

Διερεύνηση αντισεισμικής συμπεριφοράς ωμοπλινθόκτιστων κτισμάτων στη Δυτική Μακεδονία.

Τυπολογία, παθολογία και αποτίμηση

Ιωάννης Γκουντρομίχος

Διπλ. Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ. και
Μεταπτυχιακός Φοιτητής ΣΜΑ/ΣΘΕΤ, ΕΑΠ

igoudromihos63@gmail.com

std143093@ac.eap.gr

Κωνσταντίνος Κατάκαλος

Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών
Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Α.Π.Θ
και Μέλος ΣΕΠ ΣΜΑ/ΣΘΕΤ ΕΑΠ

kkatakal@civil.auth.gr

Περίληψη – Αντικείμενο της παρούσας είναι η διερεύνηση της αντισεισμικής συμπεριφοράς των ωμοπλινθόκτιστων κτισμάτων στην Δυτική Μακεδονία. Η διερεύνηση στο πρώτο μέρος της περιλαμβάνει την παρουσίαση και πειραματικό έλεγχο των υλικών, του τρόπου δόμησής τους, την κατάταξη χαρακτηριστικών κτισμάτων σε τύπους (τυπολογία) και την παθολογία τους. Στο δεύτερο μέρος θα γίνει αποτίμηση της σεισμικής συμπεριφοράς για ένα υφιστάμενο κτίσμα, που έχει επιλεγεί μεταξύ των προαναφερθέντων τύπων κτισμάτων.

Λέξεις-Κλειδιά: Ωμοπλινθόκτιστα κτήρια, Σεισμική συμπεριφορά, Κορέστεια, Πρέσπες, Δυτική Μακεδονία.

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η περιοχή στην οποία γίνεται η έρευνα της παρούσας μελέτης, είναι η περιφέρεια της Δυτικής Μακεδονίας, η οποία επικεντρώνεται στην περιοχή Κορεστέων (Π.Ε. Καστοριάς) και στην περιοχή των Πρεσπών (Π.Ε. Φλώρινας), όπου υπάρχουν συγκεντρωμένα κτίσματα.

Ο κατοικημένος χώρος των Κορεστέων και των Πρεσπών βρίσκεται σε παραποτάμιες ή παραλίμνιες περιοχές. Τα εδάφη είναι κυρίως αργιλικά με ελάχιστη παρουσία βραχωδών στρωμάτων. Ως εκ τούτου τα ευχερώς διαθέσιμα υλικά για την δόμηση των κτισμάτων ήταν τα άμεσα διαθέσιμα από την φύση, δηλαδή το χώμα και το ξύλο από τα παρακείμενα δάση. Με αυτά τα υλικά η περιοχή ανέπτυξε τον οικιστικό πολιτισμό της.

Η παράδοση του πολιτισμού στις επόμενες γενιές είναι αναγκαιότητα και στα πλαίσια αυτά, η παρούσα διπλωματική εργασία επιθυμεί να συμβάλει στην διατήρηση αυτού του πλούτου.



Σχήμα 1. Άποψη οικισμού Κρανιώνα.

II. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΔΟΜΗΣΗΣ. ΤΥΠΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΚΤΙΣΜΑΤΩΝ.

A. Υλικά και τρόπος δόμησης

Το πρώτο υλικό δόμησης στην ιστορία του ανθρώπινου πολιτισμού ήταν το χώμα. Στην περιοχή που εστιάζει η παρούσα εργασία, το χώμα χρησιμοποιούνταν μέχρι και τις αρχές του 20ου αιώνα. Η χρήση του ήταν, για παρασκευή ωμοπλινθών, ως κονίαμα-συνδετικό υλικό σε ωμοπλινθοδομές αλλά και σε λιθοδομές, ως επίχρυσμα σε τοίχους και ως βασικό υλικό χωμάτινων δαπέδων.

