



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

**ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ, ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΤΟ  
ΔΙΑΤΗΡΗΤΕΟ ΚΤΗΡΙΟ «ΣΤΕΜΜΑ» ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΟΥ 4 ΣΤΟ ΑΙΓΙΟ**



**ΕΥΦΡΟΣΥΝΗ ΤΣΙΑΓΑ**

---

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ

**Ε. ΒΙΝΤΖΗΛΑΙΟΥ, ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ Ε.Μ.Π.**

**ΑΘΗΝΑ 2019**



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

**ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ, ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΤΟ**  
**ΔΙΑΤΗΡΗΤΕΟ ΚΤΗΡΙΟ «ΣΤΕΜΜΑ» ΤΗΣ ΟΔΟΥ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΟΥ 4 ΣΤΟ ΑΙΓΙΟ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ:**  
**ΕΥΦΡΟΣΥΝΗ ΤΣΙΑΓΑ**

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

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε από τη φοιτήτρια Ευφροσύνη Τσιαγά του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. κατά το ακαδημαϊκό έτος 2018-2019 υπό την επίβλεψη της καθηγήτριας Ελισάβετ Βιντζηλαίου.

Θα ήθελα λοιπόν να εκφράσω τη βαθύτατη ευγνωμοσύνη μου στην επιβλέπουσα καθηγήτριά μου για την ανάθεση του θέματος, την επίβλεψη και την ισχυρή υποστήριξή της κατά τη διάρκεια της διπλωματικής εργασίας μου. Την ευχαριστώ θερμά για την καθοδήγηση, την εμπιστοσύνη και την αφιέρωση πολύτιμου χρόνου που διέθεσε για την διεκπεραίωση της εργασίας αυτής.

Επίσης θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στο προσωπικό του Εργαστηρίου Οπλισμένου Σκυροδέματος του ΕΜΠ, για την πολύτιμη βοήθεια τους στη διενέργεια των εργαστηριακών μετρήσεων.

Ευχαριστώ πολύ το Δήμο Αιγίου για την άδεια εισόδου στο χώρο του κτηρίου καθώς και το προσωπικό της υπηρεσίας Τεχνικών Έργων του Δήμου για τον καθαρισμό του κτηρίου. Επίσης, ευχαριστώ πολύ το Τοπικό Αρχείο Αιγίου για την πρόσβαση που μου παρείχαν στα ιστορικά αρχεία και βοήθησαν με αυτόν τον τρόπο στην ολοκλήρωση της έρευνας που πραγματοποιήθηκε στην εργασία αυτή.

Ακολούθως θα ήθελα να ευχαριστήσω τους υπαλλήλους της Υπηρεσία Νεωτέρων Μνημείων και Τεχνικών Έργων Δυτικής Ελλάδας, Πελοποννήσου και Νοτίου Ιονίου για την πρόσβαση που μου παρείχαν στο Αρχείο τους.

Τέλος, εκφράζω τη βαθειά μου ευγνωμοσύνη στους γονείς μου για τη συνεχή ενθάρρυνση και συμπαράσταση που μου προσέφεραν όλα τα χρόνια της ακαδημαϊκής μου πορείας.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b> .....	1
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	5
<b>ABSTRACT</b> .....	7
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	9
1.1 Γενικές πληροφορίες .....	9
1.2 Σχέδια Πόλεως .....	11
1.3 Γενικά χαρακτηριστικά των κατοικιών της περιοχής.....	13
1.4 Υλικά και τρόπος δόμησης των κατοικιών .....	14
<b>2. ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ</b> .....	21
2.1 Θέση και περιβάλλον χώρος του κτηρίου.....	21
2.2 Ιστορικό του κτηρίου.....	24
2.3 Γεωμετρία και μορφή του κτηρίου .....	26
2.4 Φάσεις Κατασκευής και επεμβάσεις .....	26
2.5 Γενική περιγραφή του κτηρίου.....	29
2.6 Αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά όψεων .....	33
<b>3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ</b> .....	37
3.1 Κατακόρυφα στοιχεία.....	37
3.2 Οριζόντια στοιχεία .....	38
<b>4. ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ</b> .....	47
4.1 Εισαγωγή .....	47
4.2 Βόρεια εξωτερική όψη .....	48
4.3 Νότια εξωτερική όψη .....	50
4.4 Δυτική εξωτερική όψη.....	50
4.5 Ανατολική εξωτερική όψη .....	54
4.6 Νότια εσωτερική όψη.....	58
4.7 Βόρεια εσωτερική όψη .....	59
4.8 Ανατολική εσωτερική όψη .....	60
4.9 Δυτική εσωτερική όψη .....	64
4.10 Λοιπά στοιχεία .....	66
<b>5. ΤΡΟΠΟΣ ΔΟΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ</b> .....	69
5.1 Τρόπος δόμησης της τοιχοποιίας.....	69
5.2 Εργαστηριακές δοκιμές στα λιθосώματα και στα κονιάματα.....	71

5.2.1 Λιθοσώματα .....	71
5.2.2 Κονιάματα .....	72
5.3 Υπολογισμός της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας .....	73
<b>6. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ ΣΤΟ SAP2000 v16.0.0 .....</b>	<b>75</b>
6.1 Τύπος στοιχείων προσομοίωσης .....	75
6.2 Υλικά προσομοίωσης .....	75
6.3 Διαμόρφωση στηρίξεων .....	76
6.4 Συμβάσεις τοπικών αξόνων στοιχείων και διευθύνσεις των εντατικών μεγεθών .....	76
6.5 Προσομοίωμα ανάλυσης .....	78
<b>7. ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΒΑΛΛΟΜΕΝΑ ΦΟΡΤΙΑ .....</b>	<b>79</b>
7.1 Μέθοδος ανάλυσης.....	79
7.2 Υπολογισμός Φασματικής Επιτάχυνσης Σχεδιασμού .....	79
7.3 Επιβαλλόμενα Φορτία .....	81
<b>8. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΈΛΕΓΧΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ .....</b>	<b>83</b>
8.1 Αποτελέσματα ιδιομορφικής ανάλυσης .....	83
8.2 Οριζόντιες μετακινήσεις.....	84
8.3 Έλεγχος τοιχοποιίας έναντι οριακών καταστάσεων αστοχίας .....	88
8.3.1 Έλεγχος της τοιχοποιίας σε εκτός επιπέδου κάμψη με επίπεδο θραύσεως παράλληλο στους οριζόντιους αρμούς της (M <sub>22</sub> ) .....	88
8.3.2 Έλεγχος της τοιχοποιίας σε εκτός επιπέδου κάμψη με επίπεδο θραύσεως κάθετο στους οριζόντιους αρμούς της (M <sub>11</sub> ).....	93
8.3.3 Έλεγχος της τοιχοποιίας σε εντός επιπέδου διάτμηση .....	99
8.4 Έλεγχος συμφωνίας αποτελεσμάτων της ανάλυσης με την παθολογία του κτηρίου ..	106
8.4.1 Δυτική όψη .....	107
8.4.2 Βόρεια όψη .....	108
8.4.3 Ανατολική όψη .....	109
<b>9. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ .....</b>	<b>111</b>
9.1 Εισαγωγή .....	111
9.2 Τεχνικές επισκευής.....	111
9.3 Προτεινόμενες μέθοδοι ενίσχυσης του κτηρίου .....	112
9.3.1 Ενίσχυση της τοιχοποιίας με υδραυλικά ενέματα .....	112
9.3.2 Ανακατασκευή ξύλινης στέγης και ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας .....	114
9.4 Εφαρμογή των μεθόδων στο υπολογιστικό προσομοίωμα του κτηρίου και αποτελέσματα ανάλυσης .....	116

9.4.1 Αποτελέσματα ιδιομορφικής ανάλυσης .....	116
9.4.2 Έλεγχοι εντατικών μεγεθών .....	118
<b>10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	<b>127</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b> .....	<b>129</b>
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΚΑΙ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ .....	129
A1. ΛΙΘΟΣΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΙ .....	129
A.2 ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ .....	133
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	<b>139</b>





## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το περιεχόμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η αποτύπωση, η διερεύνηση και αποτίμηση της σεισμικής συμπεριφοράς, καθώς και η πρόταση επεμβάσεων αποκατάστασης στο διατηρητέο κτήριο «Στέμμα» της οδού Καποδιστρίου 4 στο Αίγιο.

Πρώτο στάδιο στην εκπόνηση της εργασίας αποτέλεσε η συλλογή στοιχείων αναφορικά με τα κατασκευαστικά στοιχεία και τους τρόπους δόμησης της περιόδου κατασκευής του κτηρίου. Ακολούθησε η αποτύπωση του φέροντα οργανισμού καθώς και των αρχιτεκτονικών στοιχείων της κατασκευής και η δημιουργία των αντίστοιχων σχεδίων. Η σημερινή κατάσταση και η παθολογία της κατασκευής αποτυπώθηκαν σε σχέδια όπου περιλαμβάνεται και φωτογραφική τεκμηρίωση αυτών.

Για την εκτίμηση των μηχανικών χαρακτηριστικών της τοιχοποιίας διενεργήθηκαν εργαστηριακές μετρήσεις στο Εργαστήριο Οπλισμένου Σκυροδέματος του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκαν δοκιμές σε θλίψη σε δείγματα φυσικών λίθων και οπτοπλίνθων του κτηρίου και μετρήσεις σε εφελκυσμό με την μέθοδο των θραυσμάτων σε δείγματα κονιάματος δόμησης.

Η διαμόρφωση του υπολογιστικού προσομοιώματος της υφιστάμενης κατασκευής, καθώς και της κατασκευής με τις προτεινόμενες επεμβάσεις, έγινε με τη χρήση του λογισμικού SAP2000 v16.0.0.

Η αξιολόγηση της φέρουσας ικανότητας του κτηρίου πραγματοποιήθηκε μέσω των αποτελεσμάτων της ανάλυσης. Έλεγχοι έναντι εντός επιπέδου διάτμησης και εκτός επιπέδου κάμψης πραγματοποιήθηκαν σε επιλεγμένες κρίσιμες διατομές.

Τέλος παρουσιάζεται πρόταση επεμβάσεων για την αποκατάσταση και τη σεισμική θωράκιση του κτηρίου. Για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας των προτεινόμενων επεμβάσεων πραγματοποιήθηκε ανάλυση και έλεγχοι στα σημεία που είναι ευάλωτα έναντι σεισμικών δράσεων στη σημερινή κατασκευή.



## ABSTRACT

The content of this thesis is the investigation and assessment of the seismic behaviour of the preserved building “*Στέμμα*” located in Str. Kapodistriou, 4 in the city of Aigio, as well as the proposal of possible repairing and strengthening techniques for the particular building.

An initial survey was conducted to assess the construction materials and techniques used during the period of the construction, in order to evaluate the characteristics and the structure of the building. This was followed by a complete description of the structural system and the architectural features of the structure. Additionally, designs and photographic documentation of the current condition and the pathology of the construction were generated.

The mechanical properties of mortar and stone of masonry were tested at the “Reinforced Concrete Laboratory” of the National Technical University of Athens, by measuring the compressive strength of stone and brick fragments and the tensile strength of the mortar.

SAP2000 v16.0.0 software was used for the configuration of the current building and the construction after the proposed interventions.

The condition of the building and its pathology were evaluated, based on the results of the software analysis. Moreover, tests were conducted in selected cross-sections to assume the resistance of the structure during in-plane shear stress and out-of-plane bending stress.

Finally, a proposal of the repairing and reconstruction techniques, required for the restoration and the strengthening of the building against earthquakes, is presented. In order to verify the effectiveness of the proposed interventions, areas vulnerable against earthquake actions were examined.



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Γενικές πληροφορίες

Το υπό μελέτη διατηρητέο κτήριο βρίσκεται στην περιοχή του Αίγιου. Το Αίγιο είναι μια πόλη που μετρά 3.500 χρόνια ύπαρξης και σε όλο τούτο το μακρόχρονο διάστημα δε μένει ούτε μια στιγμή ακατοίκητη. Ο οικισμός (ή πολεοδομική ενότητα) παραμένει στην ίδια θέση. Η κυρίως πόλη είναι οικοδομημένη σε βράχο (κροκαλοπαγή) που περιβάλλεται από εύφορες πεδιάδες και βρίσκεται σε ύψος 50 μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας.



**Εικ. 1.1:** Το Αίγιο (τότε Βοστίτσα) σε γκραβούρα του 17<sup>ου</sup> αιώνα.

Τα ευρήματα από την αρχαιότητα δεν είναι πολλά και είναι μάλλον διάσπαρτα γύρω από την πόλη. Προς την περιοχή της Δεξαμενής οι ανασκαφές αποκάλυψαν δύο ορθογώνια κτήρια του 500 π.Χ. και 400 π.Χ. αντίστοιχα.

Η ίδια ανασκαφή επιβεβαίωσε επίσης την ύπαρξη ενός νεκροταφείου των κλασσικών χρόνων βορειοδυτικά του ίδιου σημείου, ενώ στην πλατεία Υψηλών Αλωνίων (την κεντρική πλατεία της πόλης) ανακαλύφθηκαν τάφοι από την μυκηναϊκή εποχή.

Προς τη θάλασσα δύο ακόμη νεκροταφεία (ένα ελληνιστικό και ένα ρωμαϊκό) ήρθαν επίσης στο φως.

Τα σημαντικά αρχαία κτίσματα της πόλης, που αναφέρει λεπτομερειακά ο Πausanias, καταστράφηκαν από τους αλληπάλληλους σεισμούς, αλλά και από τους Ρωμαίους και τους λοιπούς κατακτητές. Αρχαιολογικά ευρήματα από το Αίγιο και την Αιγιάλεια φυλάσσονται σήμερα στο Αρχαιολογικό Μουσείο της πόλης.

Στο Αίγιο εξαιτίας της ανθηρής οικονομικής κατάστασης, που οφείλεται σχεδόν αποκλειστικά στο εμπόριο της περίφημης μαύρης σταφίδας που φέρει την ονομασία “Vostizza”, που παρήγαγε η περιοχή, κατασκευάστηκαν πολλά όμορφα νεοκλασσικά κτήρια, δημόσια και ιδιωτικά, και ναοί κατά το τέλος του 19ου αιώνα και τις αρχές του 20ου.

Το μεγαλύτερο μέρος από τα αξιολογότερα οικοδομήματα αυτού του είδους διασώθηκε από τους καταστρεπτικούς σεισμούς και ιδίως απ' αυτόν της 15ης Ιουνίου του 1995. Κάποια ωστόσο κατεδαφίστηκαν στα τέλη του 1960 και στη δεκαετία του 1970, πριν προλάβουν να χαρακτηριστούν διατηρητέα.

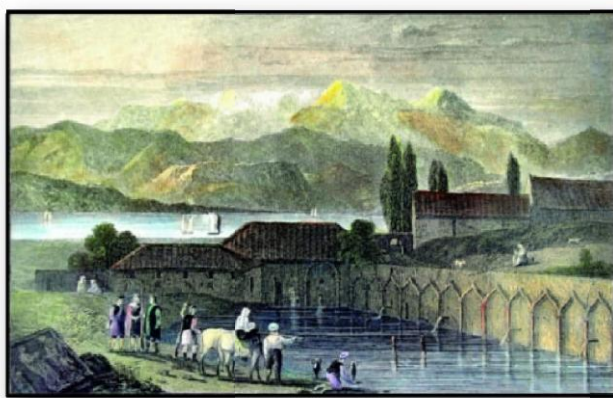
Αξιόλογο διατηρητέο κτήριο είναι το νεοκλασικό μέγαρο Παναγιωτόπουλου (1857 – 1860) το οποίο διαθέτει υπέροχες τοιχογραφίες στο εσωτερικό του, ενώ αποτελεί ένα σπουδαίο δείγμα νεοκλασικής αρχιτεκτονικής.



**Εικ. 1.2:** Σημερινή άποψη του αρχοντικού μεγάρου της οικογένειας Παναγιωτοπούλων.

Άλλα σημαντικά αξιοθέατα του Αιγίου είναι το Αρχαιολογικό μουσείο το οποίο κτίστηκε το έτος 1890 από τον διάσημο αρχιτέκτονα Γσίλερ, το Δημαρχιακό Μέγαρο, το κτίριο του Ιστορικού και Λαογραφικού Μουσείου και πολλά ακόμα.

Το τμήμα του Αιγίου που προσελκύει περισσότερο τους επισκέπτες της πόλης είναι το παλιό τμήμα της πόλης στο οποίο συναντάμε στοιχεία της χαρακτηριστικής αρχιτεκτονικής των αρχών του 20ου αιώνα, καθώς και η παραλία από το σιδηροδρομικό σταθμό (που αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα της αρχιτεκτονικής σιδηροδρόμων των αρχών του 20<sup>ου</sup> αιώνα) ως την εκκλησία της Παναγίας της Τρυπητής, όπου εκεί διακρίνονται οι παλαιές σταφιδαποθήκες και το παλιό εργοστάσιο χαρτοποιίας.



**Εικ. 1.3:** Παραλία 12 βρύσες (γκραβούρα), 1820

Οι εντυπωσιακές παλαιές σταφιδαποθήκες, οι οποίες σήμερα έχουν μετατραπεί σε πολυτελείς καφετέριες, αλλά και το παλιό εργοστάσιο χαρτοποιίας είναι

χαρακτηριστικά παραδείγματα της βιομηχανικής αρχιτεκτονικής από την αρχή του προηγούμενου αιώνα και αποτελούν βιομηχανικό μνημείο.



**Εικ. 1.4:** Άποψη της σταφίδαποθήκης του Ανδρέα Πετρόπουλου στα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα.

## 1.2 Σχέδια Πόλεως

Το 1836 γίνεται η πρώτη απόπειρα να εγκριθεί σχέδιο πόλεως (Εικ.1.5). Η ρυμοτομία που σχεδιάστηκε, δεν έλαβε υπ' όψη της την κατάσταση που υπήρχε, κι έτσι το σχέδιο αυτό ποτέ δεν εφαρμόστηκε.



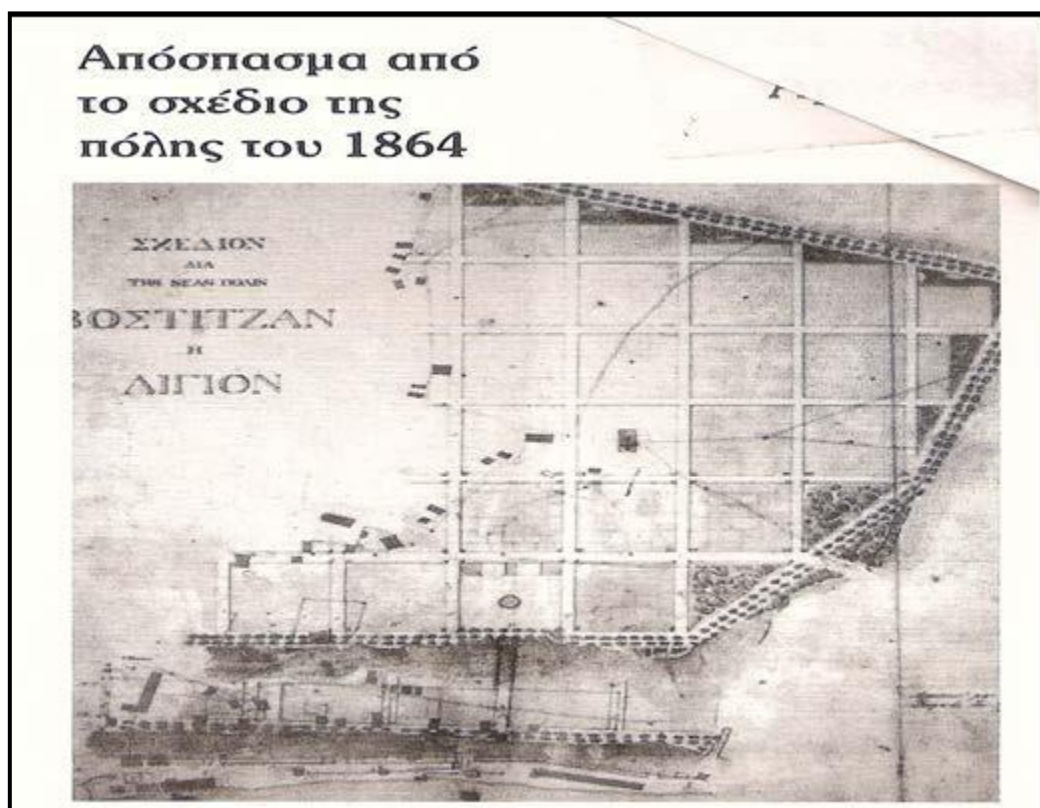
**Εικ. 1.5:** Το πρώτο σχέδιο της πόλης του 1836

Αργότερα, μετά το σεισμό που έπληξε την πόλη το 1861 και κατέστρεψε όλα σχεδόν τα σπίτια της, γίνεται αποτύπωση των δρόμων, χαράσσεται νέο ρυμοτομικό και εγκρίνεται το πρώτο σχέδιο πόλης. Είναι μια πρόταση αρκετά ρεαλιστική.

Σύμφωνα μ' αυτή διαπλατώνονται οι δρόμοι στο ιστορικό κέντρο της πόλης (από Κανελλοπούλων μέχρι την οδό Παναγιωτοπούλων), ενώ ταυτόχρονα διανοίγονται νέοι δρόμοι, πλάτους δέκα μέτρων (από την οδό Παναγιωτοπούλων μέχρι την οδό Σολωμού) εκεί όπου υπήρχαν μόνο χωράφια.

Η εφαρμογή όμως του σχεδίου αυτού προκαλεί αντιδράσεις στους θιγόμενους οικοπεδούχους, οι οποίοι καταφέρνουν να επιβάλουν περισσότερες από πενήντα τροποποιήσεις με αποτέλεσμα να αλλοιώσουν το αρχικό σχέδιο.

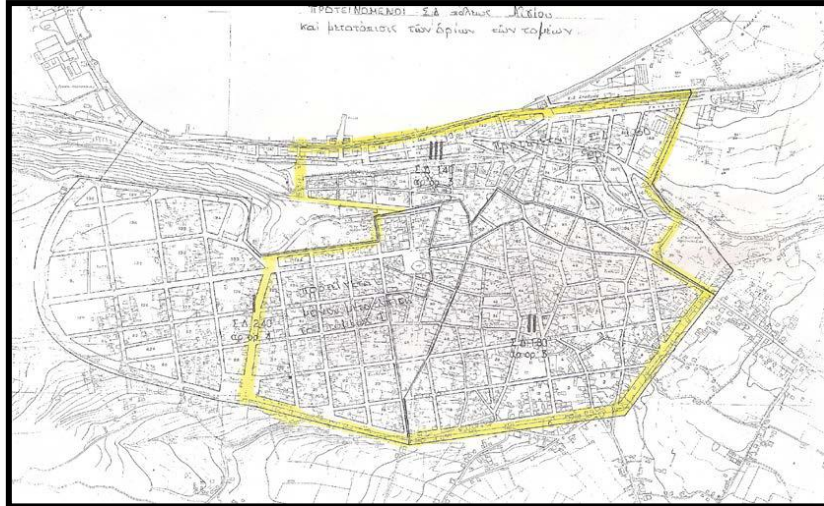
Με βάση το σχέδιο πόλεως του 1864 (Εικ.1.6) και με τις τροποποιήσεις που αυτό υπέστη και ισχύει μέχρι σήμερα, κτίστηκε η πόλη και διαμορφώθηκαν οι κοινόχρηστοι χώροι (δρόμοι, πλατείες).



**Εικ. 1.6:** Απόσπασμα σχεδίου 1864

Το νέο σχέδιο πόλεως που ισχύει από το 1867 με τις τροποποιήσεις μέχρι και σήμερα περιέχει το κεντρικό τμήμα που οριοθετείται από τις οδούς Ρήγα Φεραίου – Κανελλοπούλου – Ζωοδόχου Πηγής – Μιαούλη – Πausανίου (σιδηροδρομική γραμμή) – Σολωμού – Ρήγα Φεραίου (Εικ.1.7). Εντός του ανωτέρου σχεδίου πόλεως βρίσκεται και το υπό μελέτη διατηρητέο κτήριο. Εν συνεχεία έγινε επέκταση του σχεδίου πόλεως στα δυτικά.





**Εικ. 1.7:** Σχέδιο πόλης του Αιγίου εντός του οποίου βρίσκεται το υπό μελέτη κτήριο.

### 1.3 Γενικά χαρακτηριστικά των κατοικιών της περιοχής

Η καλή οικονομική κατάσταση της περιοχής, με κύριο μοχλό την άριστης ποιότητας σταφίδα, στα τέλη του 19<sup>ου</sup> και αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα έχει ως αποτέλεσμα την ανοικοδόμηση σημαντικών κτηρίων. Οι πλούσιοι Αιγιώτες, κυρίως σταφιδέμποροι, κτίζουν αρχοντικές κατοικίες, ενώ και η ανοικοδόμηση δημοσίων κτηρίων είναι σημαντική. Από αυτά ξεχωρίζουν η Δημοτική κρεαταγορά (σημερινό Αρχαιολογικό Μουσείο) έργο του Ε. Τσίλερ, το Δημοτικό Νοσοκομείο, το Δημαρχείο, το κτήριο της Βιβλιοθήκης, οι εκκλησίες της Φανερωμένης και των Εισοδίων, επίσης έργα του Ε. Τσίλερ, η εκκλησία των Ταξιαρχών και του Αγ. Ανδρέου. Την ίδια αυτή περίοδο ανοικοδομούνται περισσότερα από εκατό αρχοντικά, όλα διώροφα, εκτός από του Παναγιωτόπουλο που είναι τριώροφο. Το ισόγειο των κτηρίων χρησιμοποιείται κυρίως ως κατάστημα, ενώ στον όροφο βρίσκεται η κατοικία του ιδιοκτήτη.

Τα περισσότερα διαθέτουν και υπόγειο, που χρησιμοποιείται σαν αποθήκη του καταστήματος ή της κατοικίας ή πολλές φορές είναι και ανεξάρτητο κατάστημα.

Πολλά κτήρια διαθέτουν και σοφίτα που συνήθως διαμένει το υπηρετικό προσωπικό.

Για την ανέγερση των αρχοντικών τους οι πλούσιοι μεγαλέμποροι της πόλης χρησιμοποιούν για πρώτη φορά νέους, ακαδημαϊκά καταρτισμένους αρχιτέκτονες. Έτσι ο ρυθμός υπαγορεύεται από τους αρχιτέκτονες και παρ' όλο που η παραδοσιακή τοπική αρχιτεκτονική εξακολουθεί να επηρεάζει την μορφολογία των κτηρίων, κυριαρχεί ο μορφολογικός εκλεκτικισμός αλλά και η επίδραση σύγχρονων αρχιτεκτονικών ρευμάτων. Τελικά η αρχιτεκτονική που επικρατεί είναι "κράμα" όπου αναμειγνύονται διάφοροι παράμετροι που διέπουν το σχεδιασμό της κατοικίας: άνεση, ορθές αναλογίες, ρυθμός, χρώμα, αρμονία και υφή των υλικών, πολυτέλεια, ισορροπημένη ελευθερία, αποφυγή περίπλοκων κατόψεων κ.ά.

Μερικά αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά των κτηρίων αυτών είναι:

- Μικροί εξώστες από λευκό μάρμαρο και περίτεχνα κιγκλιδώματα.
- Μπαλκονόπορτες και παράθυρα, ξύλινα ταμπλαδωτά, σκαλιστά θυρώματα με τραβηχτά υπέρθυρα και επίστεψη.

- Κορνίζες, γείσα, αετώματα στολισμένα κάτω από τη στέγη στις όψεις του κτιρίου.
- Ξύλινη στέγη με βυζαντινά κεραμίδια και ακροκέραμα.
- Περίτεχνα γύψινα με ελικοειδείς γιρλάντες και κομψές συνθέσεις που διακοσμούν τους εσωτερικούς τοίχους και τις οροφές.
- Νέα χρώματα κάνουν την εμφάνισή τους με έντονες αντιθέσεις που δηλώνουν τη χρήση των χώρων.
- Εσωτερικές πόρτες από στιλβωμένο ξύλο με 4 ή 6 ταμπλάδες στο θύρωμα με στυλιζαρισμένα υπέρθυρα, κορνίζες, φρίζες, παραστάδες κ.λ.π. τονίζουν την πολυτελή επίπλωση των δωματίων.

Από τα αρχοντικά της πόλης του Αιγίου τα περισσότερα κατεδαφίστηκαν τη δεκαετία του '70 πριν προλάβουν να χαρακτηριστούν διατηρητέα, θύματα στο βωμό της ανοικοδόμησης. Από αυτά που έχουν διασωθεί αρκετά αναπαλαιώθηκαν μετά τον καταστρεπτικό σεισμό του 1995 ενώ παραμένουν και αρκετά εγκαταλελειμμένα από τους ιδιοκτήτες τους περιμένοντας την κατάρρευσή τους από τη φυσιολογική φθορά του χρόνου.

#### **1.4 Υλικά και τρόπος δόμησης των κατοικιών**

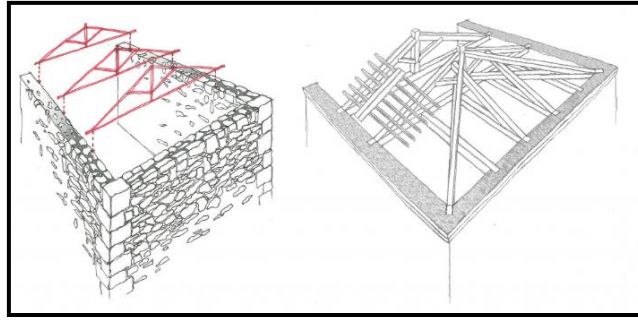
Τα υλικά που χρησιμοποιούσαν οι τεχνίτες ήταν η πέτρα, και δη τα σχιστολιθικά πετρώματα, οι οπτόπλινθοι, το ξύλο, ο ασβέστης, η άμμος και το χώμα που μπορούσε να μετατραπεί σε λάσπη και σε πηλό. Βέβαια ήταν απαραίτητη και η χρήση υλικών όπως το μάρμαρο, που αντανάκλυνε την αίγλη όχι μόνο του οικήματος, αλλά και του ιδιοκτήτη του. Με την τοποθέτηση του σε επιλεγμένα σημεία, λαμβάνοντας υπόψη και τον μεγάλο ανταγωνισμό μεταξύ των ιδιοκτητών όλων των νεοκλασικών, αναδεικνύονταν και τονίζονταν περισσότερο η οικονομική και κοινωνική θέση του κτήτορα. Όμως οι τεχνίτες δεν παρέβλεψαν τις αρχιτεκτονικές λεπτομέρειες, οι οποίες και αποτέλεσαν έναν από τους πλέον εμφανείς λόγους θαυμασμού μας για αυτά τα κτήρια. Έτσι παρατηρούμε πως τα υλικά που χρησιμοποιούν αξιοποιούνται αισθητικά και δεν παραμένουν τα απλά οικοδομικά υλικά που είναι αρχικά, γιατί δέχονται ειδική επεξεργασία.

Τρόποι δόμησης των κατοικιών (μέσα 18<sup>ου</sup> έως αρχές 19<sup>ου</sup> αιώνα):

##### **❖ Φέροντα στοιχεία**

##### Στέγη – δώμα

Στα λαϊκά σπίτια συνηθέστερη είναι η ύπαρξη του δώματος. Στις κατοικίες εύπορων οικογενειών υιοθετείται ξύλινη στέγη με κεραμίδια. Και στις δύο περιπτώσεις οι δύο παράλληλες λιθοδομές συνδέονται με κυπαρισσόξυλα. Οι κορμοί των έξω κυπαρισσόξυλων τοποθετούνταν παράλληλα μεταξύ τους σε διαστήματα περίπου του μισού μέτρου. Η στέγαση των οικοδομών που γίνονταν με ξύλινες κεραμοσκεπάστες στέγες δεν έχουν καμία αξιοσημείωτη ιδιοτυπία. Οι στέγες είναι συνήθως δίριχτες ή ακόμα τρίριχτες ή τετράριχτες ανάλογα με τη θέση της κατασκευής και αποτελούνται από τριγωνικά ζευκτά, τεγίδες, σανίδωμα και κεραμίδια.



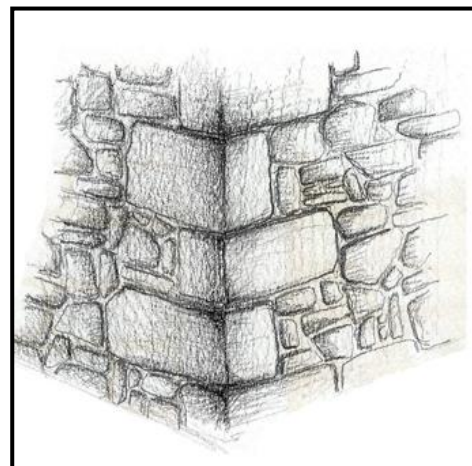
**Εικ. 1.8:** Τυπικό κατασκευαστικό σχέδιο στέγης.

### Πατώματα

Τα πατώματα στα κτήρια ήταν ξύλινα και κατασκευάζονταν για τον οριζόντιο διαχωρισμό των επιπέδων, όταν ήταν εσωτερικά, και για την πλήρωση των δαπέδων των εξωστών, όταν επρόκειτο για εξωτερικά. Το άνοιγμα γεφυρώνεται από ξύλινες δοκούς οι οποίες τοποθετούνται εγκάρσια ως προς τον μεγάλο άξονα του κτηρίου από τοίχο σε τοίχο. Οι δοκοί αυτοί εδράζονται στην τοιχοποιία είτε απευθείας είτε μέσω διαμήκους δοκού που εξασφαλίζει τη σωστή κατανομή των φορτίων στον τοίχο. Σε ορισμένες περιπτώσεις, πάνω από τις κύριες δοκούς τοποθετούνται δευτερεύοντες δοκοί..

### Τοιχοποιίες

Οι τοίχοι γίνονταν από αργολιθοδομή και ήταν τις περισσότερες φορές επιχρισμένοι. Συχνά εμφανίζεται μικτή τοιχοποιία από τούβλα και πέτρα συλλεκτή. Για το χτίσιμο των τοίχων ακολουθούνταν και τότε, όπως και σήμερα η ίδια μέθοδος, δηλαδή η χρήση οριζόντιων βοηθητικών νοητών γραμμών, τα λεγόμενα «σαβάκια», ή όπως αλλιώς αναφέρονται ως «ντουζένια». Αυτά συνήθως είχαν μέσο ύψος 15-25 εκατοστά. Λαξευτοί λίθοι από ασβεστόλιθο ή πωρόλιθο χρησιμοποιούνταν συνήθως σε ορισμένα τμήματα της οικοδομής σε μεγαλύτερη ή μικρότερη έκταση, ανάλογα με τον πλούτο της, για να διακοσμήσουν ή να κάνουν επιβλητικότερη την συνήθως απλή επιχρισμένη πρόσοψη. Οι γωνίες των κτηρίων, είναι συνήθως κατασκευασμένες με λαξευτούς γωνιόλιθους για λόγους στερεότητας.



**Εικ. 1.9:** Χρήση εξισωτικών στρώσεων οπτοπλίνθων. **Εικ. 1.10:** Γωνιόλιθοι.

## Εξώστες

Όσον αφορά στα μπαλκόνια ενός κτηρίου είναι συνήθως φτιαγμένα από μάρμαρο, διακοσμημένα με επίσης μαρμάρινα φουρούσια ή σιδεριές, τα οποία φέρουν πλούσιο διάκοσμο. Το σχήμα τους είναι κυρίως ορθογωνικό.



**Εικ. 1.11:** Εξώστης στο αρχοντικό του Βάβαλη. **Εικ. 1.12:** Εξώστης στο Μέγαλο Πολυχρονιάδη.

## ❖ Μη φέροντα στοιχεία

### Δάπεδα

Τα δάπεδα των ορόφων ήταν πάντα ξύλινα. Το σανίδωμα στηρίζονταν συνήθως απ' ευθείας σε πυκνές σειρές δοκαριών. Τα πατώματα αυτά μπορούσαν να μείνουν εμφανή ή να καλυφθούν πάλι από σανίδες σχηματίζοντας επίπεδες οροφές. Το ξύλο που χρησιμοποιούνταν συνήθως γι' αυτές τις κατασκευές ήταν το έλατο και το κυπαρίσσι.



**Εικ. 1.13:** Ξύλινο δάπεδο ορόφου.

## Κουφώματα

Τα κουφώματα είναι ξύλινα. Τα χρώματα των κουφωμάτων ήταν συνήθως καφέ και πράσινα.



**Εικ. 1.14:** Ξύλινα πράσινα κουφώματα στο Αρχοντικό Μέγαρο της οικογένειας Πολυχρονιάδη.

## Παράθυρα

Τα παράθυρα στους ορόφους είναι ορθογώνια, με αναλογίες όμως πιο επιμήκειες από 1:1.5 έως 1:2 και με αρκετή ποικιλία στην έκφραση των λεπτομερειών τους. Στα εξώφυλλα των παραθύρων επικρατεί ο λεγόμενος «γαλλικός τύπος», ο οποίος τοποθετείται με μεταλλική στήριξη πάνω στο πλαίσιο και σταθεροποιείται με μεταλλικά ανεμοστηρίγματα πακτωμένα στον τοίχο. Χρησιμοποιούνται επίσης και καρφωτά φύλλα αλλά και φύλλα με μορφή ταμπλαδοτή. Τέλος, στους κάτω ορόφους εάν υπάρχουν παράθυρα προστατεύονται με ένα επιπρόσθετο στοιχείο, τις «σιδεριές».



**Εικ. 1.15:** Εξώφυλλα «γαλλικού τύπου» στο αρχοντικό του Βασιλόπουλου



**Εικ. 1.16:** Παρατηρούνται σιδεριές στα καταστήματα του ισογείου στο Αρχοντικό του Βούλγαρη.

### Πόρτες

Διακρίνουμε κατά κανόνα δύο εισόδους στα κτήρια. Η κεντρική πόρτα είναι περισσότερο προσεγμένη, μεγαλύτερη σε ύψος και πλάτος από τις εσωτερικές ενώ δεν ήταν λίγες οι φορές που έφερε αέτωμα στην κορυφή ή και παραστάδες περιμετρικά της.



**Εικ. 1.17:** Η εξώπορτα της οικίας του Μπέσκου και η ροζέτα με τη χρονολογία κατασκευής.

### Σκάλες

Οι σκάλες αποτελούν τμήμα των κατασκευών με ιδιαίτερη λειτουργικότητα και αισθητική. Όσον αφορά στους τύπους μιας σκάλας χωρίζονται στις εξωτερικές – αυτές που οδηγούν στην κεντρική είσοδο, οι σκάλες κινδύνου και οι κοινόχρηστες – και οι εσωτερικές, οι οποίες μπορεί να ενώνουν ορόφους ή επίπεδα ή να δίνουν πρόσβαση σε πατάρι. Επίσης, οι σκάλες ανάλογα με την κάτοψη τους διακρίνονται σε ευθύγραμμο σχήμα, γάμμα (Γ), πι (Π), κυκλικές, ελλειψοειδές και ημικυκλικές.

Ξύλινες ήταν οι σκάλες των νεοκλασικών σπιτιών που οδηγούσαν στους επάνω ορόφους καθώς και στους βοηθητικούς χώρους. Οι ξύλινες δίνουν μια ζεστασιά στο χώρο και αποτελούσαν πάντα μια διαχρονική λύση, ενώ φημίζονται για την ανθεκτικότητά τους. Οι κύριες όμως σκάλες, όπως αυτές της εισόδου ήταν μαρμάρινες και πακτώνονταν στη μια άκρη του τοίχου. Οι ορθοστάτες και οι κουπαστές είχαν διάφορα σχέδια εμπνευσμένα από τη φύση και την αρχαιότητα.

### Κιγκλιδώματα

Οι φεγγίτες των θυρωμάτων εισόδου, τα παράθυρα του ισογείου και οι εξώστες φράσσονται με ελαφρά μεταλλικά κιγκλιδώματα που εμφανίζουν μεγάλη ποικιλία σχεδίων. Τα περισσότερα είναι συνήθως σφυρήλατα. Η διατομή των σφυρήλατων είναι κυκλική ή ορθογωνική και πιο λεπτή. Τα θέματά τους είναι απλά ανεικονικά χωρίς την μνημειακότητα των παραστάσεων των όψιμων αθηναϊκών. Συντίθενται κυρίως με γεωμετρικά σχήματα ευθειογενή ή καμπύλα.



**Εικ. 1.18:** Το Αρχοντικό του Αργυράκη. Διακρίνονται οι φεγγίτες των θυρωμάτων του ισογείου με μεταλλικά κιγκλιδώματα.

### Επίστεψη

Το γείσο που τονίζει τη στέψη του κτηρίου είναι συνήθως ανάλογο αλλά πολύ πιο ευμεγεθές από των ανοιγμάτων και μπορεί να εμφανίζει μεγαλύτερο μορφολογικό πλούτο. Κάτω από το γείσο μπορεί να διαμορφώνεται μία συνεχής ζωφόρος.



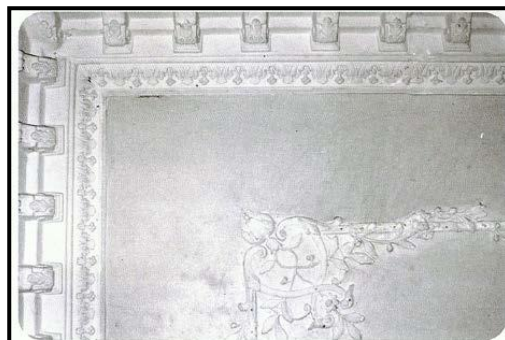
**Εικ. 1.19:** Η στέψη της οικίας του Σταθακόπουλου. Παρατηρείται πλούσιος μορφολογικός διάκοσμος.

## Επιχρίσματα

Το επίχρισμα στα περισσότερα κτήρια αποτελούταν από δύο στρώσεις κονιάματος (κατά το πλείστον ασβέστης και άμμος) και ο λόγος της χρήσης του δεν είχε μόνο αισθητική παρέμβαση, αλλά πραγματοποιούνταν κυρίως για την απομόνωση της υγρασίας. Το χρώμα των εξωτερικών και των εσωτερικών επιχρισμάτων είναι η ώχρα, το γαλάζιο και το λευκό.

## Εσωτερικές διακοσμήσεις

Οι εσωτερικές διακοσμήσεις των αρχοντικών μεγάρων είναι μπαρόκ, εποχής Λουδοβίκων 14ου και 16ου αιώνα. Τα διακοσμητικά αυτά μοτίβα εμπνέονται από τα αντίστοιχα της μπαρόκ φάσης της ευρωπαϊκής αρχιτεκτονικής. Τα μοτίβα αυτά αντιστοιχούν στην αισθητική της τελευταίας φάσης του νεοκλασικού ρυθμού, από το 1900 και μετά.



**Εικ. 1.20:** Ξύλινη & γύψινη διακόσμηση αντίστοιχα σε οροφή του Αρχοντικού του Ευθυμίου Γάτου.



**Εικ. 1.21:** *αριστερά:* Διακοσμημένη οροφή του Αρχοντικού Μεγάρου της οικογένειας Παναγιωτόπουλων, *δεξιά:* Διακόσμηση της οροφής του κεντρικού σαλονιού του ίδιου Αρχοντικού.



## ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ

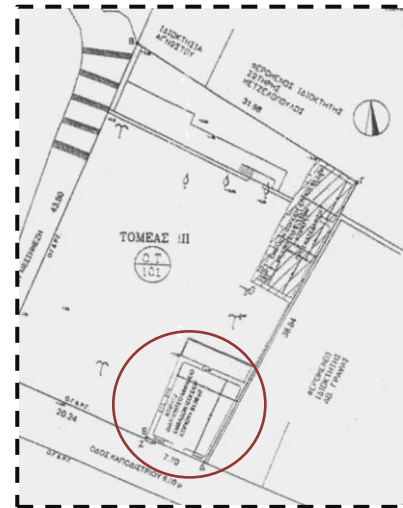
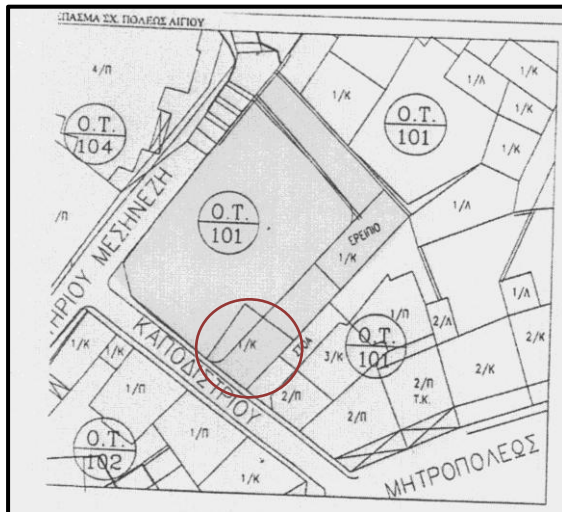
### 2.1 Θέση και περιβάλλον χώρος του κτηρίου

Το υπό μελέτη κτήριο βρίσκεται στην οδό Καποδιστρίου 4 στην πόλη του Αιγίου. Το κτήριο εφάπτεται στη νότια όψη του με άλλο γειτονικό κτήριο μεγαλύτερου ύψους. Η κεντρική είσοδος του είναι στη δυτική όψη στο “Στενό του Σταυρουλόπουλου”, όπως λεγόταν τότε η σημερινή οδός Καποδιστρίου, ενώ πρόσβαση υπάρχει και από την ανατολική όψη.



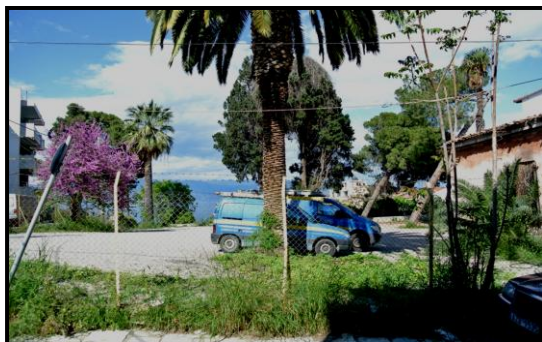
**Εικ. 2.1:** Το διατηρητέο σήμερα (δυτική όψη-πρόσοψη)

Το οικόπεδο, 1233.48 τ.μ., το οποίο βρίσκεται η κατασκευή είναι γωνιακό με πρόσωπο στην οδό Καποδιστρίου και Μεσσηνέζης στο Ο.Τ. 101 του εγκεκριμένου ρυμοτομικού σχεδίου πόλεως Αιγίου. Το οικόπεδο καταλαμβάνει το βορειοδυτικό τμήμα του Ο.Τ. Η σύσταση του εδάφους είναι γαιώδης και το έδαφος μορφολογικά χαρακτηρίζεται επικλινές. Σημειώνεται ότι το νότιο τμήμα του οικοπέδου επιφάνειας 200 m<sup>2</sup> βρίσκεται σε χαμηλότερη στάθμη από την υπόλοιπη επιφάνεια του οικοπέδου με υψομετρική διαφορά 1.00m.



**Εικ. 2.2:** Τοπογραφικό διάγραμμα περιοχής

Επίσης το οικοπέδο που περιβάλλει το διατηρητέο έχει απεριόριστη θέα προς τον Κορινθιακό και απέχει μόνο τριάντα μέτρα από τον κεντρικότερο δρόμο της πόλης που είναι η οδός Μητροπόλεως και περίπου εκατόν πενήντα μέτρα από την κεντρική πλατεία του Αγίου την πλατεία Αγίας Λαύρας.



**Εικ. 2.3 & 2.4:** Η θέα του οικοπέδου στη θάλασσα (φωτογραφίες του κ. Λεωνίδα Μαυρουδλή)



**Εικ. 2.5:** Το διατηρητέο με το οικοπέδό του (φωτογραφία του κ. Λεωνίδα Μαυρουδλή, 2013)



Εικ. 2.6: Αεροφωτογραφία της ευρύτερης περιοχής του κτηρίου

Στην ευρύτερη περιοχή βρίσκονται κτήρια μεγάλης πολιτισμικής σημασίας όπως ναοί, αρχοντικά και δημόσια κτήρια.

**Ιερός ναός Φανερωμένης Αιγίου:** Η μητροπολιτική εκκλησία θεμελιώθηκε το 1899 σε σχέδια του Γερμανού αρχιτέκτονα Ερνέστου Τσίλλερ. Ο ναός αποτελεί αρχιτεκτονικό μνημείο της πόλης. Εκτός από το ναό και ο περίβολος έχει χαρακτηριστεί ιστορικός γιατί εκεί συνήρχετο η εκκλησία των πολιτών Αιγίων. Επίσης στο περίβολο υπάρχει και ο τάφος και το μνημείο του Ανδρέου Λόντου. Ο ναός της Φανερωμένης αντιπροσωπεύει έναν από τους σημαντικότερους ρυθμούς της εκκλησιαστικής αρχιτεκτονικής, τον εγγεγραμμένο σταυροειδή μετά τρούλου. Η κάτοψη του ναού της Φανερωμένης αφήνει να προβληθούν τα τέσσερα πλάγια κλίτη στη συμβολή των οποίων εγγράφεται ο τρούλος. Το δυτικό κλίτος είναι πιο επίμηκες από τα υπόλοιπα, σχηματίζοντας ελληνικό σταυρό και ενισχύοντας το πομπικό και δρομικό στοιχείο στο εσωτερικό του ναού.

