχους, η αυξημένη εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας.

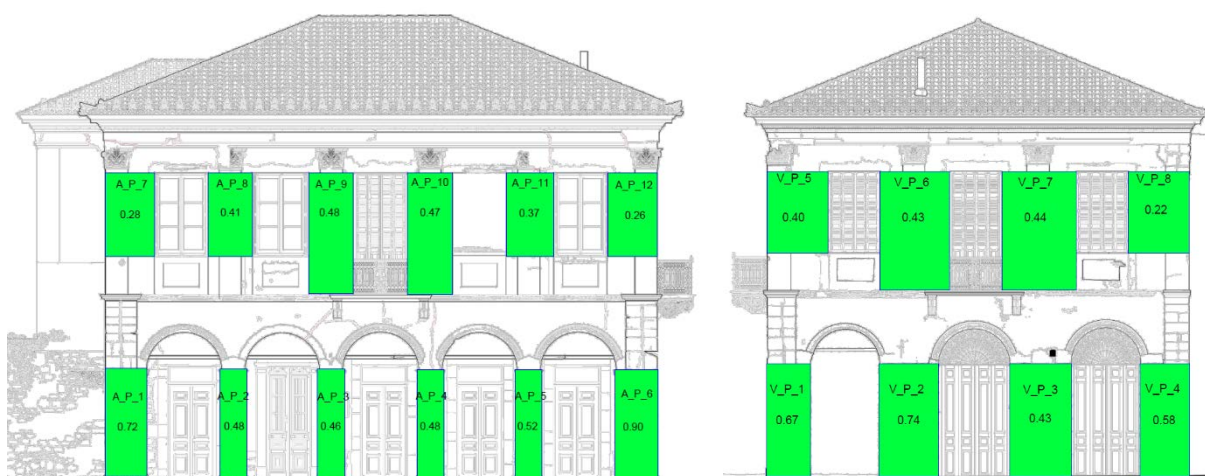
10.3.3 Παρουσίαση ελέγχων επάρκειας σε εκτός επιπέδου ένταση

Παρακάτω παρουσιάζονται οι έλεγχοι των φερόντων στοιχείων σε εκτός επιπέδου ένταση. Λόγω μεγάλου όγκο αποτελεσμάτων οι έλεγχοι παρουσιάζονται σχηματικά, ενώ τα αναλυτικά αποτελέσματα των ελέγχων παρουσιάζονται στο Παράρτημα. Η επάρκεια ή αστοχία των στοιχείων υποδεικνύεται με τους αντίστοιχους χρωματισμούς και αναγράφεται ο τρόπος αστοχίας ή ο συντελεστής εξάντλησης της αντοχής.

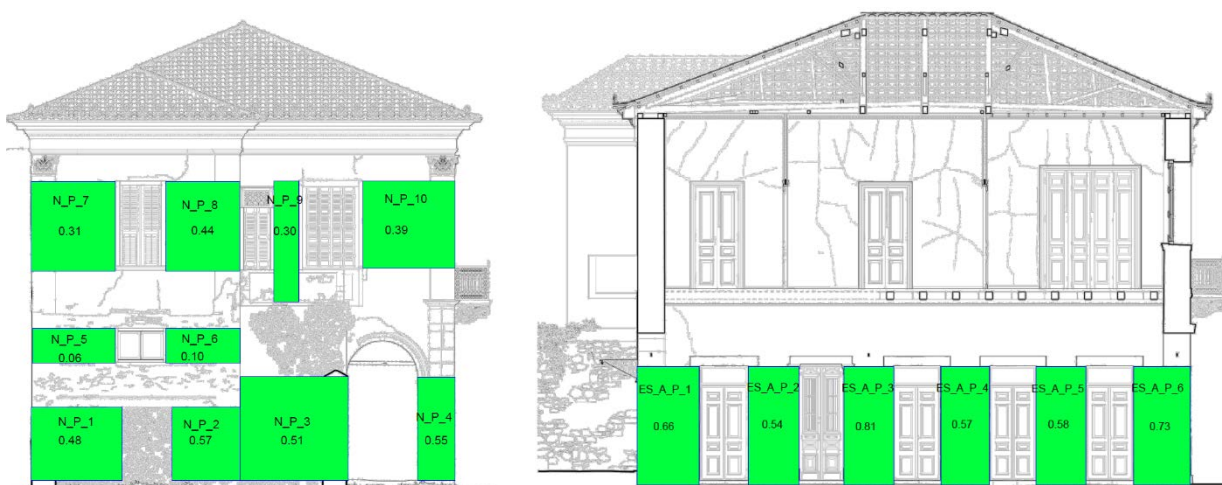
Σε περίπτωση επάρκειας τα στοιχεία χρωματίζονται σε χρώμα πράσινο και αναγράφεται ο συντελεστής επάρκειας του δυσμενέστερου συνδυασμού.