Η παρασκευή των ωμόπλινθων γινόταν με ειδικό ξύλινο καλούπι που οι εσωτερικές του διαστάσεις ήταν και οι διαστάσεις της πλίνθου. Ο πολτός, που ήταν αργιλικό χώμα αναμεμιγμένο με άχυρα, τοποθετούνταν στο καλούπι και χωρίς να περιμένουν να στεγνώσει ανασήκωναν το καλούπι και οι πλίνθοι που προέκυπταν έμεναν για κάποιο χρονικό διάστημα στον ήλιο μέχρι να ξεραθούν. Αυτές τις ξερές πλίνθους, τις ωμές δηλαδή και όχι τις ψημένες (οπτές), τις χρησιμοποιούσαν οι μάστορες για το χτίσιμο. Οι μηχανικές του ιδιότητες ελέγχονται ενδεικτικά στο πλαίσιο της παρούσης και τα αποτελέσματα αναφέρονται στο Πίνακα 2.



Σχήμα 2. Παρασκευή των ωμόπλινθων.

Το χώμα, και κατ' επέκταση οι ωμοπλινθοδομές, προσφέρουν στα κτίσματα άριστες βιοκλιματικές ιδιότητες που είναι και το ισχυρό πλεονέκτημά τους, αντισταθμίζοντας κάπως τα μειονεκτήματα της χαμηλής τους αντοχής και της ευαισθησίας τους στην υγρασία και στο νερό.

Το δεύτερο υλικό που χρησιμοποιούνταν στα κτίσματα της περιοχής ήταν το ξύλο. Χρησιμοποιούνταν ως βασικό δομικό υλικό, στα διαζώματα, στην στέγη, στον σκελετό των πατωμάτων αλλά και ως σκελετός σε ελαφρείς τοίχους (τσατμάς και μπαγδαντί). Ως δευτερεύον υλικό χρησιμοποιούνταν για την κατασκευή των πατωμάτων, των κουφωμάτων, των ταβανιών και των κλιμάκων.

Η συνεργασία της ωμοπλίνθου με το ξύλο είναι υποδειγματική, καθώς το ένα μπορεί και παρακολουθεί με ευκολία τις παραμορφώσεις του άλλου.

Το ευχερώς διαθέσιμο ξύλο ήταν η δρύς από τα παρακείμενα δρυοδάση. Η περίοδος που υλοτομούνταν το ξύλο ήταν η νεκρή περίοδος για τα δέντρα, δηλαδή ο χειμώνας. Αυτό γινόταν διότι αναμένονταν καλύτερη συμπεριφορά ως προς την προσβολή του από έντομα (σαράκι). Ειδικά για τα τεμάχια που τοποθετούνταν μέσα στους τοίχους και ήταν δύσκολο να αντικατασταθούν, χρησιμοποιούνταν το εσωτερικό τμήμα του ξύλου, η λεγόμενη καρδιά που είχε μεγαλύτερη σκληρότητα και αντοχή στον χρόνο.

Η παρούσα διερεύνηση θα επιχειρήσει να εξετάσει κατά πόσο μπορεί η ωμόπλινθος σε συνεργασία με το ξύλο, να προσφέρει ασφάλεια στο κτίσμα σε αποδεκτό βαθμό, σε συνήθεις οριζόντιες τυχηματικές δράσεις.

1) *Οι ωμόπλινθοι στη δόμηση*: Η ωμόπλινθος χρησιμοποιούνταν ως βασικό υλικό στην κατασκευή των ωμοπλινθοδομών, αλλά και ως στοιχείο πλήρωσης σε τοίχους με ξυλοδεσιές (τσατμάς). Στην πρώτη περίπτωση μπορεί να χαρακτηριστεί ως πρωτεύον υλικό, το οποίο ως βασικό στοιχείο του τοίχου, φέρει τα κατακόρυφα αλλά και τα οριζόντια φορτία. Στην δεύτερη περίπτωση των ξύλινων κατασκευών που η ωμόπλινθος είναι στοιχείο πλήρωσης, μπορεί να χαρακτηριστεί ως δευτερεύον υλικό, καθώς τα κατακόρυφα αλλά και τα οριζόντια φορτία τα φέρουν κυρίως οι ξυλοδεσιές.