**Δημοτική αγορά Αιγίου:** Μετά τα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα, στο πλαίσιο της μεγάλης οικονομικής άνθησης που η Πελοπόννησος γνωρίζει εξαιτίας της ακμής του εμπορίου της σταφίδας, κτίζεται το 1890 από τον Τσίλλερ η Δημοτική Αγορά στην πόλη του Αιγίου. Η Δημοτική Αγορά του Αιγίου ακολουθεί τη νεοκλασική μορφολογία. Τα καταστήματα αναπτύσσονται εσωτερικά γύρω από ορθογώνιο αίθριο, υπάρχουν όμως και δέκα εξωτερικά. Οι προπελάσεις βρίσκονται κατά μήκος του μεγάλου άξονα στις στενές πλευρές του οικοδομήματος. Η κατωφέρεια του δρόμου και το ασύμμετρο του οικοπέδου έδωσαν στον Τσίλλερ το έναυσμα να εγκαταλείψει την αυστηρή

συμμετρία και να επιχειρήσει μια πιο ελεύθερη σύνθεση. Σήμερα στεγάζεται το Αρχαιολογικό Μουσείου Αιγίου.

**Αρχοντικό Μέγαρο της οικογένειας Παναγιωτόπουλων:** Το αρχοντικό των Παναγιωτόπουλων βρίσκεται στο κέντρο της πόλης και στη συμβολή των οδών Μητροπόλεως και Παναγιωτοπούλων. Πρόκειται για ένα εκπληκτικά καλοδιατηρημένο νεοκλασικό το οποίο εδώ και χρόνια έχει περιέλθει στην κατοχή του Δήμου Αιγίου. Το μοναδικό τριώροφο αυτό μέγαρο στο Αίγιο ξεκίνησε να κατασκευάζεται από τον Σωτήριο Παναγιωτόπουλο το έτος 1857 σε σχέδια του Παναγιώτη Κάλκου και ολοκληρώθηκαν οι εργασίες του το 1860. Το 1859 για τη διακόσμηση του κτηρίου προσκλήθηκαν Ιταλοί καλλιτέχνες, πιθανόν από την ιταλική παροικία της Πάτρας όπου μεγάλος αριθμός αρχοντικών της πόλης αυτής, στολίστηκαν με τη δική τους δεξιοτεχνία. Σύμφωνα με μια άλλη εκδοχή, οι Ιταλοί καλλιτέχνες ήταν μεταξύ εκείνων που εργάστηκαν στη διακόσμηση των Παλαιών Ανακτόρων στη σημερινή Βουλή. Η εξωτερική αίσθηση που δίνει το τριώροφο κυβόσχημο αρχοντικό είναι αυστηρότατη, σχεδόν δωρική, ταυτόσημη με την γενικότερη αισθητική στάση της εποχής που χτίζονταν το αρχιτεκτόνημα αυτό, στη δεκαετία του 1860, στην καρδιά δηλαδή της κλασικής φάσης της νεοκλασικής αρχιτεκτονικής. Η μνημειακότητα του κτηρίου είναι εμφανής σε κάθε επί μέρους στοιχείο του, λειτουργικό και διακοσμητικό.

**Ιστορικό και Λαογραφικό Μουσείο Αιγίου (Παλαιό 4ο Δημοτικό Σχολείο):** Διώροφο από πέτρα κτήριο, με πάχος τοίχου ενός μέτρου και μεγάλα παράθυρα, που η οικοδόμησή του ανάγεται στα πρώτα μετεπαναστατικά χρόνια (1830 περίπου). Αρχικά ήταν οικία του πρώτου δημάρχου Αιγίου Αναστασίου Λόντου.

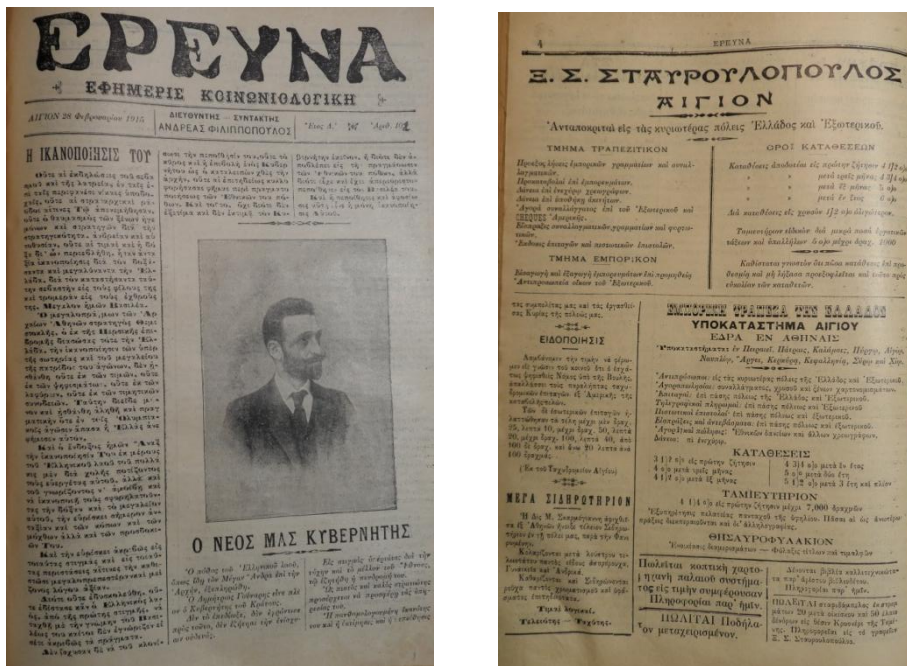
## 2.2 Ιστορικό του κτηρίου

Το υπό μελέτη κτήριο χτίστηκε από τον πλούσιο σταφιδέμπορο και τραπεζίτη Ξενοφώντα Σωτηρίου Σταυρουλόπουλο, στο οικοπέδο που αγόρασε στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα από τον Ιωάννη Σωτηριάδη, γιο του Σωτηρίου Ιωάννου. Ο Ξενοφών Σταυρουλόπουλος έχτισε στο ίδιο οικοπέδο την κατοικία του και συνεχόμενη στο πίσω μέρος του οικοπέδου σειρά ισογείων κτισμάτων που χρησίμευαν για γραφεία των σταφιδεμπορικών και των άλλων επιχειρήσεών του. Από τα κτήρια αυτά, σώζεται στις μέρες μας μόνο το υπό μελέτη κτήριο, γνωστό ως το “Στέμμα”.



**Εικ. 2.7:** Φωτογραφία του 1970 (Εστιατόριο “το Στέμμα” του Δ. Τριανταφύλλη)

Όπως πληροφορούμαστε από την εφημερίδα ‘ΕΡΕΥΝΑ’ (Αίγιο, 28 Φεβρουαρίου 1915, Έτος Δ αρ. φύλλου 101), οι τραπεζικές και εμπορικές εταιρείες του Σταυρουλόπουλου, είχαν ανταποκριτές στις κυριότερες πόλεις της Ελλάδας, αλλά και σε σημαντικά κέντρα του εξωτερικού.



Εικ. 2.8: Εφημερίδα ‘ΕΡΕΥΝΑ’ αρ. φύλλου 101, 28/02/1915

Αργότερα, οι κληρονόμοι του, το νοίκιασαν στην νεοϊδρυθείσα τότε “Τράπεζα Εθνικής Οικονομίας” για τη στέγαση του υποκαταστήματός της. Για μικρό χρονικό διάστημα λειτούργησε η τράπεζα αυτή στο Αίγιο, με υπαλλήλους, τους Πάνο Κ. Σακελλαρόπουλο, το γνωστό Σακελλαριά, το Νικόλαο Ι. Μαριολόπουλο και την Ιωάννα Κων. Αναστασοπούλου ή Παραστατοπούλου.

Αργότερα, το σύνολο του οικοπέδου ήταν ιδιοκτησία του Οργανισμού Τηλεπικοινωνιών Ελλάδος. Το οίκημα στέγαζε εδώ και πολλά χρόνια το εστιατόριο “ΣΤΕΜΜΑ” των αδερφών Τριανταφύλλη. Το κτήριο στις αρχές της δεκαετίας του ’80 εγκαταλείφθηκε και έκτοτε παραμένει σφραγισμένο.

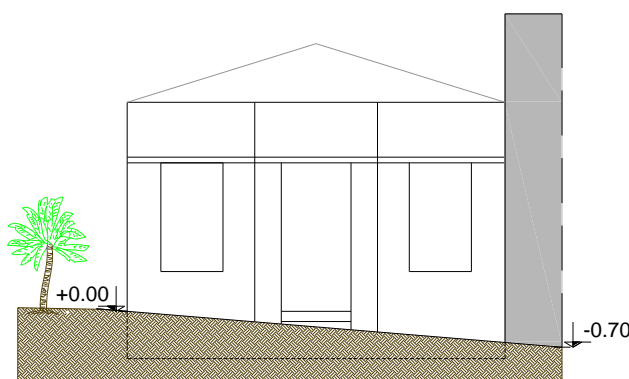
Στις 8 Μαΐου 1996 χαρακτηρίστηκε ως ιστορικό διατηρητέο μνημείο από το ΥΠΠΟΑ, γιατί αποτελεί αξιόλογο δείγμα κτηρίου, σημαντικό για την μελέτη της Αρχιτεκτονικής και την Πολεοδομική εξέλιξη του χώρου.

Το 2013 ο Δήμος Αιγιαλείας προχώρησε στην αγορά από τον ΟΤΕ Estate Α.Ε. του διατηρητέου κτηρίου και του οικοπέδου που το περιβάλλει.

### 2.3 Γεωμετρία και μορφή του κτηρίου

Το υπό μελέτη διατηρητέο είναι ένα μονόχωρο ισόγειο κτήριο του οποίου η στέγαση υλοποιούταν με μία τετράριχτη ξύλινη στέγη με σανίδωμα και επικάλυψη από κεραμίδια η οποία όμως έχει καταρρεύσει εξαιτίας της ελλιπούς συντήρησης και επισκευής καθώς και της διάβρωσης των ξύλινων δοκών από την υγρασία. Η κάτοψη του κτηρίου σχηματίζει ένα τραπέζιο με εμβαδό περίπου  $90 \text{ m}^2$  και ο φέρων οργανισμός του είναι από τοιχοποιία. Η νότια όψη του εφάπτεται σε γειτονικό κτήριο και οι διαστάσεις της κάτοψης είναι  $10.44\text{m}$  (νότια όψη) x  $7.97\text{m}$  (δυτική όψη) x  $10.72\text{m}$  (βόρεια όψη) x  $9.05\text{m}$  (ανατολική όψη).

Το συνολικό ύψος του κτηρίου είναι  $5.65\text{m}$ . Το ύψος του ισόγειου κτίσματος είναι  $4.41\text{m}$  και της στέγης  $1.24\text{m}$  η οποία έχει καταρρεύσει. Εξαιτίας της κλίσης του εδάφους υπάρχει υψομετρική διαφορά μεταξύ των γωνιών της δυτικής όψης κατά  $0.70\text{m}$  ( $\varphi = 5^\circ$ ).



Εικ. 2.9: Υψομετρική διαφορά  $0.70\text{m}$  στις γωνίες της πρόσοψης

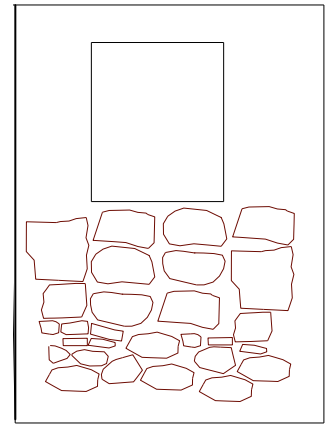
### 2.4 Φάσεις Κατασκευής και επεμβάσεις

Το αρχικό σχέδιο της οικοδομής, σύμφωνα με όσα ειπώθηκαν έως τώρα, προέβλεπε την κατασκευή ισόγειου κτίσματος που χρησίμευε για γραφεία των σταφιδοεμπορικών και άλλων επιχειρήσεων του ιδιοκτήτη (αρχές 20<sup>ου</sup> αιώνα, περίπου 1910-1917). Άλλωστε ο όγκος του μονόχωρου, κυβόσχημου ισόγειου κτηρίου μαρτυρά ότι, σκοπός της οικοδόμησής του ήταν η στέγαση γραφείου ή καταστήματος.

Στην ανατολική όψη αρχικά είχαν σχεδιαστεί τρία ανοίγματα και συγκεκριμένα παράθυρα (εικ.: 2.10). Κάτω από τις ποδιές των δύο ακραίων ανοιγμάτων, μετά από αφαίρεση του επιχρίσματος, παρατηρείται μη αλληλεμπλοκή των λιθοσωμάτων για ύψος περίπου  $80\text{εκ}$ . Αυτό το γεγονός μαρτυρά τη μείωση του ύψους των παραθύρων στην ανατολική όψη, ίσως για λόγους ασφαλείας διότι η συγκεκριμένη όψη είναι και η πίσω όψη του κτηρίου (εικ.: 2.11). Η ίδια μορφή και ποιότητα λίθων, της τοιχοποιίας και του κλείσιμου των ανοιγμάτων, δείχνει πως αυτή η αλλαγή στο ύψος των παραθύρων έγινε κατά τη φάση κατασκευής του κτηρίου.



Μη αλληλεμπλοκή λίθων έως 80εκ.  
κάτω από τα ανοίγματα.



**Εικ. 2.10:** Η ανατολική όψη του υπό μελέτη διατηρητέου κτίσματος.



**Εικ. 2.11:** Από το κατώφλι του παραθύρου δεξιά και έως 80εκ. δεν παρατηρείται αλληλεμπλοκή των λίθων εξαιτίας της μείωσης του ύψους των παραθύρων.



**Εικ. 2.12:** Μη αλληλεμπλοκή λίθων στο άνοιγμα αριστερά.

Το οίκημα στέγαζε πολλά χρόνια το εστιατόριο “ΣΤΕΜΜΑ” των αδελφών Τριανταφύλλη. Αυτό δηλώνει και άλλη μία τροποποίηση της ανατολικής όψης του κτίσματος, με το άνοιγμα θύρας και βοηθητικού ανοίγματος-λαμπά. Στοιχεία μαρτυρούν πως έξω από την πίσω όψη του κτηρίου (την ανατολική) το εστιατόριο είχε το μαγειρείο του. Τέλος η εν λόγω όψη είναι επιχρισμένη μεταγενέστερα.



Η ανατολική όψη του υπό μελέτη διατηρητέου κτίσματος.

Αξιοσημείωτο δε είναι στο ανώφλι του λαμπά έχει τοποθετηθεί σενάζ σκυροδέματος (εικ.: 2.14) σε αντίθεση με την θύρα η οποία αποτελεί συνεχόμενο άνοιγμα με το παράθυρο (εικ.: 2.15). Είναι φανερό επίσης ότι η πόρτα και ο λαμπάς είναι μεταγενέστερα ανοίγματα λόγω της πλήρωσης των κενών με οπτόπλινθους (εικ.: 2.13).



**Εικ. 2.13:** Πλήρωση των κενών του ανοίγματος με οπτόπλινθους



**Εικ. 2.14:** Μεταγενέστερο σενάζ σκυροδέματος στον λαμπά





**Εικ. 2.15:** *αριστερά:* πριν την αφαίρεση ξύλινου τμήματος του πλαισίου, *δεξιά:* μετά την αφαίρεση. Η πόρτα & το παράθυρο είναι συνεχόμενο άνοιγμα.

## 2.5 Γενική περιγραφή του κτηρίου

### Οροφή

Αν και η ξύλινη κεραμιδωτή στέγη έχει καταρρεύσει, όπως ειπώθηκε παραπάνω, ήταν εφικτό σε ικανοποιητικό επίπεδο να γίνει η αποτύπωσή της και συνεπώς να βρεθούν στοιχεία και για τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της οροφής.

Επομένως κατά την αποτύπωση προέκυψαν τα εξής: ξύλινα πηγάκια 3cm x 1cm πάχος καρφώνονται κάτω από ξύλινες δοκούς (καδρόνια), αφήνοντας μεταξύ τους ένα μικρό κενό 1cm. Αυτές οι δοκοί έχουν διατομή 4cm x 7cm, είναι τοποθετημένες σε απόσταση περίπου 52cm μεταξύ τους, ο προσανατολισμός τους είναι Δύση-Ανατολή και στηρίζονται στους περιμετρικούς τοίχους του κτηρίου. Αν και ολόκληρη η στέγη έχει καταρρεύσει έγινε εύκολα αντιληπτό ότι στην οροφή του κτηρίου δεν υπήρχαν οροφογραφίες αλλά επίπλαστα διακοσμητικά γύψινα όμοια με αυτά που στόλιζαν περιμετρικώς εσωτερικά το κτήριο (διακοσμητικές γιρλάντες). Επομένως, επιβεβαιώνεται ότι πρόκειται για διατηρητέο κτήριο με στοιχεία του ύστερου κλασικισμού μιας και οι οροφογραφίες αντικαθίστανται με διακοσμητικές γύψινες γιρλάντες δίνοντας έτσι έμφαση αναγεννησιακού μοντερνισμού και γαλλικού μπαρόκ.



**Εικ. 2.16:** Διακρίνονται τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της οροφής της στέγης.

## Ανοίγματα

### ➤ Ανατολική όψη

Τα κουφώματα των παραθύρων είναι ξύλινα. Διαμορφώνεται ξύλινο σταθερό πλαίσιο στον τοίχο (κάσα), με κυριότερο χαρακτηριστικό της πλαισίωσης ότι πάντοτε τα κάθετα τμήματα του πλαισίου επεκτείνονται λίγο πάνω και κάτω σε σχέση με τα οριζόντια τμήματα. Χαρακτηριστικό δε είναι ότι τοποθετείται και δεύτερο ξύλινο πλαίσιο με περίτεχνα κιγκλιδώματα από μορφοσίδηρο για προστασία. Τέλος, οι διαστάσεις των ξύλινων κουφωμάτων είναι 1.0m x 1.20m και 0.71m x 1.00m.

Στην ανατολική όψη υπάρχει μεταλλική πόρτα διαστάσεων 1.m x 2.03m.



**Εικ. 2.17:** Εξωτερική άποψη παραθύρου      **Εικ. 2.18:** Εσωτερική άποψη παραθύρου

### ➤ Βόρεια όψη

Ομοίως με την ανατολική όψη κι εδώ τα κουφώματα είναι ξύλινα με υαλοπίνακα, των οποίων οι διαστάσεις είναι 1.80m x 1.00m. Τα εξώφυλλα είναι γαλλικού τύπου, ξύλινα, στο χρώμα του κυπαρισσιού το οποίο όμως έχει αλλοιωθεί. Τοποθετούνται από την εξωτερική πλευρά με μεταλλική στήριξη στο περιμετρικό ξύλινο πλαίσιο καθώς επίσης υπάρχει σταθερή περίτεχνη σιδεριά. Τέλος, μάρμαρο στολίζει τις βάσεις των παραθύρων.

### ➤ Πρόσοψη (Δυτική όψη)

Όπως και στις άλλες δύο όψεις έτσι και στην πρόσοψη τα ανοίγματα των παραθύρων είναι ορθογωνικά με ξύλινα κουφώματα. Διαμορφώνεται ξύλινο σταθερό πλαίσιο στον τοίχο (κάσα) του οποίου οι διαστάσεις των κάθετων τμημάτων είναι 8.00cm x 4.00cm και των οριζοντίων 7.00cm x 4.00cm. Χαρακτηριστικό δε είναι ότι τοποθετείται και δεύτερο ξύλινο πλαίσιο, με όμοιες διαστάσεις, με περίτεχνα προστατευτικά κιγκλιδώματα από μορφοσίδηρο. Ακόμη, τα ανοίγματα είναι συμμετρικά και οι διαστάσεις τους είναι 2.30m x 1.31m. Τέλος, τα παράθυρα έχουν φεγγίτες καθώς επίσης τα περιγράμματά τους είναι τονισμένα με λεπτή διακοσμητική κορνίζα κονιάματος επιχρισμένη. Τις βάσεις των παραθύρων στολίζει λευκό μάρμαρο.



**Εικ. 2.19:** Εξωτερική άποψη παραθύρου

Η εξώθυρα χαρακτηρίζεται από την τυποποιημένη νεοκλασική μορφή. Είναι ξύλινη, δίφυλλη, στο χρώμα του κυπαρισσιού, με σκαλίσματα η οποία εξέφραζε στυλιστικά το πνεύμα της εποχής, αλλά συγχρόνως αποδείκνυε την ύπαρξη μιας υψηλής στάθμης ξυλουργικής τέχνης. Τέλος, οι διαστάσεις της ξύλινης πόρτας είναι 3.13m x 1.47m.

### Ανώφλια

Διάζωμα σκυροδέματος 12cm διατρέχει περιμετρικά το κτήριο στο ύψος των υπερθύρων των ανοιγμάτων, σε όλο το πάχος της τοιχοποιίας, με σκοπό την παραλαβή των φορτίων της υπερκείμενης τοιχοποιίας. Το εν λόγω διάζωμα διαθέτει και οριζόντιο οπλισμό (λείες ράβδοι) για τον οποίο όμως δεν μπόρεσε να γίνει περαιτέρω διερεύνηση.

Οριζόντιος οπλισμός (λείες ράβδοι)

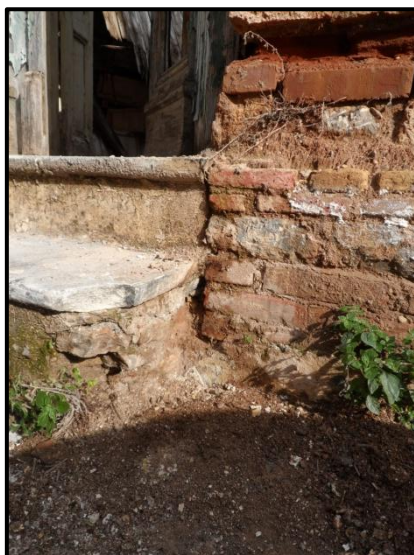


**Εικ. 2.20:** *αριστερά:* εξωτερική όψη, διακρίνεται το διάζωμα από σκυρόδεμα καθώς και οριζόντιος οπλισμός, *δεξιά:* η αντίστοιχη εσωτερική όψη μετά την καθαίρεση του επιχρίσματος. Διαπιστώνεται η ύπαρξη του διαζώματος σε όλο το πάχος της τοιχοποιίας.

Από τη φωτογραφία του 1970 (εικ.: 2.7) διακρίνεται το περιμετρικό διάζωμα στην εξωτερική παρειά του νότιου τοίχου, ο οποίος ήταν ανεπίχριστος καθώς επίσης το τότε γειτονικό κτήριο ήταν πιο χαμηλό από το σημερινό. Ακολουθώντας στην ανατολική όψη το διάζωμα σκυροδέματος άνω του μεταγενέστερου ανοίγματος (λαμπάς) δεν είναι ίδιο με το περιμετρικό. Με βάση τα ανωτέρω στοιχεία, και επιπλέον ότι το διάζωμα διατρέχει περιμετρικά το κτήριο και σε όλο το πάχος της τοιχοποιίας, ο οπλισμός αποτελείται από λείες ράβδους, την ποιότητα των αδρανών του σκυροδέματος και την ύπαρξη σκυροδέματος και σε άλλα κτήρια της περιοχής εκείνη την εποχή, συμπεραίνουμε ότι το περιμετρικό διάζωμα κατασκευάστηκε εξ' αρχής στο κτήριο και δεν είναι δηλαδή μεταγενέστερο.

### **Σκαλοπάτια**

Στην δυτική όψη, εξαιτίας της κλίσης του εδάφους υπάρχει υψομετρική διαφορά κατά 0.70m ( $\phi = 5^\circ$ ). Γι' αυτό υπάρχουν και δύο σκαλοπάτια στην κεντρική είσοδο του κτηρίου. Τα εν λόγω σκαλοπάτια δεν είναι εν συνεχεία της τοιχοποιίας αλλά υπάρχει αρμός.



**Εικ. 2.21:** Σκαλοπάτια στην είσοδο του κτηρίου.

### **Επιγρισμένα αρχιτεκτονικά στοιχεία**

#### ➤ Κορνίζες:

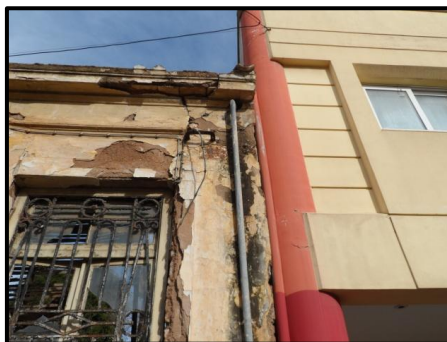
Οι κορνίζες είναι επιμήκειες λεπτές προεξοχές από κονίαμα, οι οποίες χρησιμοποιούνται για να τονίσουν και να στολίσουν τα περιγράμματα των παραθύρων της πρόσοψης.

#### ➤ Επίστεψη:

Το κτήριο διαθέτει εκφορικό γείσο, το οποίο τονίζει τη στέγη του κτηρίου. Διατρέχει όλη την περίμετρο του και είναι κατασκευασμένο από σειρές οπτόπλινθων και ορθογωνικών λίθινων πλακών, οι οποίες έχουν καλυφθεί από κονίαμα και εμφανίζει μεγάλο μορφολογικό πλούτο. Στη πρόσοψη του κτηρίου η στέγη είναι αετωματική (τριγωνικό αέτωμα).

## Οπές στους φέροντες τοίγους

Σύμφωνα με το άρθρο 11 του διατάγματος της 2<sup>ας</sup> Ιουνίου 1827 το κάθε κτήριο πρέπει να διαθέτει υδρορροές, οι οποίες θα βρίσκονται υποχρεωτικά εντός των πεσσών και θα οδηγούν τα νερά της βροχής κάτω από το έδαφος. Γίνεται επομένως εύκολα αντιληπτό ότι οι οπές αυτές θα βρίσκονται μόνο στους περιμετρικούς τοίχους του κτηρίου. Αγωγός έχει βρεθεί μόνο στην πρόσοψη του κτηρίου. Συγκεκριμένα είναι μεταλλικός αγωγός, ο οποίος διατρέχει όλο το ύψος του κτηρίου και βρίσκεται στην εξωτερική παρειά του περιμετρικού τοίχου.



Εικ. 2.22: Υδρορροή στην πρόσοψη του κτηρίου

## **2.6 Αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά όψεων**

Οι όψεις του κτηρίου είναι γενικά απλές από όψη γεωμετρίας και μόνο η πρόσοψη είναι στολισμένη και διακοσμημένη. Στο κτήριο υπάρχουν περίτεχνα κιγκλιδώματα στα παράθυρα, γείσο περιμετρικά στη στέψη του κτηρίου και κορνίζες στα περιγράμματα των ανοιγμάτων της πρόσοψης.

- Επιχρίσματα:

Το κτήριο είναι επιχρισμένο εξωτερικά (πάχος: 2cm) και εσωτερικά, και το χρώμα του είναι η ώχρα, η οποία χρησιμοποιείται πολύ περισσότερο στις όψεις των οικοδομών του 19<sup>ου</sup> αιώνα. Επομένως τα χρώματα που χρησιμοποιούνται μιμούνται την αθηναϊκή νεοκλασική αρχιτεκτονική, η οποία είχε διεισδύσει στην πόλη εκείνη την εποχή.

- Ανατολική όψη:

Υπάρχουν δύο παράθυρα διαστάσεων 1.00m x 1.20m και ένα διαστάσεων 0.71m x 1.00m. Επίσης υπάρχει πόρτα διαστάσεων 1.00m x 2.03m.



Εικ. 2.23: Ανατολική όψη κτηρίου

- Βόρεια όψη:

Υπάρχουν δύο παράθυρα διαστάσεων 1.00m x 1.80m τα οποία δεν είναι συμμετρικά.



**Εικ. 2.24:** Βόρεια όψη κτηρίου

- Δυτική όψη (Πρόσοψη):

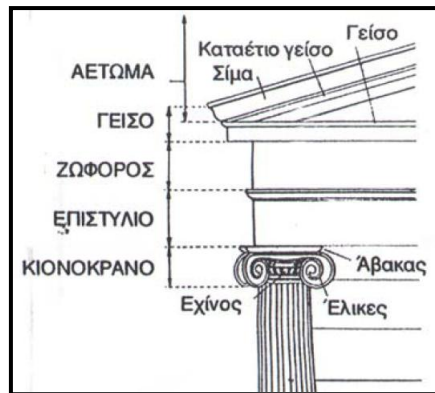
Υπάρχουν δύο παράθυρα και μία πόρτα. Το ύψος των παραθύρων είναι 2.30m και το μήκος 1.31m. η κεντρική είσοδος του κτηρίου βρίσκεται σ' αυτή την όψη και έχει διαστάσεις 1.47m x 3.13m. Η πρόσοψη του κτηρίου χαρακτηρίζεται από συμμετρία, αξονικότητα, προεξέχον κεντρικό τμήμα και τριγωνική αετωματική στέψη. Επομένως, ξεκάθαρα αυτή η μορφολογία μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το οικοδόμημα ήταν κτισμένο βάσει του <<προτύπου>> του αθηναϊκού νεοκλασισμού.



**Εικ. 2.25:** Δυτική όψη κτηρίου

Τα εφαρμοσμένα ρυθμολογικά στοιχεία του νεοκλασικισμού προσέγγισαν τα αρχαία συστήματα μορφών με μία <<διακριτή αφαίρεση>>. Μάλιστα παρατηρείται προτίμηση στο κλασσικό ιωνικό σύστημα.

Σε απόσταση περίπου 40cm από το πάνω μέρος της κορνίζας των παραθύρων παρεμβάλλεται μία ζώνη ζωοφόρου. Στο προεξέχον κεντρικό τμήμα, πάνω από το θριγκό (επιστήλιο-ζωοφόρος), προβάλλει το προεξέχον γείσο το οποίο ορίζει και την επίστεψη του κτηρίου που ολοκληρώνεται με τριγωνική αετωματική απόληξη.



**Εικ. 2.26:** Αττικός Ιωνικός Ρυθμός – Ρυθμολογικό στοιχείο νεοκλασικισμού



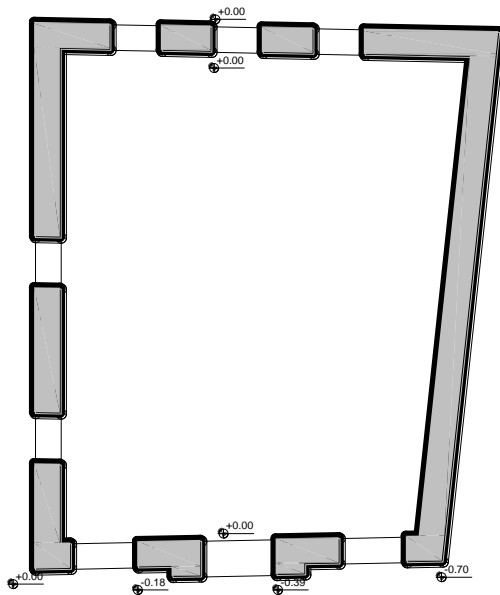


## ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

### 3.1 Κατακόρυφα στοιχεία

#### ❖ Φέρουσα τοιχοποιία

Το κτήριο είναι κτισμένο από αργολιθοδομή. Οι τέσσερις λίθινοι περιμετρικοί τοίχοι είναι φέροντες. Το πάχος των περιμετρικών τοίχων είναι 50cm εκτός από το προεξέχων κεντρικό τμήμα της πρόσοψης στο οποίο το πάχος της τοιχοποιίας είναι 70cm.



**Εικ. 3.1:** Απεικόνιση των παχών των φερόντων τοίχων του κτηρίου

Επίσης ανοίγματα για την δημιουργία παραθύρων και θυρών υπάρχουν σε όλους τους τοίχους εκτός από τον νότιο ο οποίος εφάπτεται με παρακείμενη κατοικία. Τα ανοίγματα για τον κάθε τοίχο παρουσιάζονται παρακάτω:

#### **A) Βορινός τοίχος:**

Δύο παράθυρα. Το ποσοστό των ανοιγμάτων σε σχέση με το συνολικό εμβαδόν του τοίχου είναι: 7.60%.

#### **B) Νότιος τοίχος:**

Κανένα άνοιγμα για ντουλάπι, παράθυρο ή θύρα.

#### **Γ) Ανατολικός τοίχος:**

Τρία παράθυρα, μία θύρα και ένα βοηθητικό άνοιγμα. Ποσοστό ανοιγμάτων συνολικά 14.70% του τοίχου.

#### **Δ) Δυτικός τοίχος:**

Δύο παράθυρα και μία θύρα. Το ποσοστό των ανοιγμάτων είναι 30.20%.

#### ❖ Θεμέλια

Δεν έγινε διερεύνηση της θεμελίωσης.

### 3.2 Οριζόντια στοιχεία

#### ❖ Στέγη

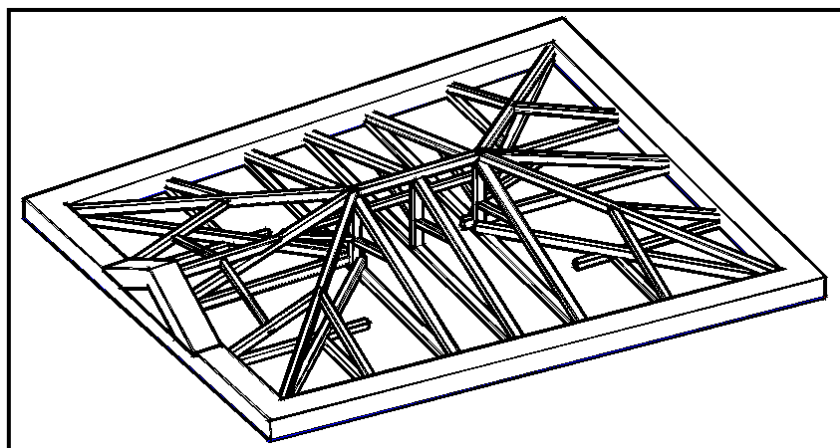
Η στέγη του κτηρίου δυστυχώς δεν έχει διασωθεί. Δεν είναι γνωστό το πότε κατέρρευσε. Το μόνο στοιχείο που έχουμε είναι η εικ.: 3.2 που αποδεικνύει ότι μέχρι το 2013 η στέγη υπήρχε. Μπόρεσε όμως σε ικανοποιητικό βαθμό να γίνει η αποτύπωσή της.

Οι στέγες αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα κατασκευαστικά μέρη της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής. Έτσι και στο υπό μελέτη κτήριο η στέγη αποτέλεσε σημαντικό κατασκευαστικό μέρος του κτηρίου λόγω της περίτεχνης κατασκευής της.

Ο τύπος της στέγης ήταν εκείνος της ορθογώνιας τετράκλινης, με ύψος κορυφής περίπου 1.50m (εικ.: 3.2). Αποτελούνταν από τον ξύλινο φέροντα οργανισμό, τον οποίο συνέθεταν τα παράλληλα διατεταγμένα ζευκτά, οι αμείβοντες και τα ημίζευκτα (εικ.: 3.3). Την κατασκευή ολοκλήρωνε η επικάλυψη, δηλαδή οι σανίδες διάστρωσης και τα κεραμίδια. Τα ζευκτά έρχονταν σε άμεση επαφή με την λιθοδομή και συνδέονταν με αυτήν με άρθρωση 0.40m κάτω από την στέγη της εσωτερικής παρειάς της τοιχοποιίας(είναι ορατές οι λεγόμενες δοκοθήκες).

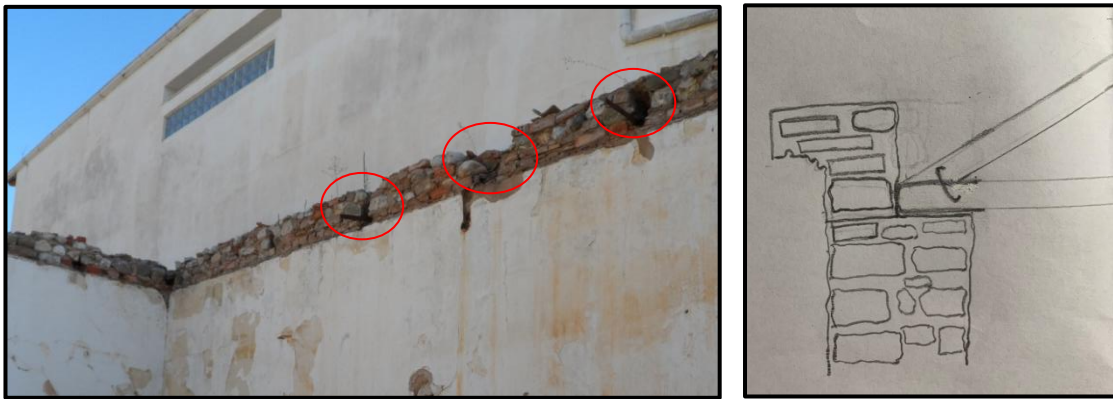


**Εικ. 3.2:** Το υπό μελέτη κτήριο με τη στέγη πριν καταρρεύσει (φωτογραφία έτος 2013). Διακρίνεται ορθογωνική τετράκλινη στέγη.

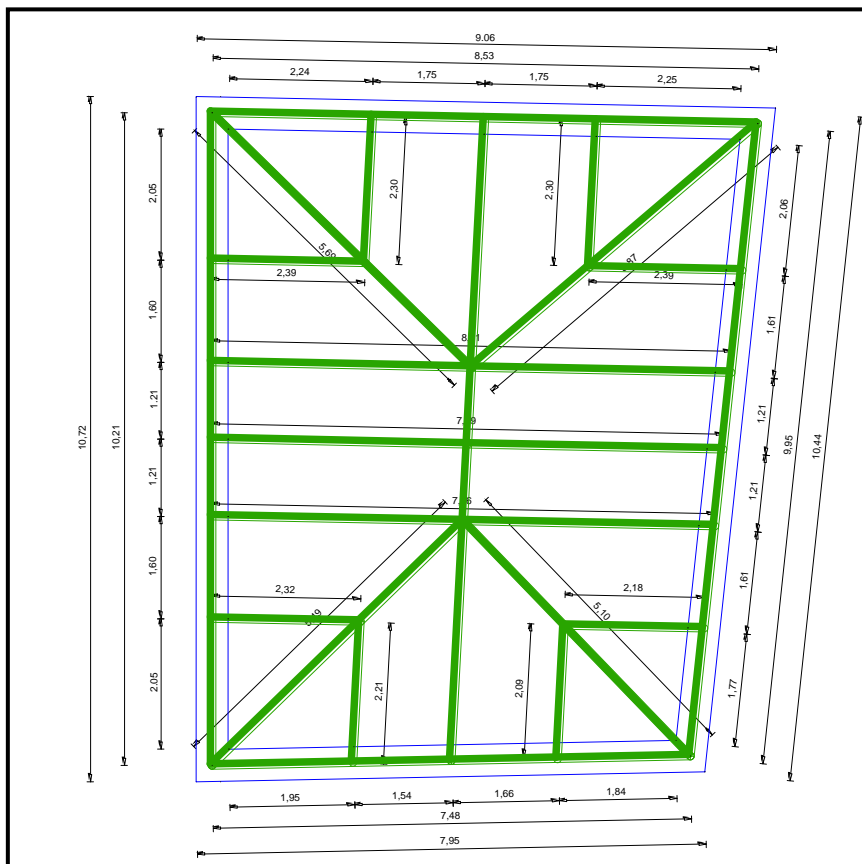


**Εικ. 3.3:** Απεικόνιση εκτιμώμενης στέγης.

Τα ζευκτά συνέθεταν οι ελκυστήρες, οι αμείβοντες ή ‘ψαλίδια’ και οι ορθοστάτες ή ‘μπαμπάδες’. Το σύστημα του ζευκτού κατασκευαζόταν κατά τέτοιο τρόπο ώστε οι φορτίσεις της στέγης να κατανέμονται ομοιόμορφα στην λίθινη τοιχοποιία. Κατά το σύστημα αυτό οι ελκυστήρες ήταν οριζόντιες δοκοί διατομής 14x10εκ., των οποίων ο λειτουργικός ρόλος ήταν να παραλαμβάνουν τις οριζόντιες τάσεις. Οι ελκυστήρες διατάσσονταν παράλληλα στη διεύθυνση Βορά-Νότου και στην κατάληξή τους στους περιμετρικούς τοίχους εισέρχονταν σε βάθος περίπου το μισό πάχος του τοίχου (είναι ορατές οι δοκοθήκες). Ο ξύλινος φέρων οργανισμός της στέγης αποτελούνταν από τρία κύρια ζευκτά. Οι δύο ακραίοι ελκυστήρες ήταν τοποθετημένοι σε απόσταση περίπου 4.00μ. από τους τοίχους και ο τρίτος στο μέσο της υπόλοιπης απόστασης (εικ.: 3.4 & 3.5).



**Εικ. 3.4:** Ορατές δοκοθήκες που εδράζονταν οι ελκυστήρες στην νότια όψη.



**Εικ. 3.5:** Κάτοψη εκτιμώμενης στέγης.



**Εικ. 3.6:** Βρέθηκαν τρεις ορθοστάτες επομένως τεκμηριώνεται η ύπαρξη τριών κύριων ζευκτών.

Οι κλίσεις του ζευκτού σχηματίζονταν από τους αμείβοντες, τα οποία ήταν ξύλινα δοκάρια που πατούσαν υπό κλίση στην άνω επιφάνεια των άκρων του ελκυστήρα. Τα άκρα των αμειβόντων διαμορφώνονταν ώστε να επιτευχθεί καλύτερη σύνδεση με τα άκρα του ελκυστήρα. Ο τρόπος σύνδεσης των δύο στοιχείων μεταξύ τους γινόταν με καρφωτό σίδερο 50εκ. διαμέτρου 18μμ. Οι αμείβοντες ήταν διατομής 13x10εκ. και ήταν ικανοί να παραλάβουν τις θλιπτικές δυνάμεις.



**Εικ. 3.7:** Σύνδεση αμείβοντα με τον ελκυστήρα.

Από το μέσο του ελκυστήρα εμφανίζεται ένα κατακόρυφο στήριγμα “μπαμπάς”. Ο “μπαμπάς” ή αλλιώς ορθοστάτης είχε διατομή διατομή 10x14εκ. και ύψος 1.40μ. Ο “μπαμπάς” συνδεόταν με τον ελκυστήρα μέσω ενός μεταλλικού ελάσματος μορφής Π και διαστάσεων 120x14εκ. Το έλασμα αυτό καρφώνεται στον ορθοστάτη με έξι καρφιά (εικ.: 3.8). Από αυτόν και σε απόσταση περίπου 50εκ. από την βάση του ξεκινούν λοξές αντιρίδες διατομής 8x8εκ και μήκους περίπου 1.30μ., οι οποίες καταλήγουν στους αμείβοντες δημιουργώντας επιμέρους τριγωνισμούς που καθιστούν την κατασκευή του ζευκτού πιο σταθερή.



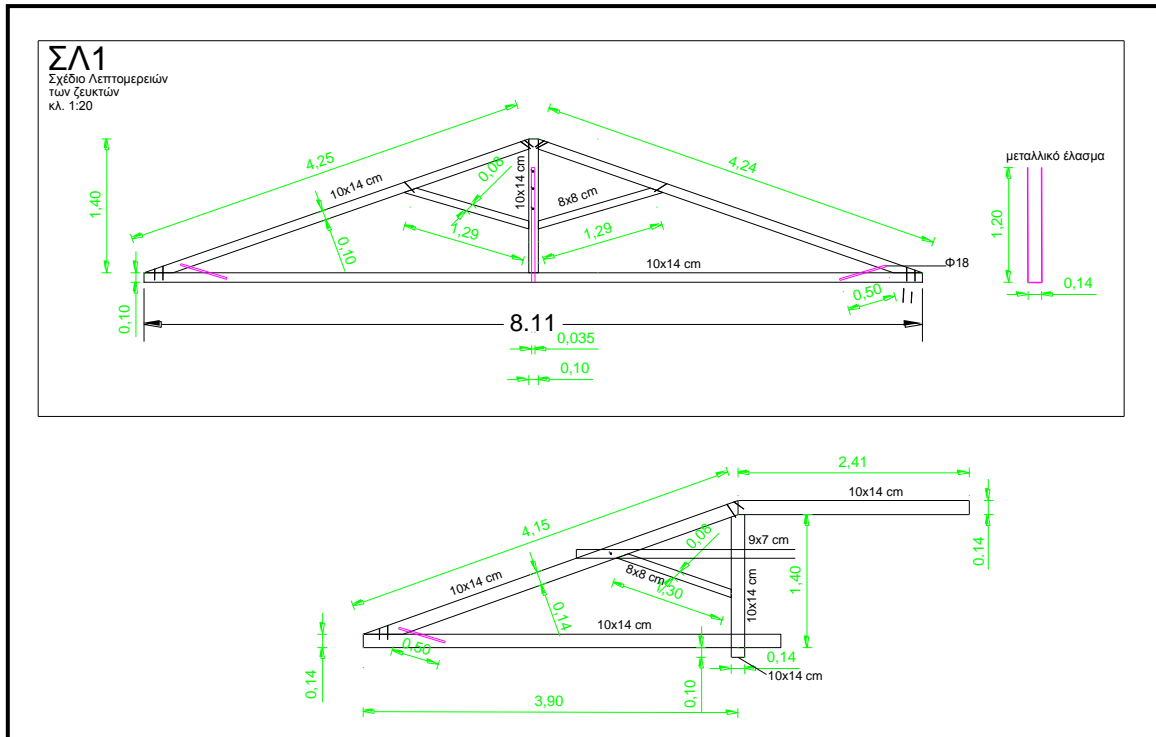
Μεταλλικό έλασμα  
μήκους 1.20m

**Εικ. 3.8:** Σύνδεση ορθοστάτη με τον ελκυστήρα

Σημειώνεται ότι από τα ζευκτά της στέγης δεν έχει διασωθεί κανένα παρά μόνο το κεντρικό δυτικό ημίζευκτο. Όλα τα ανωτέρω στοιχεία βασίζονται στην αποτύπωση του συγκεκριμένου ημίζευκτου (εικ.:3.9).



**Εικ. 3.9:** Το μοναδικό ημίζευκτο που έχει σωθεί και η αποτύπωσή του.



**Εικ. 3.10:** Σχέδιο λεπτομερειών ζευκτού και ημίζευκτου

Στο μέσο των ελκυστήρων εδραζόταν μία μεγάλη δοκός διατομής 14x10εκ. κάθετη σε αυτούς. Τέλος, ένα δοκάρι (κορφιάς) που διατρέχει όλο το μήκος της στέγης και πατάει στα “κεφάλια” των μπαμπάδων, αποτελεί το κορυφαίο δοκάρι της στέγης.

Για να γίνει αργότερα η διάστρωση των σανίδων και των κεραμιδιών, έπρεπε να καλυφθούν τα μεγάλα ανοίγματα μεταξύ των ζευκτών και για αυτόν το λόγο τοποθετούνταν οι τεγίδες. Η τοποθέτηση των τεγίδων γινόταν ανά περίπου 64εκ. και ήταν ξύλινες με διατομή 10x8εκ.



**Εικ. 3.10:** Διακρίνονται οι τεγίδες και το σανίδωμα της στέγης.

Όλες οι συνδέσεις των επιμέρους ξύλινων στοιχείων ενισχύονταν με ήλους (μεγάλα καρφιά) για την εξασφάλιση της επάρκειας της κατασκευής.

Επειδή η στέγη ήταν τετράκλινη, εκτός από τα ζευκτά τοποθετούνταν και ημίζευκτα από τα σημεία που σχηματίζονταν οι κορυφές της στέγης. Αυτά τοποθετούνταν με στροφή 45° από τα ζευκτά.



**Εικ. 3.11:** Διακρίνονται τα ημίζευκτα της στέγης.

Η κατασκευή της στέγης ολοκληρωνόταν με τη διάστρωση των σανίδων και την τοποθέτηση των κεραμιδιών επί αυτών. Οι πρώτες είχαν διατομή 1x18εκ. και καρφώνονταν επί των τεγίδων. Τέλος τοποθετούνταν τα κεραμίδια, τα οποία στερεώνονταν πάνω στις σανίδες με συνδετικό κονίαμα από λάσπη.



**Εικ. 3.12:** Σανίδωμα στέγης.









## ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ

### 4.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται οι φθορές και οι βλάβες των δομικών στοιχείων της κατασκευής και πραγματοποιείται μία εκτίμηση για τα αίτιά τους. Προϋπόθεση για τη μελέτη της παθολογίας αποτελεί η λεπτομερής καταγραφή των βλαβών. Πιο συγκεκριμένα, πρέπει να καταγράφονται οι ρωγμές ως προς την ακριβή θέση τους, το μήκος τους αλλά και το άνοιγμα τους. Πραγματοποιείται έλεγχος ως προς το άνοιγμα των ρωγμών και τη διατήρησή ή τη μεταβολή του κατά μήκος της ρωγμής. Ελέγχεται εάν υπάρχει σχετική μετακίνηση των χειλέων της ρωγμής κατά μήκος της αλλά και των δύο επιφανειών της ρωγμής κάθετα στο επίπεδο του στοιχείου.

Οι φθορές αποτελούν αναμενόμενες αλλοιώσεις που οφείλονται στη φύση των επιλεγμένων υλικών καθώς και στις συνθήκες του περιβάλλοντος της κατασκευής. Όσον αφορά τις βλάβες αυτές προκαλούνται από σφάλματα στο σχεδιασμό του κτηρίου, κακοτεχνίες στην κατασκευή, από τυχόν αλλοιώσεις του κτηρίου κατά τη διάρκεια της ζωής του καθώς επίσης και από εξωτερικές δράσεις όπως ο σεισμός, η διαφορική καθίζηση και η υπερβολική φόρτιση. Ταυτόχρονα με την παρουσίαση των ανωτέρω θα γίνει και ποιοτική εκτίμηση των αιτίων που έχουν προκαλέσει την παθολογία του κτηρίου μέχρι σήμερα. Εν κατακλείδι, το σημαντικό για τον Μηχανικό είναι να εντοπίσει τις αδυναμίες του δομήματος, ώστε να είναι σε θέση να αναγνωρίσει τις βλάβες που θα κληθεί να επισκευάσει στην κατασκευή.