Σε περίπτωση ανεπάρκειας τα στοιχεία χρωματίζονται σε χρώμα κόκκινο και αναγράφεται ο συντελεστής ανεπάρκειας του δυσμενέστερου συνδυασμού.

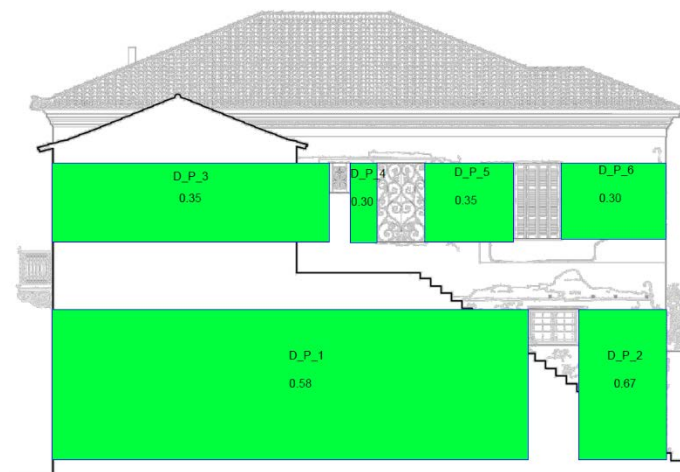
Εκτός επιπέδου ροπή κάμψης περί οριζόντιο άξονα



Σχήμα 10.11 - Αποτελέσματα πεσσών ανατολικού και βόρειου τοίχου σε εκτός επιπέδου ροπή περί οριζόντιο άξονα.



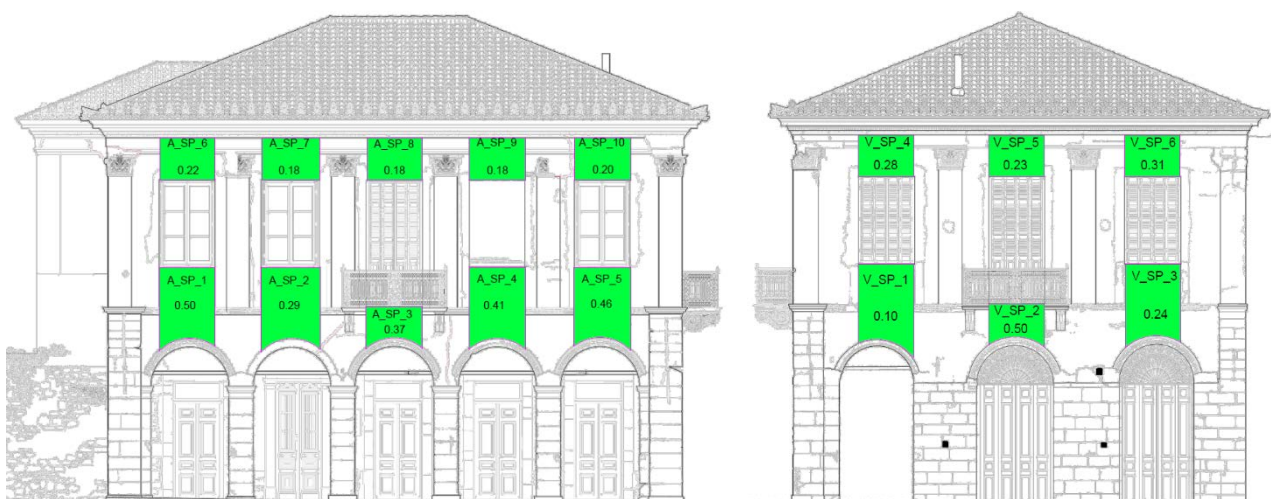
Σχήμα 10.12 - Αποτελέσματα πεσσών νότιου και εσωτερικού τοίχου σε εκτός επιπέδου ροπή περί οριζόντιο άξονα.