2) *Χωμάτινα επιχρίσματα*: Το υλικό των επιχρισμάτων ήταν το ίδιο που χρησιμοποιούνταν και στην παρασκευή των ωμόπλινθων. Η διαφορά τους ήταν πως χρησιμοποιούνταν λιγότερο άχυρο για να μπορεί να είναι περισσότερο εργάσιμο. Τα επιχρίσματα ήταν απαραίτητα για την προστασία των ωμοπλίνθων από την διάβρωση και έπρεπε να συντηρούνται συνεχώς.

3) *Χωμάτινα δάπεδα*: Τα χωμάτινα δάπεδα ήταν κατασκευές που γινόνταν συνήθως σε οροφές ισογείου. Η χρησιμότητά τους ήταν διπλή. Αφ' ενός κάλυπταν με μόνωση τούς κατοικήσιμους χώρους του ορόφου, αφ' ετέρου κάλυπταν τον όροφο από την μυρωδιά που έβγαζαν τα ζώα που βρισκόταν στο ισόγειο. Η κατασκευής τους αποτελούνταν από ξύλινες δοκούς (γριντιές) ανά 60-70εκ, και κάθετα σε αυτές στρώνονταν χοντρά σανίδια, τα οποία δημιουργούσαν το καλούπι για το χωμάτινο δάπεδο. Πολλές φορές ανάμεσα στα σανίδια και το χώμα τοποθετούνταν καλάμια για περισσότερη κάλυψη των κενών. Πάνω σε αυτό το καλούπι στρώνονταν το χώμα το οποίο ήταν αναμεμιγμένο με νωπές κοπριές και τρίχες ζώων. Η τελική επίστρωση ήταν καθαρά αργιλικό έδαφος το οποίο συντηρούνταν τουλάχιστον μία φορά το χρόνο (εθιμοτυπικά πριν το Πάσχα).

4) *Ξύλινα διαζώματα*: Τα ξύλινα διαζώματα συνυπήρχαν αρμονικά με την ωμοπλινθοδομή, και τοποθετούνταν υποχρεωτικά στην στάθμη των πατωμάτων, στην στάθμη της στέγης και στο πάνω μέρος των κουφωμάτων. Σε καλές κατασκευές τα διαζώματα αυτά ήταν πιο πυκνά και τοποθετούνταν καθ' ύψος ανά 0,60-0,70μ. Τα διαζώματα αυτά μπορεί να ήταν μία απλή δοκός ενσωματωμένη στο εσωτερικό της τοιχοποιίας ή πιο οργανωμένη ξύλινη κατασκευή με εσωτερική και εξωτερική δοκό ενωμένες συνήθως ανά 0,60μ με κάθετη ξυλεία σχηματίζοντας μία οριζόντια σκάλα. Η σύνδεση των τεμαχίων των διαζωμάτων γινόταν επιμελημένα όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 3. Διαζώματα στις τοιχοδομές.

5) *Ξύλινοι τοίχοι*: Οι τοίχοι αυτοί κατασκευάζονταν κυρίως σε ορόφους, προκειμένου να «ξελαφρώσουν» την κατασκευή, καθώς το πάχος τους ήταν πολύ μικρότερο από το πάχος της ωμοπλινθοδομής (σχήμα 4). Υπήρχαν δύο τύποι ξύλινων τοίχων, ο τσατμάς και το μπαγδαντί. Ο τσατμάς ήταν ο τοίχος, όπου το βασικό σύστημα μεταφοράς φορτίων ήταν η ξύλινη κατασκευή, που συνήθως ήταν δικτύωμα με κάθετα, οριζόντια αλλά και διαγώνια στοιχεία. Στον τοίχο αυτόν τα κενά καλύπτονταν με μία σειρά ωμοπλίνθων που τοποθετούνταν ανάμεσα στα ξύλα ως υλικό πλήρωσης. Ο τοίχος αυτός επιχρίζονταν και στις δύο του πλευρές με χωμάτινο επίχρισμα. Το μπαγδαντί ήταν ξύλινη κατασκευή με κατακόρυφα συνήθως στοιχεία που αποτελούσαν τον σκελετό της τοιχοποιίας. Πάνω σε αυτόν τον σκελετό καρφώνονταν ξύλινα πηγάκια στην εσωτερική και εξωτερική επιφάνεια του τοίχου, και τα οποία ήταν το καλούπι για το τελικό εσωτερικό και εξωτερικό χωμάτινο επίχρισμα. Λόγω του μικρού του βάρους, αυτός ο τοίχος χρησιμοποιούνταν πολλές φορές για να καλύψει αρχιτεκτονικές προεξοχές, τα λεγόμενα σαχνισιά.