Οι περισσότερες βλάβες που παρουσιάζονται οφείλονται στη σεισμική καταπόνηση του κτηρίου καθώς και στις επεμβάσεις που έχουν γίνει κατά καιρούς σε αυτό. Επιπρόσθετα σημαντικό ρόλο έχει και η αλλοίωση των μηχανικών χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων λόγω της ανεπαρκούς συντήρησής τους και της γήρανσης αυτών.

Παρακάτω παρατίθενται σχέδια που απεικονίζουν τους φέροντες τοίχους του κτηρίου και τις αστοχίες που έχουν εκδηλωθεί σε αυτούς. Πάνω στα σχέδια που απεικονίζουν τις βλάβες αριθμείται κάθε ρωγμή. Κάθε ρωγμή ονομάζεται ανάλογα με τον αύξοντα αριθμό της και με τα πρώτα γράμματα του τοίχου, στον οποίο βρίσκεται. Για παράδειγμα, η ρωγμή με αύξοντα αριθμό 5 στη δυτική όψη ονομάζεται ΔΟ5. Η κωδικοποίηση αυτή είναι χρήσιμη για την αναφορά σε κάθε ρωγμή ξεχωριστά. Παρατίθενται εικόνες των ρωγμών σε κάθε τοίχο. Η αντιστοίχιση κάθε ρωγμής με την φωτογραφία της γίνεται αναλυτικά στα σχέδια της παθολογίας που συνοδεύουν την παρούσα εργασία.

## 4.2 Βόρεια εξωτερική όψη

Διακρίνεται η διαγώνια ρωγμή ΒΟ1 λόγω διατμητικής επιπόνησης εντός του επιπέδου της τοιχοποιίας, η οποία ξεκινά από το ύψος του σενάζ και καταλήγει στο κατώφλι του ανοίγματος (αριστερά, σημείο 2, εικ.: 4.2, 4.3, 4.4). Το άνοιγμα της ρωγμής ξεκινά από 1mm και μειώνεται στο 0.50mm.

Η κατακόρυφη ρωγμή ΒΟ3 περί το μέσον του μήκους του τοίχου οφείλεται σε εκτός επιπέδου κάμψη της τοιχοποιίας (εικ.: 4.5). Το άνοιγμα της ρωγμής ΒΟ3 ξεκινά από τα 3mm και μειώνεται στο 1mm, δηλαδή το άνοιγμά της μειώνεται προς το μέρος που μειώνονται οι ροπές.

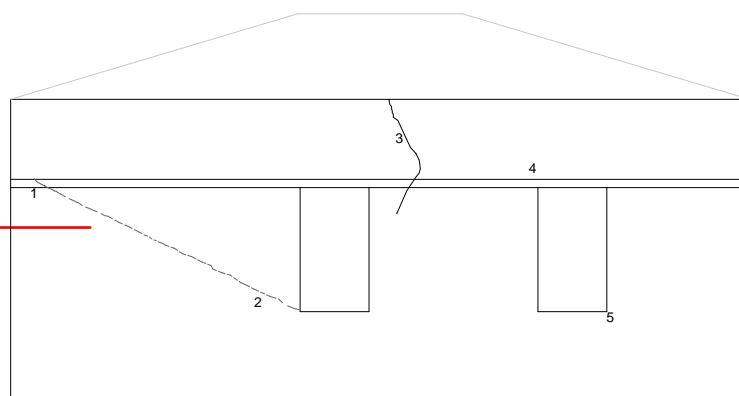
Σημειώνεται πως αναμένονταν και διαγώνιες ρωγμές στα σημεία 4 και 5 όμως δεν διακρίνονται (εικ.: 4.6 & 4.7).

Εν συνεχεία, στη βόρεια όψη γενικά παρατηρείται ότι το επίχρισμα της τοιχοποιίας έχει αποκολληθεί σε αρκετά σημεία κυρίως χαμηλά. Φθορές επίσης παρατηρούνται και στο γείσο της στέψης.



Εικ. 4.2.2: Αρχή ρωγμής ΒΟ1

Εικ. 4.2.3: Ρωγμή ΒΟ1



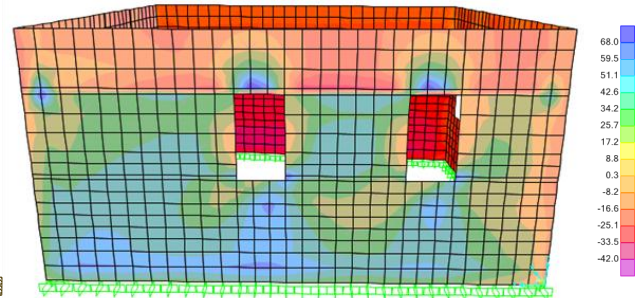
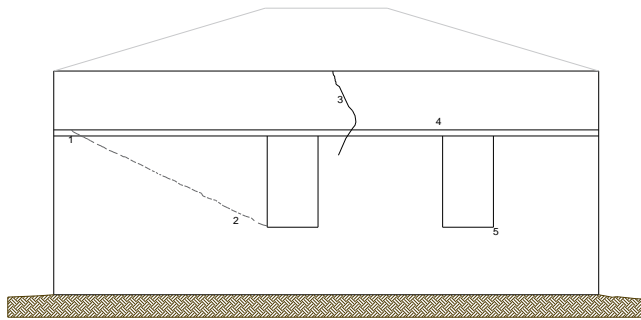
Εικ. 4.2.1: Η βόρεια όψη του κτηρίου και οι ρωγμές που έχουν εκδηλωθεί στην τοιχοποιία.



Εικ. 4.2.4: Σημείο 2



**Εικ. 4.2.5:** Διακρίνεται η ρωγή ΒΟ3 λόγω εκτός επιπέδου κάμψης της τοιχοποιίας.



**Εικ. 4.2.1:** αριστερά: Η βόρεια όψη του κτηρίου και οι ρωγμές που έχουν εκδηλωθεί στην τοιχοποιία και δεξιά: Κατανομή F12 (διατμητικών δυνάμεων) στην βόρεια όψη για το σεισμικό συνδυασμό  $G+0.3Q+0.3EX+EY$ .



**Εικ. 4.2.6:** Σημείο 4



**Εικ. 4.2.7:** Σημείο 5

Δεν διακρίνονται ρωγμές στις ακμές του παραθύρου

### 4.3 Νότια εξωτερική όψη

Στη νότια όψη το κτήριο εφάπτεται με όμορο κτίσμα και δεν είναι δυνατή η αποτύπωση των ρωγμών στην εξωτερική πλευρά.

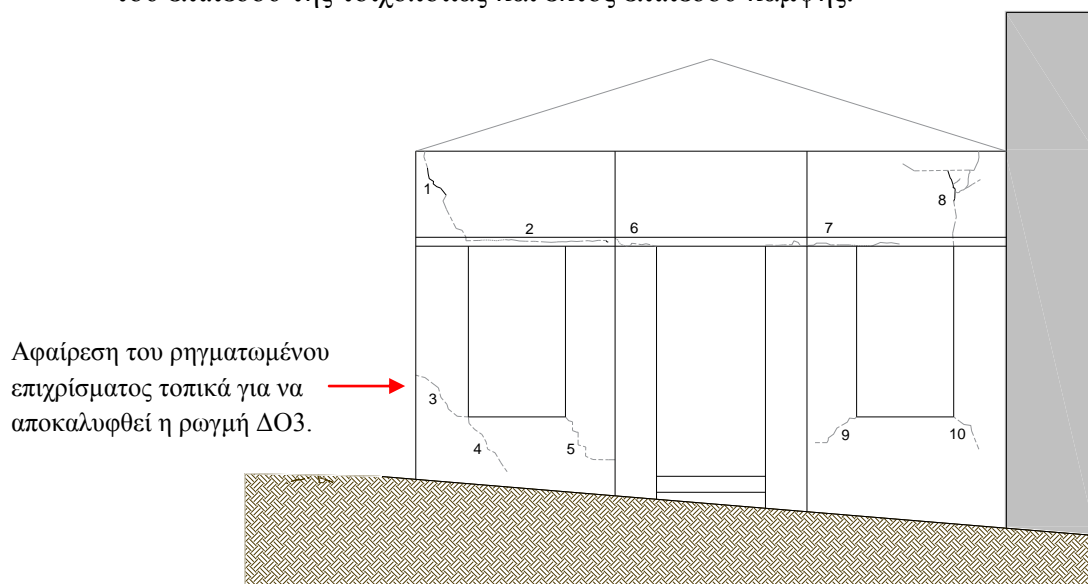
### 4.4 Δυτική εξωτερική όψη

Στη δυτική όψη, γενικά, σε αρκετά σημεία το επίχρισμα του τοίχου έχει είτε ρηγματωθεί είτε αποκολληθεί λόγω υγρασίας, καθώς επίσης παρατηρούνται φθορές στο εκφορικό γείσο και στο τριγωνικό αέτωμα της στέψης.

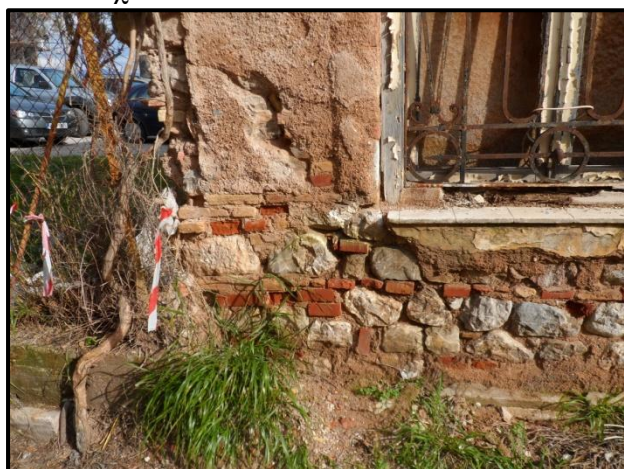
Διακρίνονται οι λοξές-διαγώνιες ρωγμές ΔΟ1, ΔΟ3, ΔΟ4 και ΔΟ5 (εικ.: 4.4.2, 4.4.3 και 4.4.4 αντίστοιχα), οι οποίες διέρχονται από τις ακμές του ανοίγματος (αριστερά), δηλαδή από τα σημεία που αναπτύσσονται οι μέγιστες συγκεντρώσεις τάσεων, και επομένως οι ανωτέρω ρωγμές οφείλονται σε εντός επιπέδου τέμνουσα. Το άνοιγμά τους είναι 1mm, πλην της ρωγμής ΔΟ1 που στο μέσο περίπου του μήκους της το άνοιγμά της είναι 3mm. Η εν λόγω ρωγμή οφείλεται και σε εκτός επιπέδου κάμψη, καθώς επίσης εμφανίζεται αμέσως μετά από την ισχυρή γωνία (εικ.: 4.4.2).



**Εικ. 4.4.2:** Διακρίνεται η διαγώνια ρωγή ΔΟ1 λόγω διατμητικής επιπόνησης εντός του επιπέδου της τοιχοποιίας και εκτός επιπέδου κάμψης.



**Εικ. 4.4.1:** Η δυτική όψη του κτηρίου και οι ρωγμές που έχουν εκδηλωθεί στην τοιχοποιία.



**Εικ. 4.4.3:** Ρωγμές ΔΟ3 & ΔΟ4

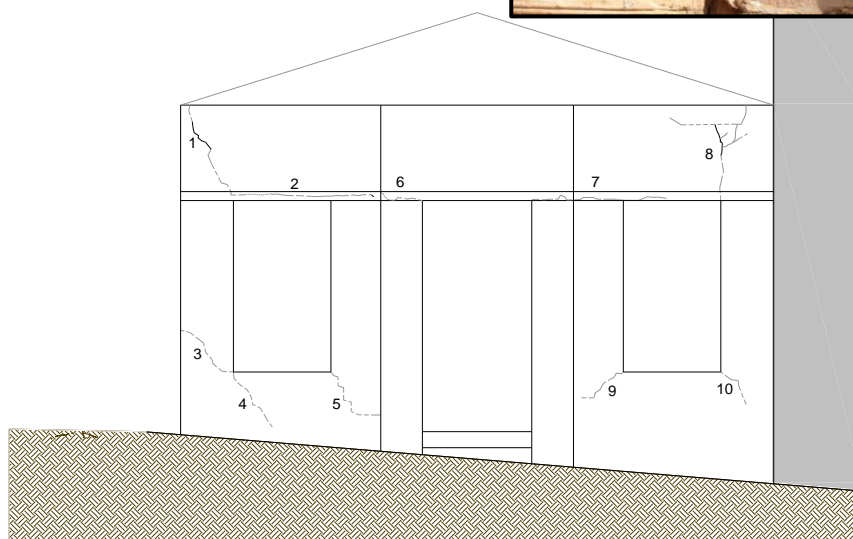


**Εικ. 4.4.4:** Ρωγή ΔΟ5

Ακολούθως διακρίνονται οι διαγώνιες ρωγμές ΔΟ8, ΔΟ9 και ΔΟ10 (εικ.:4.4.5, 4.4.6 & 4.4.7) λόγω επίσης διατμητικής επιπόνησης εντός του επιπέδου της τοιχοποιίας. Το άνοιγμα των ρωγμών είναι 1mm, πλην της ρωγμής ΔΟ8 που στη ζώνη της ζωοφόρου το άνοιγμα είναι 3mm. Η εν λόγω ρωγή οφείλεται και σε εκτός επιπέδου κάμψη της τοιχοποιίας, καθώς επίσης εμφανίζεται αμέσως μετά από την ισχυρή γωνία (εικ.: 4.4.5).

Τέλος διακρίνονται και οι καμπτικές οριζόντιες ρωγμές ΔΟ2, ΔΟ6 και ΔΟ7, οι οποίες έχουν άνοιγμα 1mm σε όλο το μήκος τους και διέρχονται από το μέσον σχεδόν του σενάζ (εικ.: 4.4.2, 4.4.8 & 4.4.9).

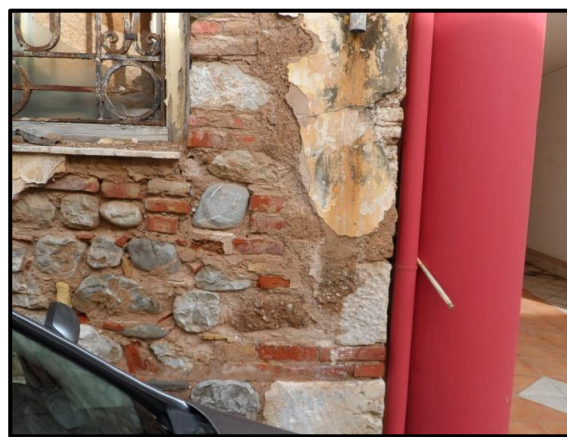
**Εικ. 4.4.5:** Ρωγή ΔΟ8 λόγω ανεπαρκούς αντοχής σε εκτός επιπέδου κάμψη & εντός επιπέδου τέμνουσα.



**Εικ. 4.4.1:** Η δυτική όψη του κτηρίου και οι ρωγμές που έχουν εκδηλωθεί στην τοιχοποιία.



**Εικ. 4.4.6:** Ρωγή ΔΟ9



**Εικ. 4.4.7:** Ρωγή ΔΟ10

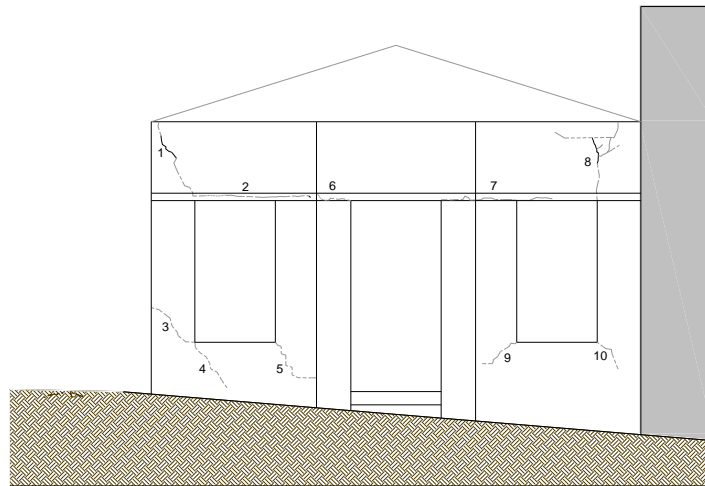




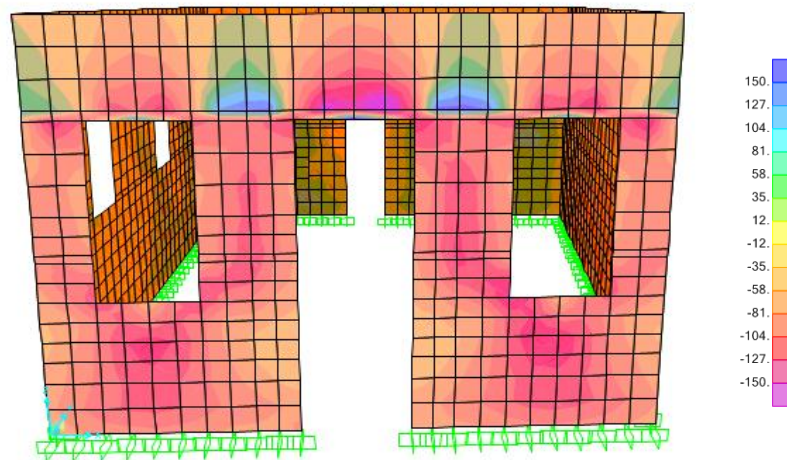
**Εικ. 4.4.8:** Ρωγμή ΔΟ2 & ΔΟ6



**Εικ. 4.4.9:** Ρωγμή ΔΟ7



**Εικ. 4.4.1:** Η δυτική όψη του κτηρίου και οι ρωγμές που έχουν εκδηλωθεί στην τοιχοποιία.



**Εικ. 4.4.10:** Κατανομή F12 (διατμητικών δυνάμεων) στην δυτική όψη για το σεισμικό συνδυασμό  $G+0.3Q+EX+0.3EY$ .

#### 4.5 Ανατολική εξωτερική όψη

Διακρίνονται οι διαγώνιες ρωγμές ΑΟ1 (εικ.: 4.5.2), ΑΟ4, ΑΟ5, ΑΟ6 και ΑΟ7 (εικ.: 4.5.3) λόγω διατμητικής επιπόνησης εντός του επιπέδου της τοιχοποιίας. Στην περιοχή (δεξιά) από το μεταγενέστερο πρόχειρο βοηθητικό άνοιγμα (λαμπάς), το επίχρισμα είναι φανερά ρηγματωμένο (εικ.: 4.5.4) και επομένως έχει αφαιρεθεί (εικ.:4.5.5) για να αποκαλυφθούν οι ρωγμές ΑΟ4 (εικ.: 4.5.6) και ΑΟ5 (εικ.: 4.5.7). Οι συγκεκριμένες ρωγμές, όπως επίσης και οι ΑΟ6 και ΑΟ7, διέρχονται από τις ακμές των ανοιγμάτων, δηλαδή από τα σημεία που αναπτύσσονται οι μέγιστες συγκεντρώσεις τάσεων, άρα για αυτό το λόγο οφείλονται σε τέμνουσα εντός του επιπέδου της τοιχοποιίας. Το άνοιγμα αυτών των ρωγμών είναι 1mm.

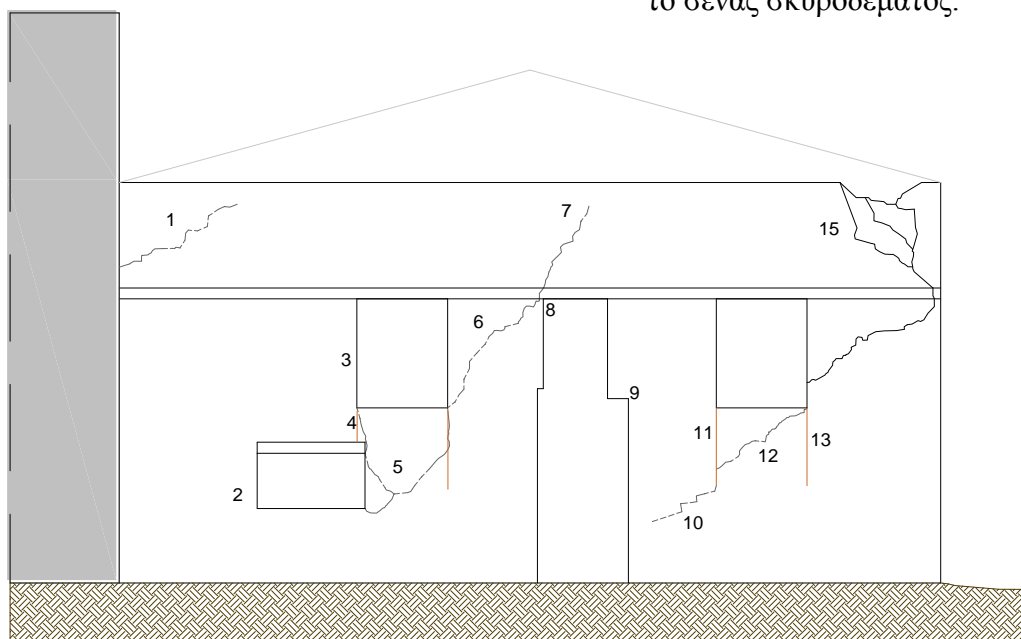


Εικ. 4.5.2: Ρωγμή ΑΟ1



Εικ. 4.5.3: Ρωγμές ΑΟ6 & ΑΟ7

Η ρωγμή ΑΟ7 διαπερνά το σενάζ σκυροδέματος.



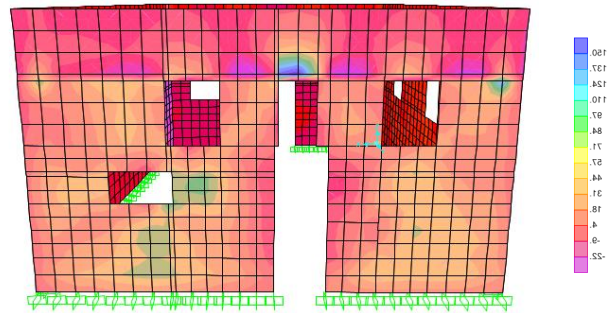
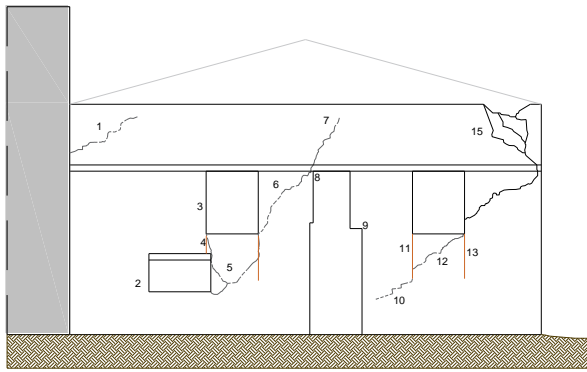
Εικ. 4.5.1: Η ανατολική όψη του κτηρίου και οι ρωγμές που έχουν εκδηλωθεί στην τοιχοποιία.



Εικ. 4.5.4: Πριν την αφαίρεση του επιχρίσματος



Εικ. 4.5.5: Μετά την αφαίρεση



Εικ. 4.5.1: αριστερά: Η ανατολική όψη του κτηρίου και οι ρωγμές που έχουν εκδηλωθεί στην τοιχοποιία και δεξιά: Κατανομή F12 (διατμητικών δυνάμεων) στην δυτική όψη για το σεισμικό συνδυασμό  $G+0.3Q+EX+0.3EY$ .



Εικ. 4.5.6: Ρωγμή AO4

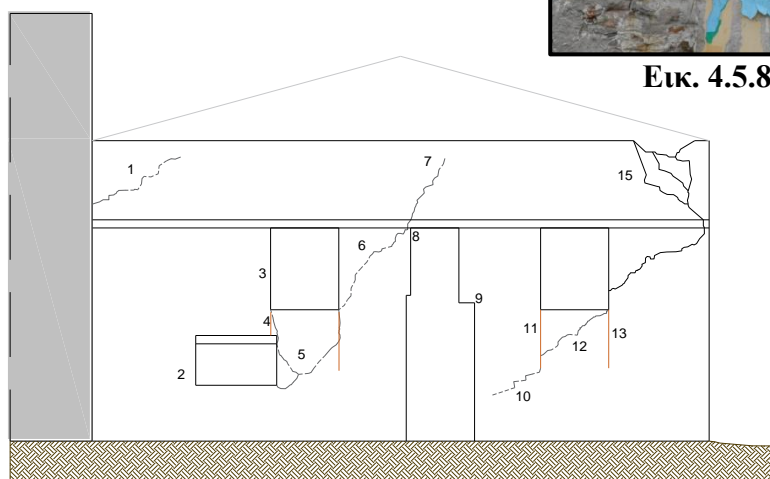


Εικ. 4.5.7: Ρωγμή AO5

Ακολουθως διακρίνονται οι διαγώνιες ρωγμές ΑΟ12 και ΑΟ14 (η οποία διαπερνά το σενάζ, εικ.: 4.5.8) που διέρχονται από την ακμή του ανοίγματος (δεξιά) και οφείλονται σε εντός επιπέδου τέμνουσα. Το άνοιγμα της ρωγμής ΑΟ14 είναι 3mm. Παρατηρείται επίσης ότι η ρωγμή ΑΟ12 (εικ. 4.5.10) συνεχίζει, με ίδια κλίση και άνοιγμα (ρωγμή ΑΟ10, εικ.: 4.5.9), 80εκ. κάτω από το παράθυρο, δηλαδή μόλις ξεκινά η αλληλεμπλοκή των λίθων. Αυτό το στοιχείο μαρτυρά ότι αν και δεν υπήρξε αλληλεμπλοκή των λιθοσωμάτων σε ύψος 80εκ. η ποιότητα δόμησης της τοιχοποιίας ήταν καλή ώστε η ρωγμή να συνεχίζεται. Το άνοιγμα αυτών των ρωγμών είναι 1mm.



**Εικ. 4.5.8:** Ρωγμή ΑΟ14



**Εικ. 4.5.1:** Η ανατολική όψη του κτηρίου και οι ρωγμές που έχουν εκδηλωθεί στην τοιχοποιία.



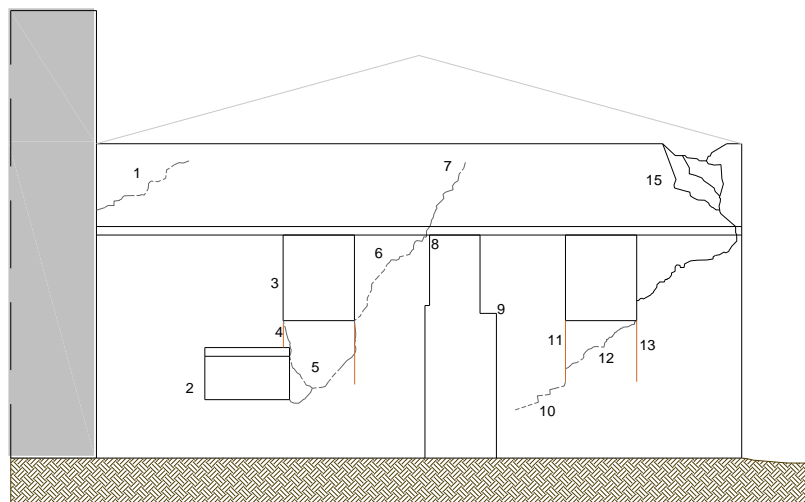
**Εικ. 4.5.9:** Ρωγμή ΑΟ10



**Εικ. 4.5.10:** Ρωγμή ΑΟ12

Τέλος διακρίνονται οι ρωγμές στην περιοχή 15. Αυτές οι ρωγμές οφείλονται σε εντός επιπέδου τέμνουσα και σε εκτός επιπέδου κάμψη της τοιχοποιίας. Επιπρόσθετα οι ρωγμές είναι αμέσως μετά την ισχυρή γωνία καθώς επίσης παρατηρείται αποκόλληση της τοιχοποιίας τοπικά ελάχιστα προς τα έξω. Το άνοιγμα των ρωγμών είναι 4mm.

Γενικά η ανατολική όψη ήταν ανεπίχριστη. Παρατηρείται μεταγενέστερο επίχρισμα από το μέσο των ανοιγμάτων και κάτω, το οποίο βρίσκεται σε κακή κατάσταση διότι είτε έχει ρηγματωθεί είτε αποκολληθεί.



**Εικ. 4.5.1:** Η ανατολική όψη του κτηρίου και οι ρωγμές που έχουν εκδηλωθεί στην τοιχοποιία.



**Εικ. 4.5.11:** Διακρίνονται οι διαγώνιες ρωγμές της περιοχής 15 λόγω διατμητικής επιπόνησης εντός του επιπέδου της τοιχοποιίας και εκτός επιπέδου κάμψης, αμέσως μετά από την ισχυρή γωνία. Επίσης παρατηρείται αποκόλληση της τοιχοποιίας ελάχιστα προς τα έξω.

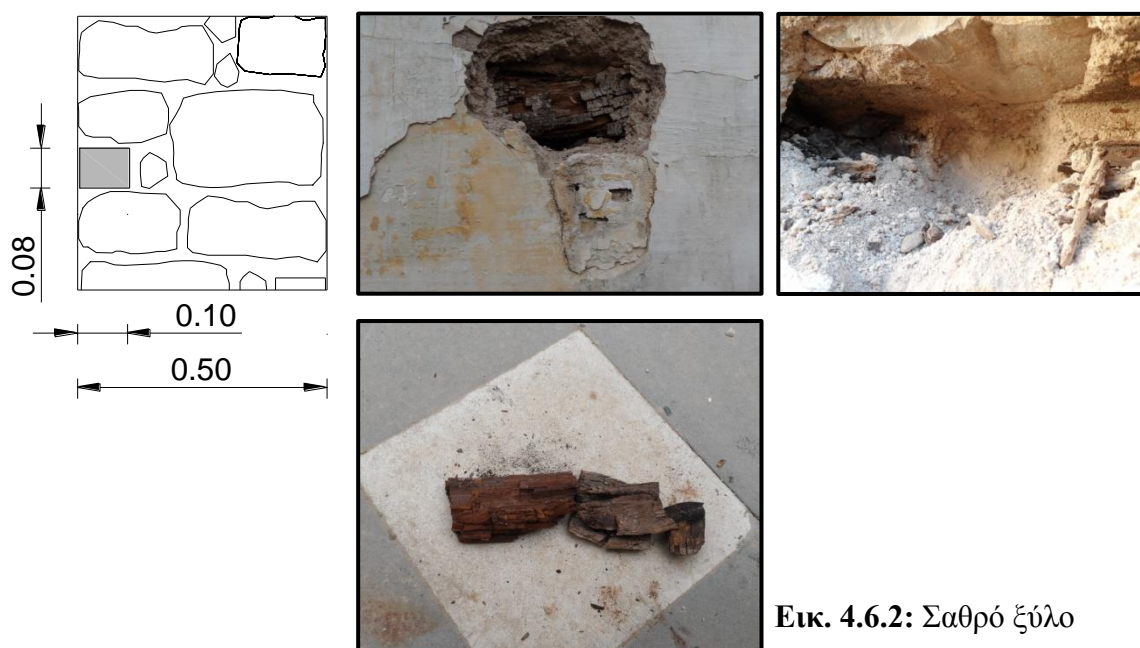
#### 4.6 Νότια εσωτερική όψη

Στη νότια όψη, στην εσωτερική πλευρά της τοιχοποιίας, δεν διακρίνονται γενικά ρωγμές. Παρατηρείται ρηγμάτωση-φούσκωμα του επιχρίσματος σε αρκετά σημεία λόγω μάλλον υγρασίας.

Επίσης σε ύψος 1.85m βρέθηκε ξύλο διαστάσεων 8x10cm (εικ.: 4.6.1). Στο ύψος του εν λόγω ξύλου και κατά μήκος όλου του τοίχου το επίχρισμα είναι φανερά ρηγματωμένο. Έγινε έρευνα σε τρία σημεία του τοίχου, στα οποία βρέθηκε ξύλο. Στο υπόλοιπο μήκος του τοίχου δεν μπόρεσε να γίνει έρευνα λόγω της στέγης που έχει καταρρεύσει. Με δεδομένο τη διαμήκης ρηγμάτωση του επιχρίσματος, συμπεραίνουμε ότι το ξύλο πιθανότατα τρέχει σε όλο το μήκος του τοίχου. Σημειώνεται δε ότι το ξύλο έχει υποστεί βαθιά διάβρωση, που έχει φθαρεί τόσο, ώστε έχει χάσει εντελώς την αντοχή του (εικ.: 4.6.2). Τέλος, δεν είναι εφικτό να γίνει διερεύνηση αν υπάρχει στο αντίστοιχο ύψος εξωτερικά ξυλοδεσιά λόγω επαφής με γειτονική κατασκευή.



**Εικ. 4.6.1:** Η νότια εσωτερική όψη του κτηρίου

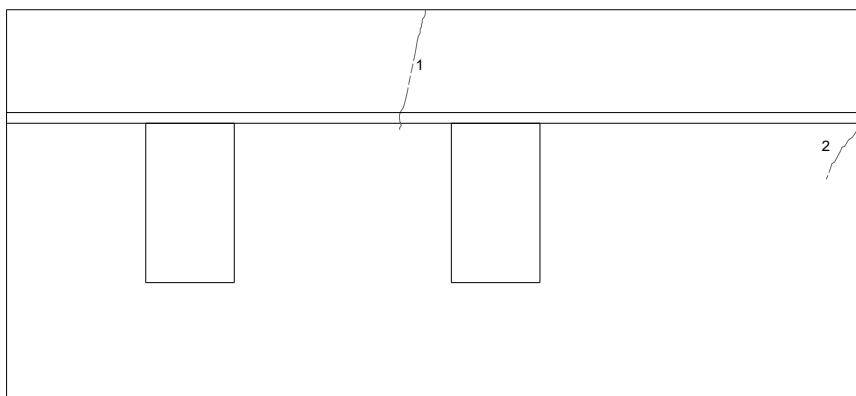


**Εικ. 4.6.2:** Σαθρό ξύλο

#### 4.7 Βόρεια εσωτερική όψη

Αρχικά έγινε διερεύνηση αν υπάρχει στο αντίστοιχο ύψος με την νότια εσωτερική όψη ξυλοδεσιά, και διαπιστώθηκε πως δεν υπάρχει (εικ.: 4.7.2).

Ακολούθως διακρίνεται η ρωγμή ΒΟ1 λόγω εκτός επιπέδου κάμψης της τοιχοποιίας με άνοιγμα 1mm. Η ίδια ρωγμή διακρίνεται και από την εξωτερική πλευρά του τοίχου. Τέλος, περαιτέρω διερεύνηση για ρωγμές δεν μπόρεσε να γίνει λόγω της πεσμένης στέγης.



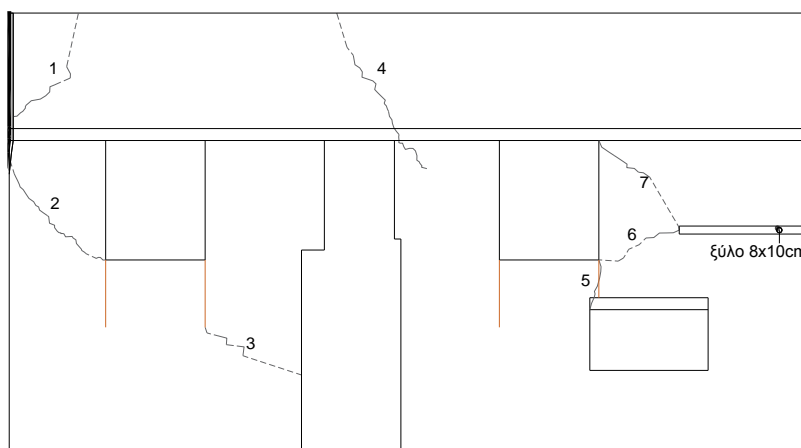
**Εικ. 4.7.1:** Η βόρεια εσωτερική όψη και οι ρωγμές που έχουν εκδηλωθεί στη τοιχοποιία



**Εικ. 4.7.2:** Αφαίρεση επιχρίσματος σε ύψος περίπου 1.85m για να γίνει έλεγχος αν υπάρχει ξυλοδεσιά στην τοιχοποιία.

#### 4.8 Ανατολική εσωτερική όψη

Στην ανατολική όψη, στην εσωτερική πλευρά της τοιχοποιίας πλησίον του νότιου εγκάρσιου τοίχου, βρέθηκε ξύλο διαστάσεων 8x10cm σε ύψος 2.15m (εικ.:4.8.1 & 4.8.2). Λόγω διαφοράς ύψους 0.30cm δεν υπάρχει προφανώς σύνδεση μεταξύ των δύο εγκάρσιων ξυλοδεσιών. Το συγκεκριμένο ξύλο είναι σε καλύτερη κατάσταση και δεν φτάνει έως το άνοιγμα (εικ.: 4.8.3). Εν συνεχεία, πρώτον έγινε διερεύνηση σε άλλα δύο σημεία της ίδιας όψης εσωτερικά και στο ίδιο ύψος για να διαπιστωθεί αν η ξυλοδεσιά τρέχει σε όλο το μήκος του τοίχου εσωτερικά (εικ. 4.8.4). Διαπιστώθηκε πως κάτι τέτοιο δεν υφίσταται. Δεύτερον έγινε διερεύνηση στην εξωτερική όψη της τοιχοποιίας στο αντίστοιχο ύψος, με αφαίρεση του επιχρίσματος, και διαπιστώθηκε πως στην εξωτερική παρειά της τοιχοποιίας δεν υπάρχει ξυλοδεσιά (εικ. 4.8.5).



**Εικ. 4.8.1:** Η βόρεια εσωτερική όψη και οι ρωγμές που έχουν εκδηλωθεί στη τοιχοποιία



**Εικ. 4.8.2:** αριστερά: πριν την αφαίρεση του επιχρίσματος, δεξιά: αφαίρεση του επιχρίσματος αρχικά σε ύψος 1.85m και στη συνέχεια λίγο πιο ψηλά όπου και βρέθηκε η ξυλοδεσιά.

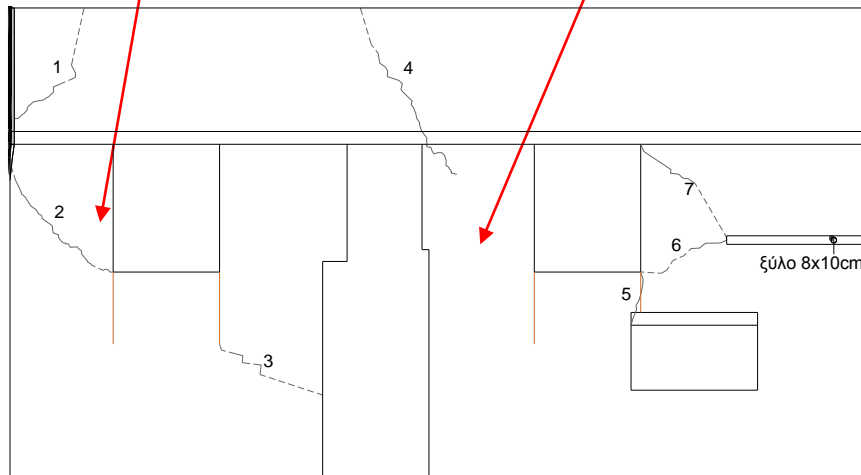


**Εικ. 4.8.3:** άκρο ξυλοδεσιάς στο μέσον σχεδόν του πεσσού.





**Εικ. 4.8.4:** Αφαίρεση του επιχρίσματος σε ακόμη δύο σημεία της εσωτερικής όψης για τυχόν ύπαρξη ξυλοδεσιάς.



**Εικ. 4.8.1:** Η βόρεια εσωτερική όψη και οι ρωγμές που έχουν εκδηλωθεί στη τοιχοποιία



**Εικ. 4.8.5:** Αφαίρεση επιχρίσματος στην εξωτερική ανατολική όψη για τυχόν ύπαρξη ξυλοδεσιάς.

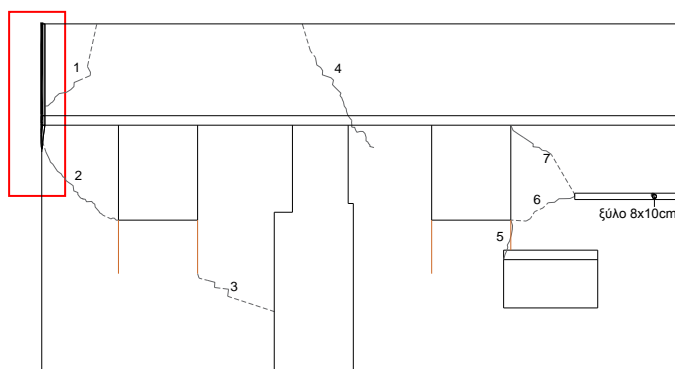
Ακολούθως διακρίνεται μία κατακόρυφη ρωγή στην επαφή του βόρειου και ανατολικού τοίχου (εικ.: 4.8.6). Οι εν λόγω εγκάρσιοι τοίχοι διαπιστώνεται να είναι καλά συνδεδεμένοι εξωτερικά (εικ.: 4.8.8) καθώς επίσης παρατηρείται ρηγματώση στην επαφή του ανατολικού με τον νότιο τοίχο (εικ.: 4.8.7). Επιπρόσθετα το άνοιγμα της ρωγμής μειώνεται προς τα κάτω. Δεν μπόρεσε να γίνει μέτρηση του ανοίγματος της εν λόγω ρωγμής γιατί το σημείο δεν ήταν προσβάσιμο εξαιτίας της στέγης που έχει καταρρεύσει. Εκτιμάται ότι το άνοιγμα ξεκινά από 10mm και μειώνεται προς τα κάτω. Εν κατακλείδι, συμπεραίνουμε ότι οι τοίχοι δεν είναι καλά συνδεδεμένοι μεταξύ τους.



**Εικ. 4.8.6:** Κατακόρυφη ρωγή στη σύνδεση βόρειου & ανατολικού τοίχου εσωτερικά.



**Εικ. 4.8.7:** Σύνδεση ανατολικού & νότιου τοίχου εσωτερικά.



**Εικ. 4.8.1:** Η βόρεια εσωτερική όψη και οι ρωγμές που έχουν εκδηλωθεί στη τοιχοποιία.

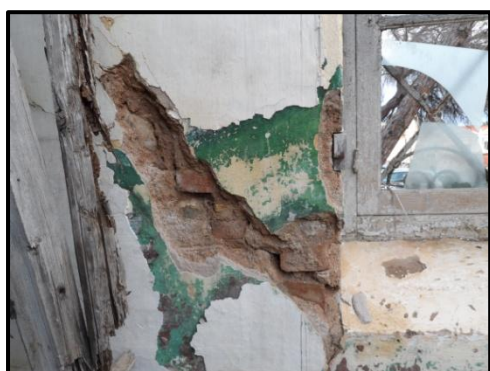


**Εικ. 4.8.8:** Σύνδεση βόρειου και ανατολικού τοίχου εξωτερικά.

Όπως και στην εξωτερική όψη, διακρίνονται οι αντίστοιχες λοξές ρωγμές ΑΟ2, ΑΟ3, ΑΟ4 και ΑΟ5 στην εσωτερική όψη. Αυτές οι ρωγμές οφείλονται σε εντός επιπέδου τέμνουσα και έχουν άνοιγμα από 0.50mm έως 1mm (εικ.: 4.8.9 έως 4.8.12). Η ρωγμή ΑΟ1 οφείλεται σε εντός επιπέδου τέμνουσα και σε εκτός επιπέδου κάμψη της τοιχοποιίας. Το άνοιγμά της είναι 1mm εσωτερικά.

Στην εξωτερική όψη παρατηρήθηκε μη αλληλεμπλοκή των λιθοσωμάτων κάτω από τα ανοίγματα. Το ίδιο ακριβώς διαπιστώθηκε και εσωτερικά (εικ.: 4.8.13).

Τέλος οι ρωγμές ΑΟ6 και ΑΟ7 παρατηρούνται μόνο εσωτερικά ξεκινώντας από την ξυλοδεσιά και φτάνοντας ως τις ακμές του ανοίγματος. Αυτές οι ρωγμές είναι διατμητικές και έχουν άνοιγμα 1mm σε όλο το μήκος τους.



**Εικ. 4.8.9:** Ρωγμή ΑΟ2

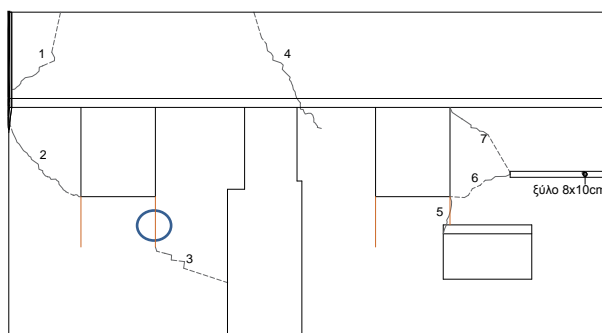


**Εικ. 4.8.10:** Ρωγμή ΑΟ4

Η ρωγμή ΑΟ4 διέρχεται από το σενάξ.



**Εικ. 4.8.13:** Μη αλληλεμπλοκή λιθοσωμάτων εσωτερικά.



**Εικ. 4.8.1:** Η βόρεια εσωτερική όψη και οι ρωγμές που έχουν εκδηλωθεί στη τοιχοποιία



**Εικ. 4.8.11:** Ρωγμή ΑΟ3



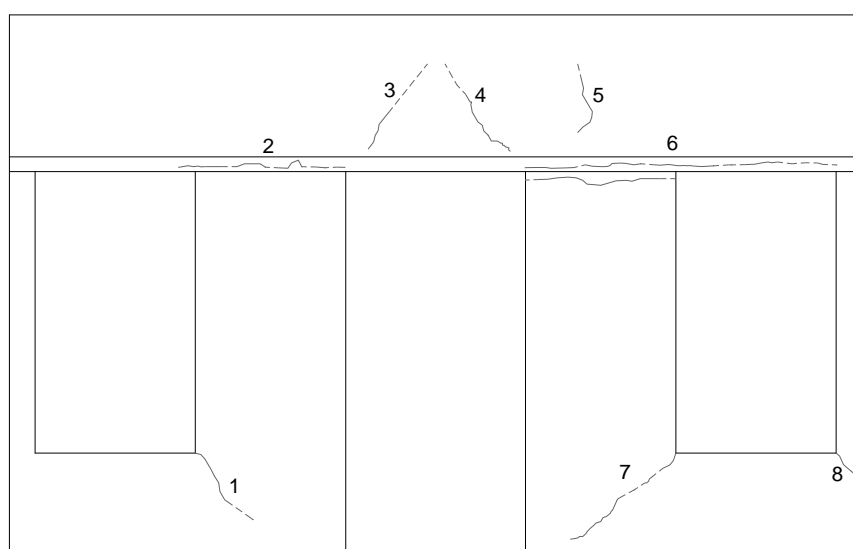
**Εικ. 4.8.12:** Ρωγμή ΑΟ5

#### 4.9 Δυτική εσωτερική όψη

Όπως και στην εξωτερική δυτική όψη, διακρίνονται οι αντίστοιχες λοξές ρωγμές ΔΟ1, ΔΟ7 (εικ.:4.9.2) και ΔΟ8 (εικ.: 4.9.3) εσωτερικά. Οι συγκεκριμένες ρωγμές διέρχονται από τις ακμές και παραθύρων και οφείλονται σε εντός επιπέδου τέμνουσα της τοιχοποιίας. Έχουν άνοιγμα 1mm. Περαιτέρω διερεύνηση για ύπαρξη και άλλων ρωγμών δεν ήταν εφικτό να γίνει εξαιτίας της πεσμένης στέγης.

Ακολούθως διακρίνονται οι οριζόντιες καμπτικές ρωγμές ΔΟ2 και ΔΟ6 στο σενάζ (εικ.: 4.9.5) καθώς και η ρωγμή ΔΟ5 λόγω κάμψης εκτός επιπέδου (εικ.: 4.9.4).

Επίσης σε ύψος περίπου 2m αφαιρέθηκε μέρος του επιχρίσματος για να ελεγχθεί αν υπάρχει ξυλοδεσιά. Διαπιστώθηκε πως κάτι τέτοιο δεν υφίσταται (εικ.: 4.9.6).



**Εικ. 4.9.1:** Η δυτική εσωτερική όψη και οι ρωγμές που έχουν εκδηλωθεί στη τοιχοποιία.



**Εικ. 4.9.2:** Ρωγμή ΔΟ7



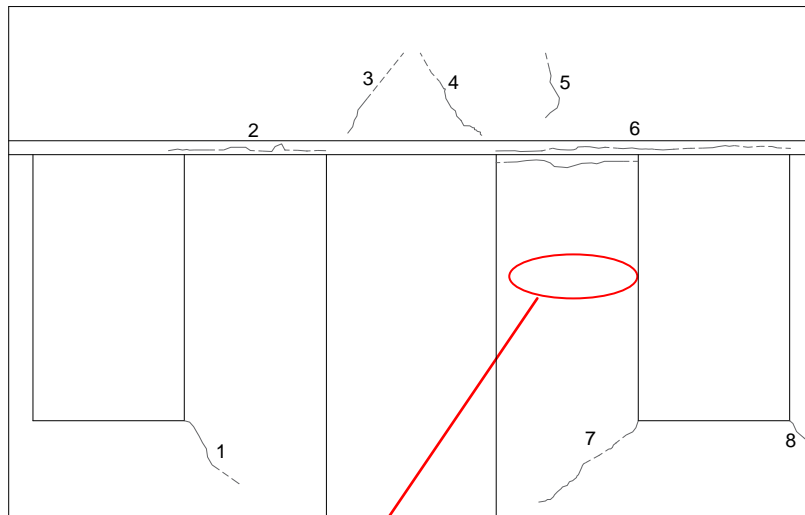
**Εικ. 4.9.3:** Ρωγμή ΔΟ8



**Εικ. 4.9.4:** Ρωγμές ΔΟ3, ΔΟ4 & ΔΟ5.



**Εικ. 4.9.5:** Ρωγμή ΔΟ6 στο σενάζ.



**Εικ. 4.9.1:** Η δυτική εσωτερική όψη και οι ρωγμές που έχουν εκδηλωθεί στη τοιχοποιία.



**Εικ. 4.9.6:** Αφαίρεση επιχρίσματος για έλεγχο τυχόν ύπαρξης ξυλοδεσιάς.

#### 4.10 Λοιπά στοιχεία

- Οριζόντιες ρωγμές κάτω από τη στέψη του κτηρίου (εικ.: 4.10.1).