Σχήμα 10.13 - Αποτελέσματα πεσσών δυτικού τοίχου σε εκτός επιπέδου ροπή περί οριζόντιο άξονα.

Με βάση τα αποτελέσματα των πεσσών σε εκτός επιπέδου ροπή περί οριζόντιο άξονα παρατηρείται καθολική επάρκεια. Με την επίτευξη λειτουργικής κιβωτίου, οι φέροντες τοίχοι και ειδικότερα οι περιμετρικοί τοίχοι του ορόφου παύουν να παραμορφώνονται έντονα εκτός επιπέδου και οι ροπές κατανέμονται ομοιόμορφα στα φέροντα στοιχεία.

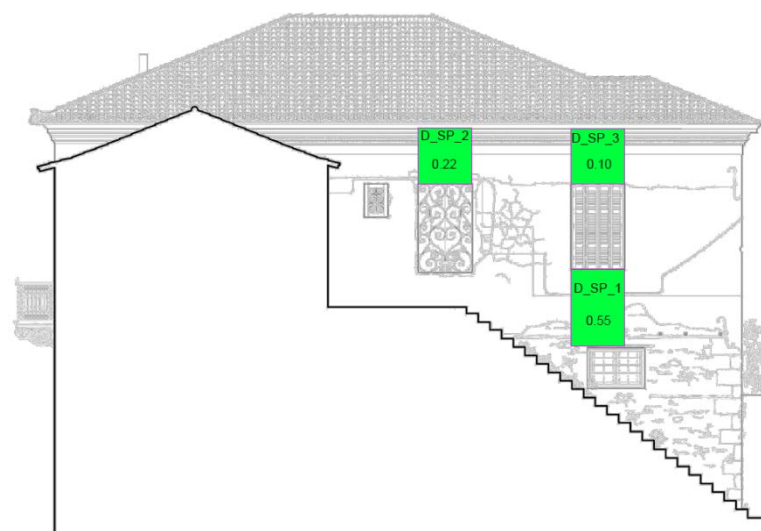
Εκτός επιπέδου ροπή κάμψως περί κατακόρυφο άξονα



Σχήμα 10.14 - Αποτελέσματα πεσσών ανατολικού και βόρειου τοίχου σε εκτός επιπέδου ροπή περί κατακόρυφο άξονα.



Σχήμα 10.15 - Αποτελέσματα πεσσών νότιου και εσωτερικού τοίχου σε εκτός επιπέδου ροπή περί κατακόρυφο άξονα.



Σχήμα 10.16 - Αποτελέσματα πεσσών δυτικού τοίχου σε εκτός επιπέδου ροπή περί κατακόρυφο άξονα.

Με βάση τα αποτελέσματα των πεσσών σε εκτός επιπέδου ροπή περί κατακόρυφο άξονα παρατηρείται καθολική επάρκεια. Όπως αναμενόταν τα υπέρθυρα που βρίσκονται περί το μέσο των τοίχων καταπονούνται εντονότερα από εκτός επιπέδου ροπές. Η ενίσχυση όμως του κτιρίου κατανέμει σε όλα τα στοιχεία των όψεων την ένταση με αποτέλεσμα την επάρκεια τους.