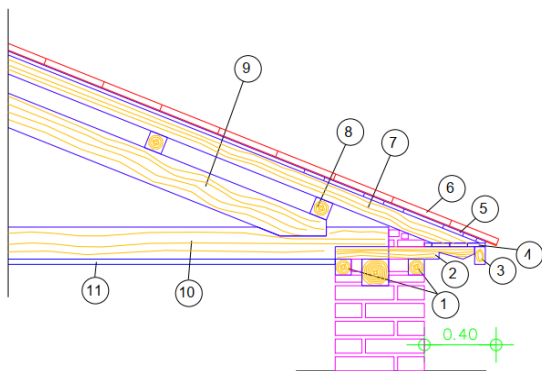
Σχήμα 4. Τοίχοι με ξυλοδεσιές (τσατμάς και μπαγδαντί).

6) **Ξύλινες στέγες:** Οι στέγες των κτισμάτων της περιοχής είναι αυτοφερόμενες ή εδραζόμενες, αναλόγως με την μορφή της κάτοψης (σχ.5). Σε έναν δεύτερο διαχωρισμό διακρίνονται οι στέγες με επιτεγίδες (σχ.6 ξύλινη μαρκίζα) και αυτές χωρίς επιτεγίδες (σχ.6 μαρκίζα με σχιστόλιθους).

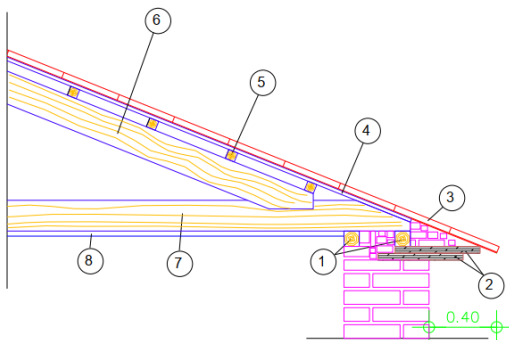


Σχήμα 5. Αυτοφερόμενη και εδραζόμενη στέγη αντίστοιχα

Σημαντικό στοιχείο των κτισμάτων αυτών ήταν η προέκταση της στέγης (μαρκίζα), η οποία εξασφάλιζε τις ωμοπλινθοδομές από την διάβρωση λόγω των ομβρίων υδάτων. Η προέκταση γινόταν είτε με ξύλινη κατασκευή είτε με σχιστόλιθους ή κεραμικές πλάκες.



- 1 : Διάζωμα μέσα και έξω <πάνω σε αυτά εδράζονται τα τσιλίκια (2) και ο ελκυστήρας (11)>
- 2 : Τσιλίκι - νεροσταλάκτης <στηρίζεται στα δύο διαζώματα (1)>
- 3 : Καδρόνι πρόσωπο
- 4 : Σανίδωμα κάλυψης μαρκίζας
- 5 : Σανίδωμα (πέτσιωμα) στέγης
- 6 : Κεραμίδια βυζαντινά
- 7 : Δευτερεύων αμείβων (επιτεγίδες)
- 8 : Τεγίδες
- 9 : Αμείβων ζευκτού
- 10 : Ελκυστήρας ζευκτού
- 11 : Ξύλινο ταβάνι ή καλαμωτή

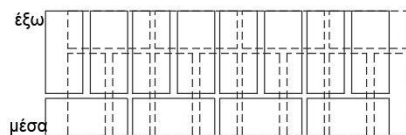
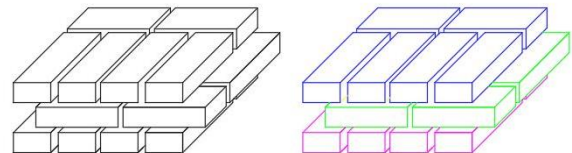