**Εικ. 4.10.1:** Οριζόντιες ρωγμές κάτω από τη στέψη.

- Αποκόλληση λίθων στη στέψη.

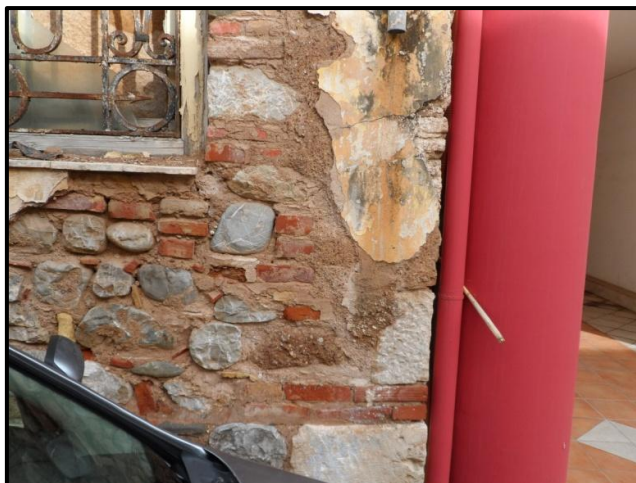
Στη βορειοανατολική γωνία, στην στέψη του κτηρίου παρατηρείται αποκόλληση λίθων και οπτόπλινθων (εικ.: 4.10.2).



**Εικ. 4.13:** Αποκόλληση λίθων και οπτόπλινθων από τη στέψη.

- Φθορά και διάβρωση από την υγρασία

Η υγρασία προέρχεται από την εξωτερική παρειά των περιμετρικών τοίχων, η οποία δεν έχει συντηρηθεί με αποτέλεσμα να έχει προκαλέσει, τοπικά, αποδόμηση του επιχρίσματος και να είναι εκτεθειμένο το κονίαμα στο νερό της βροχής (εικ.4.10.3).



**Εικ. 4.10.3:** Διάβρωση επιχρίσματος λόγω υγρασίας.

➤ Επιχρίσματα

Η πολύχρονη απουσία συντήρησης του κτηρίου έχει οδηγήσει σε αποκόλληση, διάβρωση και ρηγμάτωση του επιχρίσματος σε μεγάλες περιοχές των όψεων (εικ.:4.10.4).



**Εικ. 4.10.4:** Ρωγμές επιχρίσματος & αποκόλληση επιχρίσματος.

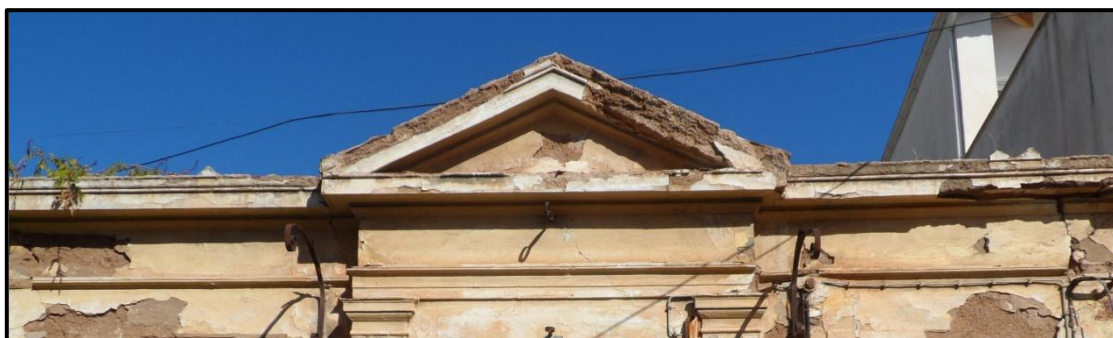
➤ Κονίαμα

Σε πάρα πολλές περιοχές του κτηρίου παρατηρείται καθαίρεση του κονιάματος της εξωτερικής παρειάς των περιμετρικών τοίχων. Ιδιαίτερα στα σημεία που δεν υπάρχει επίχρισμα παρατηρείται άμβλυση του φαινομένου και συνεπώς το εκτεθειμένο στη βροχή κονίαμα έχει μειωμένη ανθεκτικότητα (Θεοδωρίδης, 2006).

➤ Εξωτερικός διάκοσμος

Φθορές παρουσιάζουν και τα μορφολογικά στοιχεία τα οποία διακοσμούν τις όψεις του κτηρίου. Σε σημεία όπου οι ρωγμές διαπερνούν το γείσο έχουμε κατάρρευση

αυτού ενώ η αλλοίωση της μορφής των παραπάνω οφείλεται στη γήρανση των υλικών και στην απουσία συντήρησής τους (εικ.:4.10.5).



**Εικ. 4.10.5:** Φθορές στον εξωτερικό διάκοσμο.

Εν κατακλείδι, σημειώνεται ότι αρκετές από τις βλάβες στο υπό μελέτη κτήριο είχαν γίνει με την ύπαρξη της στέγης. Αυτό διαπιστώθηκε από την ακόλουθη φωτογραφία της πρόσοψης του 2013, στην οποία παρατηρούνται διατμητικές ρωγμές στην τοιχοποιία. Επομένως συμπεραίνουμε πως η στέγη δεν προσέφερε κανένα είδος διαφραγματικής λειτουργίας στο υπό μελέτη κτήριο.



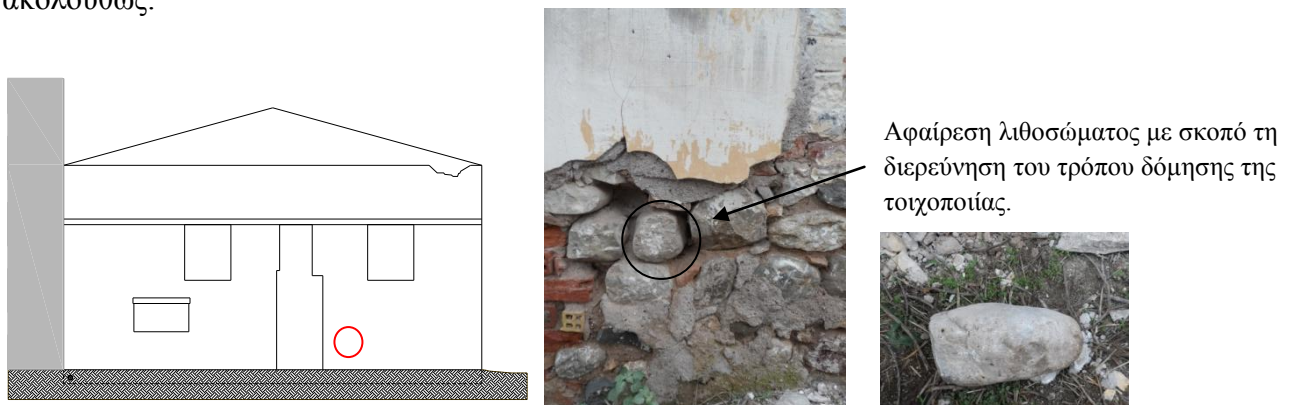
Η πρόσοψη του υπό μελέτη κτηρίου το έτος 2013 (φωτογραφία του κ. Λεωνίδα Μαυρουδής)



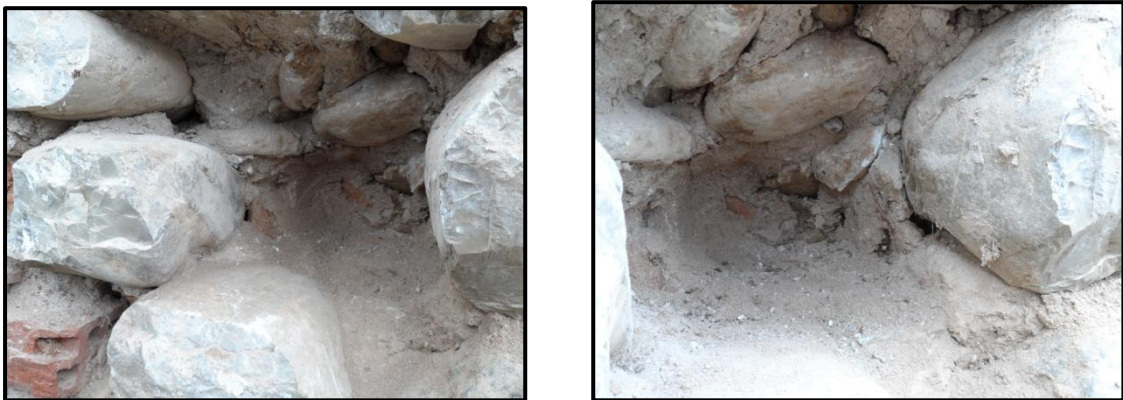
## ΤΡΟΠΟΣ ΔΟΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

### 5.1 Τρόπος δόμησης της τοιχοποιίας

Οι φέροντες τοίχοι του υπό μελέτη κτηρίου είναι φτιαγμένοι από τρίστρωτη λιθοδομή 0.50m. Το μέσο πάχος των εξωτερικών παρειών εκτιμάται 220mm, των εσωτερικών παρειών 180mm και του υλικού πληρώσεως 10mm. Αυτές οι εκτιμήσεις προέκυψαν από έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο κτήριο και τεκμηριώνεται ακολούθως.



**Εικ. 5.1:** Σημείο ελέγχου στην εξωτερική ανατολική όψη.

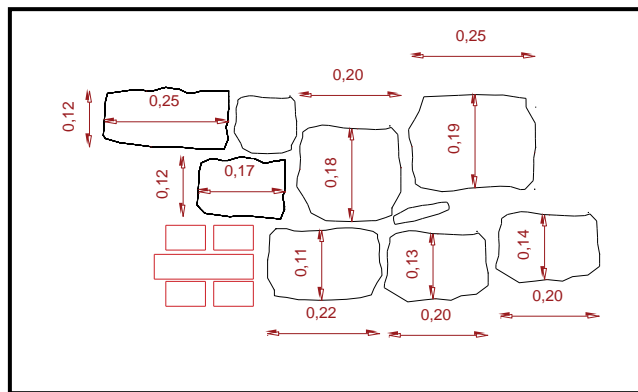


**Εικ. 5.2:** Η τοιχοποιία κατά το πάχος της μετά την αφαίρεση του λιθοσώματος.

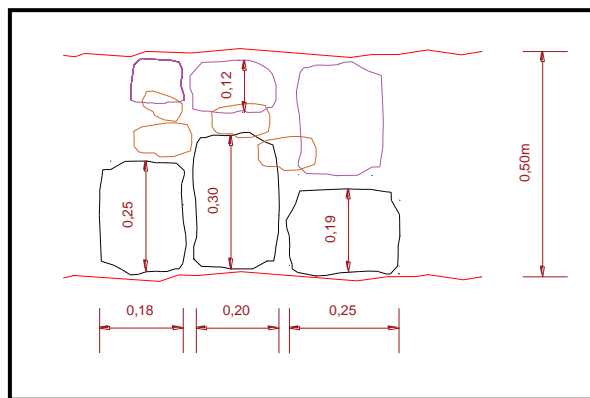


**Εικ. 5.3:** Η τοιχοποιία κατά το πάχος της μετά την αφαίρεση λιθοσώματος από την εσωτερική παρεία.

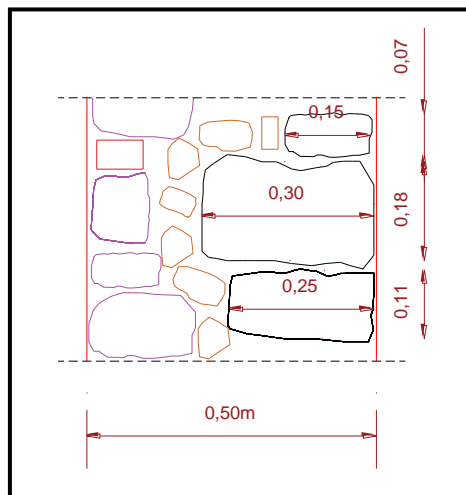
Για την περιοχή που έγινε ο έλεγχος προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:



**Εικ. 5.4:** Όψη περιοχής ελέγχου.



**Εικ. 5.5:** Κάτοψη περιοχής ελέγχου.



**Εικ. 5.6:** Τομή περιοχής ελέγχου.

## 5.2 Εργαστηριακές δοκιμές στα λιθοσώματα και στα κονιάματα

### Ιστορικό μελέτης

Οι εργαστηριακές δοκιμές πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Οπλισμένου Σκυροδέματος του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου το Φεβρουάριο του 2019.

### Ανάγκη/σκοπιμότητα εκπόνησης εργαστηριακών δοκιμών για τα υπάρχοντα υλικά δόμησης

Σε ιστορικά κτήρια και μνημεία καθώς και σε κατασκευές από τοιχοποιία, οι εργαστηριακές δοκιμές αποτελούν σημαντικό κομμάτι της μελέτης καθώς συντελούν:

- Στην κατανόηση των βλαβών και φθορών που παρουσιάζονται στην κατασκευή και στην τεκμηρίωση αυτών.
- Στην επιλογή κατάλληλων τρόπων και υλικών για την αποκατάσταση της κατασκευής.

Οι δοκιμές οι οποίες πραγματοποιήθηκαν είχαν ως σκοπό την εκτίμηση των μηχανικών χαρακτηριστικών των λιθοσωμάτων και του κονιάματος της κατασκευής. Συγκεκριμένα εκτελέστηκαν δοκιμές σε θλίψη στα λιθοσώματα και δοκιμές σε εφελκυσμό στα κονιάματα οι οποίες περιγράφονται παρακάτω. Στο Παράρτημα περιλαμβάνονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των δοκιμών, φωτογραφική τεκμηρίωση αυτών καθώς και φωτογραφίες του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε.

### 5.2.1 Λιθοσώματα

Για την εκτίμηση της θλιπτικής αντοχής των λιθοσωμάτων του κτηρίου, εκτελέστηκαν δοκιμές σε θλίψη με τη μηχανή θλίψης Wykeham Farrance. Η ταχύτητα επιβολής θλιπτικού φορτίου είναι 1kN/sec και η μέγιστη θλιπτική δύναμη που μπορεί να ασκηθεί είναι  $P_{max} = 3000$  kN.

Συνολικά επιλέχθηκαν δύο λιθοσώματα από τα οποία διαμορφώθηκαν στον τροχό του εργαστηρίου συνολικά τρία δοκίμια, δύο από το λιθόσωμα I (δοκίμια 1.1 και 1.2) και ένα από το λιθόσωμα II (δοκίμια 2). Η λήψη των λιθοσωμάτων έγινε από την στέψη του κτηρίου και από την ανατολική όψη αντίστοιχα.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών για τα λιθοσώματα.

		<b>Διαστάσεις (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>P<sub>Δοκιμής</sub> (kN)</b>	<b>Θλιπτική αντοχή (MPa)</b>
<b>Λίθος I</b>	<b>1.1</b>	55.4 × 52.60 mm <sup>2</sup>	36.00 kN	12.35 MPa
<b>Λίθος I</b>	<b>1.2</b>	52.30 × 53.70 mm <sup>2</sup>	217.00 kN	77.27 MPa
<b>Λίθος II</b>	<b>2</b>	51.20 × 51.30 mm <sup>2</sup>	109.50 kN	41.69 MPa

**Πίνακας 5.1:** Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών των λιθοσωμάτων.

## Μηχανικά χαρακτηριστικά λιθοσωμάτων

Οι πειραματικές τιμές της θλιπτικής αντοχής των λιθοσωμάτων παρουσιάζουν διασπορά. Όπως προαναφέρθηκε τα δοκίμια 1.1 και 1.2 προέρχονται από το ίδιο πέτρωμα επομένως έχουν τα ίδια μορφολογικά χαρακτηριστικά. Η μεγάλη διαφορά στη θλιπτική αντοχή οφείλεται σε πιθανή ρηγμάτωση του δοκιμίου 1.1 κατά τη διαμόρφωσή του στο τροχό. Επομένως η μέτρησή του θεωρείται ακραία.

Τελικά, για τη θλιπτική αντοχή των λιθοσωμάτων λαμβάνεται ως συντηρητική η μέτρηση του δοκιμίου 2. Άρα,

$$f_{bc} = 40 \text{ MPa}$$

### 5.2.2 Κονιάρματα

Για την εκτίμηση των μηχανικών χαρακτηριστικών του κονιάρματος χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των θραυσμάτων. Η μέθοδος αυτή συνίσταται στην εφαρμογή εφελκυστικού φορτίου επί ενός δείγματος κονιάρματος (τυχαίου όγκου) διαμέσου μιας ειδικής διάταξης μέχρι τη θραύση του (Παράρτημα). Στη συνέχεια γίνεται μέτρηση του εμβαδού της επιφάνειας αστοχίας και προσδιορίζεται η εφελκυστική αντοχή του υλικού.

Συνολικά έγιναν μετρήσεις για είκοσι έξι δείγματα. Οι περιοχές όπου αφαιρέθηκαν ήταν από τα σημεία που έγινε η λήψη των λιθοσωμάτων, από την στέγη της νότιας όψης και από γειτονικό τοίχο. Η σύσταση του κονιάρματος είναι ασβέστης, άμμος και νερό.

	Επιφάνεια Θραύσης (mm <sup>2</sup> )	Βάρος δοκιμίων (gr)	Βάρος δοκιμίων (N)	F <sub>δοκιμής</sub> (N)	F <sub>τελικό</sub> (N)	Εφελκυστική αντοχή (MPa)
K.1.1.1	962.5 mm <sup>2</sup>	878.2 gr	8.61 N	298.70 N	310.87 N	0.32 MPa
K.1.1.2	570 mm <sup>2</sup>	840.7 gr	8.24 N	204.60 N	216.58 N	0.38 MPa
K.1.1.3	770 mm <sup>2</sup>	812.4 gr	7.97 N	297.40 N	309.24 N	0.40 MPa
K.1.2.1	440 mm <sup>2</sup>	828.7 gr	8.13 N	111.74 N	123.66 N	0.28 MPa
K.1.2.2	860 mm <sup>2</sup>	836.5 gr	8.20 N	132.33 N	144.29 N	0.17 MPa
K.1.3.1	275 mm <sup>2</sup>	835.9 gr	8.20 N	17.90 N	29.86 N	0.11 MPa
K.1.3.2	463 mm <sup>2</sup>	772.11 gr	7.57 N	31.30 N	42.95 N	0.09 MPa
K.1.3.3	740 mm <sup>2</sup>	798 gr	7.83 N	37.70 N	49.47 N	0.07 MPa
K.1.3.4	250 mm <sup>2</sup>	804.3 gr	7.89 N	0.00 N	11.81 N	0.05 MPa
K.1.3.1 (ΖΤ)	750 mm <sup>2</sup>	843.6 gr	8.27 N	101.60 N	113.60 N	0.15 MPa
K.1.3.4 (ΖΤ)	625 mm <sup>2</sup>	812.8 gr	7.97 N	52.10 N	63.95 N	0.10 MPa
K.1.4.1	425 mm <sup>2</sup>	852 gr	8.36 N	63.70 N	75.74 N	0.18 MPa
K.1.4.2	360 mm <sup>2</sup>	831 gr	8.15 N	33.70 N	45.64 N	0.13 MPa
K.1.4.3	210 mm <sup>2</sup>	779.18 gr	7.64 N	182.40 N	194.08 N	0.92 MPa
K.1.4.4	600 mm <sup>2</sup>	850.1 gr	8.34 N	47.60 N	59.63 N	0.10 MPa
K.1.4.3 (ΖΤ)	470 mm <sup>2</sup>	789.86 gr	7.75 N	295.90 N	307.63 N	0.65 MPa
K.1.4.1 (ΖΤ)	400 mm <sup>2</sup>	865.3 gr	8.49 N	294.00 N	306.10 N	0.77 MPa
K.2.1.1	1100 mm <sup>2</sup>	824.7 gr	8.09 N	88.10 N	100.01 N	0.09 MPa
K.2.1.2	950 mm <sup>2</sup>	815.8 gr	8.00 N	67.40 N	79.26 N	0.08 MPa
K.2.1.3	550 mm <sup>2</sup>	856.4 gr	8.40 N	71.60 N	83.66 N	0.15 MPa
K.2.2.1	650 mm <sup>2</sup>	851.6 gr	8.35 N	62.30 N	74.34 N	0.11 MPa
K.2.2.2	800 mm <sup>2</sup>	789.29 gr	7.74 N	31.60 N	43.33 N	0.05 MPa
K.2.2.3	420 mm <sup>2</sup>	848.3 gr	8.32 N	10.60 N	22.62 N	0.05 MPa
K.2.3.1	500 mm <sup>2</sup>	743.9 gr	7.30 N	0.00 N	11.51 N	0.02 MPa
K.2.3.2	550 mm <sup>2</sup>	845 gr	8.29 N	31.30 N	43.30 N	0.08 MPa
K.3.1	400 mm <sup>2</sup>	761.42 gr	7.47 N	8.00 N	19.59 N	0.05 MPa
K.3.2	450 mm <sup>2</sup>	815.4 gr	8.00 N	90.20 N	102.06 N	0.23 MPa
K.3.3	700 mm <sup>2</sup>	803.1 gr	7.88 N	65.60 N	77.40 N	0.11 MPa
K.εξ.1	750 mm <sup>2</sup>	796.3 gr	7.81 N	62.40 N	74.17 N	0.10 MPa
K.εξ.2	550 mm <sup>2</sup>	842.8 gr	8.27 N	130.00 N	141.99 N	0.26 MPa

Πίνακας 5.2: Αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών για τα κονιάρματα.

Παρατηρείται διασπορά στα αποτελέσματα των εργαστηριακών μετρήσεων. Έχοντας υπ' όψιν την ποιότητα του κονιάματος καθώς επίσης η περιοχή ΙΙ θεωρείται πιο αντιπροσωπευτική, λαμβάνεται μέση τιμή εφελκυστικής τιμής κονιάματος  $f_{im}=0.16\text{MPa}$ .

Η θλιπτική αντοχή θεωρήθηκε πενταπλάσια της εφελκυστικής, άρα η θλιπτική αντοχή του κονιάματος είναι:

<b><math>f_{mc} = 0.80 \text{ MPa}</math></b>
---

### 5.3 Υπολογισμός της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας

Από εμπειρικές σχέσεις, η θλιπτική αντοχή των εξωτερικών παρειών (Τάσσιος, Χρονόπουλος, 1986) είναι:

$$f_{wc,e} = \frac{\frac{2}{3}\sqrt{f_{bc}} + k_1 f_{cm} - k_2}{1 + 3.5\left(\frac{V_m}{V_w} - 0.30\right)}$$

Όπου  $V_m$ ,  $V_w$  : ο όγκος του κονιάματος και ο όγκος της τοιχοποιίας (ο λόγος τους είναι τουλάχιστον ίσος με 0.30)

$f_{bc}$  : η θλιπτική αντοχή λιθοσώματος (δεν υπερβαίνει τα 100MPa)

$f_{mc}$  : η θλιπτική αντοχή κονιάματος

$k_1 = 0.60$  για αργολιθοδομή

= 0.20 για οπτοπλινθοδομή ή για λιθοδομή με κανονικούς λίθους

$k_2 = 0.0 \text{ MPa}$  για οπτοπλινθοδομή ή για λιθοδομή με κανονικούς λίθους

= 0.5 MPa για ημι-κανονική λιθοδομή

= 2.5 MPa για αργολιθοδομή

Επομένως για  $k_1 = 0.60$ ,  $k_2 = 2.50$  και  $V_m / V_w = 0.30$  προκύπτει:

$$f_{wc,e} = \frac{\frac{2}{3}\sqrt{40} + 0.60 \cdot 0.80 - 2.50}{1 + 3.5 \cdot (0.30 - 0.30)} = 2.20 \text{ MPa}$$

Η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας (Τάσσιος, 2004) είναι:

$$f_{wc} = \frac{2 \cdot \lambda_e \cdot \delta \cdot f_{wc,e} + \lambda_i \cdot \delta \cdot f_{wc,i}}{1 + 2 \cdot \delta}$$

Όπου  $\lambda_i = 1.00$  διορθωτικός συντελεστής

$f_{wc,i}$ : η θλιπτική αντοχή του υλικού πληρώσεως. Σε αυτή την περίπτωση λαμβάνεται 0.20MPa.

$f_{wc,e}$ : η θλιπτική αντοχή των εξωτερικών παρειών

δ: ο λόγος του πάχους της εξωτερικής παρειάς και του γεμίματος

$$t_w = 0.50\text{m}$$

$$t_w = t_e + t_i + t_e = 0.22 + t_i + 0.18 = t_i + 0.40\text{m}$$

$$t_i = t_w - 0.40 = 0.50 - 0.40 = 0.10\text{m}$$

$$\delta = \frac{t_e}{t_i} = 2.20$$

$\lambda_e = 1 - 0.06 * \zeta_e * t_e * h_w^{-4/3}$ , λαμβάνεται  $\lambda_e = 1.00$

Άρα:

$$f_{wc} = \frac{2 * 1.00 * 2.20 * 2.20 + 1.0 * 2.20 * 0.20}{1 + 2 * 2.20} \Rightarrow f_{wc} = 1.87 \text{ MPa}$$

Επομένως, το μέτρο ελαστικότητας της τοιχοποιίας είναι:

$$E = 700 * f_{wc} = 700 * 1.874 \Rightarrow E = 1311.8 \text{ MPa}$$

## ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ ΣΤΟ SAP2000 v16.0.0

Για την εκτίμηση της συμπεριφοράς του κτηρίου υπό την επιβολή σεισμικών φορτίων δημιουργήθηκε το υπολογιστικό ομοίωμα του με το λογισμικό SAP2000 v16.0.0. Η διαδικασία προσομοίωσης έχει βαρύνουσα σημασία καθώς η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την ανάλυση της κατασκευής καθορίζονται από την αρτιότητα του υπολογιστικού ομοιώματος. Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται περιγραφή των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του κτηρίου της παρούσας εργασίας.

### 6.1 Τύπος στοιχείων προσομοίωσης

Για την προσομοίωση του φορέα χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων (Finite Element Method). Η τοιχοποιία είναι ένα ανομοιογενές και ανισότροπο υλικό η συμπεριφορά του οποίου, στην επιβολή εξωτερικών δράσεων, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως τα μηχανικά χαρακτηριστικά των λιθοσωμάτων και του κονιάματος και η διεύθυνση του επιβαλλόμενου φορτίου σε σχέση με τους οριζόντιους αρμούς. Παρ' όλα αυτά η συμπεριφορά του υπολογιστικού ομοιώματος, με ομοιογενή και ισότροπα επιφανειακά στοιχεία κελύφους, θεωρείται ικανοποιητική.

Η σχεδίαση του κτηρίου στο SAP2000 έγινε λαμβάνοντας την μορφολογία, τις διαστάσεις και την γεωμετρία των φερόντων επιφανειακών στοιχείων από τα σχέδια της αποτύπωσης (τεύχος σχεδίων).

Για την προσομοίωση του κτηρίου χρησιμοποιήθηκαν τα εξής στοιχεία:

- Όλοι οι φέροντες τοίχοι καθώς και το περιμετρικό διάζωμα προσομοιώθηκαν με επιφάνειες τύπου "Shell-Thick". Συγκεκριμένα δημιουργήθηκαν 2 κατηγορίες για τα πάχη τοίχων που συναντώνται. Η διακριτοποίηση έγινε με τετράκομβα πεπερασμένα στοιχεία σε όλες τις επιφάνειες.
- Οι ξύλινοι δοκοί της στέγης προσομοιώθηκαν με ραβδωτά στοιχεία ("Frame Elements") και η διατομή του καθενός σχεδιάστηκε ξεχωριστά.
- Το σανίδωμα της στέγης προσομοιώθηκε με λεπτά πεπερασμένα επιφανειακά στοιχεία τύπου «Shell thin».

### 6.2 Υλικά προσομοίωσης

Στο κτήριο συναντώνται συνολικά 2 υλικά (πλην του ξύλου του Φ.Ο. της στέγης που έχει καταρρεύσει) τα οποία συνεργάζονται και διαμορφώνουν τον φέροντα οργανισμό. Τα μηχανικά χαρακτηριστικά που χρησιμοποιήθηκαν για την

προσομοίωση τους οφείλονται είτε σε πειραματικά αποτελέσματα, όπως είναι η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας, είτε σε εύλογες παραδοχές για τα υπόλοιπα.

Συγκεκριμένα:

- Το μέτρο ελαστικότητας της τοιχοποιίας λαμβάνεται  $E=1311.8$  MPa και το ειδικό της βάρος  $\gamma=23$  kN/m<sup>3</sup>
- Το μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος λαμβάνεται  $E=20000$  MPa και το ειδικό του βάρος  $\gamma=25$  kN/m<sup>3</sup>
- Το μέτρο ελαστικότητας των ξύλινων στοιχείων (δοκοί και σανίδωμα) λαμβάνεται  $E=10000$  MPa και το ειδικό του βάρος  $\gamma=5$  kN/m<sup>3</sup>

### 6.3 Διαμόρφωση στηρίξεων

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

- Το βάθος θεμελίωσης θεωρήθηκε στο 0,5m κάτω από την στάθμη του εδάφους και τα θεμέλια προσομοιώθηκαν ως τοιχοποιία ίσου πάχους με την αμέσως υπερκείμενη.
- Το έδαφος δεν προσομοιώθηκε με ελατήρια, αλλά με ανένδοτες στηρίξεις.
- Οι συνδέσεις των ξύλινων δοκών της παλιάς στέγης με την τοιχοποιία θεωρήθηκαν αρθρώσεις.

### 6.4 Συμβάσεις τοπικών αξόνων στοιχείων και διευθύνσεις των εντατικών μεγεθών

Οι κύριοι άξονες τοποθετήθηκαν ορίζοντας τον άξονα x παράλληλο στην μικρή πλευρά του λιθόδητου κτηρίου (διεύθυνση Βορράς-Νότος) και τον y παράλληλο στην μεγάλη πλευρά (διεύθυνση Ανατολή-Δύση).

Το τοπικό σύστημα συντεταγμένων του κάθε επιφανειακού στοιχείου σε σχέση με τους κύριους άξονες ορίζεται ως εξής:

- Το επίπεδο 3-2 του τοπικού συστήματος ορίζεται κατακόρυφο, δηλαδή παράλληλο στον κύριο άξονα Z.
- Ο τοπικός άξονας 2 έχει θετική φορά την φορά του άξονα +Z. Σε περίπτωση που το στοιχείο είναι οριζόντιο θεωρείται οριζόντιος με θετική φορά την φορά του άξονα +Y.
- Ο τοπικός άξονας 1 είναι πάντα οριζόντιος και εντός του επιπέδου X-Y.

Όσον αφορά τις διευθύνσεις εφαρμογής των τάσεων και των δυνάμεων που χρησιμοποιούμε στην παρούσα εργασία αυτές ορίζονται ως εξής:

#### Τάσεις στις επιφάνειες:

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

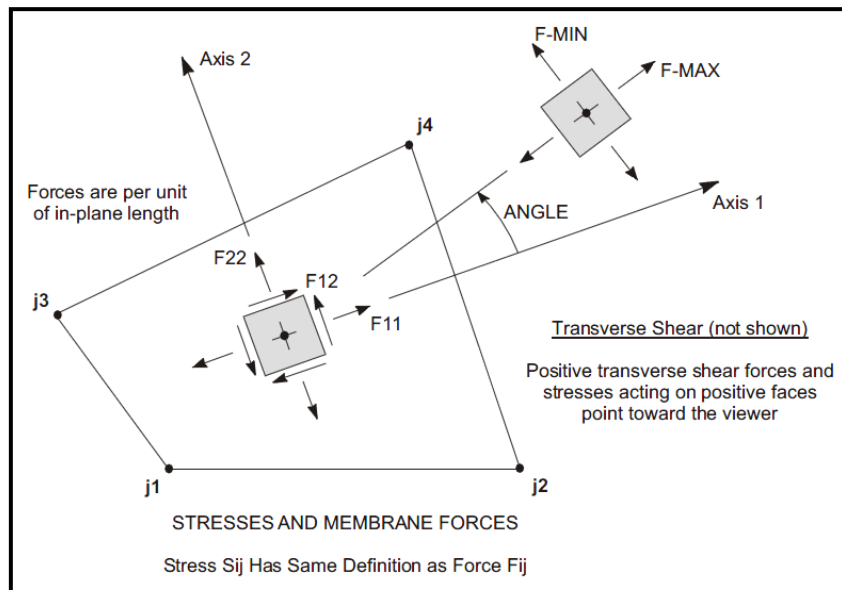
#### Δυνάμεις και Ροπές:

- F11 οριζόντια αξονική δύναμη ανά μονάδα μήκους

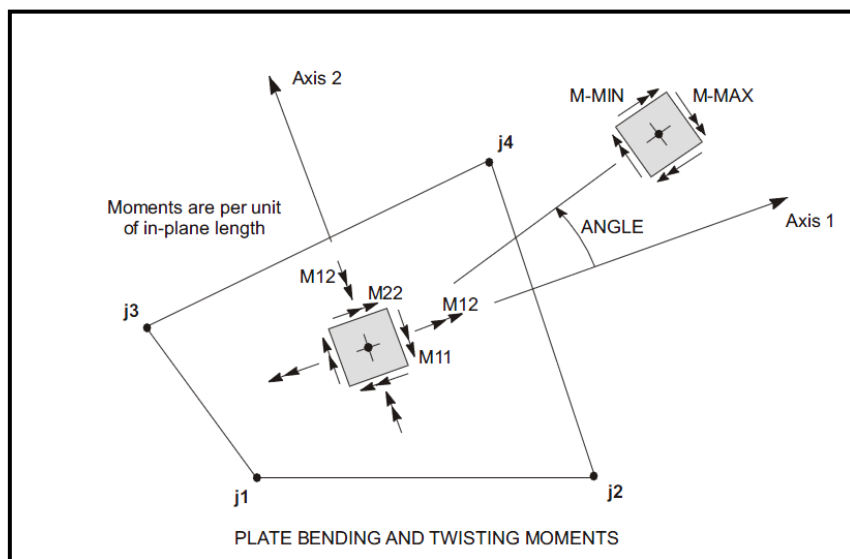


- $F_{22}$  κατακόρυφη αξονική δύναμη ανά μονάδα μήκους
- $F_{12}$  τέμνουσα εντός επιπέδου ανά μονάδα μήκους
- $M_{11}$  ροπή εκτός επιπέδου με επίπεδο θραύσεως κάθετο στους οριζόντιους αρμούς ανά μονάδα μήκους
- $M_{22}$  ροπή εκτός επιπέδου με επίπεδο θραύσεως παράλληλο στους οριζόντιους αρμούς ανά μονάδα μήκους

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



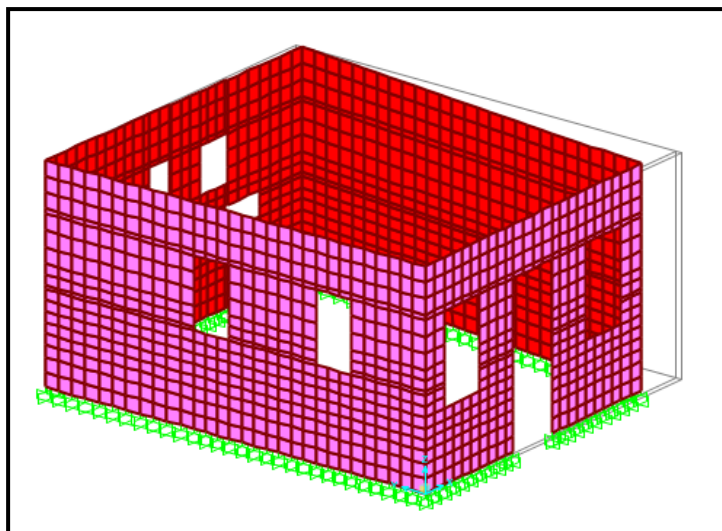
**Εικ. 6.1:** Σύμβαση στο SAP2000 για την κατεύθυνση δυνάμεων και τάσεων σε τετράκομβρα επιφανειακά στοιχεία.



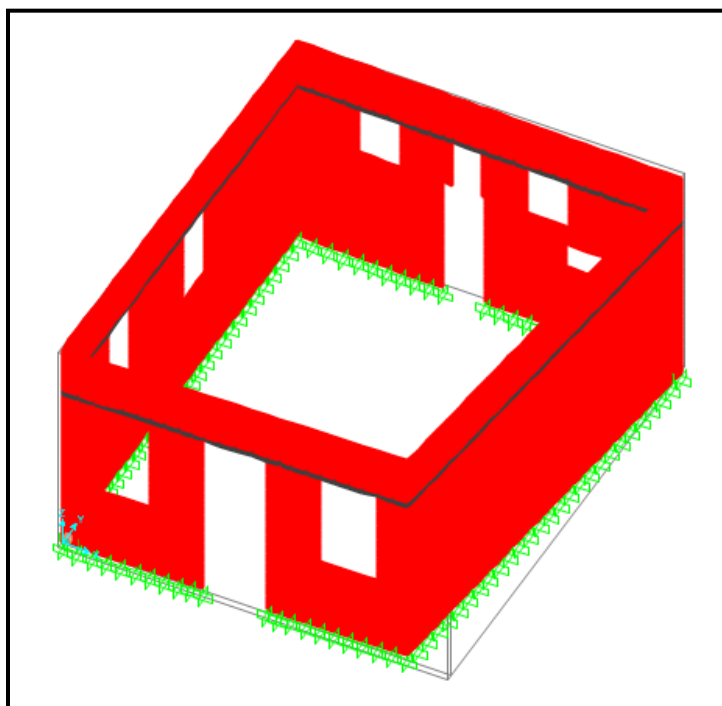
**Εικ. 6.2:** Σύμβαση στο SAP2000 για την κατεύθυνση των ροπών σε τετράκομβρα επιφανειακά στοιχεία

### 6.5 Προσομοίωμα ανάλυσης

Στην Εικόνα 6.3 εμφανίζεται το προσομοίωμα του φέροντος οργανισμού του κτηρίου. Η στέγη δεν απεικονίζεται χάριν απλουστεύσεως.



**Εικ. 6.3:** Διακριτοποιημένο προσομοίωμα ανάλυσης.



**Εικ. 6.4:** Τρισδιάστατη απεικόνιση του υπολογιστικού προσομοιώματος στο SAP2000. Διακρίνονται η τοιχοποιία & το περιμετρικό διάζωμα από σκυρόδεμα.

## ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΒΑΛΛΟΜΕΝΑ ΦΟΡΤΙΑ

### 7.1 Μέθοδος ανάλυσης

Για την εκτίμηση της σεισμικής απόκρισης του κτηρίου χρησιμοποιήθηκε η ισοδύναμη στατική ανάλυση. Η ισοδύναμη στατική ανάλυση προκύπτει από την δυναμική φασματική ανάλυση λαμβάνοντας υπόψη μόνο την θεμελιώδη μεταφορική ιδιομορφή ταλάντωσης της κατασκευής ανά διεύθυνση σεισμικού φορτίου. Οι δύο οριζόντιες συνιστώσες του λαμβάνονται παράλληλες με τις δύο κύριες διευθύνσεις του κτηρίου και οι σεισμικές δυνάμεις εφαρμόζονται σαν στατικά φορτία επάνω στην κατασκευή.

Τα ισοδύναμα σεισμικά φορτία εφαρμόζονται κατανεμημένα κατά το ύψος της τοιχοποιίας σε αντίθεση με τις πλαισιακές κατασκευές, όπου εφαρμόζονται συγκεντρωμένα στις στάθμες των ορόφων. Αυτό συμβαίνει διότι εν αντιθέσει με τις πλαισιακές κατασκευές, όπου το μεγαλύτερο μέρος της μάζας είναι συγκεντρωμένο στις στάθμες των ορόφων, στις κατασκευές από τοιχοποιία το κατακόρυφο φορτίο της κατασκευής οφείλεται σχεδόν εξ ολοκλήρου στο ίδιο βάρος της τοιχοποιίας και δεν μπορεί να θεωρηθεί συγκεντρωμένο σε ένα σημείο.

Συγκεκριμένα το ισοδύναμο στατικό φορτίο που εφαρμόζεται σε κάθε πεπερασμένο στοιχείο του προσομοιώματος είναι:

$$V_0 = m \cdot \Phi_d(T)$$

όπου:

$m$ : η μάζα καθενός πεπερασμένου στοιχείου της κατασκευής.

$\Phi_d(T)$ : η τιμή της φασματικής επιτάχυνσης σχεδιασμού.

### 7.2 Υπολογισμός Φασματικής Επιτάχυνσης Σχεδιασμού

Η επιτάχυνση σχεδιασμού εξαρτάται από την ιδιοπερίοδο της κατασκευής σύμφωνα με τους παρακάτω τύπους (ΕΑΚ2000, 2.3):

$$0 \leq T < T_1: \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \left[ 1 + \frac{T}{T_1} \left( \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} - 1 \right) \right]$$

$$T_1 \leq T \leq T_2: \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q}$$

$$T_2 < T: \quad \Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} \left(\frac{T_2}{T}\right)^{2/3}$$

A = α · g: μέγιστη οριζόντια σεισμική επιτάχυνση του εδάφους.

g: επιτάχυνση της βαρύτητας.

γ<sub>I</sub>: συντελεστής σπουδαιότητας του κτηρίου.

q: συντελεστής συμπεριφοράς της κατασκευής.

η: διορθωτικός συντελεστής για ποσοστό απόσβεσης ≠ 5%, για άοπλη τοιχοποιία λαμβάνει την τιμή 1.

θ: συντελεστής επιρροής της θεμελίωσης.

T<sub>1</sub> και T<sub>2</sub> χαρακτηριστικές περιόδους του φάσματος β<sub>0</sub> = 2,5 συντελεστής φασματικής επιτάχυνσης.

T: η θεμελιώδης ασύζευκτη ιδιοπερίοδος μεταφορικής ταλάντωσης κατά την θεωρούμενη κύρια διεύθυνση του κτηρίου.

Για ορθογωνική κάτοψη όπως το κτήριο μελέτης (ΕΑΚ2000, 3.5):

$$T = 0.09 \cdot \frac{H}{\sqrt{L}} \sqrt{\frac{H}{H+\rho \cdot L}}$$

Όπου:

H: το ύψος του κτηρίου.

L: το μήκος του κτηρίου κατά την θεωρούμενη διεύθυνση υπολογισμού.

ρ: ο λόγος της επιφάνειας των διατομών των τοιχωμάτων ανά διεύθυνση σεισμικής δράσης προς την συνολική επιφάνεια τοιχωμάτων και υποστυλωμάτων.

**Ιδιοπερίοδος και φασματική επιτάχυνση για την κατεύθυνση x:**

$$\rho_x = 0,43$$

$$H = 4,41 \text{ m } L_x = 8,00 \text{ m}$$

θ = 1 Κατηγορία εδάφους Α

q = 1,0 για άοπλη τοιχοποιία [Θ.Π. Τάσιος «Μηχανική της τοιχοποιίας (υπόστατικές και σεισμικές συνθήκες)»]

A = 0,24g Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας Αιγίου ΙΙ

$$T_x = 0.09 \cdot \frac{4.41}{\sqrt{8.0}} \sqrt{\frac{4.41}{4.41+0.43 \cdot 8.0}} = 0.11 \text{ sec.}$$

Έτσι T<sub>1</sub> = 0,10 ≤ T<sub>x</sub> ≤ T<sub>2</sub> = 0,40, επομένως:

$$\Phi_d(T_x) = 1 \cdot 0.24g \frac{1 \cdot 1 \cdot 2.5}{1.0} = 0.6g$$

### Ιδιοπερίοδος και φασματική επιτάχυνση για την κατεύθυνση y:

$$\rho_x = 0,57$$

$$H = 4,41 \text{ m } L_x = 10,70 \text{ m}$$

$\theta = 1$  Κατηγορία εδάφους A

$q = 1,0$  για άοπλη τοιχοποιία [Θ.Π. Τάσιος «Μηχανική της τοιχοποιίας (υπόστατικές και σεισμικές συνθήκες)»]

$A = 0,24g$  Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας Αιγίου II

$$T_x = 0,09 \cdot \frac{4,41}{\sqrt{10,70}} \sqrt{\frac{4,41}{4,41 + 0,57 \cdot 10,70}} = 0,08 \text{ sec.}$$

Έτσι  $0 \leq T_y \leq T_1 = 0,10$ , επομένως:

$$\Phi_d(T_y) = 1 \cdot 0,24g \left[ 1 + \frac{0,08}{0,10} \left( \frac{1 \cdot 1 \cdot 2,5}{1,0} - 1 \right) \right] = 0,528g$$

### 7.3 Επιβαλλόμενα Φορτία

Η ανάλυση του κτηρίου έγινε για τους ακόλουθους συνδυασμούς φορτίσεων:

- $1,35G + 1,5Q$
- $G + 0,3Q + E_x + 0,3E_y$
- $G + 0,3Q + E_x - 0,3E_y$
- $G + 0,3Q - E_x + 0,3E_y$
- $G + 0,3Q - E_x - 0,3E_y$
- $G + 0,3Q + 0,3E_x + E_y$
- $G + 0,3Q - 0,3E_x + E_y$
- $G + 0,3Q + 0,3E_x - E_y$
- $G + 0,3Q - 0,3E_x + E_y$

#### G: μόνιμα κατακόρυφα φορτία

Τα μόνιμα ή νεκρά φορτία είναι φορτία που επιβάλλουν στατική φόρτιση στις κατασκευές, δηλαδή πρόκειται για φορτία σταθερής θέσης και διεύθυνσης.

❖ Ίδιο βάρος κτηρίου

Το πρόγραμμα υπολογίζει αυτόματα τα ίδια βάρη των στοιχείων που προσομοιώνονται μέσω του ειδικού βάρους των υλικών, το οποίο καθορίζεται στις ιδιότητές τους.

❖ Φορτία στέγης

Το σανίδωμα της στέγης φέρει ως μόνιμο φορτίο το ίδιο βάρος των κεραμιδιών.

Ίδιο βάρος κεραμιδιών:  $22\text{κεραμ}/\text{m}^2 \times 0.01\text{kN}/\text{κεραμ} = 0.22\text{ kN}/\text{m}^2$ .

Q: κινητά κατακόρυφα φορτία

Κινητό φορτίο στέγης:  $0.6\text{ kN}/\text{m}^2$ .

$E_x$ : σεισμικά φορτία κατά την διεύθυνση x

$E_y$ : σεισμικά φορτία κατά την διεύθυνση y

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΈΛΕΓΧΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει η παρουσίαση των αποτελεσμάτων στο υφιστάμενο κτήριο καθώς και η αξιολόγησή τους. Αναλυτικότερα, γίνεται έλεγχος σε συγκεκριμένα σημεία για τον εντοπισμό περιοχών που είτε έχουν αστοχήσει είτε είναι ευάλωτες σε αστοχία σε κάμψη εκτός επιπέδου ή εντός επιπέδου διάτμηση. Επιπλέον γίνεται μια διερεύνηση των αιτίων των ρωγμών που εμφανίζονται σήμερα στο κτήριο μέσω των κατανομών των κύριων εφελκυστικών τάσεων. Ο έλεγχος με τη βοήθεια των κύριων εφελκυστικών τάσεων μας βοηθά στο να εντοπίσουμε τις περιοχές των ρωγμών αλλά όχι κατ' ανάγκη και των αστοχιών, καθώς η υπέρβαση της εφελκυστικής αντοχής δεν σημαίνει και αστοχία της τοιχοποιίας.

### 8.1 Αποτελέσματα ιδιομορφικής ανάλυσης

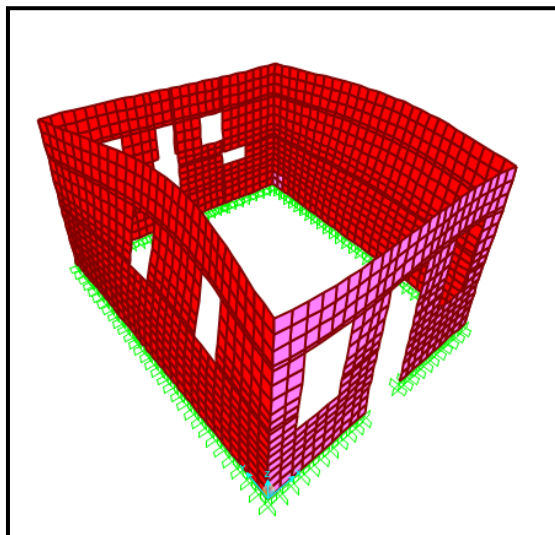
Για την ενεργοποίηση ποσοστού τουλάχιστον 90% της μεταφορικής δρώσας μάζας του κτηρίου χρειάζονται 80. Συγκεκριμένα στις 80 ιδιομορφές ενεργοποιείται το 89.831% της μάζας στην διεύθυνση Y και το 89.319% στην διεύθυνση X.