10.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση τα όσα παρουσιάστηκαν στην παραπάνω ενότητα, οι προτεινόμενες ενισχύσεις επί της κατασκευής αυξάνουν σημαντικά την φέρουσα ικανότητα έναντι σεισμικής έντασης και βελτιώνουν συνολικά την συμπεριφορά της. Χαρακτηριστικά, στους ελέγχους έναντι εντός επιπέδου διάτμησης και εκτός επιπέδου ροπών, οι πεσσοί παρουσιάζουν καθολική επάρκεια, ενώ μεμονωμένες υπερβάσεις της αντοχής εμφανίζονται σε εντός επιπέδου κάμψη.

Σύμφωνα βέβαια με τον έλεγχο σε εντός επιπέδου κάμψη που προτείνεται από το σχέδιο του ΚΑΔΕΤ, ως καμπτική αστοχία ενός στοιχείου από φέρουσα τοιχοποιία νοείται, η υπέρβαση της ροπής ευστάθειας ή αντίστοιχα της ικανοτικής τέμνουσας σε όρους τεμνουσών. Αυτό, πρακτικά συνεπάγεται ανατροπή του στοιχείου στο επίπεδο του, εάν αυτό παραμορφωνόταν ανεξάρτητα από την υπόλοιπη κατασκευή. Στην πραγματικότητα όμως αυτό είναι μη ρεαλιστικό, καθώς κάθε τοιχοστοιχείο που ελέγχεται, παραμορφώνεται μαζί με το σύνολο της κατασκευής. Η υπέρβαση λοιπόν της καμπτικής αντοχής όπως υπολογίζεται σε εντός επιπέδου ένταση, δεν συνεπάγεται αυτομάτως και την απώλεια της φέρουσας ικανότητας του εκάστοτε στοιχείου σε τέμνουσα δύναμη. Λαμβάνοντας λοιπόν και ως κύρια μορφή αστοχίας της τοιχοποιίας σε εντός επιπέδου ένταση την διάτμηση, θεωρείται ότι τα φέροντα στοιχεία αστοχούν υπό κάμψη όταν υπάρχει ταυτόχρονη θραύση στο άκρο του τοίχου λόγω υπέρβασης της θλιπτικής αντοχής ή όταν η διατομή βρίσκεται αποκλειστικά σε εφελκυσμό και το στοιχείο θεωρείται ότι δεν συμμετέχει πλέον στην παραλαβή των σεισμικών τεμνουσών, οι οποίες κατανέμονται στα υπόλοιπα στοιχεία αναλογικά με την δυσκαμψία τους. Οι παραπάνω δυο μορφές αστοχίας δεν εμφανίζονται στους πεσσούς κατά τους ελέγχους. Θεωρώντας ως αποδεκτές φθορές, την εμφάνιση εφελκυστικών ρωγμών στα άκρα των διατομών κορυφής και βάσης, οι πεσσοί κρίνονται επαρκείς έναντι σεισμού.

Οι έλεγχοι των υπερθύρων σε εντός επιπέδου ένταση δεν παρουσιάζονται σχηματικά, καθώς ακόμα και μετά τις επεμβάσεις προκύπτουν ανεπάρκειες, λόγω εφελκυστικών φορτίων. Η εφαρμογή βέβαια των προτεινόμενων ενισχύσεων, εξασφαλίζει την επάρκεια τους έναντι εκτός επιπέδου κάμψης και απομειώνει σημαντικά την εντός επιπέδου ένταση που δέχονται οι υπέρθυροι δίσκοι. Σε ιστορικά κτίρια φέρουσας τοιχοποιίας, βασικό κριτήριο για την επιλογή ενισχύσεων είναι, πέρα από την στατική επάρκεια της κατασκευής και η διατήρηση της αισθητικής και της μορφολογίας τους. Συνεπώς, για την αντιμετώπιση των εφελκυστικών φορτίων που αναπτύσσονται στα υπέρθυρα, θα έπρεπε να γίνει εφαρμογή πολύ πιο παρεμβατικών ενισχύσεων. Σε περίπτωση λοιπόν εμφάνισης σεισμικής έντασης

αντίστοιχης με αυτήν των παραδοχών ανασχεδιασμού, δεχόμαστε ως αποδεκτές φθορές την εμφάνιση περιορισμένων εφελκυστικών ρωγμών στα υπέρθυρα.