- 1 : Διάζωμα μέσα και έξω <αυτά εδράζονται πάνω στις πλάκες σχιστόλιθου (2) και δέχονται τον ελκυστήρα (7)>
- 2 : Πλάκες σχιστόλιθου
- 3 : Κεραμίδια βυζαντινά
- 4 : Σανίδωμα (πέτσιωμα) στέγης <τοποθετημένο παράλληλο με τον αμείβωνα>
- 5 : Τεγίδες
- 6 : Αμείβων ζευκτού
- 7 : Ελκυστήρας ζευκτού
- 8 : Ξύλινο ταβάνι ή καλαμωτή



Σχήμα 6. Μαρκίζα ξύλινη και με σχιστόλιθους αντίστοιχα

7) **Φέρουσες ωμοπλινθοδομές:** Οι ωμοπλινθοδομές είναι δρομικές (15εκ), μπατικές (35εκ) και υπερμπατικές (50εκ). Ως υπερμπατικές ωμοπλινθοδομές χτίζονταν οι εξωτερικοί τοίχοι αλλά και οι εσωτερικοί τοίχοι του ισογείου. Ως μπατικές ωμοπλινθοδομές χτίζονταν οι μεσοτοιχίες στον όροφο, ενώ οι δρομικές ήταν σπάνιες και συναντούνται ως διαχωριστικοί τοίχοι σε ισόγεια κτίσματα. Βασικό μέλημα του χτισίματος ήταν η σωστή πλέξη των πλίνθων και η αποφυγή αρμών. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η σωστή τοποθέτηση των ωμόπλινθων στην υπερμπατική τοιχοποιία.



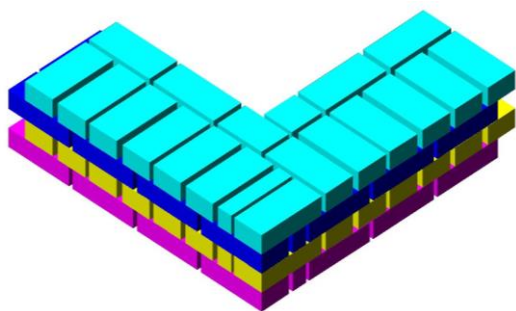
Σχήμα 7. Υπερμπατική τοιχοποιία με σωστή πλέξη των πλίνθων.

Όταν δεν γινόταν επιμελώς η πλέξη των τοίχων δημιουργούνταν αρμός και αργότερα εμφανίζονταν ρωγμή από καθίζηση ή από σεισμό, όπως φαίνεται στην παρακάτω φωτογραφία.



Σχήμα 8. Όψη υπερμπατικής τοιχοποιίας.

Πιο σημαντικό ήταν το πρόβλημα στα όρια των τοιχοδομών, όπου η δημιουργία αρμού «αδυνάτιζε» πολύ τον τοίχο. Στην περίπτωση αυτή για να επιτευχθεί η σωστή πλέξη των πλίνθων απαιτούνταν η χρήση μισών σε πλάτος πλίνθων προκειμένου οι υπερκείμενοι πλίνθοι να «καβαλάνε» σωστά τους υποκείμενους. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η σωστή τοποθέτηση των πλίνθων στα όρια του τοίχου.



Σχήμα 9. Υπερπλατική τοιχοποιία με σωστή πλέξη των πλινθών στην γωνία.

B. Τοπολογία κτισμάτων

Η κατάταξη των κτισμάτων σε διάφορους τύπους έγινε με βάση την κοινή συμπεριφορά τους σε οριζόντιες και κατακόρυφες δράσεις. Τα κριτήρια για τον καθορισμό των τύπων είναι κυρίως τα γεωμετρικά και τα δομικά χαρακτηριστικά των κτισμάτων. Συγκεκριμένα είναι ο αριθμός ορόφων, το σχήμα της κάτοψης με την διάταξη των τοίχων, το υλικό δόμησης των τοίχων, το μέγεθος και οι θέσεις των ανοιγμάτων, η ύπαρξη ή όχι διαζωμάτων και σε ποιες θέσεις, ο τρόπος σύνδεσης των τοίχων και το είδος της στέγης.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι τύποι που καταγράφηκαν.