<b>ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΚΤΗΡΙΟ</b>					
<b>Mode</b>	<b>Period (sec)</b>	<b>UX (%)</b>	<b>UY (%)</b>	<b>SumUX (%)</b>	<b>SumUY (%)</b>
1	0.23588	~0	0.941	~0	0.941
2	0.220462	38.078	0.152	38.08	1.093
3	0.172243	0.02	18.622	38.1	19.715
5	0.118311	1.464	0.117	39.637	23.444
80	0.016111	~0	~0	89.319	89.831

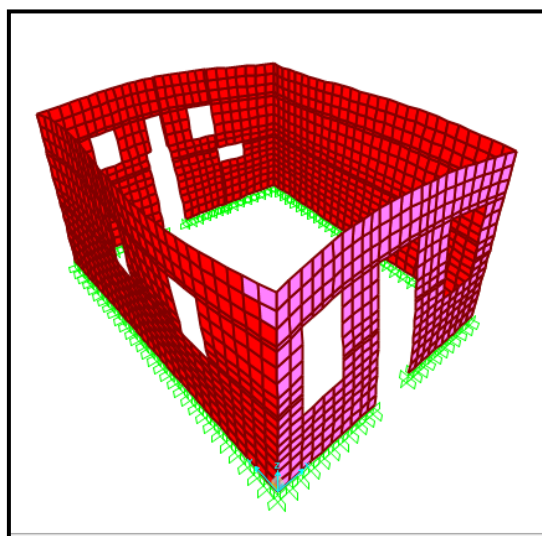
**Πίνακας 8.1:** Αποτελέσματα ιδιομορφικής ανάλυσης υφιστάμενου κτηρίου.

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι η θεμελιώδης ιδιομορφή κατά τη X διεύθυνση είναι η δεύτερη ιδιομορφή του κτηρίου, η οποία ενεργοποιεί το 38.078% της συνολικής μάζας. Κατά τη διεύθυνση Y η θεμελιώδης ιδιομορφή είναι η 3η, η οποία ενεργοποιεί το 18.622% της μάζας.

Επίσης, οι περίοδοι των παραπάνω ιδιομορφών αντιστοιχούν στο πλατό του φάσματος σχεδιασμού (0.0 - 0.4sec). Από τη σειρά των ιδιομορφών φαίνεται ότι η διεύθυνση X είναι πιο εύκαμπτη από την αντίστοιχη Y κάτι που αναμένονταν αν λαμβάνονταν υπόψη τα μήκη των πλευρών.



**Εικ. 8.1.1:** Θεμελιώδης ιδιομορφή κατά την X διεύθυνση ( $T_x = 0.22\text{sec}$ )

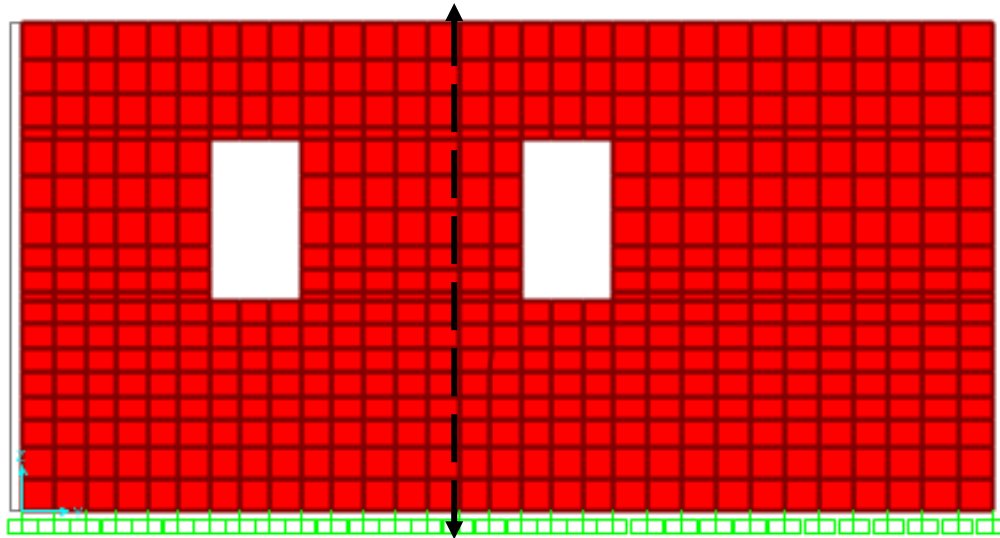


**Εικ. 8.1.2:** Θεμελιώδης ιδιομορφή κατά την Y διεύθυνση ( $T_y = 0.17\text{sec}$ )

## 8.2 Οριζόντιες μετακινήσεις

Σε αυτήν την ενότητα θα παρουσιαστούν οι μετακινήσεις που έχουν υπολογιστεί από την ανάλυση του κτηρίου για τους σεισμικούς συνδυασμούς. Θα εξεταστούν οι μετακινήσεις που προκύπτουν στη βόρεια όψη και συγκεκριμένα στον άξονα που φαίνεται στο επόμενο σχήμα αλλά και στο μέσο της δυτικής όψης.





Εικ. 8.2.1: Άξονας μέτρησης μετακίνησης στη βόρεια όψη.

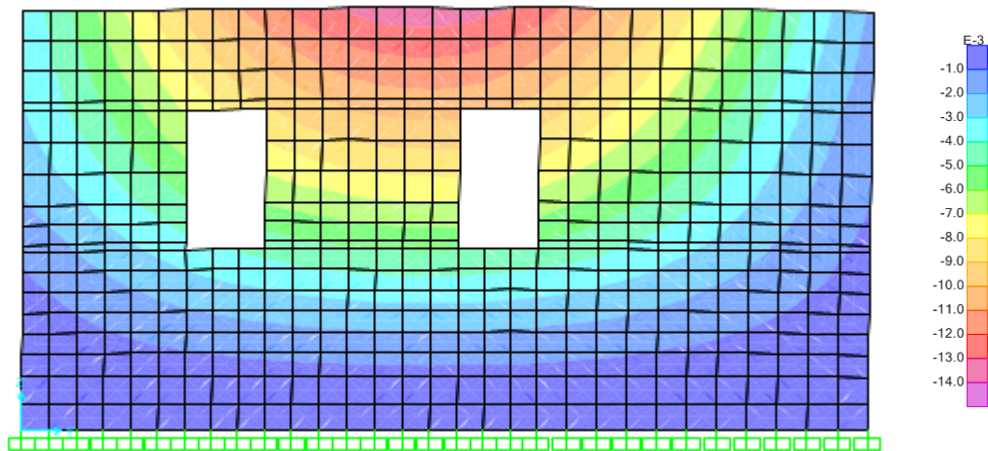
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΚΤΗΡΙΟ			
Συνδιασμός	Όψη	Διεύθυνση Μετακινήσεων	Μετακινήσεις
$-E_x + 0.3E_y$	Βόρεια	X	13.6 mm
$-0.3E_x - E_y$		Y	4.1 mm
$-E_x + 0.3E_y$	Δυτική	X	3 mm
$0.3E_x + E_y$		Y	4.5 mm

Πίνακας 8.2: Μετακινήσεις υφιστάμενου κτηρίου

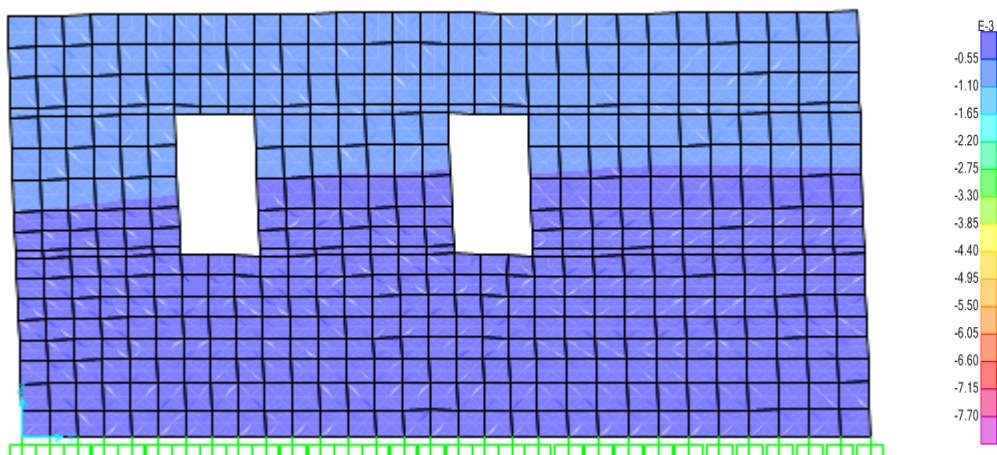
Παρατηρώντας τις μετακινήσεις του παραπάνω πίνακα μπορούν να βγουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Στη βόρεια όψη οι μετακινήσεις που οφείλονται στον εκτός επιπέδου σεισμό (X) είναι μεγαλύτερες από αυτές του εντός επιπέδου (Y) (Εικ.: 8.2.2 & 8.2.3).
- Στην δυτική όψη οι μετακινήσεις που οφείλονται στον εκτός επιπέδου σεισμό (Y) είναι μεγαλύτερες από αυτές του εντός επιπέδου (X) (Εικ.: 8.2.4 & 8.2.5).
- Οι εντός επιπέδου μετακινήσεις της βόρειας όψης είναι ελάχιστα μεγαλύτερες από της ανατολικής. Αναμενόταν να συμβαίνει το αντίστροφο διότι η πρώτη έχει μεγαλύτερο μήκος και κατά συνέπεια μεγαλύτερη εντός επιπέδου δυσκαμψία από τη δεύτερη. Το φαινόμενο αυτό συμβαίνει γιατί ίσως είτε δεν είναι καλά συνδεδεμένες οι δύο τοιχοποιίες μεταξύ τους είτε λόγω έλλειψης ισχυρού διαφράγματος.

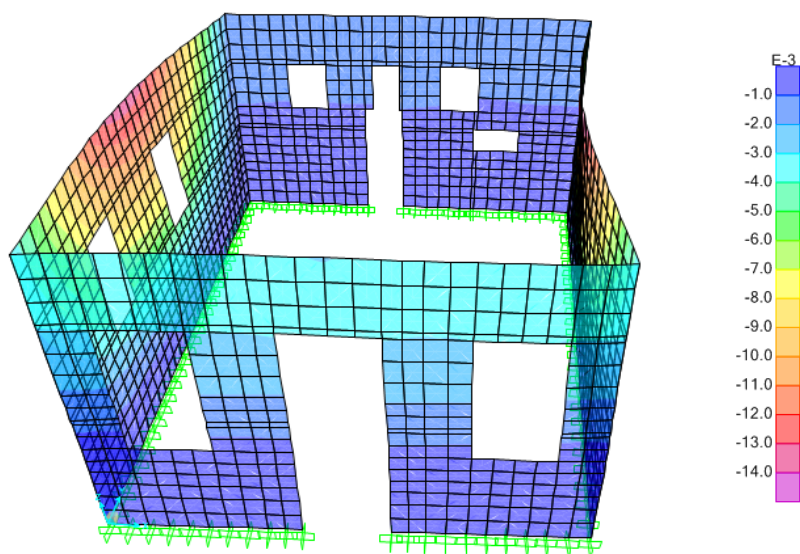
- Οι εκτός επιπέδου μετακινήσεις της βόρειας όψης είναι περίπου 33% μεγαλύτερες από αντίστοιχες της δυτικής όψης.



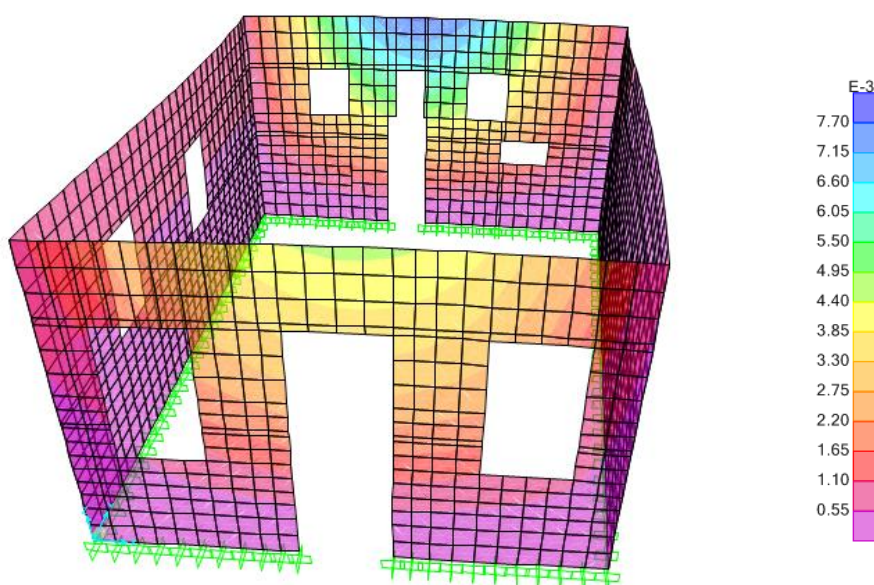
**Εικ. 8.2.2:** Μετακινήσεις βόρειας όψης στη διεύθυνση X για το συνδυασμό  $G+0.3Q-E_x+0.3E_y$



**Εικ. 8.2.3:** Μετακινήσεις βόρειας όψης στη διεύθυνση Y για το συνδυασμό  $G+0.3Q-0.3E_x-E_y$



**Εικ. 8.2.4:** Μετακινήσεις κτηρίου στη διεύθυνση X για το συνδυασμό  $G+0.3Q-E_x+0.3E_y$



**Εικ. 8.2.5:** Μετακινήσεις κτηρίου στη διεύθυνση Y για το συνδυασμό  $G+0.3Q+0.3E_x+E_y$

Εν κατακλείδι, από την κατανομή των μετακινήσεων στις εικόνες 8.2.2 και 8.2.3 γίνεται σαφές ότι η στέγη που υπήρχε στο υφιστάμενο κτήριο δεν εμποδίζει τις εκτός επιπέδου παραμορφώσεις και επομένως δεν προσφέρει κανένα είδος διαφραγματικής λειτουργίας.

### 8.3 Έλεγχος τοιχοποιίας έναντι οριακών καταστάσεων αστοχίας

Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζονται οι έλεγχοι στα κρίσιμα κατά περίπτωση σημεία του κτηρίου (πεσσοί και υπέρθυρα) έναντι των εξής οριακών καταστάσεων αστοχίας:

1. Έλεγχος της τοιχοποιίας σε εκτός επιπέδου κάμψη με επίπεδο θραύσεως παράλληλο στους οριζόντιους αρμούς της.
2. Έλεγχος της τοιχοποιίας σε εκτός επιπέδου κάμψη με επίπεδο θραύσεως κάθετο στους οριζόντιους αρμούς της.
3. Έλεγχος της τοιχοποιίας σε εντός επιπέδου διάτμηση.

Οι παραπάνω έλεγχοι πραγματοποιούνται για τους οκτώ σεισμικούς συνδυασμούς, καθώς εντατικά μεγέθη που προκύπτουν για το συνδυασμό 1.35G+1.5Q έχουν μικρές τιμές συγκριτικά με τα αντίστοιχα των σεισμικών συνδυασμών φόρτισης. Δεν πραγματοποιούνται έλεγχοι της τοιχοποιίας σε θλίψη, καθώς προκύπτουν πολύ μικρές θλιπτικές τάσεις σε σχέση με την αντοχή της τοιχοποιίας σε μονοαξονική θλίψη.

Στην αρχή γίνεται θεωρητική επισκόπηση των ελέγχων και έπειτα σε κάθε περίπτωση απεικονίζονται με χρωματική κλίμακα οι κατανομές των κρίσιμων εντατικών μεγεθών για κάθε τοίχο. Σημειώνονται οι περιοχές όπου είναι πιθανή η εκδήλωση αστοχίας και στη συνέχεια γίνεται ο κατάλληλος έλεγχος για να διαπιστωθεί αν τελικά επήλθε αστοχία.

Επιπρόσθετα, επειδή η τοιχοποιία στο υπό μελέτη κτήριο είναι τρίστρωτη, δηλαδή είναι κατασκευασμένη σε δύο παρειές και ενδιάμεσα υλικό πληρώσεως, δεν θεωρείται συμπαγής κατά το πάχος της (δεν έχουν προφανώς την ίδια αντοχή οι παρειές με το υλικό πληρώσεως) και επομένως σωστό είναι οι έλεγχοι να πραγματοποιούνται για κάθε παρεία ξεχωριστά. Στην εν λόγω μελέτη οι περιοχές στις οποίες θα πραγματοποιηθούν οι έλεγχοι ακολουθούν, εκτός από τις κατανομές των κρίσιμων εντατικών μεγεθών, και την παθολογία του κτηρίου.

Τέλος, δεν θα παρατίθενται τα αποτελέσματα των ελέγχων της νότιας όψης, διότι εφάπτεται με όμορο κτήριο.

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

Ο έλεγχος εφαρμόζεται σε χαρακτηριστικές διατομές καθ' ύψος των πεσσών, όπου υπολογίζονται τα εντατικά μεγέθη σχεδιασμού  $M_{Sd}$ ,  $N_{Sd}$ , και ακολούθως ελέγχεται εάν ικανοποιείται η σχέση:

$$M_{Rd} > M_{Sd}$$

σε αντίθετη περίπτωση το μέλος αστοχεί σε εκτός επιπέδου κάμψη.

Η ροπή αντοχής,  $M_{Rd}$ , στην εξεταζόμενη διατομή υπολογίζεται από τη σχέση:

$$M_{Rd} = \frac{\sigma t^2}{2} \left( 1 - \frac{\sigma}{f_c} \right)$$

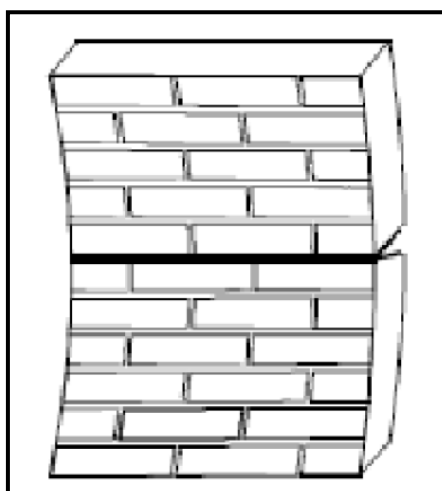
Όπου:

$\sigma$ : Η θλιπτική τάση στη διατομή ελέγχου.  $\sigma = N/\ell_c t$

$\ell, t$ : Το μήκος και το πάχος του τοίχου στο σημείο ελέγχου, αντίστοιχα.

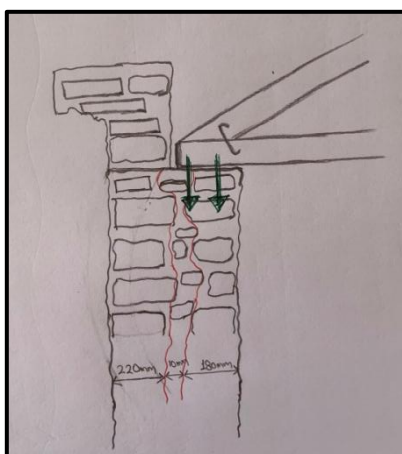
$f_c$ : Η θλιπτική αντοχή του τοίχου.

Εάν  $M_{Rd} > M_{Sd}$ , ο έλεγχος ικανοποιείται. Διαφορετικά το μέλος αστοχεί σε εκτός επιπέδου κάμψη.



**Εικ. 8.3.1.1:** Τρόπος αστοχίας πεσσού από εκτός επίπεδο κάμψη με επίπεδο θραύσεως παράλληλο στους οριζόντιους αρμούς.

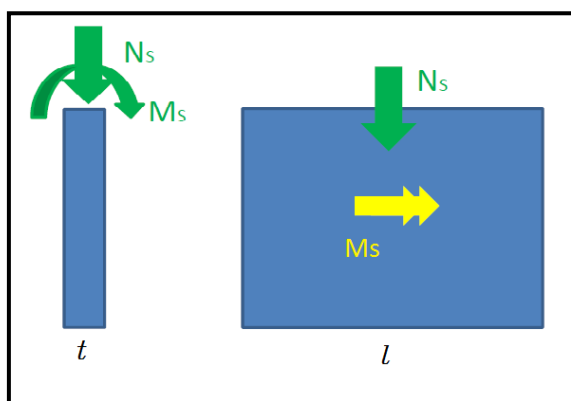
Στην συγκεκριμένη περίπτωση, το κατακόρυφο φορτίο που ενεργεί στο στοιχείο παίζει θετικό ρόλο, καθώς μειώνει το μήκος της εφελκυστικής ζώνης και έτσι αυξάνει την τιμή της καμπτικής ροπής που οδηγεί στην αστοχία της τοιχοποιίας.



**Εικ. 8.3.1.2:** Κατανομή κατακόρυφων φορτίων. Η στέγη εδράζεται στο μέσον της τοιχοποιίας, επομένως για την εξωτερική παρειά το κατακόρυφο φορτίο προέρχεται από το ίδιο βάρος της ενώ για την εσωτερική παρειά από το ίδιο βάρος της και το φορτίο της στέγης.

Για τον έλεγχο της τοιχοποιίας σε εκτός επίπεδο κάμψη με αστοχία παράλληλα στους οριζόντιους αρμούς, γίνονται τομές (Section Cuts) στο SAP2000 με συγκεκριμένο μήκος και προκύπτουν τα εντατικά μεγέθη που ασκούνται στο επίπεδο της τομής. Από την κατακόρυφη δύναμη (F3 στον πίνακα αναφοράς της τομής που

προκύπτει σαν έξοδος από το SAP2000) υπολογίζεται η μέση θλιπτική τάση (αν υπάρχει θλίψη στη συγκεκριμένη διατομή). Υπολογίζεται η ροπή αντοχής  $M_R$  της συγκεκριμένης διατομής και τέλος συγκρίνεται με την εκτός επιπέδου ροπή που ασκείται στην τομή ( $M_1$  στον πίνακα αναφοράς της τομής). Η διαδικασία του ελέγχου γίνεται αυτόματα για κάθε περίπτωση με τη χρήση του προγράμματος Microsoft Excel. Οι έλεγχοι που παρουσιάζονται στους πίνακες αποτελεσμάτων αφορούν μόνο τους σεισμικούς συνδυασμούς με την κύρια σεισμική δράση κάθετη στο επίπεδο της εξεταζόμενης όψης.

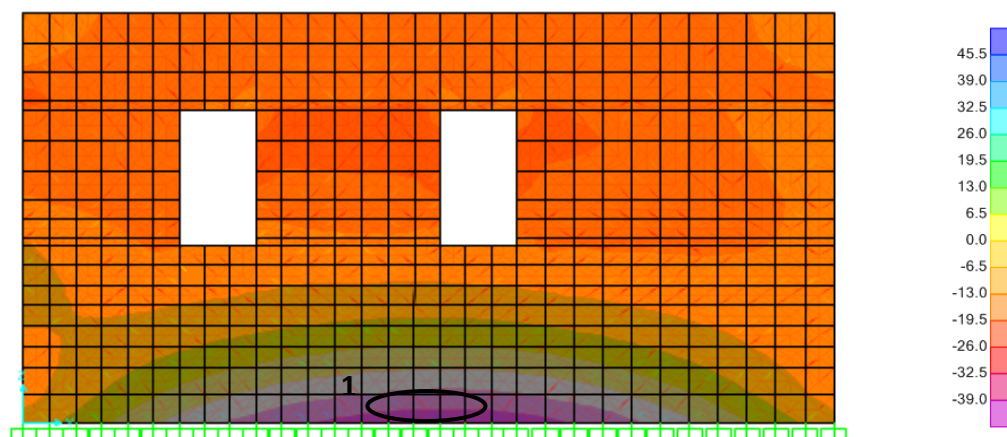


**Εικ. 8.3.1.3:** Τα εντατικά μεγέθη που δρουν στην τομή και βάσει των οποίων ελέγχεται η επάρκεια της τοιχοποιίας.

Στις εικόνες κατανομής των εκτός επιπέδου ροπών  $M_{22}$  ελέγχονται συνήθως οι περιοχές με σκούρο μπλε ή μοβ χρώμα. Ο έλεγχος ωστόσο γίνεται και στους πεσσούς στη στάθμη των ανωφλιών, μια και στις συγκεκριμένες θέσεις καταγράφονται βλάβες. Στις θέσεις αυτές υπάρχει σενάζ σκυροδέματος σε όλο το πλάτος του τοίχου, που τον διατρέχει σε όλο το μήκος του. Η ύπαρξή του καθιστά τον τοίχο, στη συγκεκριμένη στάθμη, πιο ασθενή όσον αφορά στην παραλαβή εκτός επιπέδου ροπών  $M_{22}$ , αφού δημιουργεί οριζόντια ασυνέχεια σε κάθε παρειά του.

### **Βόρεια όψη**

Στη βόρεια όψη δεν έχουν καταγραφεί οριζόντιες καμπτικές ρωγμές στην τοιχοποιία συνεπώς ελέγχεται η ακόλουθη κρίσιμη περιοχή 1 για την εξωτερική παρειά της τοιχοποιίας.



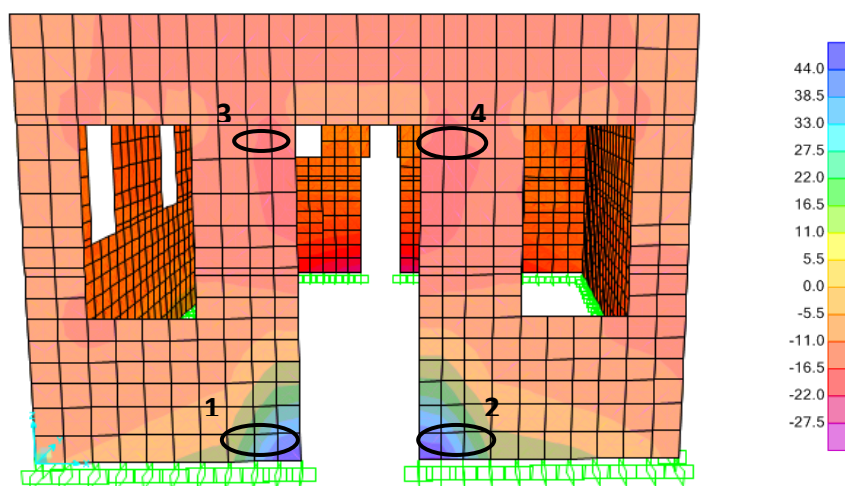
**Εικ. 8.3.1.4:** Κατανομή M22 στη βόρεια όψη για το σεισμικό συνδυασμό  $G+0.3Q+EX+0.3EY$ . Διακρίνεται και ελέγχεται 1 κρίσιμη περιοχή.

Περιοχή	Συνδυασμός	Λτομής	tw	fwc	σ0	MR	Ms	Κατάσταση
		m	m	MPa	kPa	kN/m	kNm	
1	G+0.3Q+EX+0.3EY	1.05	0.22	1.87	101.65	2.44	1.09	ΕΠΑΡΚΕΙ
1	G+0.3Q+EX-0.3EY	1.05	0.22	1.87	99.35	2.39	0.96	ΕΠΑΡΚΕΙ
1	G+0.3Q-EX+0.3EY	1.05	0.22	1.87	110.35	2.64	1.23	ΕΠΑΡΚΕΙ
1	G+0.3Q-EX-0.3EY	1.05	0.22	1.87	108.01	2.59	0.82	ΕΠΑΡΚΕΙ

**Πίνακας 8.3:** Αποτελέσματα ελέγχων σε εκτός επιπέδου κάμψη με επίπεδο θραύσεως παράλληλο με τους οριζόντιους αρμούς για την μία κρίσιμη περιοχή της βόρειας όψης.

### Δυτική όψη

Στην εξωτερική δυτική όψη έχει γίνει καταγραφή οριζόντιων καμπτικών ρογμών στο διάζωμα σκυροδέματος. Έλεγχοι γίνονται στις κρίσιμες περιοχές 1, 2, 3 και 4 για την εξωτερική παρειά της τοιχοποιίας, ενώ για την εσωτερική, έλεγχος γίνεται στην αντίστοιχη κρίσιμη περιοχή 3 εσωτερικά στην οποία έχει καταγραφεί ρωγμή.



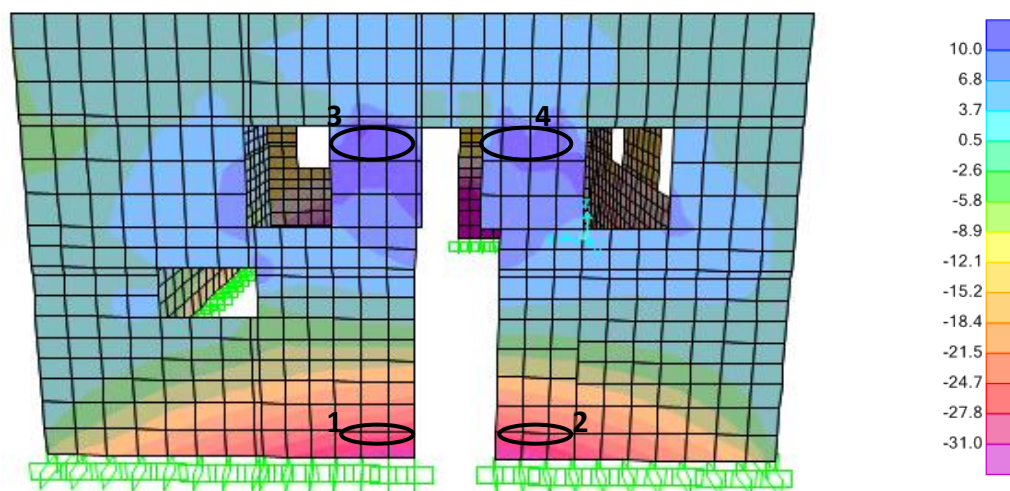
**Εικ. 8.3.1.5:** Κατανομή M22 στη δυτική όψη για το σεισμικό συνδυασμό  $G+0.3Q+0.3EX+EY$ . Διακρίνονται και ελέγχονται 5 κρίσιμες περιοχές.

Περιοχή	Συνδυασμός	Λτομής	tw	fwc	σ0	MR	Ms	Κατάσταση
		m	m	MPa	kPa	kN/m	kNm	
1	G+0.3Q+0.3EX+EY	0.57	0.22	1.87	285.73	3.34	8.53	ΑΣΤΟΧΙΑ
1	G+0.3Q+0.3EX-EY	0.57	0.22	1.87	322.65	3.68	9.59	ΑΣΤΟΧΙΑ
1	G+0.3Q-0.3EX+EY	0.57	0.22	1.87	43.46	0.59	9.46	ΑΣΤΟΧΙΑ
1	G+0.3Q-0.3EX-EY	0.57	0.22	1.87	88.36	1.16	8.66	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	G+0.3Q+0.3EX+EY	0.56	0.22	1.87	71.92	0.94	8.98	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	G+0.3Q+0.3EX-EY	0.56	0.22	1.87	55.11	0.72	8.54	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	G+0.3Q-0.3EX+EY	0.56	0.22	1.87	310.23	3.51	8.4	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	G+0.3Q-0.3EX-EY	0.56	0.22	1.87	293.43	3.35	9.12	ΑΣΤΟΧΙΑ
3	G+0.3Q+0.3EX+EY	0.55	0.37	1.87	9.68	0.36	1.86	ΑΣΤΟΧΙΑ
3	G+0.3Q+0.3EX-EY	0.55	0.37	1.87	34.3	1.27	2.06	ΑΣΤΟΧΙΑ
3	G+0.3Q-0.3EX+EY	0.55	0.37	1.87	172.97	5.91	2.35	ΕΠΑΡΚΕΙ
3	G+0.3Q-0.3EX-EY	0.55	0.37	1.87	148.4	5.14	2.04	ΕΠΑΡΚΕΙ
4	G+0.3Q+0.3EX+EY	0.55	0.37	1.87	145.45	5.05	2.25	ΕΠΑΡΚΕΙ
4	G+0.3Q+0.3EX-EY	0.55	0.37	1.87	173.56	6.42	1.61	ΕΠΑΡΚΕΙ
4	G+0.3Q-0.3EX+EY	0.55	0.37	1.87	44.23	1.66	1.5	ΕΠΑΡΚΕΙ
4	G+0.3Q-0.3EX-EY	0.55	0.37	1.87	8.85	0.33	2.35	ΑΣΤΟΧΙΑ
3εσωτ	G+0.3Q+0.3EX+EY	0.55	0.23	1.87	9.33	0.14	1.12	ΑΣΤΟΧΙΑ
3εσωτ	G+0.3Q+0.3EX-EY	0.55	0.23	1.87	33.12	0.48	1.5	ΑΣΤΟΧΙΑ
3εσωτ	G+0.3Q-0.3EX+EY	0.55	0.23	1.87	166.96	2.39	1.41	ΕΠΑΡΚΕΙ
3εσωτ	G+0.3Q-0.3EX-EY	0.55	0.23	1.87	142.29	2.04	1.2	ΕΠΑΡΚΕΙ

**Πίνακας 8.4:** Αποτελέσματα ελέγχων σε εκτός επιπέδου κάμψη με επίπεδο θραύσεως παράλληλο με τους οριζόντιους αρμούς για τις πέντε κρίσιμες περιοχές της δυτικής όψης.

### Ανατολική όψη

Στην ανατολική όψη δεν έχουν καταγραφεί οριζόντιες καμπτικές ρωγμές στην τοιχοποιία συνεπώς ελέγχονται οι ακόλουθες κρίσιμες 4 περιοχές για την εξωτερική παρειά της τοιχοποιίας.



**Εικ. 8.3.1.6:** Κατανομή M22 στην ανατολική όψη για το σεισμικό συνδυασμό G+0.3Q+0.3EX+EY. Διακρίνονται και ελέγχονται 4 κρίσιμες περιοχές.



Περιοχή	Συνδυασμός	Λτομής	tw	f <sub>wc</sub>	σ <sub>0</sub>	MR	M <sub>s</sub>	Κατάσταση
		m	m	MPa	kPa	kN/m	kNm	
1	G+0.3Q+0.3EX+EY	0.66	0.22	1.87	67.01	1.03	4.8	ΑΣΤΟΧΙΑ
1	G+0.3Q+0.3EX-EY	0.66	0.22	1.87	29.82	0.47	4.88	ΑΣΤΟΧΙΑ
1	G+0.3Q-0.3EX+EY	0.66	0.22	1.87	201.38	2.87	4.91	ΑΣΤΟΧΙΑ
1	G+0.3Q-0.3EX-EY	0.66	0.22	1.87	164.19	2.39	4.77	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	G+0.3Q+0.3EX+EY	0.65	0.22	1.87	169.79	2.43	4.47	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	G+0.3Q+0.3EX-EY	0.65	0.22	1.87	161.54	2.32	3.87	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	G+0.3Q-0.3EX+EY	0.65	0.22	1.87	51.54	0.79	3.92	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	G+0.3Q-0.3EX-EY	0.65	0.22	1.87	43.36	0.67	4.43	ΑΣΤΟΧΙΑ
3	G+0.3Q+0.3EX+EY	0.65	0.22	1.87	97.34	1.45	2.74	ΑΣΤΟΧΙΑ
3	G+0.3Q+0.3EX-EY	0.65	0.22	1.87	101.89	1.52	2.58	ΑΣΤΟΧΙΑ
3	G+0.3Q-0.3EX+EY	0.65	0.22	1.87	7.06	0.11	2.62	ΑΣΤΟΧΙΑ
3	G+0.3Q-0.3EX-EY	0.65	0.22	1.87	11.61	0.18	2.7	ΑΣΤΟΧΙΑ
4	G+0.3Q+0.3EX+EY	0.65	0.22	1.87	28.18	0.44	2.42	ΑΣΤΟΧΙΑ
4	G+0.3Q+0.3EX-EY	0.65	0.22	1.87	11.89	0.19	2.2	ΑΣΤΟΧΙΑ
4	G+0.3Q-0.3EX+EY	0.65	0.22	1.87	83.92	1.26	2.14	ΑΣΤΟΧΙΑ
4	G+0.3Q-0.3EX-EY	0.65	0.22	1.87	55.94	0.85	2.4	ΑΣΤΟΧΙΑ

**Πίνακας 8.5:** Αποτελέσματα ελέγχων σε εκτός επιπέδου κάμψη με επίπεδο θραύσεως παράλληλο με τους οριζόντιους αρμούς για τις τέσσερις κρίσιμες περιοχές της ανατολικής όψης.

### Συμπεράσματα – Σχολιασμός αποτελεσμάτων

Στην βόρεια όψη, λόγω του σημαντικού πλάτους των πεσσών εκατέρωθεν των βορινών παραθύρων, δεν αναμέναμε αστοχίες σε εκτός επιπέδου κάμψη με επίπεδο θραύσεως παράλληλο στους αρμούς του κονιάματος. Αυτό αποδείχτηκε με τους ανωτέρω ελέγχους.

Ακολουθώς, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των ελέγχων, στο μεγαλύτερο ποσοστό των περιπτώσεων προκαλούνται οριζόντιες ρωγμές από την απουσία μέσης θλιπτικής τάσης στις διατομές ελέγχου. Το πρόβλημα αυτό θα μπορούσε να μειωθεί με την αύξηση των κατακόρυφων φορτίων της τοιχοποιίας. Μία λύση είναι η κατασκευή στέγης με ενισχυμένη διαφραγματική λειτουργία.

### **8.3.2 Έλεγχος της τοιχοποιίας σε εκτός επιπέδου κάμψη με επίπεδο θραύσεως κάθετο στους οριζόντιους αρμούς της (M11)**

Οι κατακόρυφες καμπτικές ροπές που αναπτύσσονται στην τοιχοποιία προκαλούν εφελκυστικές τάσεις στην τοιχοποιία, οι οποίες υπολογίζονται ως:

$$\sigma_t = \frac{6 M_s}{\ell t_w^2}$$

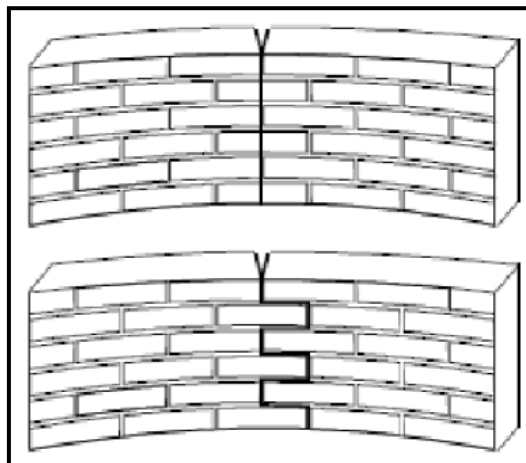
όπου:

$\ell$ : το μήκος της τοιχοποιίας στο σημείο ελέγχου

$t_w$ : το πάχος της τοιχοποιίας στο σημείο ελέγχου

$M_s$ : οι κατακόρυφες καμπτικές ροπές στο σημείο ελέγχου

Αν η τιμή των εφελκυστικών τάσεων ξεπεράσει την αντοχή της τοιχοποιίας σε εφελκυσμό κάθετα στους οριζόντιους αρμούς ( $f_{wt}$ ), εκδηλώνονται κατακόρυφες ρωγμές όπως στην Εικόνα 8.3.2.1.



**Εικ. 8.3.2.1:** Τρόπος αστοχίας από εκτός επίπεδου κάμψη με επίπεδο θραύσεως κάθετο στους οριζόντιους αρμούς.

Η εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας για αστοχία κάθετα στους αρμούς του κονιάματος προκύπτει (Θ. Τάσιος “Rehabilitation of three-leaf masonries”):

$$f_{wt} = \lambda \cdot f_{mc}/5$$

όπου  $\lambda = 1 - 0.2\sqrt{f_{mc}}$  (MPa)

$f_{mc}$ : η θλιπτική αντοχή του κονιάματος ίση με 0.80 MPa, όπως προέκυψε από τις εργαστηριακές μετρήσεις.

Επομένως:

$$\lambda = 1 - 0.2\sqrt{0.80} = 0.82$$

$f_{wt} = 0.82 \cdot 0.80/5 = \mathbf{0.13 \text{ MPa}}$  για όλες τις τοιχοποιίες του κτηρίου.

Έτσι, για να μην υπάρχει αστοχία πρέπει η εφελκυστική τάση που αναπτύσσεται να μην υπερβαίνει την εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας:

$$\sigma_t < f_{wt}$$

$$\frac{M_s}{\ell} = M11 < \frac{f_{wt} t_w^2}{6}$$

όπου M11 η ανά μέτρο κατακόρυφη καμπτική ροπή που αντέχει η τοιχοποιία σύμφωνα με το συμβολισμό του SAP2000.

Στο κτήριο υπάρχουν δύο πάχη τοιχοποιίας. Η απαιτούμενη M11 ανά μέτρο για να υπάρξει αστοχία είναι:

Για:

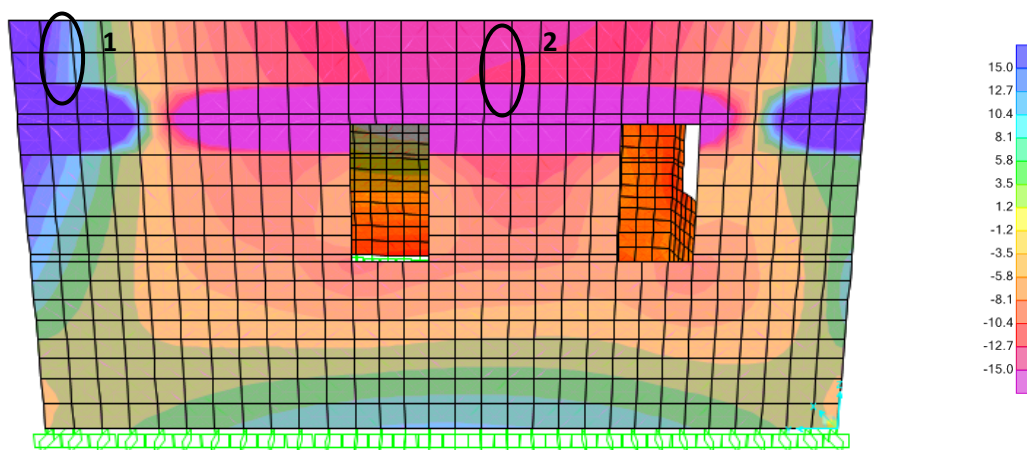
- $t_w = 0.50\text{m}$   $M11 < 5.40 \text{ kNm/m}$
- $t_w = 0.70\text{m}$   $M11 < 10.62 \text{ kNm/m}$

Με γνωστές τις παραπάνω τιμές διακρίνονται αμέσως οι κρίσιμες περιοχές της κάθε όψης στις εικόνες με την κατανομή των M11 που προκύπτουν από την ανάλυση. Οι έλεγχοι αφορούν μόνο τους σεισμικούς συνδυασμούς με την κύρια σεισμική δράση κάθετη στο επίπεδο της εξεταζόμενης όψης.

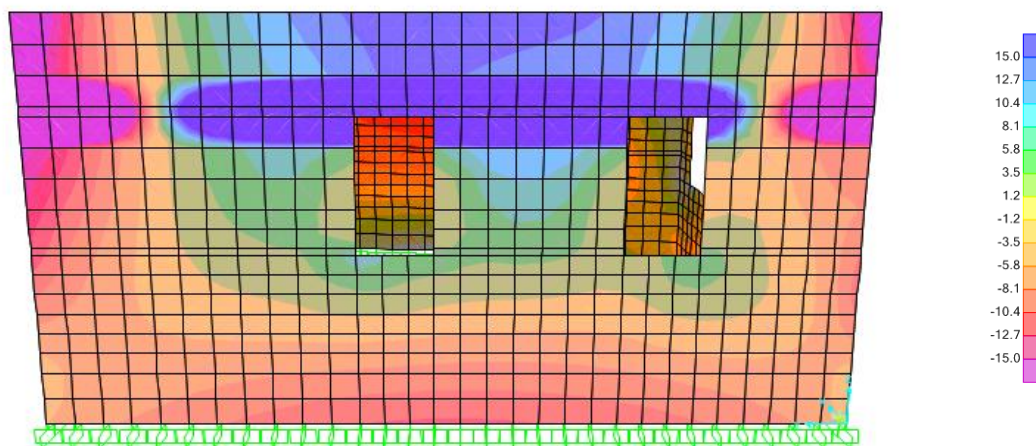
### **Βόρεια όψη:**

Στην βόρεια όψη παρατηρούνται κατακόρυφες καμπτικές ρωγμές στο σημείο σύνδεσης του βόρειου τοίχου με τον εγκάρσιο ανατολικό τοίχο καθώς και στο μέσο του μήκους του τοίχου. Ο έλεγχος σε αυτή την περιοχή γίνεται στις γειτονικές ακμές των επιφανειακών στοιχείων που ανάμεσά τους ορίζεται η εκάστοτε κρίσιμη περιοχή. Ο λόγος είναι ότι οι κατακόρυφες ρωγμές εκδηλώνονται εκατέρωθεν των παρειών του εγκαρσίου τοίχου και όχι στην «κρσιμότερη» περιοχή που παρουσιάζεται στο μέσο του πάχους του εγκαρσίου τοίχου, δηλαδή το σημείο σύνδεσης των τοιχοποιιών.

Στις εικόνες 8.3.2.3 & 8.3.2.4 παρουσιάζεται ενδεικτικά η κατανομή των M11 για τους συνδυασμούς  $G+0,3Q+Ex-0,3Ey$  και  $G+0.3Q-EX+0,3EY$  αντίστοιχα, όπου η κύρια συνιστώσα είναι κάθετη στο επίπεδο του τοίχου. Τα αποτελέσματα των ελέγχων για εκτός επιπέδου κάμψη με επίπεδο θραύσης κάθετο στους αρμούς του κονιάματος παρουσιάζονται στον πίνακα 8.6.



**Εικ. 8.3.2.2:** Κατανομή M11 στη βόρεια όψη για το σεισμικό συνδυασμό  $G+0.3Q+EX-0,3EY$ . Ελέγχονται 2 κρίσιμες περιοχές.



**Εικ. 8.3.2.3:** Κατανομή  $M_{11}$  στη βόρεια όψη για το σεισμικό συνδυασμό  $G+0.3Q-EX+0,3EY$ . Διακρίνονται οι μικρές τιμές  $M_{11}$ .

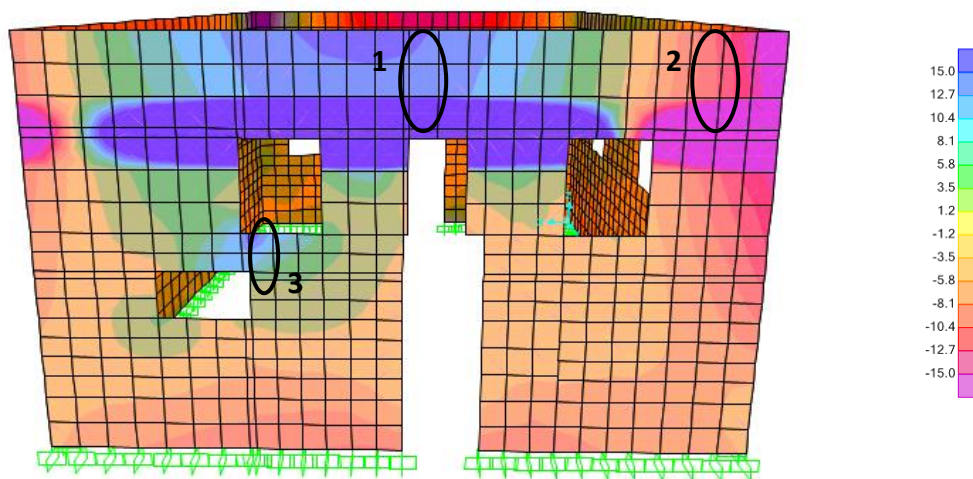
Περιοχή	Συνδυασμός	$M_S$ (kNm/m)	$M_S / M_R$	Κατάσταση
1	$G+0,3Q+EX+0,3EY$	7.09	1.31	ΑΣΤΟΧΙΑ
1	$G+0,3Q-EX+0,3EY$	9.17	1.70	ΑΣΤΟΧΙΑ
1	$G+0,3Q+EX-0,3EY$	8.05	1.49	ΑΣΤΟΧΙΑ
1	$G+0,3Q-EX-0,3EY$	6.13	1.14	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	$G+0,3Q+EX+0,3EY$	14.67	2.72	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	$G+0,3Q-EX+0,3EY$	14.52	2.69	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	$G+0,3Q+EX-0,3EY$	14.47	2.68	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	$G+0,3Q-EX-0,3EY$	15.06	2.79	ΑΣΤΟΧΙΑ

**Πίνακας 8.6:** Αποτελέσματα ελέγχων σε εκτός επιπέδου κάμψη με επίπεδο θραύσεως κάθετο με τους οριζόντιους αρμούς για τις περιοχές της βόρειας όψης.

### Ανατολική όψη

Στην ανατολική όψη, αυξημένη ένταση στις κατανομές των  $M_{11}$  για τους συνδυασμούς στους οποίους η κύρια συνιστώσα του σεισμού είναι εγκάρσια στο επίπεδο του τοίχου παρουσιάζεται τοπικά κατά μήκος στα ανώφλια των ανοιγμάτων και στην σύνδεση του τοίχου με τους εγκάρσιους τοίχους.

Στην εικόνα 8.3.2.4 παρουσιάζεται ενδεικτικά η κατανομή  $M_{11}$  για το συνδυασμό  $G+0,3Q+0,3EX+EY$ .



**Εικ. 8.3.2.4:** Κατανομή M11 στην ανατολική όψη για το σεισμικό συνδυασμό  $G+0.3Q-0.3EX+EY$ . Ελέγχονται 2 κρίσιμες περιοχές.