Επισημαίνεται ότι στα πλαίσια της παρούσας εργασίας δεν ήταν δυνατή η εκτέλεση ολοκληρωμένου προγράμματος διερεύνησης/τεκμηρίωσης, που θα προσέφερε πλήρη εικόνα της υφιστάμενης κατάστασης της κατασκευής, ώστε αυτή να αποτιμηθεί και να ενισχυθεί στο σύνολο της. Οι συμπληρωματικές διερευνητικές εργασίες θα πρέπει να περιλαμβάνουν τα εξής:

- Περαιτέρω οπτικούς και εργαστηριακούς ελέγχους των στοιχείων της κατασκευής, ήτοι λίθων, κονιαμάτων, ξύλινων στοιχείων και μεταλλικών ελκυστήρων, ώστε να αποκτηθεί καλύτερη εκτίμηση επί των μηχανικών και φυσικοχημικών χαρακτηριστικών τους και να επανεκτελεσθούν οι έλεγχοι επάρκειας.
- επί τόπου εργαστηριακές διερευνήσεις όπως ραντάρ, ενδοσκόπηση και μαγνητικές μέθοδοι, όπου θα αποδώσουν περισσότερες πληροφορίες για την τρόπο δόμησης, την ύπαρξη ασυνεχειών στο εσωτερικό της τοιχοποιίας και την ύπαρξη περαιτέρω μεταλλικών και ξύλινων στοιχείων που δεν είναι εμφανή.
- αποκάλυψη της υφιστάμενης θεμελίωσης, ώστε να προκύψουν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της, ο τρόπος δόμησης και η κατάσταση στην οποία βρίσκεται.
- εκπόνηση γεωτεχνικών μελετών, ώστε να εκτιμηθούν τα μηχανικά χαρακτηριστικά του εδάφους, να ελεγχθεί η φέρουσα ικανότητα της θεμελίωσης και να προταθούν οι απαραίτητες ενισχύσεις εφόσον απαιτηθεί.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Vintzileou, E., & Mouzakis, C. (2015). Seismic behavior of three-leaf stone masonry buildings before and after interventions : Shaking table tests on a two-storey masonry model.
- Vintzileou, E., Zagkotsis, A., Repapis, C., & Zeris, C. (2007). Seismic behaviour of the historical structural system of the island of Lefkada , Greece, *21*, 225–236.
- Miltiadou-fezans, A., Vintzileou, E., Papadopoulou, E., & Kalagri, A. (2006). Mechanical Properties of Three-Leaf Stone Masonry after Grouting, (c).
- Vintzileou, E., & Miltiadou-fezans, A. (2008). Mechanical properties of three-leaf stone masonry grouted with ternary or hydraulic lime-based grouts, *30*, 2265–2276.
- Vintzileou, A. K. A. M. E. (2010). Design and evaluation of hydraulic lime grouts for the strengthening of stone masonry historic structures, 1135–1146.
- Miltiadou-Fezans A., Kalagri A., Kakkinou S., Ziagou A., Delinikolas N., Zarogianni E., Chorafa E. 2008, Methodology for in situ application of hydraulic grouts on historic masonry structures. The case of the Katholikon of Dafni Monastery, Proc. 6th Intern. Conf. on SACH, Bath, UK.
- Kalagri A., Miltiadou-Fezans A., Vintzileou E. 2010, Design and evaluation of hydraulic lime grouts for the strengthening of stone masonry historic structures, *Materials and Structures*, 43, 1135-1146.
- ΜΙΛΤΙΑΔΟΥ-FEZANS A., ΤΑΣΙΟΣ Θ. (2009). Σύγχρονες πρακτικές οδηγίες για την εφαρμογή των υδραυλικών ενεμάτων σε ιστορικές κατασκευές. στη Θεσσαλονίκη, Πρακτικά 2ου Εθνικού Συνεδρίου «Ηπιες Επεμβάσεις για την προστασία ιστορικών κατασκευών», 14-16 Οκτωβρίου, Θεσσαλονίκη, Επιμ. έκδοσης : Κ. Τρακασοπούλου, Μ. Δούση, Ν. Χατζητρύφων, σελ. σελ. 485-494
- ΜΙΛΤΙΑΔΟΥ Α. (2015). « Επεμβάσεις βελτίωσης διαφραγματικής λειτουργίας πατωμάτων και στεγών. Ανακοίνωση στην Ημερίδα με θέμα « Εμφανείς και αφανείς ενισχύσεις μνημείων», που διοργανώθηκε από την ΕΤΕΠΑΜ στις 9 Μαρτίου του 2015 στην Αθήνα.
- ΜΙΛΤΙΑΔΟΥ Α. (2016) « Επεμβάσεις βελτίωσης της συμπεριφοράς κτηρίων από τοιχοποιία». Ανακοίνωση σε Ημερίδα με θέμα « Αποτίμηση και επεμβάσεις σε κτήρια από οπλισμένο σκυρόδεμα και τοιχοποιίες», που οργανώθηκε από το ΤΕΕ τμ Πελοποννήσου στην Τρίπολη στις 5-11-2016.
- Vlachakis, G., Vlachaki, E., & Lourenço, P. B. (2020). Learning from failure : Damage and failure of masonry structures , after the 2017 Lesvos earthquake (Greece). *Engineering Failure Analysis*, 117(April), 104803.
- Contrafatto, L., & Cosenza, R. (2014). Prediction of the pull-out strength of chemical anchors in natural stone, *29*, 196–208.