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι : Τύποι κτισμάτων

ΤΥΠΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΜΟΡΦΗ		
		Αξονομετρικό	Ισόγειο	Όροφος
I	Διώροφoκτίσma (11,50*4,50) ωμοπλινθοδομή στο ισόγειο και στον όροφο.			
II	Διώροφoκτίσma (10,50*8,50) ωμοπλινθοδομή στο ισόγειο και στον όροφο.			
III	Διώροφoκτίσma (12,50*9,00) ωμοπλινθοδομή στο ισόγειο και στον όροφο.			
IV	Διώροφoκτίσma (12,00*6,50) ωμοπλινθοδομή στο ισόγειο και στον όροφο.			
V	Διώροφoκτίσma (10,50*9,00) με «σαρδάνι» στον όροφο. Το υπόλοιπο ωμοπλινθοδομή.			
VI	Διώροφoκτίσma (15,50*5,50) με «σαρδάνι» στον όροφο. Το υπόλοιπο ωμοπλινθοδομή (κτίσma Πρεσβών).			
VII	Διώροφoκτίσma (12,50*6,00) με μπαλκονότοισμα και σκαλίσμα σε τμήμα του ορόφου. Το υπόλοιπο ωμοπλινθοδομή.			
VIII	Τριώροφo κτίσma (9,00*8,50) με ωμοπλινθοδομή σε όλους τους ορόφους. (τύπος II-3όρ)			
IX	Τριώροφo κτίσma (12,00*6,50) με ωμοπλινθοδομή σε όλους τους ορόφους. (τύπος IV-3όρ)			

Αντίστοιχοι τύποι κτηρίων με όλους τους προηγούμενους είναι αυτοί που το ισόγειό τους είναι δομημένο με φέρουσα λιθοδομή ενώ ο όροφος παραμένει ως έχει στον κάθε τύπο. Όλα τα χαρακτηριστικά δηλαδή, όπως τα πάχη των τοίχων, το σχήμα, οι διαστάσεις, τα ανοίγματα και η θέση τους, η εσωτερική διαμόρφωση, είναι ίδια με τα αντίστοιχα των αμιγώς ωμοπλινθόκτιστων κτηρίων. Το χαρακτηριστικό που τα διαφοροποιεί ως προς την συμπεριφορά τους έναντι των οριζόντιων και κατακόρυφων φορτίων είναι η μεγαλύτερη δυσκαμψία του στο ισόγειο, που προσδίδει η λιθοδομή σε σχέση με την ωμοπλινθοδομή. Τέλος τα κτίσματα αυτά μπορούν να φέρουν μεγαλύτερα φορτία και έχουν μεγαλύτερη αντοχή στην φθορά από την επιρροή του νερού σε σχέση με τα ωμοπλινθόκτιστα.

Όσον αφορά στα ισόγεια κτίσματα, αυτά δεν συνιστούν κάποιο ιδιαίτερο τύπο διότι η πλειοψηφία τους είναι αποθήκες και η μορφή τους προσαρμόζεται σύμφωνα με το ανάγλυφο και τις ανάγκες.

C. Παθολογία κτισμάτων

Η έννοια της παθολογίας των κατασκευών είναι σημαντική και προαπαιτούμενη για το επόμενο στάδιο, αυτό της επισκευής και ενίσχυσης. Οι περισσότερες βλάβες στα ωμοπλινθόκτιστα κτίσματα είναι ίδιες με αυτές που εμφανίζονται σε κτήρια με φέρουσα τοιχοποιία. Η ιδιαιτερότητα των ωμοπλινθόκτιστων είναι η ευπάθειά τους στην δράση του νερού και η χαμηλή τους αντοχή.

Τα αίτια των βλαβών των ωμοπλινθόκτιστων κτισμάτων, βρίσκονται στον σχεδιασμό, στην υλοποίηση του τρόπου δόμησης τους, αλλά και στις αδυναμίες των υλικών.