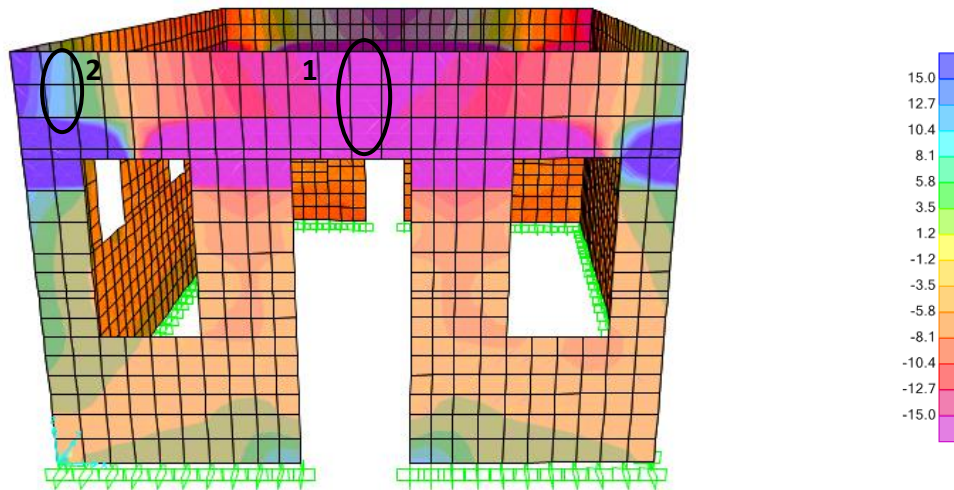
Περιοχή	Συνδυασμός	$M_S$ (kNm/m)	$M_S/ M_R$	Κατάσταση
1	$G+0,3Q+0,3Ex+Ey$	13.14	2.43	ΑΣΤΟΧΙΑ
1	$G+0,3Q-0,3Ex+Ey$	12.75	2.36	ΑΣΤΟΧΙΑ
1	$G+0,3Q+0,3Ex-Ey$	13.05	2.42	ΑΣΤΟΧΙΑ
1	$G+0,3Q-0,3Ex-Ey$	13.23	52.45	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	$G+0,3Q+0,3Ex+Ey$	2.09	0.39	ΕΠΑΡΚΕΙ
2	$G+0,3Q-0,3Ex+Ey$	11.96	2.21	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	$G+0,3Q+0,3Ex-Ey$	8.37	1.55	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	$G+0,3Q-0,3Ex-Ey$	3.06	0.57	ΕΠΑΡΚΕΙ
3	$G+0,3Q+0,3Ex+Ey$	7.46	1.38	ΑΣΤΟΧΙΑ
3	$G+0,3Q-0,3Ex+Ey$	10.26	1.90	ΑΣΤΟΧΙΑ
3	$G+0,3Q+0,3Ex-Ey$	10.02	1.86	ΑΣΤΟΧΙΑ
3	$G+0,3Q-0,3Ex-Ey$	8.10	1.50	ΑΣΤΟΧΙΑ

**Πίνακας 8.7:** Αποτελέσματα ελέγχων σε εκτός επιπέδου κάμψη με επίπεδο θραύσεως κάθετο με τους οριζόντιους αρμούς για τις κρίσιμες περιοχές της ανατολικής όψης.

### Δυτική όψη

Στην δυτική όψη, αυξημένη ένταση στις κατανομές των M11 για τους συνδυασμούς στους οποίους η κύρια συνιστώσα του σεισμού είναι εγκάρσια στο επίπεδο του τοίχου παρουσιάζεται τοπικά κατά μήκος στα ανώφλια των ανοιγμάτων και στην σύνδεση του τοίχου με τους εγκάρσιους τοίχους.

Στην εικόνα 8.3.2.5 παρουσιάζεται ενδεικτικά η κατανομή M11 για το συνδυασμό  $G+0,3Q+0,3Ex+Ey$ .



**Εικ. 8.3.2.5:** Κατανομή M11 στην δυτική όψη για το σεισμικό συνδυασμό G+0.3Q+0.3EX+EY. Ελέγχονται 2 κρίσιμες περιοχές.

Περιοχή	Συνδυασμός	M <sub>S</sub> (kNm/m)	M <sub>S</sub> / M <sub>R</sub>	Κατάσταση
1	G+0,3Q+0,3Ex+Ey	15.06	1.42	ΑΣΤΟΧΙΑ
1	G+0,3Q-0,3Ex+Ey	16.14	1.52	ΑΣΤΟΧΙΑ
1	G+0,3Q+0,3Ex-Ey	16.25	1.53	ΑΣΤΟΧΙΑ
1	G+0,3Q-0,3Ex-Ey	15.61	1.47	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	G+0,3Q+0,3Ex+Ey	8.78	1.63	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	G+0,3Q-0,3Ex+Ey	4.08	0.76	ΕΠΑΡΚΕΙ
2	G+0,3Q+0,3Ex-Ey	3.02	0.56	ΕΠΑΡΚΕΙ
2	G+0,3Q-0,3Ex-Ey	9.11	1.67	ΑΣΤΟΧΙΑ

**Πίνακας 8.8:** Αποτελέσματα ελέγχων σε εκτός επιπέδου κάμψη με επίπεδο θραύσεως κάθετο με τους οριζόντιους αρμούς για τις κρίσιμες περιοχές της δυτικής όψης.

### Συμπεράσματα – Σχολιασμός αποτελεσμάτων

Οι περιοχές όπου παρατηρούνται οι αστοχίες είναι στις παρειές των εγκαρσίων τοίχων. Στα σημεία αυτά είναι λογικό να παρατηρούνται μεγάλες τιμές των κατακόρυφων εκτός επιπέδου ροπών, καθώς οι εγκάρσιοι τοίχοι στηρίζουν στα σημεία αυτά τους εξεταζόμενους τοίχους όταν πρόκειται να αναλάβουν κάθετα στο επίπεδό τους οριζόντια φορτία. Ακόμη παρατηρούνται αστοχίες και άνω στο μέσον του μήκους των τοίχων (σημειώνεται ότι έχουμε αύξηση των καμπτικών ροπών καθ' ύψος). Το γεγονός αυτό είναι απόλυτα φυσιολογικό, καθώς δεν υπάρχει ισχυρό διάφραγμα στη στέγη. Αποτέλεσμα είναι ο κάθε εξεταζόμενος τοίχος να συμπεριφέρεται σαν κατακόρυφη πλάκα με ελεύθερο το πάνω άκρο της και συνεπώς να παρατηρούνται μεγαλύτερες παραμορφώσεις με την καθ' ύψος απομάκρυνση από το πακτωμένο τμήμα του - θεμελίωση. Με την εισαγωγή οριζόντιου διαφράγματος (π.χ. κατασκευή πλάκας σκυροδέματος ή πάκτωση των ξύλινων φερουσών δοκών στην τοιχοποιία) οι ρωγμές θα περιορίζονταν σημαντικά. Τέλος, παρατηρείται τοπική αύξηση στις εντάσεις στα ανώφλια των ανοιγμάτων των όψεων λόγω αυξημένης δυσκαμψίας τοπικά στο επίπεδο εξαιτίας της ύπαρξης του σενάζ.

### 8.3.3 Έλεγχος της τοιχοποιίας σε εντός επιπέδου διάτμηση

Η διάτμηση των τοίχων εντός του επιπέδου τους υπό ταυτόχρονη κατακόρυφη θλίψη είναι μία από τις κύριες εντάσεις, έναντι των οποίων ελέγχεται η τοιχοποιία. Κατά τη διάρκεια σεισμικών διεγέρσεων οι τοίχοι ενός κτηρίου, οι οποίοι βρίσκονται παράλληλα με την διεύθυνση του σεισμού καλούνται να σηκώσουν το κύριο βάρος της αντίστασης σε αυτόν με αποτέλεσμα να καταπονούνται από μεγάλες διατμητικές δυνάμεις.

Οι τρόποι αστοχίας από εντός επιπέδου διάτμηση είναι:

- Διατμητική ολίσθηση περί το μέσο του τοίχου με την εμφάνιση βαθμιδωτών ρωγμών που διαπερνούν τους αρμούς του κονιάματος.
- Θραύση λιθοσώματος περί το μέσο του τοίχου.
- Καμπτική θραύση στη βάση του τοίχου με άνοιγμα εφελκυστικών ρωγμών στην αντιδιαμετρική γωνία (για μικρές τιμές του θλιπτικού φορτίου).
- Καμπτική θραύση στη βάση του τοίχου χωρίς την παρουσία εφελκυστικών ρωγμών στην αντιδιαμετρική γωνία (για μέσες και μεγάλες τιμές του θλιπτικού φορτίου).

Ο υπολογισμός της διατμητικής αντοχής της τοιχοποιίας για αυτόν τον τρόπο αστοχίας αντιμετωπίζεται από τον EC6 με τη χρήση του προσομοιώματος Coulomb. Θεωρείται ότι η μέση διατμητική τάση αστοχίας του τοίχου ισούται με το άθροισμα της συνοχής και της τριβής κατά το μήκος της βαθμιδωτής ρωγμής, δηλαδή:  
 $t_u = c + \mu \cdot \sigma_o$ , όπου  $c$  η συνοχή και  $\mu$  ο φαινόμενος συντελεστής τριβής.

- Στον EC6 το κριτήριο Coulomb λαμβάνει τη μορφή (EN1996-1, παρ. 3.6.3):

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0.4 \cdot \sigma_d \leq 0.065 \cdot f_b$$

όπου,

$f_{vk}$ : η διατμητική τάση αντοχής της τοιχοποιίας.

$f_{vk0}$ : η χαρακτηριστική τιμή της συνοχής της τοιχοποιίας.

$\sigma_d$ : η τιμή σχεδιασμού της θλιπτικής τάσης της κάθετης προς την τέμνουσα που αναπτύσσεται στο στοιχείο στη στάθμη ελέγχου. Η  $\sigma_d$  αφορά στο θλιβόμενο τμήμα του τοίχου, αφού το εφελκυστικό δεν μπορεί να παραλάβει διατμητικά φορτία.

$f_b$ : η ανηγμένη θλιπτική αντοχή του λιθοσώματος.

- Η θλιπτική τάση  $\sigma_d$  υπολογίζεται από τον τύπο  $\sigma_d = F22/t$  για τους πεσσούς και από τον τύπο  $\sigma_d = F11/t$  για τις ζώνες ανωφλίων, όπου:

- F22: η κατακόρυφη αξονική δύναμη ανά μονάδα μήκους (όπως προκύπτει από τις αναλύσεις του προσομοιώματος με το SAP2000 και λαμβάνεται ως η μέση τιμή των αρνητικών τιμών της κατακόρυφης αξονικής δύναμης στην εξεταζόμενη στάθμη).
- F11: η οριζόντια αξονική δύναμη ανά μονάδα μήκους (όπως προκύπτει από τις αναλύσεις του προσομοιώματος με το SAP2000 και λαμβάνεται ως η μέση τιμή των αρνητικών τιμών της κατακόρυφης αξονικής δύναμης στην εξεταζόμενη στάθμη).
- t: το πάχος του στοιχείου.

- Η τέμνουσα αντοχής υπολογίζεται από τον τύπο:

$$V_R = f_{vk} \cdot t \cdot l_c$$

όπου,

$l_c$ : το θλιβόμενο μήκος του πεσσού.

- Η δρώσα τέμνουσα υπολογίζεται από τον τύπο:

$$V_S = F12 \cdot \ell$$

όπου,

F12: η δρώσα τέμνουσα ανά μονάδα μήκους (όπως προκύπτει από τις αναλύσεις του προσομοιώματος με το SAP2000 και λαμβάνεται ως η μέση τιμή της δρώσας τέμνουσας στην εξεταζόμενη στάθμη).

$\ell$ : το μήκος του στοιχείου τοιχοποιίας.

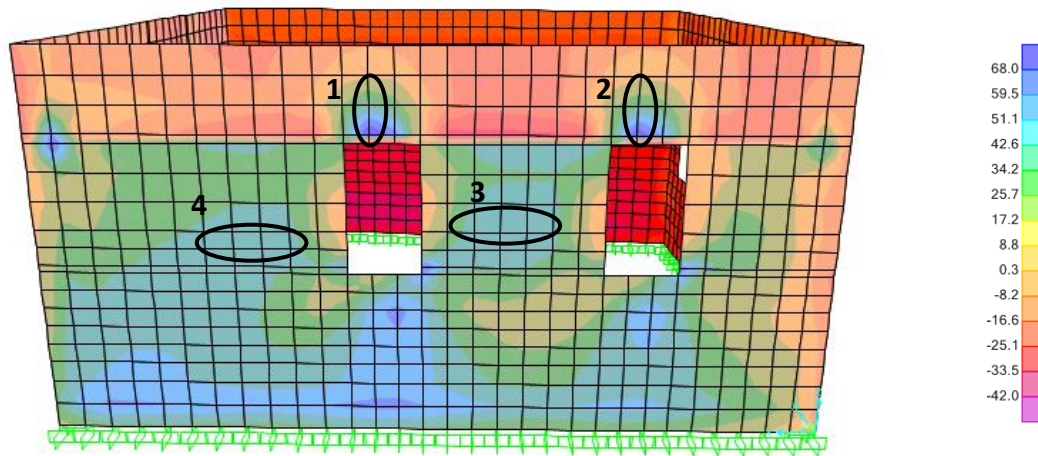
Από τον πίνακα 3.4 του EN1996-1 προκύπτει:  $f_{vk0} = 100\text{kPa}$ .

Για κάθε τοίχο ελέγχεται η κατανομή των διατμητικών δυνάμεων ανά μέτρο μήκους (F12) και προσδιορίζονται οι κρίσιμες θέσεις, όπου και γίνονται οι έλεγχοι σε διάτμηση. Η διαδικασία υπολογισμού και ελέγχου γίνεται αυτόματα σε λογιστικό φύλλο του Microsoft Excel. Έλεγχοι δεν πραγματοποιούνται σε πεσσούς που πίσω τους υπάρχει εγκάρσιος τοίχος. Ο λόγος είναι ότι, παρά την αυξημένη διατμητική καταπόνηση που δέχονται οι συγκεκριμένοι πεσσοί, είναι τοπικά πολύ αυξημένο το πάχος του τοίχου (περιλαμβάνει θεωρητικά και κάποιο «συνεργαζόμενο» τμήμα του μήκους του εγκαρσίου τοίχου) και επομένως είναι αδύνατο να εκδηλωθεί διαμπερής διατμητική ρωγμή.

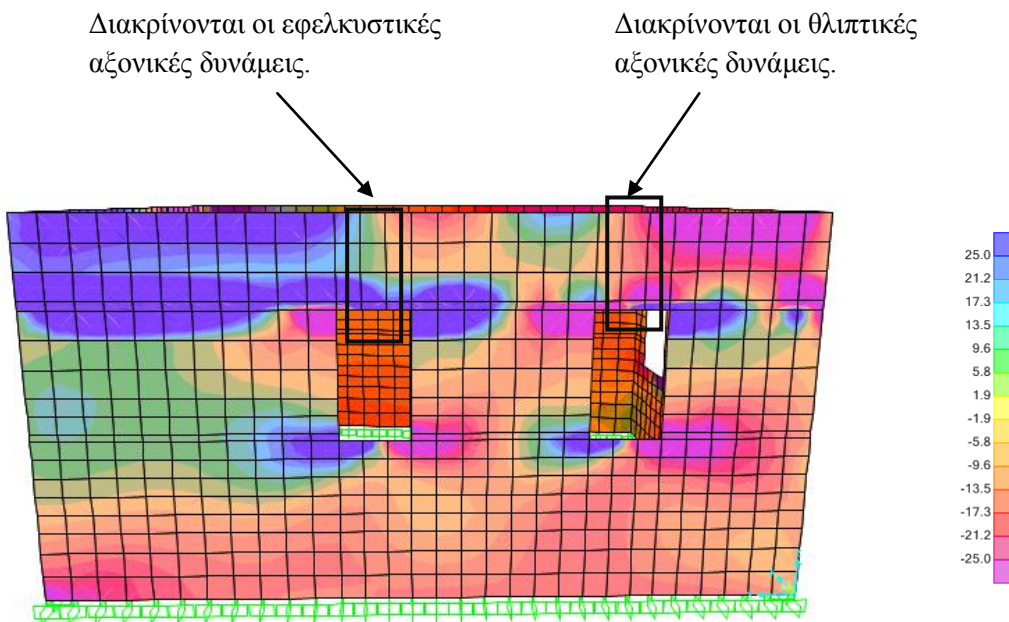


### Βόρεια όψη

Στη βόρεια όψη διακρίνεται μόνο εξωτερικά διατμητική ρωγμή συνεπώς θα ελεγχθούν μόνο κρίσιμες περιοχές της εξωτερικής παρειάς της τοιχοποιίας.



**Εικ. 8.3.3.1:** Κατανομή F12 στην βόρεια όψη για το σεισμικό συνδυασμό  $G+0.3Q+0.3EX+EY$ . Ελέγχονται 4 κρίσιμες περιοχές.



**Εικ. 8.3.3.2:** Κατανομή αξονικών δυνάμεων F11 (για τις ζώνες των ανωφλιών) στην βόρεια όψη για το σεισμικό συνδυασμό  $G+0.3Q-0.3EX+EY$ .

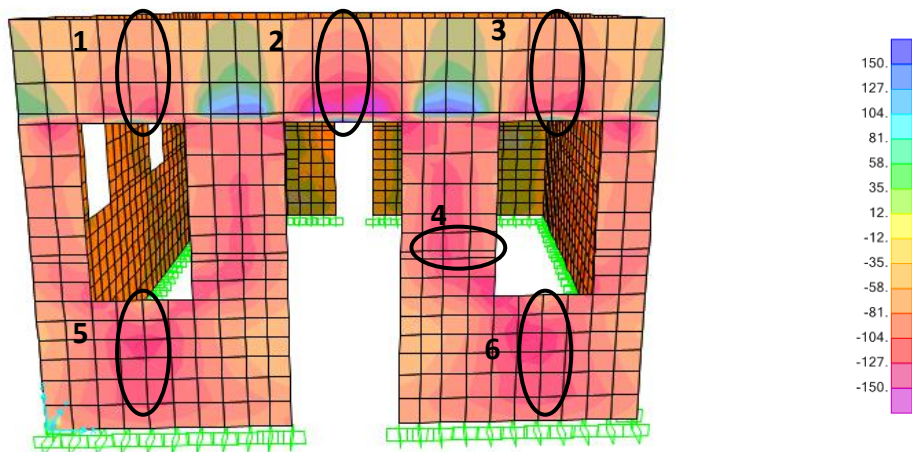
Περιοχή	Συνδυασμός	Λτομής	Λθλαβ	N	σd	f <sub>v</sub>	V <sub>R</sub>	V <sub>s</sub>	Κατάσταση
		m	m	kN	kPa	kPa	kN	kN	
1	G+0.3Q+EY+0.3EX	0.77	0.77	-25	64.94	125.97	48.5	23.87	ΕΠΑΡΚΕΙ
1	G+0.3Q+EY-0.3EX	0.77	0	13.5	0	100	0	28.49	ΑΣΤΟΧΙΑ
1	G+0.3Q-EY+0.3EX	0.77	0.71	-14.5	37.66	115.06	40.85	30.22	ΕΠΑΡΚΕΙ
1	G+0.3Q-EY-0.3EX	0.77	0	30	0	100	0	26.57	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	G+0.3Q+EY+0.3EX	0.77	0.77	-53.5	138.96	155.58	59.9	23.1	ΕΠΑΡΚΕΙ
2	G+0.3Q+EY-0.3EX	0.77	0.77	-24	62.34	124.94	48.1	27.72	ΕΠΑΡΚΕΙ
2	G+0.3Q-EY+0.3EX	0.77	0	32.5	0	100	0	26.57	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	G+0.3Q-EY-0.3EX	0.77	0	44	0	100	0	21.18	ΑΣΤΟΧΙΑ
3	G+0.3Q+EY+0.3EX	1.05	1.05	-34.7	66.1	126.44	66.38	40.43	ΕΠΑΡΚΕΙ
3	G+0.3Q+EY-0.3EX	1.05	1.05	-38.5	73.33	129.33	67.9	42	ΕΠΑΡΚΕΙ
3	G+0.3Q-EY+0.3EX	1.05	1.05	-35.5	67.62	127.05	66.7	38.33	ΕΠΑΡΚΕΙ
3	G+0.3Q-EY-0.3EX	1.05	1.05	-33	62.86	125.14	65.7	37.28	ΕΠΑΡΚΕΙ
4	G+0.3Q+EY+0.3EX	1.1	1.1	-24.5	44.55	117.82	64.8	39.05	ΕΠΑΡΚΕΙ
4	G+0.3Q+EY-0.3EX	1.1	1.1	-31.5	57.27	122.91	67.6	40.54	ΕΠΑΡΚΕΙ
4	G+0.3Q-EY+0.3EX	1.1	1.1	-39.5	71.82	128.73	70.8	40.7	ΕΠΑΡΚΕΙ
4	G+0.3Q-EY-0.3EX	1.1	1.1	-36.5	66.36	126.55	69.6	36.3	ΕΠΑΡΚΕΙ

**Πίνακας 8.9:** Αποτελέσματα των ελέγχων επάρκειας των κρίσιμων περιοχών της βόρειας όψης σε διάτμηση.

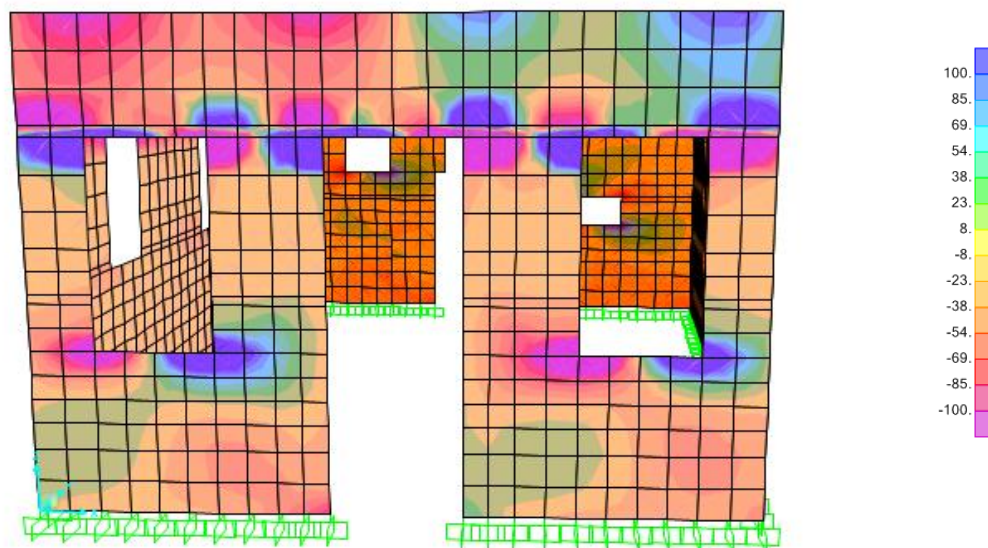
Σχόλιο: Στους πεσσούς αναπτύσσονται επαρκείς θλιπτικές δυνάμεις για την ανάληψη της διάτμησης. Κρισιμότερες είναι οι περιοχές των υπερθύρων, όπου δεν αναπτύσσεται αρκετή (οριζόντια) θλιπτική δύναμη, ώστε να αναληφθούν οι κατακόρυφες διατμητικές δυνάμεις μέσω της τριβής.

### Δυτική όψη

Στη δυτική όψη, στην εξωτερική παρειά της τοιχοποιίας, έχουν καταγραφεί λοξές διατμητικές ρωγμές οι οποίες διέρχονται από τις ακμές των ανοιγμάτων. Καταγραφή των ρωγμών στην εσωτερική παρειά της τοιχοποιίας δεν ήταν εφικτό να γίνει, παρά μόνο σε ορισμένα σημεία, λόγω της στέγης που έχει καταρρεύσει. Έλεγχοι έναντι εντός επιπέδου διάτμησης έγιναν στις κρίσιμες περιοχές που απεικονίζονται στην εικόνα 8.3.3.3 για την εξωτερική παρειά της τοιχοποιίας, ενώ για την εσωτερική παρειά έγινε στην αντίστοιχη κρίσιμη περιοχή 2.



**Εικ. 8.3.3.3:** Κατανομή F12 στην δυτική όψη για το σεισμικό συνδυασμό G+0.3Q+EX+0.3EY. Ελέγχονται 6 κρίσιμες περιοχές.



**Εικ. 8.3.3.4:** Κατανομή αξονικών δυνάμεων F11 (για τις ζώνες των ανωφλιών) στην δυτική όψη για το σεισμικό συνδυασμό  $G+0.3Q+0.3EX+EY$ .

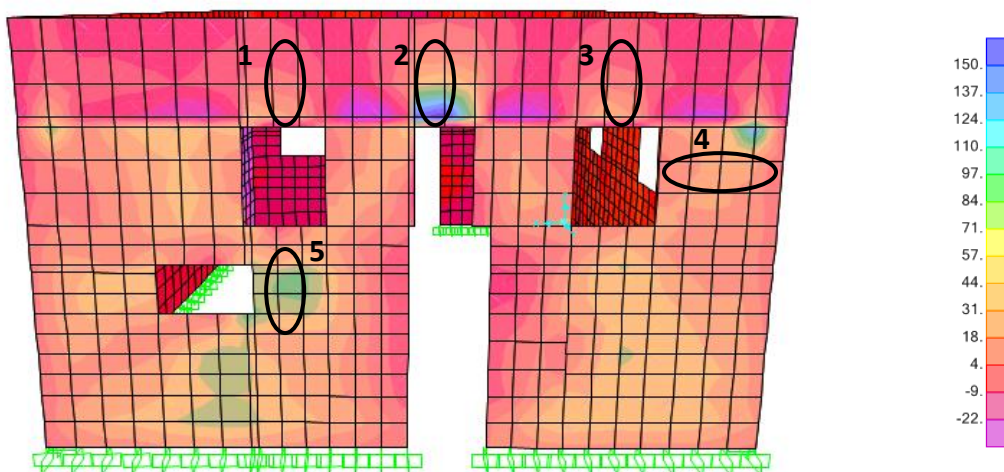
Περιοχή	Συνδυασμός	Λτομής	Λολβ	σα	f <sub>v</sub>	V <sub>R</sub>	V <sub>s</sub>	Κατάσταση
		m	m	kPa	kPa	kN	kN	
1	G+0.3Q+EX+0.3EY	0.77	0.77	107.79	143.12	55.1	41.58	ΕΠΑΡΚΕΙ
1	G+0.3Q+EX-0.3EY	0.77	0.54	334.55	233.82	63.13	56.75	ΕΠΑΡΚΕΙ
1	G+0.3Q-EX+0.3EY	0.77	0	0	100	0	41.58	ΑΣΤΟΧΙΑ
1	G+0.3Q-EX-0.3EY	0.77	0	0	100	0	43.89	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	G+0.3Q+EX+0.3EY	0.77	0.45	196.23	178.49	40.16	79.61	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	G+0.3Q+EX-0.3EY	0.77	0.25	167.3	166.92	20.86	77.73	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	G+0.3Q-EX+0.3EY	0.77	0.77	83.12	133.25	51.3	67.38	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	G+0.3Q-EX-0.3EY	0.77	0.67	40.52	116.21	38.93	78.12	ΑΣΤΟΧΙΑ
3	G+0.3Q+EX+0.3EY	0.77	0	0	100	0	55.02	ΑΣΤΟΧΙΑ
3	G+0.3Q+EX-0.3EY	0.77	0	0	100	0	50.67	ΑΣΤΟΧΙΑ
3	G+0.3Q-EX+0.3EY	0.77	0.77	179.22	171.69	66.1	37.73	ΕΠΑΡΚΕΙ
3	G+0.3Q-EX-0.3EY	0.77	0.77	105.19	142.08	54.7	42.35	ΕΠΑΡΚΕΙ
4	G+0.3Q+EX+0.3EY	0.96	0.96	398.96	259.58	124.6	55.06	ΕΠΑΡΚΕΙ
4	G+0.3Q+EX-0.3EY	0.96	0.96	378.13	251.25	120.6	79.2	ΕΠΑΡΚΕΙ
4	G+0.3Q-EX+0.3EY	0.96	0.47	50	120	28.2	51.59	ΑΣΤΟΧΙΑ
4	G+0.3Q-EX-0.3EY	0.96	0.51	144.79	157.92	40.27	51.98	ΑΣΤΟΧΙΑ
5	G+0.3Q+EX+0.3EY	0.84	0.1	52.38	120.95	6.05	59.22	ΑΣΤΟΧΙΑ
5	G+0.3Q+EX-0.3EY	0.84	0	0	100	0	31.08	ΑΣΤΟΧΙΑ
5	G+0.3Q-EX+0.3EY	0.84	0.75	55.95	122.38	45.89	68.88	ΑΣΤΟΧΙΑ
5	G+0.3Q-EX-0.3EY	0.84	0.84	23.81	109.52	46	69.3	ΑΣΤΟΧΙΑ
6	G+0.3Q+EX+0.3EY	0.86	0.75	54.65	121.86	45.7	62.35	ΑΣΤΟΧΙΑ
6	G+0.3Q+EX-0.3EY	0.86	0.31	66.28	126.51	38.59	63.64	ΑΣΤΟΧΙΑ
6	G+0.3Q-EX+0.3EY	0.86	0	0	100	0	68.37	ΑΣΤΟΧΙΑ
6	G+0.3Q-EX-0.3EY	0.86	0.22	41.86	116.74	12.84	70.95	ΑΣΤΟΧΙΑ

**Πίνακας 8.10:** Αποτελέσματα των ελέγχων επάρκειας των κρίσιμων περιοχών της δυτικής όψης σε διάτμηση.

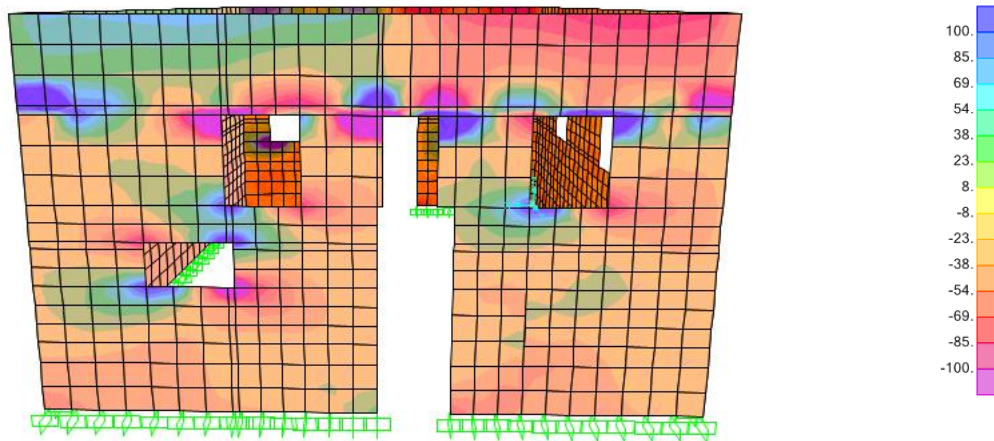
Σχόλιο: Από τα αποτελέσματα του πίνακα 8.10 διακρίνεται η αδυναμία των υπερθύρων και των ποδιών της δυτικής όψης να αναλάβουν τέμνουσα. Επιπλέον παρατηρείται ότι η διατμητική δύναμη που αναπτύσσεται στο υπέρθυρο της πόρτας είναι έως και διπλάσια από αυτή που μπορεί να παραλάβει η τοιχοποιία στο συγκεκριμένο σημείο. Οπότε η αύξηση της κατακόρυφης θλιπτικής δύναμης δεν φαίνεται να είναι ικανή να αυξήσει επαρκώς τη διατμητική αντοχή του τοίχου. Η καλύτερη λύση είναι η αύξηση της συνοχής της τοιχοποιίας  $f_{vk0}$ . Επίσης, ευάλωτοι σε εντός επιπέδου διάτμηση είναι οι πεσσοί στις περιοχές αλλαγής του πάχους της τοιχοποιίας.

### Ανατολική όψη

Στην ανατολική όψη, στην εξωτερική παρειά της τοιχοποιίας, έχουν καταγραφεί λοξές διατμητικές ρωγμές οι οποίες διέρχονται από τις ακμές των ανοιγμάτων. Στην εσωτερική παρειά της τοιχοποιίας έχουν επίσης καταγραφεί διατμητικές ρωγμές. Έλεγχοι έναντι εντός επιπέδου διάτμησης έγιναν στις κρίσιμες περιοχές που απεικονίζονται στην εικόνα 8.3.3.5 για την εξωτερική παρειά της τοιχοποιίας, ενώ για την εσωτερική παρειά έγιναν στις αντίστοιχες κρίσιμες περιοχές 2 και 4.



**Εικ. 8.3.3.5:** Κατανομή F12 στην ανατολική όψη για το σεισμικό συνδυασμό  $G+0.3Q+EX+0.3EY$ . Ελέγχονται 5 κρίσιμες περιοχές.



**Εικ. 8.3.3.6:** Κατανομή αξονικών δυνάμεων F11 (για τις ζώνες των ανοφλιών) στην ανατολική όψη για το σεισμικό συνδυασμό  $G+0.3Q+0.3EX+EY$ .

Περιοχή	Συνδυασμός	Λτομής	Λθλιβ	σd	f <sub>v</sub>	V <sub>R</sub>	V <sub>s</sub>	Κατάσταση
		m	m	kPa	kPa	kN	kN	
1	G+0.3Q+EX+0.3EY	0.77	0.65	109.09	143.64	46.68	18.87	ΕΠΑΡΚΕΙ
1	G+0.3Q+EX-0.3EY	0.77	0.61	144.16	157.66	48.09	23.87	ΕΠΑΡΚΕΙ
1	G+0.3Q-EX+0.3EY	0.77	0.2	103.9	141.56	14.16	33.5	ΑΣΤΟΧΙΑ
1	G+0.3Q-EX-0.3EY	0.77	0.52	102.6	141.04	36.67	33.5	ΕΠΑΡΚΕΙ
2	G+0.3Q+EX+0.3EY	0.77	0.77	136.36	154.55	59.5	84.32	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	G+0.3Q+EX-0.3EY	0.77	0.77	145.45	158.18	60.9	77.77	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	G+0.3Q-EX+0.3EY	0.77	0	0	100	0	79.31	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	G+0.3Q-EX-0.3EY	0.77	0.32	71.43	128.57	20.57	66.61	ΑΣΤΟΧΙΑ
3	G+0.3Q+EX+0.3EY	0.77	0.77	111.69	144.68	55.7	24.64	ΕΠΑΡΚΕΙ
3	G+0.3Q+EX-0.3EY	0.77	0.77	140.26	156.1	60.1	25.41	ΕΠΑΡΚΕΙ
3	G+0.3Q-EX+0.3EY	0.77	0	0	100	0	24.64	ΑΣΤΟΧΙΑ
3	G+0.3Q-EX-0.3EY	0.77	0.34	63.64	125.45	21.33	28.28	ΑΣΤΟΧΙΑ
4	G+0.3Q+EX+0.3EY	1.1	1.1	105.45	142.18	78.2	77	ΕΠΑΡΚΕΙ
4	G+0.3Q+EX-0.3EY	1.1	1.1	65.45	126.18	69.4	62.15	ΕΠΑΡΚΕΙ
4	G+0.3Q-EX+0.3EY	1.1	1.1	56.36	122.55	67.4	76.45	ΑΣΤΟΧΙΑ
4	G+0.3Q-EX-0.3EY	1.1	1.1	34.55	113.82	62.2	61.6	ΕΠΑΡΚΕΙ
5	G+0.3Q+EX+0.3EY	0.81	0	0	100	0	66.02	ΑΣΤΟΧΙΑ
5	G+0.3Q+EX-0.3EY	0.81	0	0	100	0	68.85	ΑΣΤΟΧΙΑ
5	G+0.3Q-EX+0.3EY	0.81	0.65	92.59	137.04	44.54	59.13	ΑΣΤΟΧΙΑ
5	G+0.3Q-EX-0.3EY	0.81	0.76	98.77	139.51	53.01	55.89	ΑΣΤΟΧΙΑ
2 <sub>εσωτ</sub>	G+0.3Q+EX+0.3EY	0.79	0.65	56.32	119.87	45.25	83.64	ΑΣΤΟΧΙΑ
2 <sub>εσωτ</sub>	G+0.3Q+EX-0.3EY	0.79	0.56	87.36	150.5	40.14	75.45	ΑΣΤΟΧΙΑ
2 <sub>εσωτ</sub>	G+0.3Q-EX+0.3EY	0.79	0	0	100	0	80.14	ΑΣΤΟΧΙΑ
2 <sub>εσωτ</sub>	G+0.3Q-EX-0.3EY	0.79	0.29	70.45	127.9	24.56	55.36	ΑΣΤΟΧΙΑ
4 <sub>εσωτ</sub>	G+0.3Q+EX+0.3EY	1.1	1.1	106.5	150.4	81.5	80.4	ΕΠΑΡΚΕΙ
4 <sub>εσωτ</sub>	G+0.3Q+EX-0.3EY	1.1	1.1	70.6	130.6	67.4	65.4	ΕΠΑΡΚΕΙ
4 <sub>εσωτ</sub>	G+0.3Q-EX+0.3EY	1.1	1.1	61.6	129	47.8	79.8	ΑΣΤΟΧΙΑ
4 <sub>εσωτ</sub>	G+0.3Q-EX-0.3EY	1.1	1.1	37.4	115.5	63.2	62.3	ΕΠΑΡΚΕΙ

**Πίνακας 8.11:** Αποτελέσματα των ελέγχων επάρκειας των κρίσιμων περιοχών της ανατολικής όψης σε διάτμηση.

Σχόλιο: Όπως και στην περίπτωση της δυτικής όψης, στο υπέρθυρο της πόρτας αναπτύσσονται διατμητικές δυνάμεις που η τοιχοποιία δεν μπορεί να αναλάβει. Η αύξηση της κατακόρυφης θλιπτικής δύναμης δεν φαίνεται να είναι ικανή να αυξήσει επαρκώς τη διατμητική αντοχή. Η καλύτερη λύση είναι το κλείσιμο του ανοίγματος, συγκεκριμένα του μεσαίου παραθύρου.

### **Συμπεράσματα – Σχολιασμός αποτελεσμάτων**

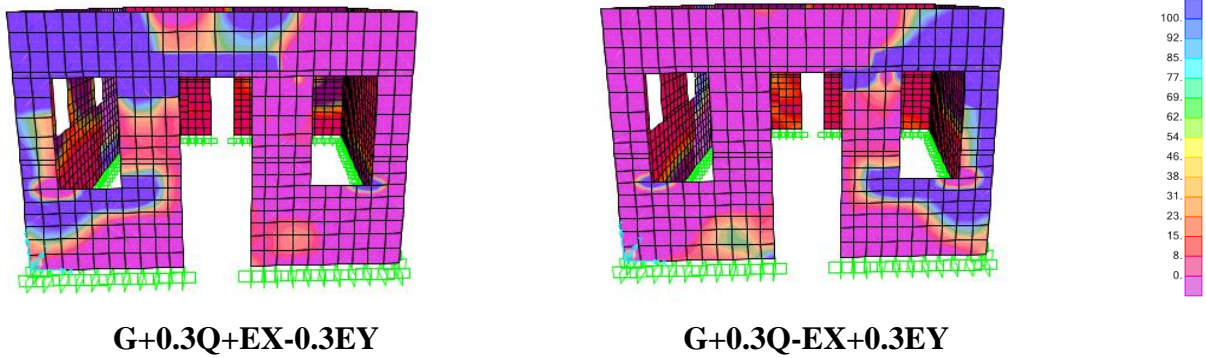
Παρατηρείται ότι οι αστοχίες είναι σίγουρες στις περιπτώσεις των ανωφλιών. Το γεγονός, ότι δεν υπάρχουν σε όλες τις περιπτώσεις ακριβώς πάνω από τα ανώφλια του κτηρίου λοξές ρηγματώσεις στην πραγματικότητα, οφείλεται πιθανότατα στην ύπαρξη του σενάζ σκυροδέματος στα υπέρθυρα των ανωφλιών (δρα σαν ελκυστήρας). Όμως εμφανίζονται λοξές ρηγματώσεις που ξεκινούν από τις ακμές των ανοιγμάτων, δηλαδή από τα σημεία που αναπτύσσονται οι μέγιστες συγκεντρώσεις τάσεων, και καταλήγουν στην περιοχή των πεσσών. Ακολούθως οι πεσσοί των όψεων παρουσιάζουν γενικά ικανοποιητική συμπεριφορά σε σχέση με τα ανώφλια, καθώς οι αστοχίες που καταγράφονται είναι σαφώς πολύ λιγότερες. Εν κατακλείδι, ενίσχυση των τοίχων με ενέσεις υδραλικών ενεμάτων ή τριμερές ένεμα και παράλληλη ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας της στέγης πιθανότατα να έλυνε το πρόβλημα.

### **8.4 Έλεγχος συμφωνίας αποτελεσμάτων της ανάλυσης με την παθολογία του κτηρίου**

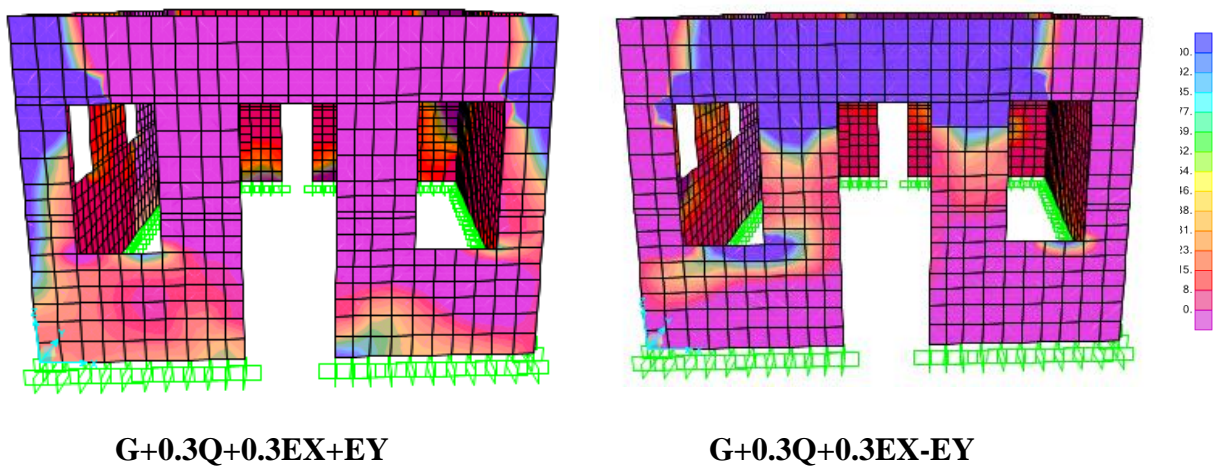
Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται εικόνες της κατανομής των κύριων τάσεων σε κάθε φέροντα τοίχο του κτηρίου για τους σεισμικούς συνδυασμούς. Για κάθε τοίχο παρουσιάζονται δύο εικόνες σεισμικών συνδυασμών με την κύρια σεισμική συνιστώσα παράλληλη με το επίπεδο του τοίχου και δύο εικόνες με την κύρια σεισμική συνιστώσα να είναι εγκάρσια στο επίπεδο του τοίχου. Οι εικόνες αυτές παρέχουν τη δυνατότητα εκτίμησης των σημείων που είναι πιθανό να εκδηλωθούν αστοχίες στο κτήριο. Η σύγκρισή τους με την σημερινή παθολογία του κτηρίου αποτελεί έλεγχο για την εγκυρότητα ή μη του υπολογιστικού προσομοιώματος του κτηρίου που χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη του. Ο κανόνας που χρησιμοποιείται για την επαλήθευση του προσομοιώματος είναι η ύπαρξη εφελκυστικών τάσεων μεγαλύτερων της εφελκυστικής αντοχής της τοιχοποιίας στα σημεία όπου έχουν εκδηλωθεί ρωγμές στην πραγματικότητα.

Τα σχήματα με εύρος κύριων τάσεων 0-100 kPa δίνουν την δυνατότητα εμφάνισης των περιοχών που υπερβαίνουν την εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας (λαμβάνεται περίπου ίση με 0.1 MPa).

### 8.4.1 Δυτική όψη

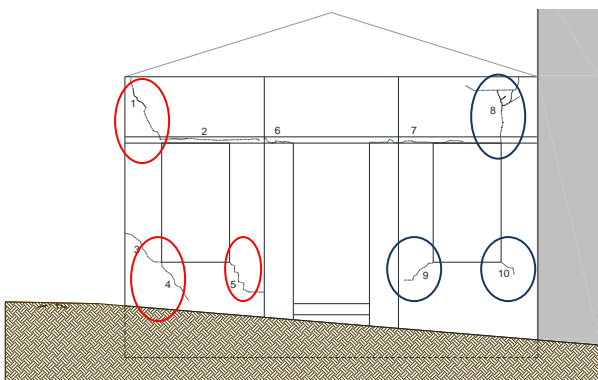


**Εικ. 8.4.1:** Κατανομή κύριων τάσεων για τους σεισμικούς συνδυασμούς με την κύρια σεισμική συνιστώσα παράλληλη στο επίπεδο του τοίχου.

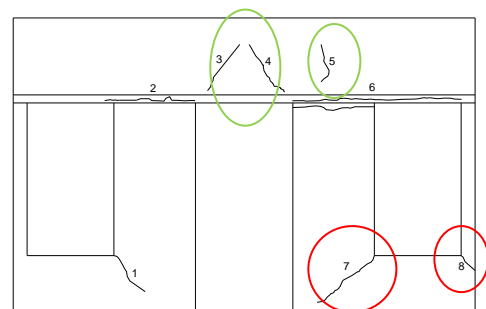


**Εικ. 8.4.2:** Κατανομή κύριων τάσεων για τους σεισμικούς συνδυασμούς με την κύρια σεισμική συνιστώσα κάθετη στο επίπεδο του τοίχου.

Στις παρακάτω εικόνες με κόκκινο χρώμα απεικονίζονται οι περιοχές που παρουσιάζουν βλάβες για το συνδυασμό  $G+0,3Q+Ex-0,3Ey$ , με μπλε για το συνδυασμό  $G+0,3Q-Ex+0,3Ey$  και με πράσινο για το συνδυασμό  $G+0,3Q+0,3Ex-Ey$ .

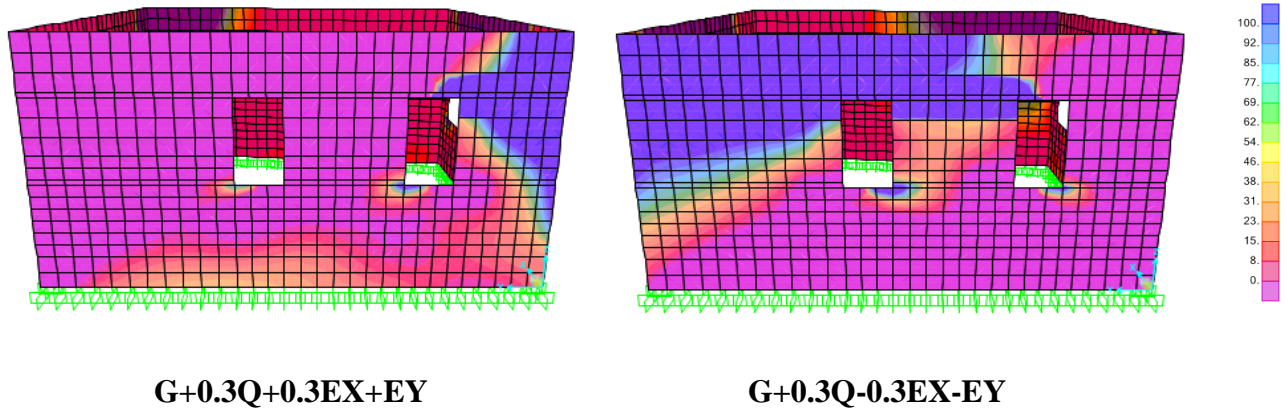


**Εικ. 8.4.3:** Βλάβες στην εξωτερική πλευρά της δυτικής όψης.

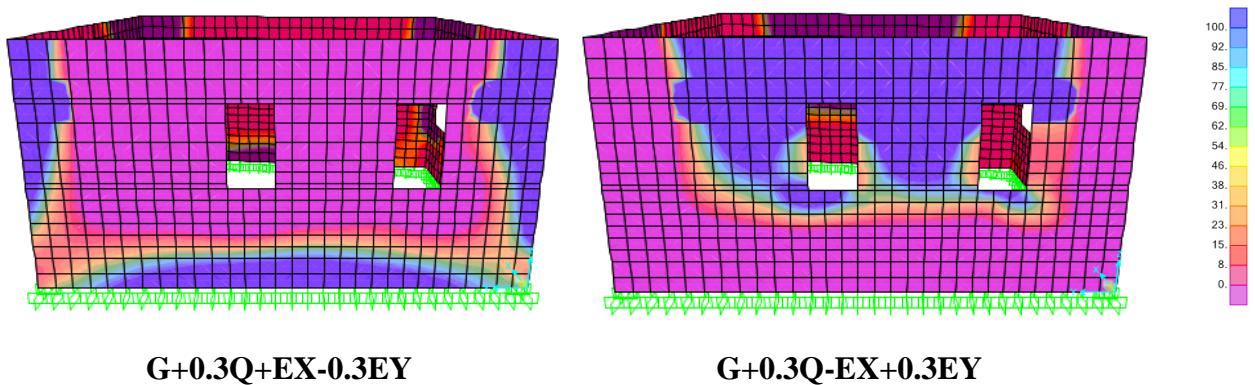


**Εικ. 8.4.4:** Βλάβες στην εσωτερική πλευρά της δυτικής όψης.

### 8.4.2 Βόρεια όψη

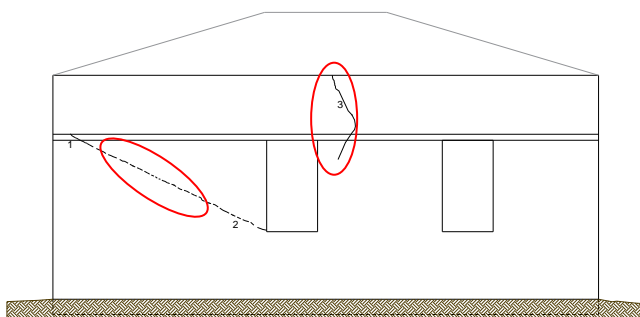


**Εικ. 8.4.5:** Κατανομή κύριων τάσεων για τους σεισμικούς συνδυασμούς με την κύρια σεισμική συνιστώσα παράλληλη στο επίπεδο του τοίχου.