- Rinaldin, G., Miniussi, C., & Amadio, C. (2019). Cyclic behavior of masonry walls strengthened by tie rods. *Engineering Structures*, 184(August 2018), 287–300.
- Guerrini, G., Senaldi, I., Graziotti, F., Magenes, G., Penna, A., Guerrini, G., ... Magenes, G. (2019). Shake-Table Test of a Strengthened Stone Masonry Building Aggregate with Flexible Diaphragms Shake-Table Test of a Strengthened Stone Masonry Building Aggregate with. *International Journal of Architectural Heritage*, 0(0), 1–20.
- Arvanitis, C. Master Thesis: “Εξέλιξη λίθινων τοξωτών γεφυρών από τον 19ο αιώνα και μετά. Διερεύνηση παραμέτρων σχεδιασμού”. M.Sc Programm: Analysis and Design of Earthquake Resistant Structures, School of Civil Engineering, N.T.U.A. (In Greek).
- EN 1995-1-1: 2004: Eurocode 5: Design of timber structures – Part 1: General - Common rules and rules for buildings. Comite Europeen de Normalisation, Brussels.
- EN 1996-1-1: 2005: Eurocode 6: Design of masonry structures – Part 1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures. Comite Europeen de Normalisation, Brussels.
- EN 1998-1-1: 2004: Eurocode 8: Design of structures foe earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. Comite Europeen de Normalisation, Brussels.
- ΚΑΔΕΤ, Κανονισμός για Αποτίμηση και Δομητικές Επεμβάσεις Τοιχοποιίας, ΟΑΣΠ, 2021.
- ΚΑΝ.ΕΠΕ, Κανονισμός Επεμβάσεων, ΟΑΣΠ, 2017.
- Ελληνική Παραδοσιακή Αρχιτεκτονική, “Μεθώνη – Κορώνη”, Εκδοτικός οίκος Μέλισσα, 1984.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