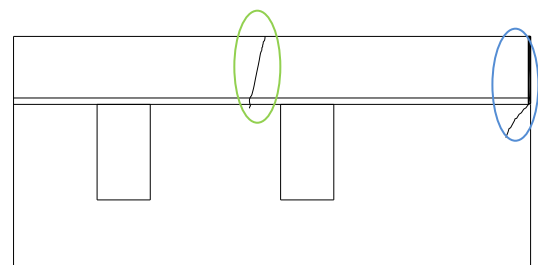


**Εικ. 8.4.6:** Κατανομή κύριων τάσεων για τους σεισμικούς συνδυασμούς με την κύρια σεισμική συνιστώσα κάθετη στο επίπεδο του τοίχου.

Στις παρακάτω εικόνες με κόκκινο χρώμα απεικονίζονται οι περιοχές που παρουσιάζουν βλάβες για το συνδυασμό  $G+0,3Q-0,3Ex-Ey$ , με μπλε για το συνδυασμό  $G+0,3Q+Ex-0,3Ey$  και με πράσινο για το συνδυασμό  $G+0,3Q-Ex+0,3Ey$ .



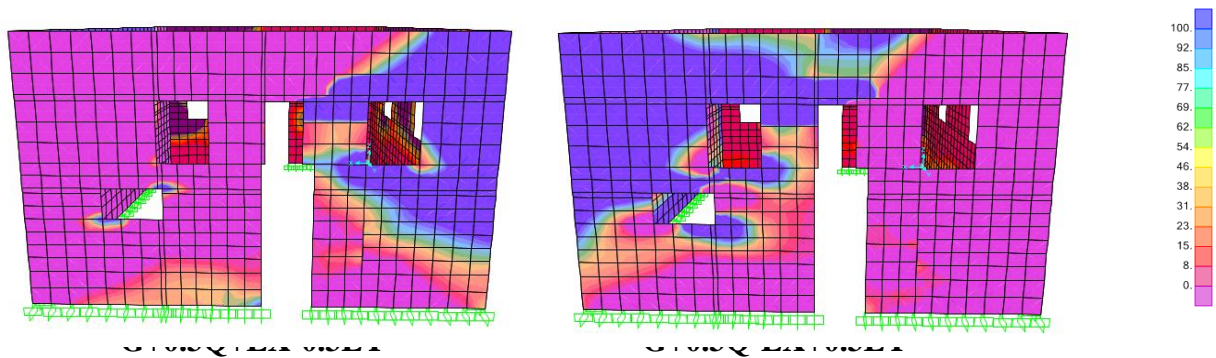
**Εικ. 8.4.7:** Βλάβες στην εξωτερική πλευρά της βόρειας όψης.



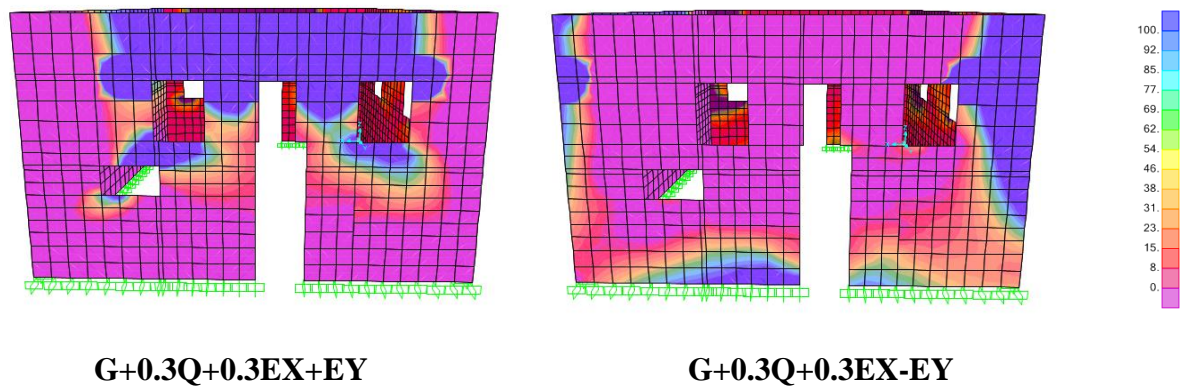
**Εικ. 8.4.8:** Βλάβες στην εσωτερική πλευρά της βόρειας όψης.



### 8.4.3 Ανατολική όψη

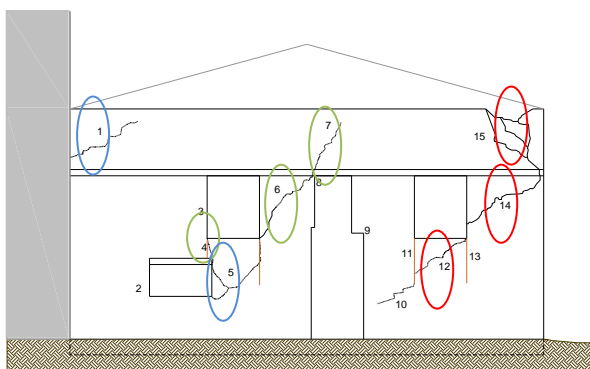


**Εικ. 8.4.9:** Κατανομή κύριων τάσεων για τους σεισμικούς συνδυασμούς με την κύρια σεισμική συνιστώσα παράλληλη στο επίπεδο του τοίχου.

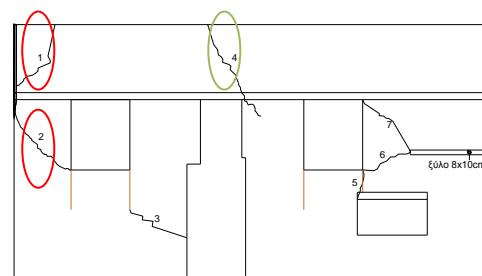


**Εικ. 8.4.10:** Κατανομή κύριων τάσεων για τους σεισμικούς συνδυασμούς με την κύρια σεισμική συνιστώσα κάθετη στο επίπεδο του τοίχου.

Στις παρακάτω εικόνες με κόκκινο χρώμα απεικονίζονται οι περιοχές που παρουσιάζουν βλάβες για το συνδυασμό  $G+0,3Q+Ex-0,3Ey$ , με μπλε για το συνδυασμό  $G+0,3Q-Ex+0,3Ey$  και με πράσινο για το συνδυασμό  $G+0,3Q+0,3Ex+Ey$ .



**Εικ. 8.4.11:** Βλάβες στην εξωτερική πλευρά της ανατολικής όψης.



**Εικ. 8.4.12:** Βλάβες στην εσωτερική πλευρά της ανατολικής όψης.



## ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ

### 9.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση των επεμβάσεων που μπορούν να εφαρμοστούν στο κτήριο μελέτης, με στόχο την άρση των αιτιών που προκάλεσαν τις βλάβες καθώς και τη γενικότερη αύξηση της αντοχής της κατασκευής έναντι των σεισμικών δράσεων, η οποία θα ήταν απαραίτητη ακόμα και στην περίπτωση που η κατασκευή δεν παρουσίαζε την υπάρχουσα παθολογία.

Ο στόχος των επεμβάσεων σε κτήρια που έχουν χαρακτηριστεί ως μνημεία είναι η διάσωση της μορφής και της δομής της κατασκευής. Ο μηχανικός καλείται να σεβαστεί και να διατηρήσει την τεχνολογία κατασκευής του μνημείου και να αξιοποιήσει χωρίς να υποκαταστήσει τον υπάρχοντα φέροντα οργανισμό για την αποφυγή μελλοντικών αστοχιών. Επιπλέον, οι τεχνικές ενίσχυσης πρέπει να έχουν μεγάλο προσδόκιμο ζωής για να αποφεύγονται οι δυσμενείς επιπτώσεις από τη γήρανσή τους και να διακρίνονται από αναστρεψιμότητα, ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί με ευκολία η μελλοντική γνώση και τεχνολογία. Επίσης, πρέπει να ικανοποιούνται τόσο τα χημικά και μηχανικά όσο και τα αισθητικά και ιστορικά κριτήρια συμβατότητας. Οι επεμβάσεις πρέπει να ξεχωρίζουν από τα αυθεντικά παλαιά στοιχεία και δεν πρέπει να κυριαρχούν στη γενική εικόνα του κτηρίου αλλά να το προβάλλουν. Τέλος, ο συνδυασμός της αποτελεσματικότητας, της οικονομίας και της εξασφάλισης από τις διάφορες δράσεις είναι ένα από τα σημαντικότερα κομμάτια μιας μελέτης αποκατάστασης.

### 9.2 Τεχνικές επισκευής

Πριν εφαρμοστούν οι τεχνικές ενίσχυσης επιβάλλεται να γίνουν όλες οι απαραίτητες εργασίες ώστε να επισκευαστούν οι υπάρχουσες βλάβες του κτηρίου. Η επισκευή των βλαβών δεν λαμβάνεται υπόψη στην αύξηση της αντοχής των μηχανικών χαρακτηριστικών της τοιχοποιίας αλλά είναι απαραίτητη για να έχει η κατασκευή την συμπεριφορά που θεωρείται ότι διαθέτει το υπολογιστικό προσομοίωμα. Τέτοιες εργασίες είναι οι εξής:

- Συμπλήρωση των λίθων και των οπτόπλινθων που έχουν αποκολληθεί από τις όψεις του κτηρίου.
- Αρμολόγημα της τοιχοποιίας στις περιοχές που έχει γίνει έκλυση κονιάματος.
- Έμφραξη και σφράγιση των ρωγμών.

## 9.3 Προτεινόμενες μέθοδοι ενίσχυσης του κτηρίου

### 9.3.1 Ενίσχυση της τοιχοποιίας με υδραυλικά ενέματα

Για την επισκευή και την ενίσχυση της τοιχοποιίας συνηθισμένη πρακτική αποτελεί η εφαρμογή κατάλληλων ενεμάτων. Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται τόσο η διατήρηση και ενίσχυση των αρχιτεκτονικών μελών μιας ιστορικής κατασκευής όσο και η αύξηση της θλιπτικής αντοχής του συνόλου της τοιχοποιίας, προσφέροντας καλύτερη συμπεριφορά της κατασκευής σε σεισμικές δράσεις, χωρίς να υπάρξει αλλοίωση της εξωτερικής μορφής και του φέροντος συστήματος. Αποκαθίσταται η συνέχεια μεταξύ αποσπασμένων τμημάτων της τοιχοποιίας, πληρώνονται τα κενά στο εσωτερικό της και αυξάνεται η συνάφεια. Η αύξηση της συνάφειας στην τοιχοποιία είναι απαραίτητη, γιατί καλλιεργούνται ευνοϊκότερες συνθήκες για την παραλαβή των τεμνουσών δυνάμεων. Επιπλέον, αυξάνεται το μέτρο ελαστικότητας της τοιχοποιίας, με αποτέλεσμα την αύξηση της δυσκαμψίας του κτηρίου και τον περιορισμό των μετακινήσεων.

Καθώς όμως η εφαρμογή των ενεμάτων αποτελεί μία μη αναστρέψιμη μέθοδο ο σχεδιασμός του υλικού αλλά και του τρόπου εφαρμογής του θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα μελετημένος, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις επιτελεστικότητες (π.χ. την συμβατότητα των χαρακτηριστικών της λιθοδομής και του ενέματος) ακόμα και την επανεμβασιμότητα.

Προτείνεται, λοιπόν, η εφαρμογή τριμερούς ενέματος (τσιμέντο, υδράσβεστος, ποζολάνη) θλιπτικής αντοχής  $f_{gr,c} = 10 \text{ MPa}$ . Η νέα αντοχή της τοιχοποιίας προκύπτει (Vintzileou and Tasios 1995):

$$f_{wc,i} = f_{wc,0} \left( 1 + 1.25 \frac{V_i \sqrt{f_{gr,c}}}{V_m f_{wc,0}} \right) \quad [\text{MPa}]$$

όπου,

$f_{wc,0}$  και  $f_{wc,i}$  : η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας πριν και μετά την εφαρμογή του ενέματος αντίστοιχα,

$V_i$  και  $V_m$  : ο όγκος του υλικού πληρώσεως και ο συνολικός όγκος της τοιχοποιίας αντίστοιχα και

$f_{gr,c}$  : η θλιπτική αντοχή του ενέματος.

Επομένως:

$$f_{wc,i} = 1.87 * \left( 1 + 1.25 * 0.30 * \frac{\sqrt{10}}{1.87} \right) \Rightarrow f_{wc,i} = 3.06 \text{ MPa}$$

Το μέτρο ελαστικότητας υπολογίζεται:  $E = 700 * 3.06 = 2142 \text{ MPa}$

Τέλος θεωρείται ότι η συνοχή αυξάνεται και λαμβάνει τιμή  $f_{vko} = 0.15 \text{ MPa}$ .

Τα στάδια που ακολουθούνται κατά την εφαρμογή των ενεμάτων είναι τα παρακάτω:

Στάδιο 1: καθαίρεση του επιχρίσματος σε μεγάλο πλάτος γύρω από τις ρωγμές.

Στάδιο 2: Διερεύνηση της ρωγμής στην επιφάνεια της τοιχοποιίας.

Στάδιο 3: Διάνοιξη οπών κατά το πάχος του τοίχου, ανά αποστάσεις κατά μήκος της ρωγμής.

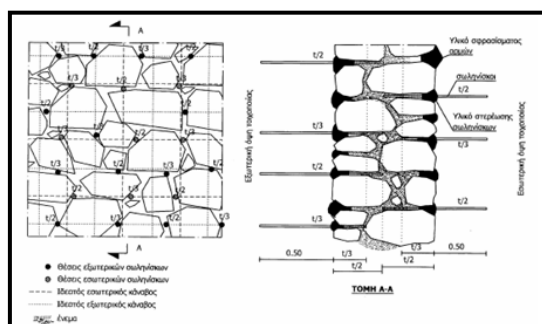
Στάδιο 4: Καθάρισμα της ρωγμής στο εσωτερικό της τοιχοποιίας, με εισαγωγή ύδατος υπό πίεση.

Στάδιο 5: Τοποθέτηση πλαστικών σωληνίσκων μέσα στις ανοιγμένες οπές.

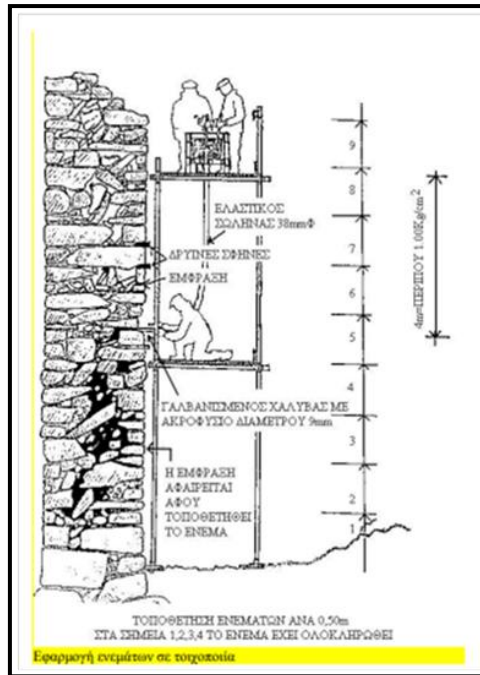
Στάδιο 6: Σφράγιση της εξωτερικής επιφάνειας της ρωγμής με τσιμεντοκονίαμα ή με γύψο.

Στάδιο 7: Προετοιμασία του ενέματος. Τα υλικά του ενέματος τοποθετούνται στον αναμκτήρα και αναμιγνύονται με μεγάλη ταχύτητα για περιορισμένη διάρκεια προς αποφυγή πρόωρης σκλήρυνση του μίγματος. Ακολούθως το ένεμα μεταγγίζεται σε άλλο αναμκτήρα μικρής ταχύτητας απ' όπου και αντλείται για την εισαγωγή του στην τοιχοποιία. Η αργή ανάμιξη συνεχίζεται καθ' όλη τη διάρκεια της εφαρμογής του, έτσι ώστε να αποφεύγεται η απόμιξη.

Στάδιο 8: Εφαρμογή του ενέματος. Οι ενέσεις εφαρμόζονται από κάτω προς τα πάνω. Η πίεση στο ακροφύσιο δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0.1 MPa, προς αποφυγή του κινδύνου βλάβης στην τοιχοποιία λόγω υπερβολικής εσωτερικής πίεσης. Η εφαρμογή του ενέματος διακόπτεται κάθε φορά που εμφανίζεται ένεμα στον αμέσως υπερκείμενο σωληνίσκο. Στην περίπτωση που το ένεμα αντλείται, απαιτείται ταυτόχρονη μείωση της πίεσης στην αντλία. Απομακρύνεται το ακροφύσιο και φράσσεται ο σωληνίσκος εισαγωγής του ενέματος. Μετά από διακοπή 10 -20 λεπτών η διαδικασία επαναλαμβάνεται στη επόμενη ανώτερη στάθμη ή στο επόμενο σημείο εισόδου κατά μήκος του τοίχου, μέχρις ότου ολοκληρωθεί η πλήρωση και φραγούν όλοι οι σωληνίσκοι. Όταν το ένεμα προχωρεί κατακορύφως, είναι σημαντικό να αποφεύγεται η ανάπτυξη μεγάλης υδροστατικής πίεσης στο ένεμα που έχει ήδη εισαχθεί. Για αυτό το λόγο, το μέγιστο ύψος στο οποίο εφαρμόζονται ενέματα δεν πρέπει να υπερβαίνει το ένα μέτρο ανά μέρα.



**Εικ. 9.3.1.1:** Διάνοιξη οπών και τοποθέτηση σωληνίσκων μέσα στις ανοιγμένες οπές.



Εικ. 9.3.1.2: Εφαρμογή ενεμάτων σε τοιχοποιία.

### 9.3.2 Ανακατασκευή ξύλινης στέγης και ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας

Αρχικά προτείνεται ανακατασκευή της ξύλινης στέγης, ανάλογη με την αποτύπωση της υφιστάμενης που έχει καταρρεύσει, με ενσωματωμένη θερμομόνωση, υγρομόνωση, πλακάς θαλάσσης και με επικάλυψη με κεραμίδια βυζαντινού τύπου.

Για την ομοιόμορφη κατανομή των φορτίων, τη μεταφορά των σεισμικών δράσεων στα κατακόρυφα στοιχεία αλλά και τη σύνδεση των τοίχων (εξασφάλιση λειτουργία κιβωτίου) προτείνεται η ενίσχυση της διαφραγματικής λειτουργίας της στέγης. Η στέγη δηλαδή θα ενισχυθεί ώστε να εξασφαλισθεί η καλύτερη συνεργασία της με την τοιχοποιία. Επομένως, η κατασκευή διαζώματος στη στάθμη της στέγης είναι αναγκαία.

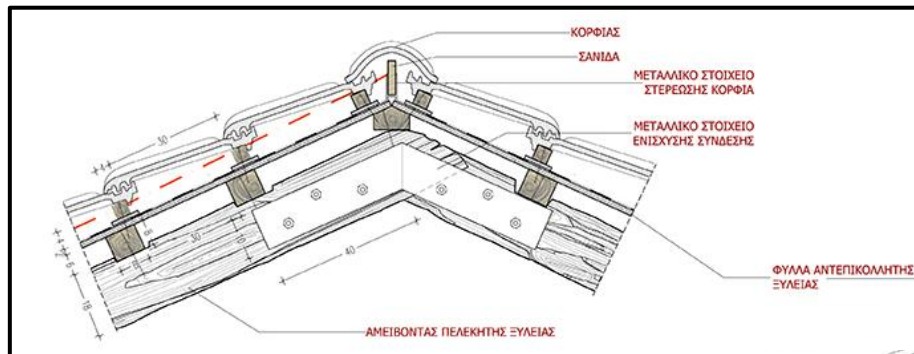
Για την κατασκευή του διαζώματος απαιτείται σχολαστική εργασία υποστύλωσης τμήματος του τοίχου προς αποφυγή περαιτέρω βλαβών λόγω της αφαίρεσης λίθων από τους τοίχους.

Προϋποθέσεις για επίτευξη διαφραγματικής λειτουργίας της στέγης είναι:

- η άρτια δικτύωση ζευκτών (επαρκών ορθοστατών και διαγωνίων),
- η συνέχεια στις ματίσεις επιμήκων δοκών κάτω πέλματος,
- οι ισχυρές συνδέσεις στους κόμβους (με μεταλλικό στοιχείο ενίσχυσης σύνδεσης),
- η επαρκής σύνδεση των ζευκτών στις θέσεις έδρασής τους (μεταλλικές δοκοθήκες, ντίζες ενίσχυσης, χαλύβδινα γωνιακά αγκυρωμένα στην τοιχοποιία με ελκυστήρες και πλάκες έδρασης),

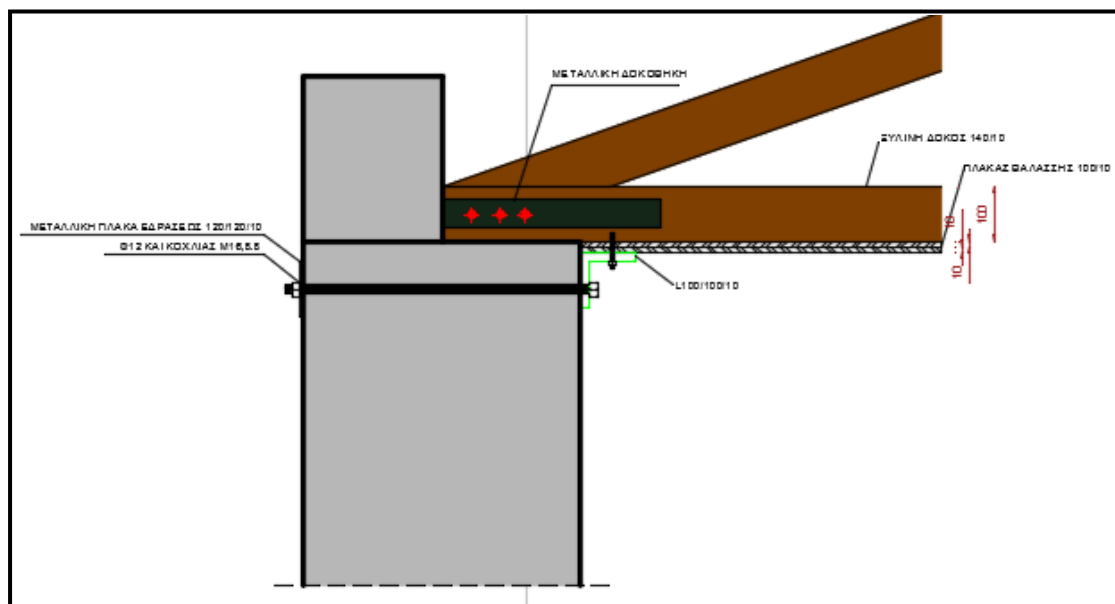
- η σύνδεση των διασταυρούμενων φερουσών δοκών με κατάλληλα μεταλλικά ελάσματα και
- η ύπαρξη ισχυρού πλήρους σανιδώματος. Προτείνεται η τοποθέτηση διπλού σανιδώματος στη στέγη.

Σε αντίθετη περίπτωση τα ισχυρά διαφράγματα δρουν ως κριός εμβολίζοντας την τοιχοποιία, στην οποία εδράζονται.



**Εικ. 9.3.2.1:** Ενίσχυση σύνδεσης κόμβου με μεταλλικό στοιχείο.

Συνοψίζοντας, για την επίτευξη της διαφραγματικής λειτουργίας της στέγης, προτείνεται η σύνδεση των ζευκτών με την τοιχοποιία να γίνει με χρήση γωνιακών τα οποία θα αγκυρώνονται επαρκώς με ελκυστήρες στην τοιχοποιία. Επιπρόσθετα, προτείνεται η τοποθέτηση διπλού σανιδώματος στη στέγη αλλά και στην οροφή ώστε να αυξηθεί η δυσκαμψία και να λειτουργήσει ως διάφραγμα.



**Εικ. 9.3.2.2:** Σύνδεση ζευκτού με την τοιχοποιία για επίτευξη της διαφραγματικής λειτουργίας.

## 9.4 Εφαρμογή των μεθόδων στο υπολογιστικό προσομοίωμα του κτηρίου και αποτελέσματα ανάλυσης

Στο υπολογιστικό προσομοίωμα του κτηρίου στο SAP2000 εισήχθησαν οι παραπάνω προτεινόμενες ενισχύσεις. Οι διαδικασίες που πραγματοποιήθηκαν ήταν οι εξής:

- ✓ Πραγματοποιήθηκε εισαγωγή διαφράγματος στην κορυφή του κτηρίου. Οι κόμβοι που επιλέχθηκαν δεν ήταν οι περιμετρικοί κόμβοι της τοιχοποιίας, καθώς δεν θα ήταν δυνατή η εποπτεία των εντατικών μεγεθών που αναπτύσσονται στις συνδέσεις του διαφράγματος με την τοιχοποιία. Δημιουργήθηκαν επιπλέον κόμβοι στις φέρουσες δοκούς των διαζωμάτων περίπου 5 cm δίπλα από τη σύνδεσή τους με την τοιχοποιία. Αυτοί οι εσωτερικοί κόμβοι επιλέχθηκαν για την εισαγωγή διαφράγματος. Έτσι μένει δίπλα από το διάφραγμα ένα μικρό τμήμα δοκού ελεύθερο, που επιτρέπει την εποπτεία των εντατικών μεγεθών που αναπτύσσονται στα άκρα των δοκών, οι οποίες πρόκειται να συνδεθούν με μεταλλικά στοιχεία με την περιμετρική τοιχοποιία στην πραγματικότητα.
- ✓ Οι συνδέσεις των μελών της στέγης θεωρήθηκαν πακτώσεις.
- ✓ Για την ενίσχυση της τοιχοποιίας με ενέματα τροποποιήθηκαν οι ιδιότητες της ήδη υπάρχουσας τοιχοποιίας με βάση τα νέα χαρακτηριστικά της.

### 9.4.1 Αποτελέσματα ιδιομορφικής ανάλυσης

Αρχικά πραγματοποιείται ιδιομορφική ανάλυση στο ενισχυμένο κτήριο για τον προσδιορισμό των κύριων ιδιομορφών και ιδιοπεριόδων του. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.1, όπου σημειώνονται οι ιδιομορφές με τα μεγαλύτερα ποσοστά συμμετοχής μάζας του κτηρίου στις δύο κάθετες διευθύνσεις:

ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟ ΚΤΗΡΙΟ					
Mode	Period (sec)	UX (%)	UY (%)	SumUX (%)	SumUY (%)
1	0.092751	69.153	0.64	69.153	0.64
2	0.074242	0.204	6.393	69.357	7.033
3	0.069878	0.143	25.832	69.5	38.865
80	0.01081	~0	~0	91.704	91.727

**Πίνακας 9.1:** Αποτελέσματα ιδιομορφικής ανάλυσης ενισχυμένου κτηρίου.

Παρατηρείται σημαντική μείωση των ιδιοπεριόδων του κτηρίου μετά από την ενίσχυσή του με ενέματα και ισχυρό διάφραγμα. Συγκεκριμένα, η κύρια ιδιοπερίοδος του κτηρίου κατά τη διεύθυνση του άξονα X μεταβλήθηκε από 0.22 sec σε 0.09 sec (μείωση κατά 59%) και κατά τη διεύθυνση του άξονα Y μεταβλήθηκε από 0.17 sec σε 0.07 sec (μείωση κατά 59%).



ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟ ΚΤΗΡΙΟ			
Συνδυασμός	Όψη	Διεύθυνση Μετακινήσεων	Μετακινήσεις
- <b>E<sub>x</sub></b> +0.3 <b>E<sub>y</sub></b>	Βόρεια	X	1 mm
-0.3 <b>E<sub>x</sub></b> - <b>E<sub>y</sub></b>		Y	0.3 mm
- <b>E<sub>x</sub></b> +0.3 <b>E<sub>y</sub></b>	Δυτική	X	1.1 mm
0.3 <b>E<sub>x</sub></b> + <b>E<sub>y</sub></b>		Y	0.3 mm

**Πίνακας 9.2:** Μετακινήσεις υφιστάμενου κτηρίου

Η αύξηση της δυσκαμψίας του κτηρίου κατά τις δύο διευθύνσεις είναι ευνοϊκή, όχι μόνο ως προς τη μείωση των μετακινήσεων, αλλά και ως προς τα σεισμικά φορτία που δέχεται η κατασκευή. Τα σεισμικά φορτία υπολογίζονται σύμφωνα με τον ΕΑΚ2000, §2.3. Πριν την ενίσχυση του κτηρίου, η επιτάχυνση σχεδιασμού προέκυπτε με χρήση της υπολογιστικής σχέσης του αντιστοιχούσε στο πλατό του φάσματος σχεδιασμού. Μετά την ενίσχυση του κτηρίου, ο υπολογισμός των επιταχύνσεων σχεδιασμού του κτηρίου στις δύο οριζόντιες διευθύνσεις γίνεται με τη σχέση που αντιστοιχεί στον ανοδικό κλάδο του φάσματος σχεδιασμού ( $0 \leq T < T_1$ ). Ισχύει λοιπόν:

$$\Phi_d(T) = \gamma_I \cdot A \left[ 1 + \frac{T}{T_1} \left( \frac{\eta \cdot \theta \cdot \beta_0}{q} - 1 \right) \right]$$

Με  $T_1 = 0.15 \text{ sec}$ ,  $\eta = 1$ ,  $\theta = 1$ ,  $\gamma_I = 1$ ,  $\beta_0 = 2.5$ ,  $A = 0.24g$  προκύπτει:

$$\Phi_d(T_x) = 1 \cdot 0.24g \left[ 1 + \frac{0.09}{0.15} \left( \frac{1 \cdot 1 \cdot 2.5}{1.0} - 1 \right) \right] = 0.456g$$

$$\Phi_d(T_y) = 1 \cdot 0.24g \left[ 1 + \frac{0.07}{0.15} \left( \frac{1 \cdot 1 \cdot 2.5}{1.0} - 1 \right) \right] = 0.408g$$

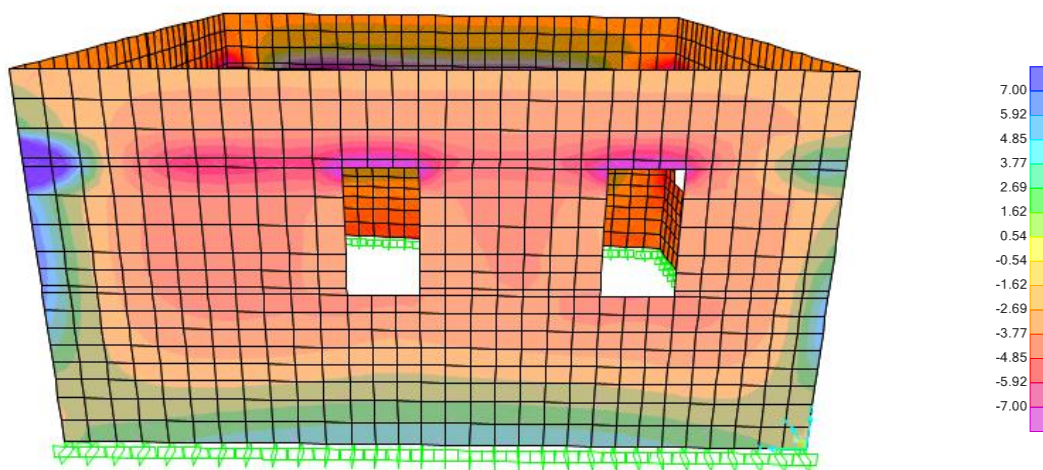
Τα νέα μεγέθη των σεισμικών επιταχύνσεων εισάγονται στο προσομοίωμα και πραγματοποιείται ισοδύναμη στατική ανάλυση για τους σεισμικούς συνδυασμούς.

### 9.4.2 Έλεγχοι εντατικών μεγεθών

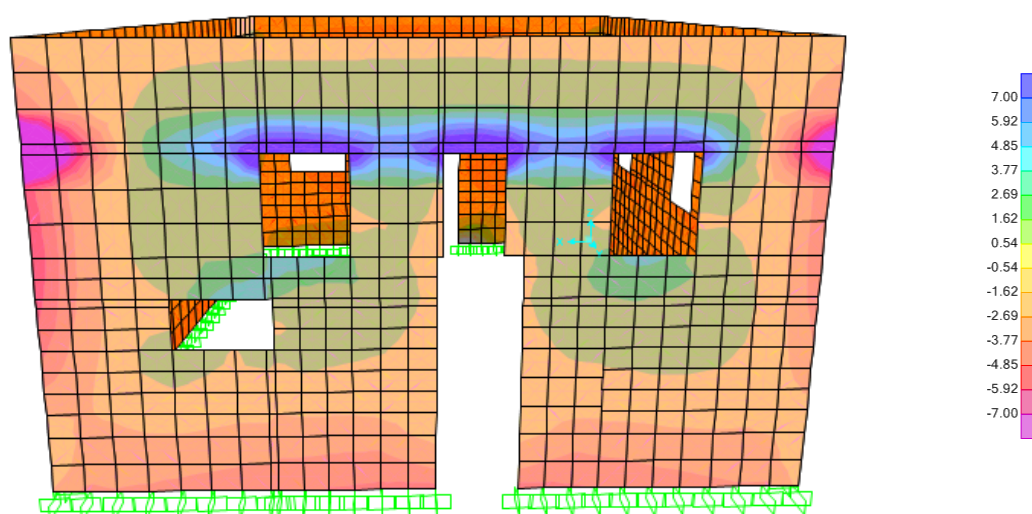
Η νέα μορφή των κατανομών των M11 επαληθεύει την αύξηση της διαφραγματικής λειτουργίας της στέγης. Η τοιχοποιία πλέον στο σύνολό της δεν καταπονείται με τιμές καμπτικών ροπών κοντά στα όρια της αντοχής της. Συνεχίζεται να παρατηρείται όμως τοπική αύξηση στις εντάσεις στα ανώφλια των ανοιγμάτων και στα σημεία σύνδεσης των εγκαρσίων τοίχων λόγω αυξημένης δυσκαμψίας τοπικά στο επίπεδο εξαιτίας της ύπαρξης του σενάζ σκυροδέματος.

Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι κατανομές των M11 για κάθε όψη για τους ίδιους συνδυασμούς που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 8 ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση των κατανομών.

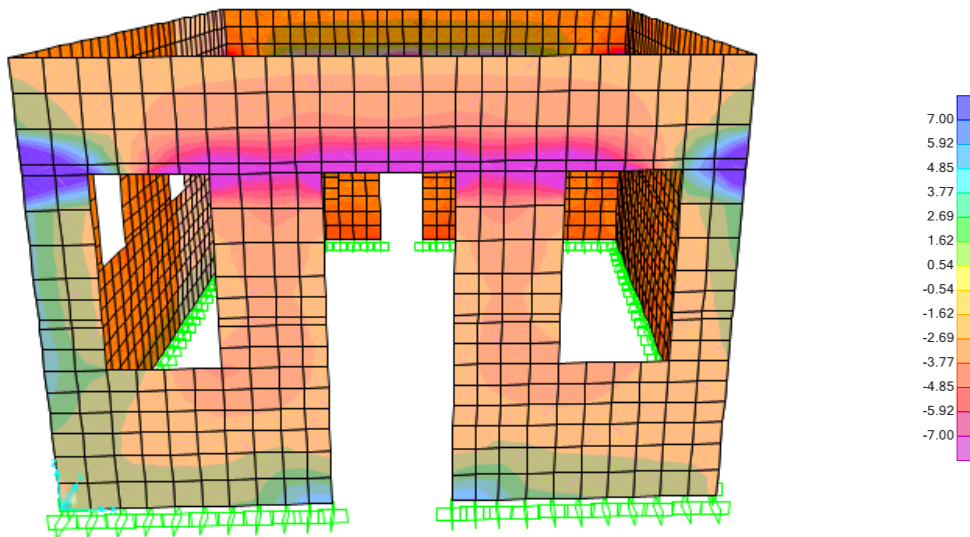
Σημειώνεται ότι μετά την εφαρμογή των ενεμάτων η τοιχοποιία θεωρείται πλέον συμπαγής, επομένως οι έλεγχοι τώρα γίνονται για όλο το πάχος της τοιχοποιίας.



Εικ. 9.4.2.1: Κατανομή M11 για το συνδυασμό  $G+0,3Q+Ex-0,3Ey$  στη βόρεια όψη.



Εικ. 9.4.2.2: Κατανομή M11 για το συνδυασμό  $G+0,3Q+0,3Ex+Ey$  στην ανατολική όψη.

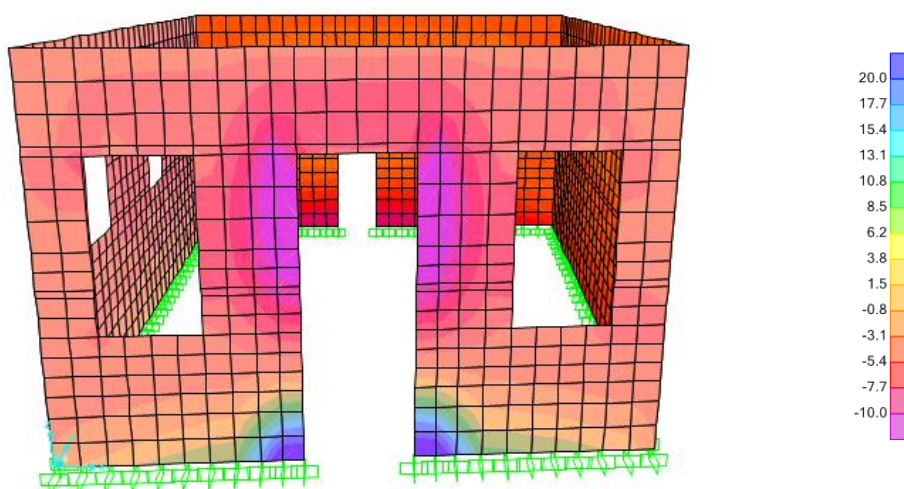


**Εικ. 9.4.2.3:** Κατανομή M11 για το συνδυασμό  $G+0,3Q+0,3E_x+E_y$  στην δυτική όψη.

Όσον αφορά την εκτός επιπέδου κάμψη με επίπεδο θραύσεως παράλληλο στους οριζόντιους αρμούς και την εντός επιπέδου διάτμηση της τοιχοποιίας, έλεγχοι πραγματοποιήθηκαν στα σημεία τα οποία παρουσίαζαν πρόβλημα. Σημειώνεται ότι μετά την εφαρμογή των ενεμάτων η τοιχοποιία θεωρείται πλέον συμπαγής, επομένως οι έλεγχοι τώρα γίνονται για όλο το πάχος της τοιχοποιίας.

Γενικότερα οι αναπτυσσόμενες ροπές οφειλόμενες στην εκτός επιπέδου κάμψη μειώθηκαν με την αύξηση της διαφραγματικής λειτουργίας της στέγης.

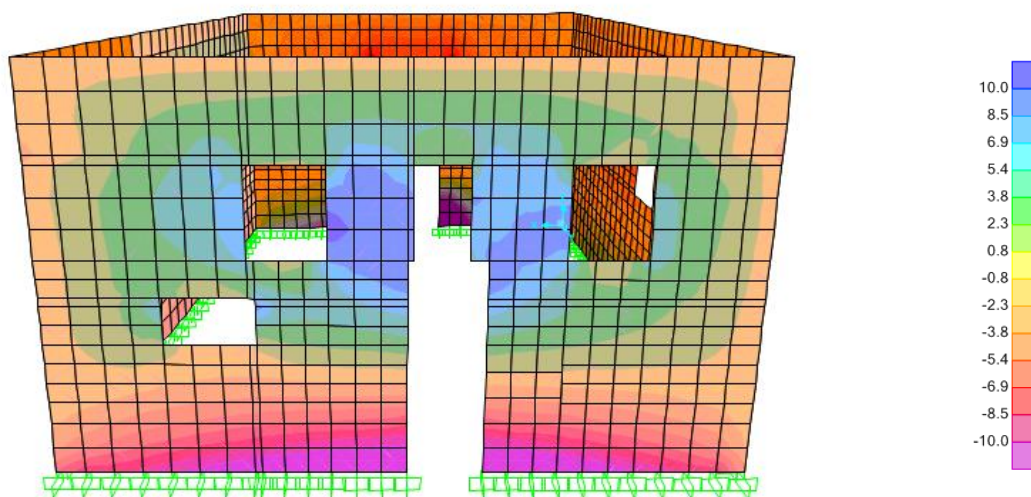
Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι κατανομές των M22 για την δυτική και την ανατολική όψη, για τους ίδιους συνδυασμούς που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 8 ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση των κατανομών. Εν συνεχεία γίνονται οι έλεγχοι στις περιοχές που αστοχούσαν, σε όλο πλέον το πάχος της τοιχοποιίας λόγω ομογενοποίησής της μετά την εφαρμογή των ενεμάτων.



**Εικ. 9.4.2.4:** Κατανομή M22 για το συνδυασμό  $G+0,3Q+0,3E_x+E_y$  στην δυτική όψη.

Περιοχή	Συνδυασμός	Λομής	tw	f <sub>wc</sub>	σ <sub>0</sub>	MR	M <sub>s</sub>	Κατάσταση
		m	m	MPa	kPa	kN/m	kNm	
1	G+0.3Q+0.3EX+EY	0.57	0.7	3.06	159.67	21.13	10.66	ΕΠΑΡΚΕΙ
1	G+0.3Q+0.3EX-EY	0.57	0.7	3.06	193.86	25.36	11.59	ΕΠΑΡΚΕΙ
1	G+0.3Q-0.3EX+EY	0.57	0.7	3.06	81.2	11.04	11.02	ΕΠΑΡΚΕΙ
1	G+0.3Q-0.3EX-EY	0.57	0.7	3.06	95.06	12.86	10.88	ΕΠΑΡΚΕΙ
2	G+0.3Q+0.3EX+EY	0.56	0.7	3.06	83.16	11.1	10.79	ΕΠΑΡΚΕΙ
2	G+0.3Q+0.3EX-EY	0.56	0.7	3.06	82.65	11.03	10.97	ΕΠΑΡΚΕΙ
2	G+0.3Q-0.3EX+EY	0.56	0.7	3.06	176.76	22.85	10.74	ΕΠΑΡΚΕΙ
2	G+0.3Q-0.3EX-EY	0.56	0.7	3.06	178.24	23.03	11.02	ΕΠΑΡΚΕΙ
3	G+0.3Q+0.3EX+EY	0.55	0.7	3.06	55.58	7.35	7.23	ΕΠΑΡΚΕΙ
3	G+0.3Q+0.3EX-EY	0.55	0.7	3.06	58.7	7.76	7.67	ΕΠΑΡΚΕΙ
3	G+0.3Q-0.3EX+EY	0.55	0.7	3.06	139.27	17.91	7.38	ΕΠΑΡΚΕΙ
3	G+0.3Q-0.3EX-EY	0.55	0.7	3.06	132.34	17.06	7.51	ΕΠΑΡΚΕΙ

**Πίνακας 9.3:** Αποτελέσματα ελέγχων μετά τις επεμβάσεις, σε εκτός επιπέδου κάμψη με επίπεδο θραύσεως παράλληλο με τους οριζόντιους αρμούς, για τις τρεις κρίσιμες περιοχές της δυτικής όψης που αστοχούσαν προ ενισχύσεως.



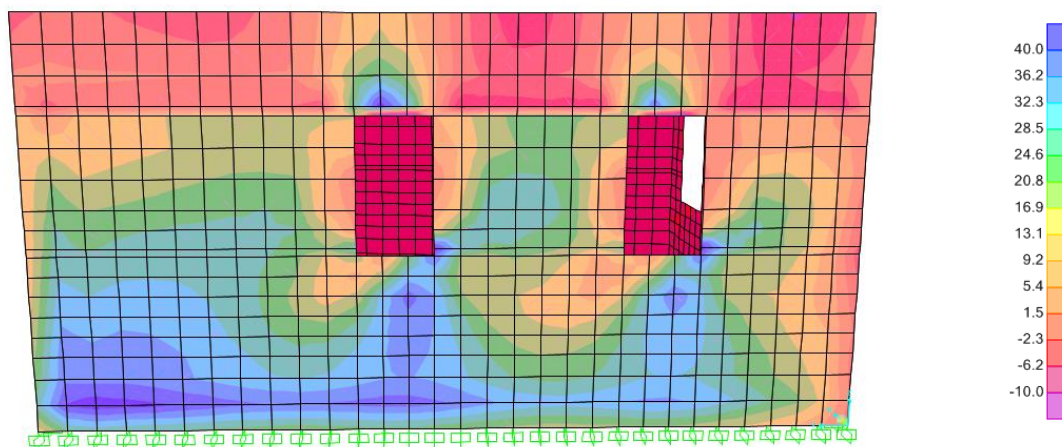
**Εικ. 9.4.2.5:** Κατανομή M22 για το συνδυασμό G+0,3Q+0,3Ex+Ey στην ανατολική όψη.

Περιοχή	Συνδυασμός	Λτομής	tw	fwc	σo	MR	Ms	Κατάσταση
		m	m	MPa	kPa	kN/m	kNm	
1	G+0.3Q+0.3EX+EY	0.66	0.5	3.06	73.27	5.9	4.19	ΕΠΑΡΚΕΙ
1	G+0.3Q+0.3EX-EY	0.66	0.5	3.06	53.48	4.37	4.19	ΕΠΑΡΚΕΙ
1	G+0.3Q-0.3EX+EY	0.66	0.5	3.06	188.33	14.58	4.22	ΕΠΑΡΚΕΙ
1	G+0.3Q-0.3EX-EY	0.66	0.5	3.06	152.18	11.93	4.15	ΕΠΑΡΚΕΙ
2	G+0.3Q+0.3EX+EY	0.65	0.5	3.06	162.71	12.52	3.84	ΕΠΑΡΚΕΙ
2	G+0.3Q+0.3EX-EY	0.65	0.5	3.06	144.83	11.21	3.06	ΕΠΑΡΚΕΙ
2	G+0.3Q-0.3EX+EY	0.65	0.5	3.06	65.45	5.2	3.68	ΕΠΑΡΚΕΙ
2	G+0.3Q-0.3EX-EY	0.65	0.5	3.06	48.8	3.9	3.76	ΕΠΑΡΚΕΙ
3	G+0.3Q+0.3EX+EY	0.65	0.5	3.06	107.78	8.45	4.97	ΕΠΑΡΚΕΙ
3	G+0.3Q+0.3EX-EY	0.65	0.5	3.06	93.54	7.37	4.92	ΕΠΑΡΚΕΙ
3	G+0.3Q-0.3EX+EY	0.65	0.5	3.06	65.85	5.23	5.02	ΕΠΑΡΚΕΙ
3	G+0.3Q-0.3EX-EY	0.65	0.5	3.06	62.77	5	4.87	ΕΠΑΡΚΕΙ
4	G+0.3Q+0.3EX+EY	0.65	0.5	3.06	72.03	5.72	4.4	ΕΠΑΡΚΕΙ
4	G+0.3Q+0.3EX-EY	0.65	0.5	3.06	52.62	4.2	4.13	ΕΠΑΡΚΕΙ
4	G+0.3Q-0.3EX+EY	0.65	0.5	3.06	99.75	7.84	4.25	ΕΠΑΡΚΕΙ
4	G+0.3Q-0.3EX-EY	0.65	0.5	3.06	64.71	5.15	4.27	ΕΠΑΡΚΕΙ

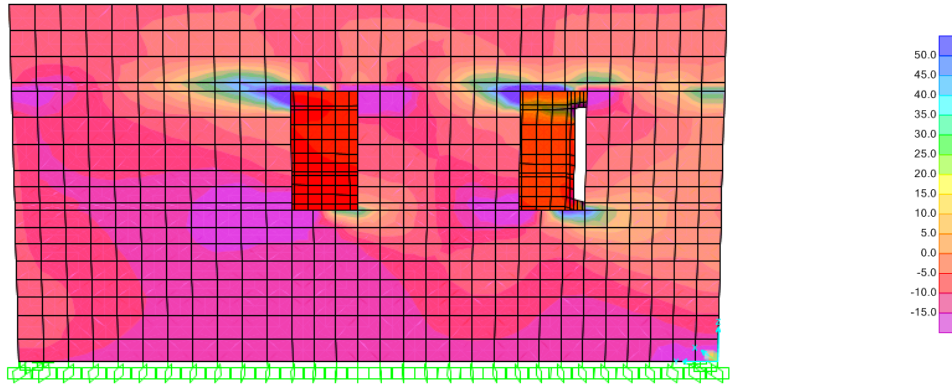
**Πίνακας 9.4:** Αποτελέσματα ελέγχων μετά τις επεμβάσεις, σε εκτός επιπέδου κάμψη με επίπεδο θραύσεως παράλληλο με τους οριζόντιους αρμούς, για τις τέσσερις κρίσιμες περιοχές της ανατολικής όψης που αστοχούσαν προ ενισχύσεως.

Αναφορικά με την εντός επιπέδου διάτμηση η αύξηση της εφελκυστικής αντοχής της τοιχοποιίας μέσω της εφαρμογής ενεμάτων είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της αντοχής της τοιχοποιίας και με αυτό τον τρόπο την επάρκεια αρκετών υπερθύρων και πεσσών που αστοχούσαν πριν τις επεμβάσεις.

Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι κατανομές των F12 για τις όψεις, για τους ίδιους συνδυασμούς που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 8 ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση των κατανομών. Εν συνεχεία γίνονται οι έλεγχοι στις περιοχές που αστοχούσαν, σε όλο πλέον το πάχος της τοιχοποιίας λόγω ομογενοποίησής της μετά την εφαρμογή των ενεμάτων.



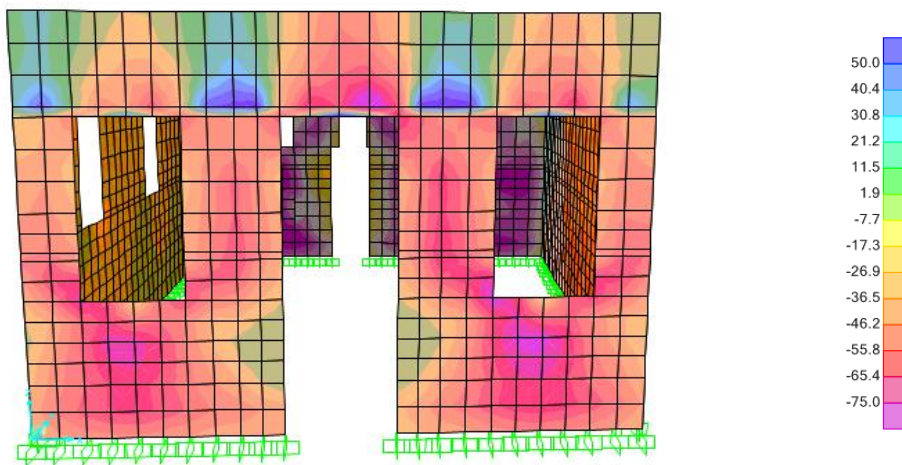
**Εικ. 9.4.2.6:** Κατανομή F12 για το συνδυασμό G+0,3Q+0,3Ex+Ey στην βόρεια όψη.



**Εικ. 9.4.2.7:** Κατανομή αξονικών δυνάμεων F11 (για τις ζώνες των ανοφλιών) στην βόρεια όψη για το σεισμικό συνδυασμό G+0.3Q-0.3EX-EY.

Περιοχή	Συνδυασμός	Lτομής	Lθλιβ	σd	f <sub>v</sub>	V <sub>R</sub>	V <sub>s</sub>	Κατάσταση
		m	m	kPa	kPa	kN	kN	
1	G+0.3Q+EY+0.3EX	0.77	0.77	10.91	154.36	59.43	23.1	ΕΠΑΡΚΕΙ
1	G+0.3Q+EY-0.3EX	0.77	0.77	16.23	156.49	60.25	26.31	ΕΠΑΡΚΕΙ
1	G+0.3Q-EY+0.3EX	0.77	0.35	3.12	151.25	26.47	29.26	ΑΣΤΟΧΙΑ
1	G+0.3Q-EY-0.3EX	0.77	0.39	3.38	151.35	29.51	23.1	ΕΠΑΡΚΕΙ
2	G+0.3Q+EY+0.3EX	0.77	0.77	25.92	160.37	61.74	15.4	ΕΠΑΡΚΕΙ
2	G+0.3Q+EY-0.3EX	0.77	0.77	4.68	151.87	58.47	27.41	ΕΠΑΡΚΕΙ
2	G+0.3Q-EY+0.3EX	0.77	0.31	1.95	150.78	23.37	25.41	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	G+0.3Q-EY-0.3EX	0.77	0.11	3.06	150.78	8.29	12.32	ΑΣΤΟΧΙΑ

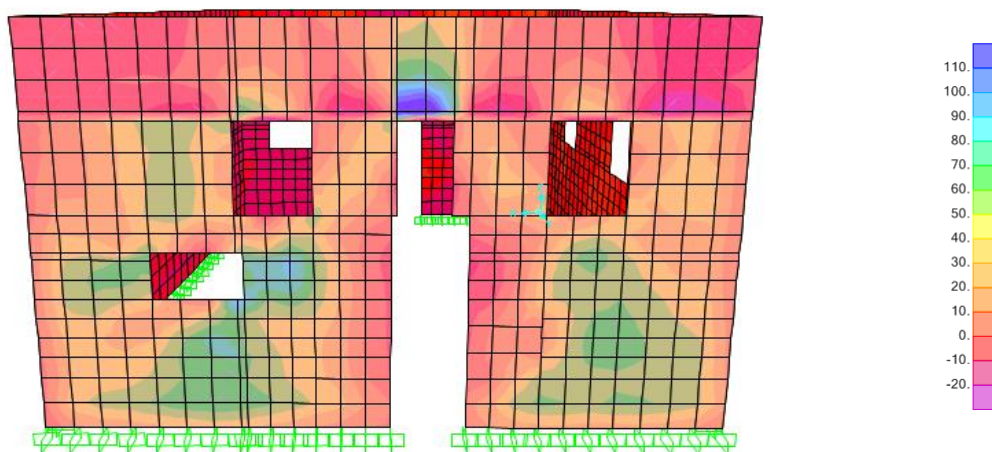
**Πίνακας 9.5:** Αποτελέσματα ελέγχων μετά τις επεμβάσεις σε διάτμηση, για τις κρίσιμες περιοχές της βόρειας όψης που αστοχούσαν προ ενισχύσεως.



**Εικ. 9.4.2.8:** Κατανομή F12 για το συνδυασμό G+0,3Q+Ex+0,3Ey στην δυτική όψη.

Περιοχή	Συνδυασμός	Λομής	Λθ.β	σd	f <sub>v</sub>	V <sub>R</sub>	V <sub>s</sub>	Κατάσταση
		m	m	kPa	kPa	kN	kN	
1	G+0.3Q+EX+0.3EY	0.77	0	0	150	0	18.48	ΑΣΤΟΧΙΑ
1	G+0.3Q+EX-0.3EY	0.77	0	0	150	0	23.1	ΑΣΤΟΧΙΑ
1	G+0.3Q-EX+0.3EY	0.77	0.22	36.36	164.55	18.1	24.64	ΑΣΤΟΧΙΑ
1	G+0.3Q-EX-0.3EY	0.77	0.36	35.06	164.03	29.52	18.87	ΕΠΑΡΚΕΙ
2	G+0.3Q+EX+0.3EY	0.77	0.31	19.48	157.79	34.24	42.35	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	G+0.3Q+EX-0.3EY	0.77	0.34	21.34	158.53	37.73	42.35	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	G+0.3Q-EX+0.3EY	0.77	0.31	33.4	163.36	35.45	36.96	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	G+0.3Q-EX-0.3EY	0.77	0.4	15.77	156.31	43.77	36.19	ΕΠΑΡΚΕΙ
3	G+0.3Q+EX+0.3EY	0.77	0	0	150	0	28.11	ΑΣΤΟΧΙΑ
3	G+0.3Q+EX-0.3EY	0.77	0	0	150	0	24.64	ΑΣΤΟΧΙΑ
3	G+0.3Q-EX+0.3EY	0.77	0.46	10.2	154.08	49.61	16.17	ΕΠΑΡΚΕΙ
3	G+0.3Q-EX-0.3EY	0.77	0.34	20.78	158.31	26.91	19.25	ΕΠΑΡΚΕΙ
4	G+0.3Q+EX+0.3EY	0.96	0.96	160.42	214.17	102.8	50.4	ΕΠΑΡΚΕΙ
4	G+0.3Q+EX-0.3EY	0.96	0.96	197.92	229.17	110	53.28	ΕΠΑΡΚΕΙ
4	G+0.3Q-EX+0.3EY	0.96	0.55	47.92	169.17	46.52	45.12	ΕΠΑΡΚΕΙ
4	G+0.3Q-EX-0.3EY	0.96	0.47	88.54	185.42	43.57	42.24	ΕΠΑΡΚΕΙ
5	G+0.3Q+EX+0.3EY	0.84	0.72	41.56	166.62	59.98	33.88	ΕΠΑΡΚΕΙ
5	G+0.3Q+EX-0.3EY	0.84	0.65	25	160	52	43.26	ΕΠΑΡΚΕΙ
5	G+0.3Q-EX+0.3EY	0.84	0.69	30.95	162.38	56.02	48.3	ΕΠΑΡΚΕΙ
5	G+0.3Q-EX-0.3EY	0.84	0.72	41.67	166.67	60	46.62	ΕΠΑΡΚΕΙ
6	G+0.3Q+EX+0.3EY	0.86	0.7	88.37	185.35	64.87	46.01	ΕΠΑΡΚΕΙ
6	G+0.3Q+EX-0.3EY	0.86	0.68	55.81	172.33	58.59	46.87	ΕΠΑΡΚΕΙ
6	G+0.3Q-EX+0.3EY	0.86	0.72	84.88	183.95	66.22	45.58	ΕΠΑΡΚΕΙ
6	G+0.3Q-EX-0.3EY	0.86	0.75	29.07	161.63	60.61	49.88	ΕΠΑΡΚΕΙ

**Πίνακας 9.6:** Αποτελέσματα ελέγχων μετά τις επεμβάσεις σε διάτμηση, για τις κρίσιμες περιοχές της δυτικής όψης που αστοχούσαν προ ενισχύσεως.



**Εικ. 9.4.2.9:** Κατανομή F12 για το συνδυασμό G+0,3Q+Ex+0,3Ey στην ανατολική όψη.

Περιοχή	Συνδυασμός	Λτομής	Λθλ.β	σd	f <sub>v</sub>	V <sub>R</sub>	V <sub>s</sub>	Κατάσταση
		m	m	kPa	kPa	kN	kN	
1	G+0.3Q+EX+0.3EY	0.77	0.77	123.38	199.35	76.75	56.6	ΕΠΑΡΚΕΙ
1	G+0.3Q+EX-0.3EY	0.77	0.77	116.88	196.75	75.75	50.05	ΕΠΑΡΚΕΙ
1	G+0.3Q-EX+0.3EY	0.77	0	0	150	0	53.9	ΑΣΤΟΧΙΑ
1	G+0.3Q-EX-0.3EY	0.77	0	0	150	0	48.13	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	G+0.3Q+EX+0.3EY	0.77	0.77	14.29	155.71	59.95	56.6	ΕΠΑΡΚΕΙ
2	G+0.3Q+EX-0.3EY	0.77	0.77	24.68	159.87	61.55	50.05	ΕΠΑΡΚΕΙ
2	G+0.3Q-EX+0.3EY	0.77	0.31	2.6	151.04	23.41	53.9	ΑΣΤΟΧΙΑ
2	G+0.3Q-EX-0.3EY	0.77	0.77	40.26	166.1	63.95	48.13	ΕΠΑΡΚΕΙ
3	G+0.3Q+EX+0.3EY	0.77	0	0	150	0	22.33	ΑΣΤΟΧΙΑ
3	G+0.3Q+EX-0.3EY	0.77	0	0	150	0	18.48	ΑΣΤΟΧΙΑ
3	G+0.3Q-EX+0.3EY	0.77	0.77	92.21	186.88	71.95	23.1	ΕΠΑΡΚΕΙ
3	G+0.3Q-EX-0.3EY	0.77	0.77	85.71	184.29	70.95	26.18	ΕΠΑΡΚΕΙ
4	G+0.3Q+EX+0.3EY	1.1	1.1	41.82	166.73	91.7	29.97	ΕΠΑΡΚΕΙ
4	G+0.3Q+EX-0.3EY	1.1	1.1	56.36	172.55	94.9	27.14	ΕΠΑΡΚΕΙ
4	G+0.3Q-EX+0.3EY	1.1	1.1	54.55	171.82	94.5	26.33	ΕΠΑΡΚΕΙ
4	G+0.3Q-EX-0.3EY	1.1	1.1	45.45	168.18	92.5	30.38	ΕΠΑΡΚΕΙ
5	G+0.3Q+EX+0.3EY	0.81	0.37	56.79	172.72	31.95	46.58	ΑΣΤΟΧΙΑ
5	G+0.3Q+EX-0.3EY	0.81	0.38	55.56	172.22	18.73	52.65	ΑΣΤΟΧΙΑ
5	G+0.3Q-EX+0.3EY	0.81	0.65	104.94	191.98	62.39	45.77	ΕΠΑΡΚΕΙ
5	G+0.3Q-EX-0.3EY	0.81	0.6	103.7	191.48	57.44	39.29	ΕΠΑΡΚΕΙ

**Πίνακας 9.7:** Αποτελέσματα ελέγχων μετά τις επεμβάσεις σε διάτμηση, για τις κρίσιμες περιοχές της ανατολικής όψης που αστοχούσαν προ ενισχύσεως.

### Συμπεράσματα:

Μετά τις ενισχύσεις που έγιναν, παρατηρείται επάρκεια των πεσσών που αστοχούσαν. Τα υπέρθυρα όμως συνεχίζουν να αστοχούν σε αρκετούς από τους σεισμικούς συνδυασμούς. Αυτό στην πραγματικότητα μπορεί να μην υφίσταται διότι το σενάζ σκυροδέματος μπορεί να λειτουργήσει ως ελκυστήρας και να παραλάβει τον εφελκυσμό. Τέλος, στην ανατολική όψη η κρίσιμη περιοχή 5 συνεχίζει να αστοχεί. Προτείνεται το κλείσιμο του βοηθητικού ανοίγματος (λαμπάς).

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το σενάζ σκυροδέματος μπορεί να λειτουργήσει ως ελκυστήρας και να παραλάβει τον εφελκυσμό. Στοιχεία μαρτυρούν πως το εν λόγω διάζωμα διαθέτει και οριζόντιο οπλισμό αποτελούμενο από λείες ράβδους (εικ.: 9.4.2.10). Όμως δεν ήταν δυνατόν να γίνει διερευνητική τομή στο σημείο του σενάζ, επομένως έγινε η παραδοχή ότι ο οριζόντιος οπλισμός αποτελείται από πέντε (5) λείες ράβδους θερμής εξέλασης S220 διαμέτρου 10mm.



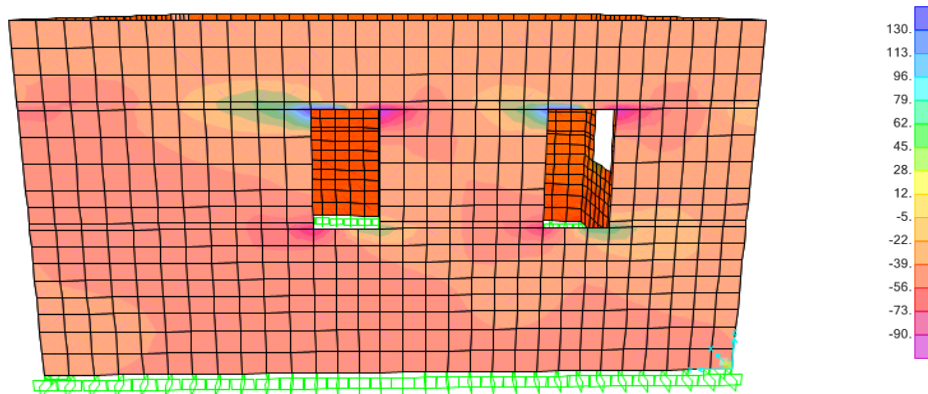
**Εικ. 9.4.2.10:** Διακρίνεται λεία οριζόντια ράβδος.



Επομένως, η δύναμη που μπορεί να παραλάβει το σενάζ λειτουργώντας ως ελκυστήρας είναι:

$$F = 5 \times A_s \times f_{wd} = 5 \times \frac{\pi \times 10^2}{4} \times 220 \Rightarrow F = 86394\text{N} \Rightarrow F = \mathbf{86.40\text{ KN}}$$

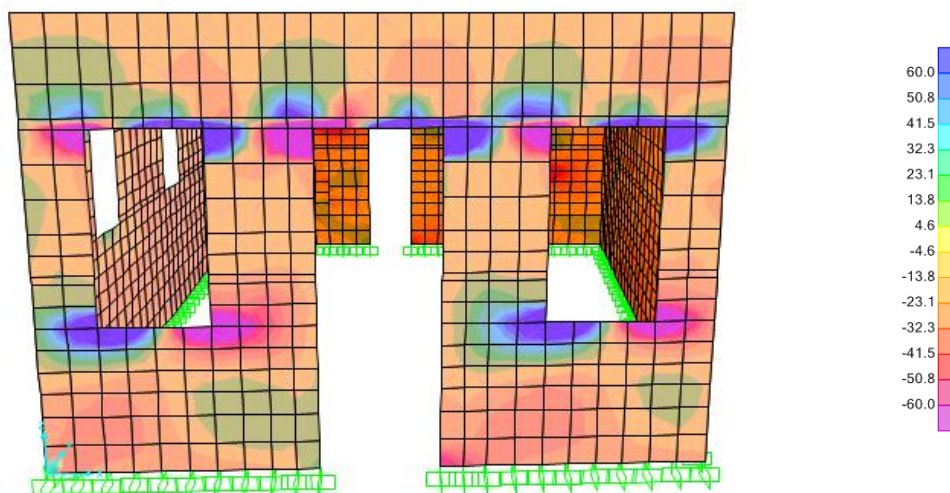
Στη βόρεια όψη παρατηρείται δυσμενέστερος ο συνδυασμός  $G+0.3Q+0.3E_x-E_y$ . Η κατανομή των οριζόντιων αξονικών δυνάμεων F11, για τις ζώνες των ανοφλιών, παρουσιάζεται στην ακόλουθη εικόνα.



**Εικ. 9.4.2.11:** Κατανομή F11 (για τις ζώνες των ανοφλιών) για το συνδυασμό  $G+0,3Q+0,3E_x-E_y$  στην βόρεια όψη.

Βασιζόμενοι στις ανωτέρω παραδοχές και εν συνεχεία στην κατανομή των δυνάμεων F11 (με εύρος εφελκυστικών δυνάμεων στα ανώφλια 0-113KN), συμπεραίνουμε ότι το διάζωμα οριακά δεν μπορεί να παραλάβει τον εφελκυσμό στις ακμές των ανοιγμάτων στην εξεταζόμενη όψη.

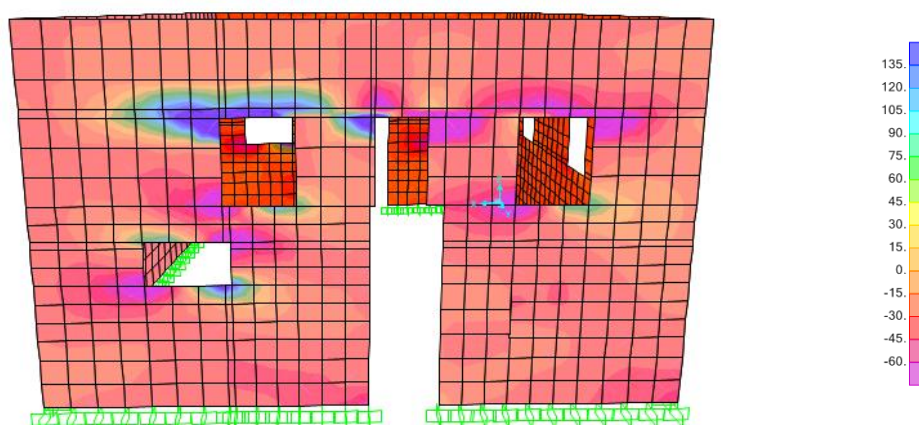
Στην δυτική όψη παρατηρείται δυσμενέστερος ο συνδυασμός  $G+0.3Q-E_x-0.3E_y$ . Η κατανομή των οριζόντιων αξονικών δυνάμεων F11, για τις ζώνες των ανοφλιών, παρουσιάζεται στην ακόλουθη εικόνα.



**Εικ. 9.4.2.12:** Κατανομή F11 (για τις ζώνες των ανοφλιών) για το συνδυασμό  $G+0,3Q-E_x-0,3E_y$  στην δυτική όψη.

Βασιζόμενοι στις ανωτέρω παραδοχές και εν συνεχεία στην κατανομή των δυνάμεων F11 (με εύρος εφελκυστικών δυνάμεων στα ανώφλια 0-205KN), παρατηρούμε τοπική αύξηση των εφελκυστικών αξονικών δυνάμεων άνω και γύρω από τις ακμές των ανοιγμάτων στην περιοχή του σενάζ. Επομένως συμπεραίνουμε ότι στα συγκεκριμένα σημεία το διάζωμα δεν μπορεί να παραλάβει τον εφελκυσμό και χρειάζεται ενίσχυση.

Στην ανατολική όψη παρατηρείται δυσμενέστερος ο συνδυασμός  $G+0.3Q-E_x+0.3E_y$ . Η κατανομή των οριζόντιων αξονικών δυνάμεων F11, για τις ζώνες των ανωφλιών, παρουσιάζεται στην ακόλουθη εικόνα.



**Εικ. 9.4.2.13:** Κατανομή F11 (για τις ζώνες των ανωφλιών) για το συνδυασμό  $G+0,3Q-E_x-0,3E_y$  στην ανατολική όψη.

Βασιζόμενοι στις ανωτέρω παραδοχές και εν συνεχεία στην κατανομή των δυνάμεων F11 (με εύρος εφελκυστικών δυνάμεων στα ανώφλια 0-223KN), παρατηρούμε τοπική αύξηση των εφελκυστικών αξονικών δυνάμεων άνω και γύρω από τις ακμές των ανοιγμάτων στην περιοχή του σενάζ. Επομένως συμπεραίνουμε ότι στα συγκεκριμένα σημεία το διάζωμα δεν μπορεί να παραλάβει τον εφελκυσμό και χρειάζεται ενίσχυση.

Αν η παραδοχή που πραγματοποιήθηκε δεν ήταν σωστή, όταν θα γίνει τομή στο διάζωμα θα γίνουν διορθωτικές αλλαγές στους ανωτέρω ελέγχους και επομένως θα οδηγηθούμε στην τελική λήψη αποφάσεων σχετικά με τις μεθόδους ενίσχυσης των υπερθύρων. Τώρα, σύμφωνα με την παραδοχή ότι ο οριζόντιος οπλισμός του διαζώματος είναι πέντε (5) λείες ράβδοι θερμής εξέλασης S220 διαμέτρου 10mm, προτείνεται:

- καθαίρεση του αποδιοργανωμένου σκυροδέματος τοπικά,
- τοποθέτηση κατά μήκος οπλισμού, 2 ράβδοι S550s διαμέτρου 14mm και
- τελικώς χρήση ισχυρού επισκευαστικού κονιάματος από τσιμεντιτικό υλικό.

Μετά την ενίσχυση, η δύναμη που θα μπορεί να παραλάβει το διάζωμα λειτουργώντας ως ελκυστήρας είναι:

$$F = 86.40 + (2 \times A_s \times f_{wd}) = 86.40 + (2 \times 154 \times 500) / 10^3 \Rightarrow \mathbf{F = 240.40KN}$$

Επομένως, το διάζωμα δρώντας ως ελκυστήρας παραλαμβάνει τον εφελκυσμό.

## **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Μετά την ολοκλήρωση της συλλογής πληροφοριών που αφορούν στο κτήριο μελέτης και της εξαγωγής αποτελεσμάτων από την ανάλυσή του προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

### **Σύνοψη των χαρακτηριστικών και της υφιστάμενης παθολογίας του κτηρίου**

Το υπό μελέτη κτήριο χτίστηκε από τον πλούσιο σταφιδέμπορο και τραπεζίτη Ξενοφώντα Σωτηρίου Σταυρουλόπουλο στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα. Είναι μονόχωρο ισόγειο κτίσμα, κατασκευασμένο από φέρουσα τοιχοποιία, του οποίου η στέγαση υλοποιούταν με τετράριχτη κεραμοσκεπή. Έως τις αρχές του '80 το οίκημα στέγαζε το εστιατόριο "ΣΤΕΜΜΑ" των αδερφών Τριανταφύλλη.

Το πάχος της τοιχοποιίας είναι 0.50m και 0.70m στο κεντρικό προεξέχον τμήμα της πρόσοψης. Το είδος της τοιχοποιίας είναι η τρίστρωτη αργολιθοδομή. Σημειώνεται ότι σημαντικό ρόλο στην αποτίμηση της συμπεριφοράς μιας κατασκευής από τοιχοποιία έχει και η εκτίμηση των μηχανικών χαρακτηριστικών των υλικών της κατασκευής. Η επιλογή των δειγμάτων πρέπει να πραγματοποιηθεί από διαφορετικά σημεία και η εκτέλεση των πειραμάτων με όλες τις απαιτούμενες προδιαγραφές ώστε τα αποτελέσματα να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση της κατασκευής.

Κατά τη διάρκεια ζωής του κτηρίου έγιναν διάφορες επεμβάσεις στην ανατολική όψη που περιλαμβάνουν τη διάνοιξη βοηθητικών ανοιγμάτων.

Στο κτήριο συναντώνται πολλών ειδών φθορές, όπως ρηγματώσεις και αποκολλήσεις επιχρισμάτων, αποκολλήσεις λίθων και οπτόπλινθων στο ύψος της στέψης, καθαιρέσεις κονιαμάτων και ολική κατάρρευση της ξύλινης στέγης.

Παρατηρείται υψηλή συγκέντρωση βλαβών στην τοιχοποιία της ανατολικής όψης, στην οποία παλαιότερα είχαν γίνει και οι επεμβάσεις. Ακολούθως παρατηρώντας γενικά τη σημερινή κατάσταση του κτηρίου είναι εμφανές ότι οι βλάβες οφείλονται κατά κύριο λόγο στην ανάπτυξη εφελκυστικών τάσεων στην τοιχοποιία και την επακόλουθη ανικανότητά της να παραλάβει τις διατμητικές δυνάμεις που αναπτύσσονται. Επιπρόσθετα καταγράφηκαν κατακόρυφες ρωγμές πλησίον των εγκάρσιων τοίχων οι οποίες οφείλονται σε εκτός επιπέδου κάμψη της τοιχοποιίας.

### **Αξιολόγηση μεθόδου ανάλυσης**

Η μέθοδος προσομοίωσης της κατασκευής με πεπερασμένα στοιχεία καθώς και η απλουστευμένη θεώρηση ελαστικής συμπεριφοράς της τοιχοποιίας μας παρείχε με ικανοποιητική ακρίβεια την συμπεριφορά της κατασκευής στην επιβολή εξωτερικών φορτίσεων. Οι περιοχές στις οποίες παρατηρούνται ρωγμές μπόρεσαν να εντοπιστούν μέσα από το υπολογιστικό ομοίωμα ως οι περιοχές όπου αναπτύσσονται οι μέγιστες

κύριες εφελκυστικές τάσεις. Επίσης με τις κατανομές των εντατικών μεγεθών έγινε δυνατός ο έλεγχος έναντι αστοχίας σε επιλεγμένες περιοχές.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης και των ελέγχων που εκτελούνται, δικαιολογούν τις αστοχίες που έχουν εκδηλωθεί, ενώ υποδεικνύουν και άλλες κρίσιμες θέσεις, όπου δεν έχουν παρατηρηθεί ακόμη βλάβες. Οι κύριες οριζόντιες μεταφορικές ιδιοπερίοδοι του υφιστάμενου κτηρίου βρέθηκαν 0.22 sec κατά την διεύθυνση X (Βορράς-Νότος) και 0.17 sec κατά την διεύθυνση Y (Ανατολή-Δύση). Η μέγιστη οριζόντια μετακίνηση του κτηρίου, όταν υποβάλλεται σε σεισμικές φορτίσεις, βρέθηκε περίπου 13.6 mm.

#### **Αξιολόγηση προτεινόμενων επεμβάσεων**

Οι επεμβάσεις οι οποίες προτάθηκαν κρίνονται ως ικανές να θωρακίσουν το κτήριο έναντι δυναμικών καταπονήσεων.

Συγκεκριμένα, η εφαρμογή των ενεμάτων αυξάνει την αντοχή της τοιχοποιίας και εξασφαλίζει την καλύτερη συνεργασία κονιάματος – φυσικών λίθων. Ακολούθως η σύνδεση της στέγης με την περιμετρική τοιχοποιία και η προσθήκη διαφράγματος έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της διαφραγματικής λειτουργίας της στέγης και στις δύο διευθύνσεις.

Επομένως με την ενίσχυση των τοιχοποιιών με ενέματα και την προσθήκη διαφράγματος στη στέγη γίνεται το κτήριο πιο δύσκαμπτο. Οι κύριες μεταφορικές ιδιοπεριόδοί του είναι κάτω από 0.1 sec σε κάθε διεύθυνση. Οι τάσεις κατανέμονται ομοιόμορφα στις τοιχοποιίες, περιορίζεται η ανάπτυξη εφελκυστικών τάσεων, ενώ η εκτός επιπέδου καμπτική ένταση κάθετα στους αρμούς του κονιάματος δεν κρίνεται πλέον κρίσιμη.

Τέλος, καλό είναι να γίνει ένας έλεγχος της θεμελίωσης της κατασκευής και να διαπιστωθεί σε τι κατάσταση βρίσκεται καθώς και διερευνητική τομή στο διάζωμα σκυροδέματος.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΚΑΙ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ

#### Α1. ΛΙΘΟΣΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΟΠΤΟΠΛΙΝΘΟΙ

##### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΛΙΘΟΣΩΜΑΤΩΝ

		<b>Διαστάσεις (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>P<sub>Δοκιμής</sub> (kN)</b>	<b>Θλιπτική αντοχή (MPa)</b>
<b>Λίθος Ι</b>	<b>1.1</b>	55.4 × 52.60 mm <sup>2</sup>	36.00 kN	12.35 MPa
<b>Λίθος Ι</b>	<b>1.2</b>	52.30 × 53.70 mm <sup>2</sup>	217.00 kN	77.27 MPa
<b>Λίθος ΙΙ</b>	<b>2</b>	51.20 × 51.30 mm <sup>2</sup>	109.50 kN	41.69 MPa

Εξοπλισμός για την εκτέλεση των δοκιμών στο Εργαστήριο Οπλισμένου  
Σκυροδέματος Ε.Μ.Π



Φωτ. Α.1: Τροχός κοπής.



Φωτ. Α.2: Μηχανή Θλίψης Wykeham Farrance.

## ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ

### Σημεία λήψης λιθοσωμάτων



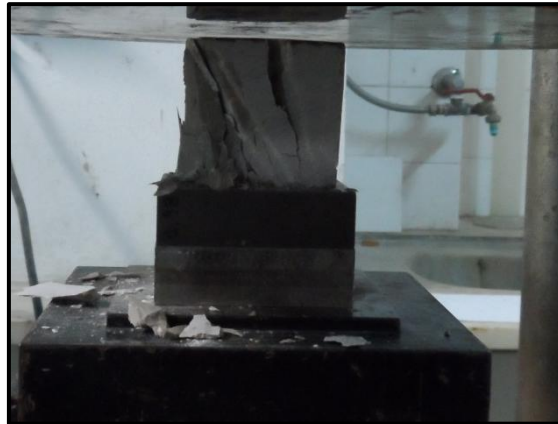
**Φωτ. Α.3:** Σημείο λήψης λιθοσώματος Ι. Στη στέγη της δυτικής όψης.



**Φωτ. Α.4:** Σημείο λήψης λιθοσώματος ΙΙ. Στην ανατολική όψη, δεξιά της θύρας.

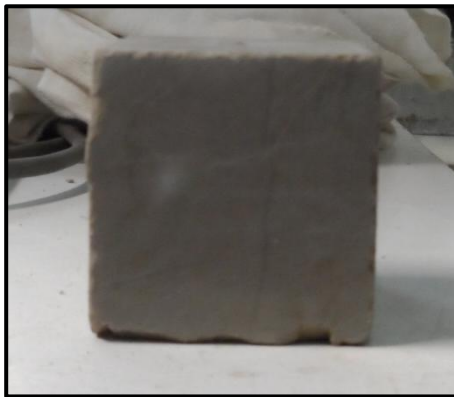
**Μορφή δοκιμίων πριν και μετά την δοκιμή σε θλίψη:**

**Δοκίμιο 1.1**

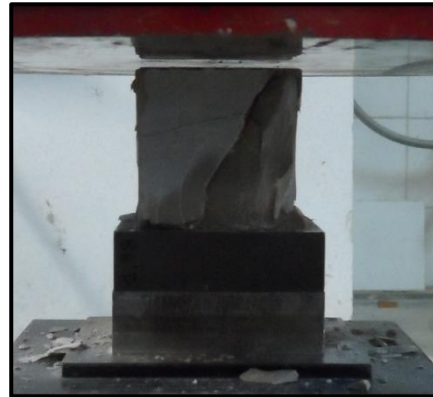


**Φωτ. Α.5:** Μετά τη δοκιμή θλίψεως. Αποφλοίσωση αρχικά των γωνιών και έπειτα θραύση αυτών και άνοιγμα διακλάσεων στην μάζα του δοκιμίου.

**Δοκίμιο 1.2**

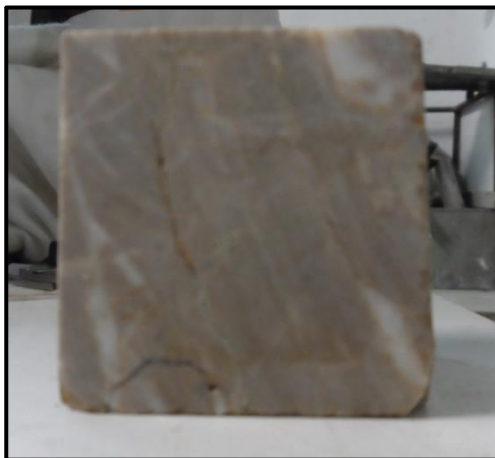


**Φωτ. Α.6:** Πριν τη δοκιμή θλίψεως.



**Φωτ. Α.7:** Μετά τη δοκιμή θλίψεως.

**Δοκίμιο 2**



**Φωτ. Α.8:** Πριν τη δοκιμή θλίψεως.



**Φωτ. Α.9:** Μετά τη δοκιμή θλίψεως.

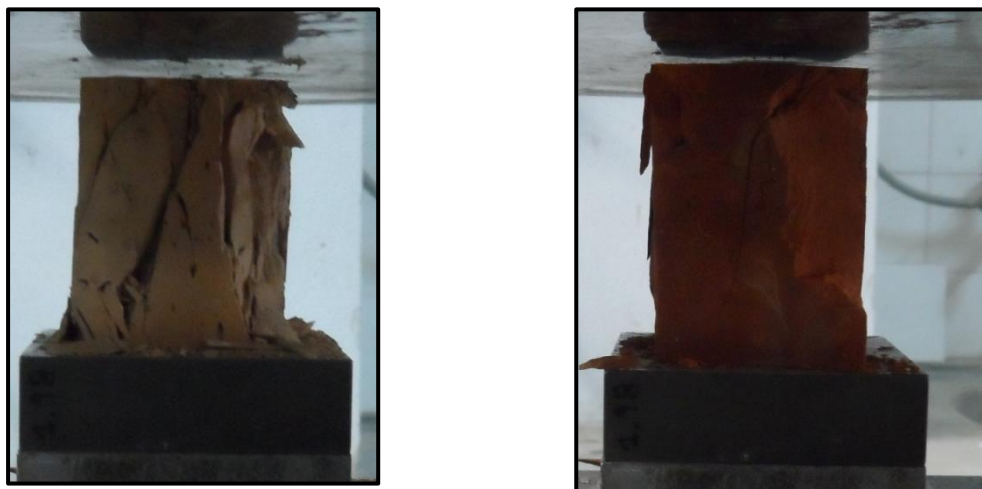
## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ ΟΠΤΟΠΛΙΘΩΝ

	Διαστάσεις (mm <sup>2</sup> )	P <sub>δοκιμής</sub> (kN)	Θλιπτική αντοχή (MPa)
Κόκκινο τούβλο	44 × 46.80 mm <sup>2</sup>	68.20 kN	33.12 MPa
Κίτρινο τούβλο	32.80 × 46.90 mm <sup>2</sup>	24.00 kN	15.60 MPa

**Μορφή δοκιμίων οπτόπλινθων πριν και μετά την δοκιμή σε θλίψη:**



**Φωτ. Α.10:** Πριν τη δοκιμή θλίψεως.



**Φωτ. Α.11:** Μετά τη δοκιμή θλίψεως.

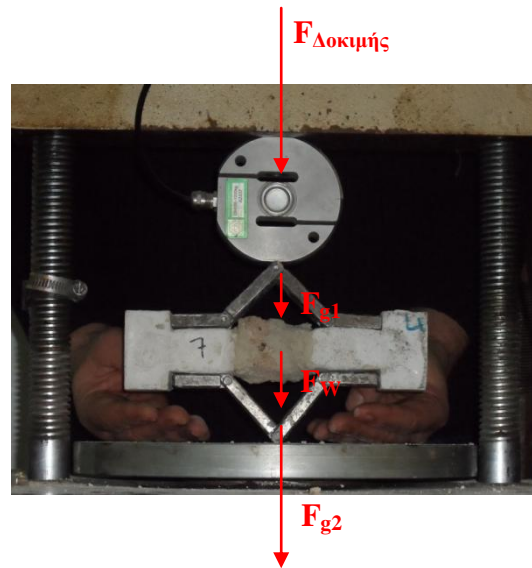


## A.2 ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ

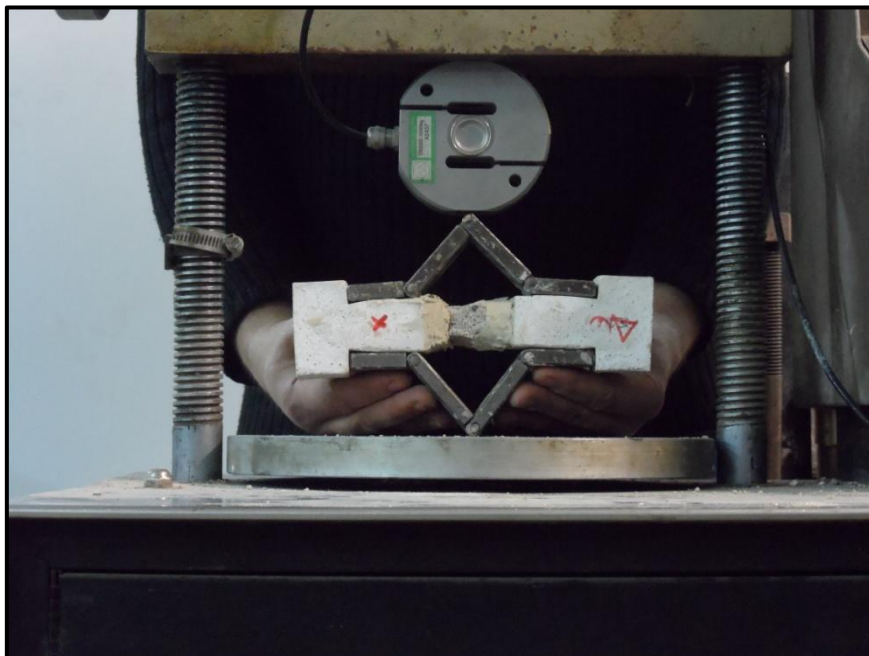
	Επιφάνεια Θραύσης (mm <sup>2</sup> )	Βάρος δοκιμίων (gr)	Βάρος δοκιμίων (N)	F <sub>Δοκιμής</sub> (N)	F <sub>τελικό</sub> (N)	Εφελκυστική αντοχή (MPa)
K.1.1.1	962.5 mm <sup>2</sup>	878.2 gr	8.61 N	298.70 N	310.87 N	0.32 MPa
K.1.1.2	570 mm <sup>2</sup>	840.7 gr	8.24 N	204.60 N	216.58 N	0.38 MPa
K.1.1.3	770 mm <sup>2</sup>	812.4 gr	7.97 N	297.40 N	309.24 N	0.40 MPa
K.1.2.1	440 mm <sup>2</sup>	828.7 gr	8.13 N	111.74 N	123.66 N	0.28 MPa
K.1.2.2	860 mm <sup>2</sup>	836.5 gr	8.20 N	132.33 N	144.29 N	0.17 MPa
K.1.3.1	275 mm <sup>2</sup>	835.9 gr	8.20 N	17.90 N	29.86 N	0.11 MPa
K.1.3.2	463 mm <sup>2</sup>	772.11 gr	7.57 N	31.30 N	42.95 N	0.09 MPa
K.1.3.3	740 mm <sup>2</sup>	798 gr	7.83 N	37.70 N	49.47 N	0.07 MPa
K.1.3.4	250 mm <sup>2</sup>	804.3 gr	7.89 N	0.00 N	11.81 N	0.05 MPa
K.1.3.1 (2T)	750 mm <sup>2</sup>	843.6 gr	8.27 N	101.60 N	113.60 N	0.15 MPa
K.1.3.4 (2T)	625 mm <sup>2</sup>	812.8 gr	7.97 N	52.10 N	63.95 N	0.10 MPa
K.1.4.1	425 mm <sup>2</sup>	852 gr	8.36 N	63.70 N	75.74 N	0.18 MPa
K.1.4.2	360 mm <sup>2</sup>	831 gr	8.15 N	33.70 N	45.64 N	0.13 MPa
K.1.4.3	210 mm <sup>2</sup>	779.18 gr	7.64 N	182.40 N	194.08 N	0.92 MPa
K.1.4.4	600 mm <sup>2</sup>	850.1 gr	8.34 N	47.60 N	59.63 N	0.10 MPa
K.1.4.3 (2T)	470 mm <sup>2</sup>	789.86 gr	7.75 N	295.90 N	307.63 N	0.65 MPa
K.1.4.1 (2T)	400 mm <sup>2</sup>	865.3 gr	8.49 N	294.00 N	306.10 N	0.77 MPa
K.2.1.1	1100 mm <sup>2</sup>	824.7 gr	8.09 N	88.10 N	100.01 N	0.09 MPa
K.2.1.2	950 mm <sup>2</sup>	815.8 gr	8.00 N	67.40 N	79.26 N	0.08 MPa
K.2.1.3	550 mm <sup>2</sup>	856.4 gr	8.40 N	71.60 N	83.66 N	0.15 MPa
K.2.2.1	650 mm <sup>2</sup>	851.6 gr	8.35 N	62.30 N	74.34 N	0.11 MPa
K.2.2.2	800 mm <sup>2</sup>	789.29 gr	7.74 N	31.60 N	43.33 N	0.05 MPa
K.2.2.3	420 mm <sup>2</sup>	848.3 gr	8.32 N	10.60 N	22.62 N	0.05 MPa
K.2.3.1	500 mm <sup>2</sup>	743.9 gr	7.30 N	0.00 N	11.51 N	0.02 MPa
K.2.3.2	550 mm <sup>2</sup>	845 gr	8.29 N	31.30 N	43.30 N	0.08 MPa
K.3.1	400 mm <sup>2</sup>	761.42 gr	7.47 N	8.00 N	19.59 N	0.05 MPa
K.3.2	450 mm <sup>2</sup>	815.4 gr	8.00 N	90.20 N	102.06 N	0.23 MPa
K.3.3	700 mm <sup>2</sup>	803.1 gr	7.88 N	65.60 N	77.40 N	0.11 MPa
K.εξ.1	750 mm <sup>2</sup>	796.3 gr	7.81 N	62.40 N	74.17 N	0.10 MPa
K.εξ.2	550 mm <sup>2</sup>	842.8 gr	8.27 N	130.00 N	141.99 N	0.26 MPa

Υπολογισμός τελικής δύναμης F



$$F \text{ (N)} = \frac{F_{\Delta} + F_{g1}}{2} + \frac{F_{\Delta} + F_{g1} + F_W + (F_{g2} * \frac{3}{4})}{2} = F_{\Delta} + F_{g1} + \frac{F_W}{2} + \frac{3 * F_{g2}}{8}$$

**Εξοπλισμός για την εκτέλεση των δοκιμών στο Εργαστήριο Οπλισμένου Σκυροδέματος Ε.Μ.Π**

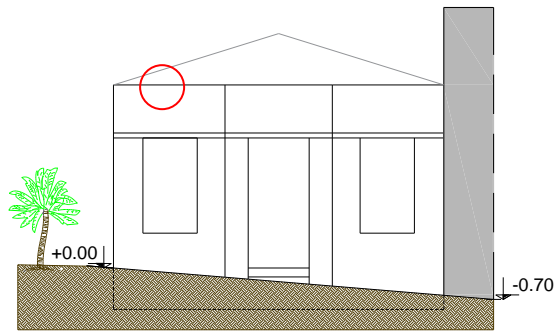


**Φωτ. Α12:** Διάταξη επιβολής εφελκυσμού

## ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ

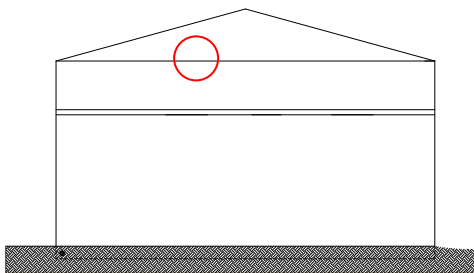
### Σημεία λήψης κονιαμάτων

#### Περιοχή I



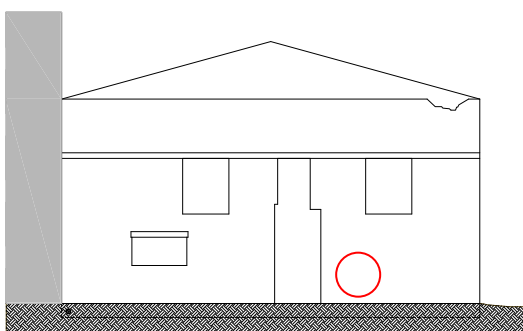
**Φωτ. Α.13:** Λήψη κονιαμάτων από τη στέψη της δυτικής εσωτερικής όψης.

#### Περιοχή II



**Φωτ. Α.14:** Λήψη κονιαμάτων από τη στέψη της νότιας εσωτερικής όψης.

#### Περιοχή III



**Φωτ. Α.15:** Λήψη κονιαμάτων από την ανατολική εξωτερική όψη.

### Κονίαμα από την Περιοχή Ι



Φωτ. Α.16: Πριν και μετά την δοκιμή αντίστοιχα.

### Κονίαμα από την Περιοχή ΙΙ



Φωτ. Α.17: Πριν και μετά την δοκιμή αντίστοιχα.

### Κονίαμα από την Περιοχή ΙΙΙ



Φωτ. Α.18: Πριν και μετά την δοκιμή αντίστοιχα.

**Κονίαμα από γειτονικό τοίχο του υπό μελέτη κτηρίου**



**Φωτ. Α.19:** Πριν και μετά την δοκιμή αντίστοιχα.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

- 1) Βιντζηλαίου Ελισάβετ, Παρουσιάσεις μαθήματος «Προχωρημένη Μηχανική της Τοιχοποιίας» ΔΜΠΣ-ΔΣΑΚ 2017-2018
- 2) Βιντζηλαίου Ε., Τάσιος Θ.Π., «Three-leaf stone masonry strengthened by injecting cement grouts», Journal of Structural Engineering, May 1995
- 3) Βιντζηλαίου Ε., 2005, Σημειώσεις για το μάθημα «Μηχανική της Τοιχοποιίας», Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Αθήνα
- 4) Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (ΕΑΚ2000)
- 5) EN 1991-1-1 : 2002, Δράσεις στους Φορείς, Γενικές δράσεις – Πυκνότητες, ίδιον βάρος, επιβαλλόμενα φορτία σε κτήρια
- 6) EN 1996-1-1 : 2006, Σχεδιασμός Κατασκευών από Τοιχοποιία, Γενικοί κανόνες για οπλισμένη και άοπλη Τοιχοποιία
- 7) Καλαγρή Α., Μιλτιάδου Α.-Fezans, Βιντζηλαίου Ε., «Ενέματα υδραυλικής ασβέστου για την επισκευή ιστορικών κατασκευών», 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Δομικών Υλικών και Στοιχείων, ΤΕΕ Αθήνα 21-33 Μαΐου, 2008
- 8) Δημοσθένους Μ., Μέθοδοι και Υλικά Αποκατάστασης και Ενίσχυσης Διατηρητέων Κτηρίων από Φέρουσα Τοιχοποιία, Τ.Ε.Ε., 2009
- 9) Σαλούστρος Σ., Αποτύπωση, αποτίμηση και επεμβάσεις σε ιστορικό κτήριο στην περιοχή Πόρου Ηρακλείου Κρήτης, Διπλωματική εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ
- 10) Μουχλιανίτης Χ., Αποτύπωση, Αποτίμηση & Ενίσχυση Πενταώροφου Κτηρίου από Φέρουσα Τοιχοποιία στο Ιστορικό Κέντρο της Κέρκυρας, Μεταπτυχιακή εργασία, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
- 11) Ανδρεόπουλος Μ., Αποτύπωση βλαβών, Αποτίμηση σεισμικής συμπεριφοράς και προτάσεις επεμβάσεων στο διατηρητέο κτήριο «ΑΧΙΛΛΕΙΟΝ» της οδού Αριστοτέλους 3 στην Καλαμάτα, Μεταπτυχιακή εργασία, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
- 12) Γεώργιος Δ. Παναγάπουλος (2002), Αίγιο Μνημεία και Τέχνη, Δημοτική Βιβλιοθήκη Αιγίου, Αθήνα
- 13) Ξυνομπίτης Κ., Η αρχιτεκτονική φυσιογνωμία του Αιγίου, Πτυχιακή εργασία, ΤΕΙ Πειραιά
- 14) Έκθεση σκοπιμότητας αγοράς διατηρητέου κτίσματος με το οικόπεδό του στο Αίγιο, Δήμος Αιγιάλειας, 2013
- 15) CSI. Reference Manual SAP2000 Berkeley, California: Computers and Structures, Inc.