1) *Σχεδιασμός του φορέα:* Ο σχεδιασμός του φορέα έχει σαν αποτέλεσμα την ομοιόμορφη (ή μη) μεταβίβαση των κατακόρυφων και οριζόντιων φορτίων από την ανωδομή στο έδαφος. Καθοριστικά στοιχεία είναι η κανονικότητα (ή μη) στην κάτοψη, η κανονικότητα (ή μη) καθ' ύψος, η ύπαρξη (ή όχι) διαφράγματος στις στάθμες του κτηρίου, η κατάλληλη (ή όχι) σύνδεση των οριζόντιων με τα κατακόρυφα στοιχεία και τα πυκνά (ή όχι) καθ' ύψος διαζώματα.

2) *Τρόπος δόμησης:* Τα λάθη στον τρόπο δόμησης αποτελούν ένα από τα αίτια για τις βλάβες. Τέτοια μπορεί να είναι η κακή δόμηση των ωμοπλινθοδομών, η κακή σύνδεση των μεσοτοιχιών με τις εξωτερικές τοιχοποιίες, τα λάθη στη σύνδεση των διαζωμάτων μεταξύ τους, η μη επαρκής σύνδεση των οριζόντιων στοιχείων με τα κατακόρυφα και η μη επαρκής θεμελίωση.

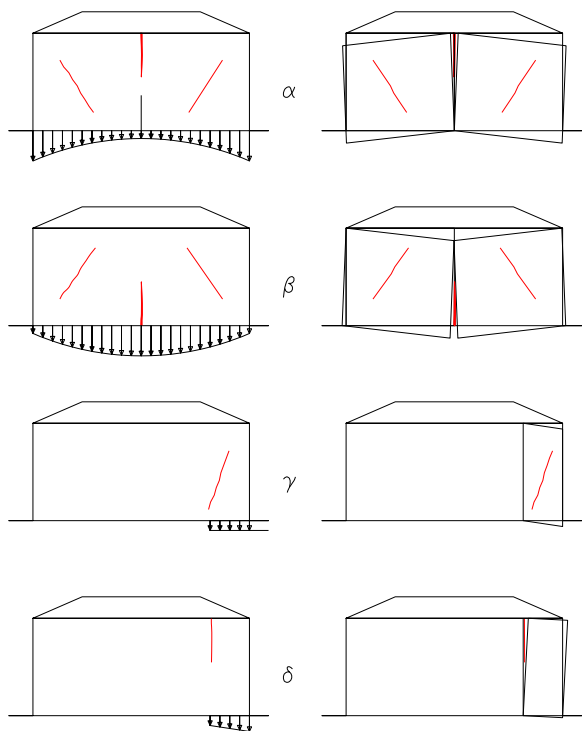
3) *Δράση του νερού:* Το κυριότερο πρόβλημα των ωμοπλινθών είναι η επαφή τους με το νερό και την υγρασία. Υπάρχουν τρεις μηχανισμοί που διαταράσσουν την σύνθεση των ωμοπλινθών. Η διάβρωση από την ροή των ομβρίων, η αύξηση όγκου της εγκλωβισμένης υγρασίας και τα ρέοντα ή παραμένοντα ύδατα της πλημμύρας.

4) *Αδυναμίες των υλικών:* Η μειωμένη αντοχή της ωμοπλινθού και η γήρανση των υλικών είναι αιτίες για πιθανές βλάβες. Η γήρανση των υλικών αφορά τις ωμοπλινθούς αλλά και την συνεργαζόμενη δομική ξυλεία.

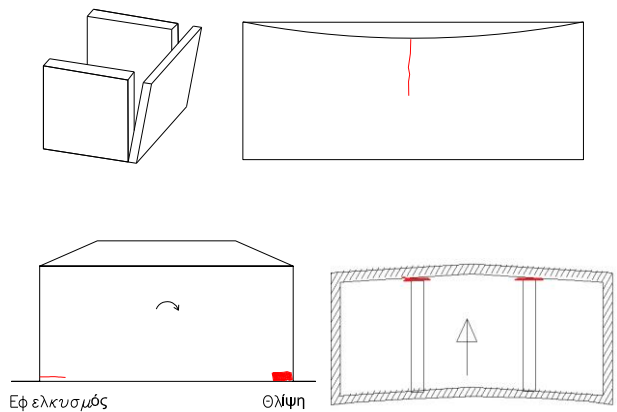
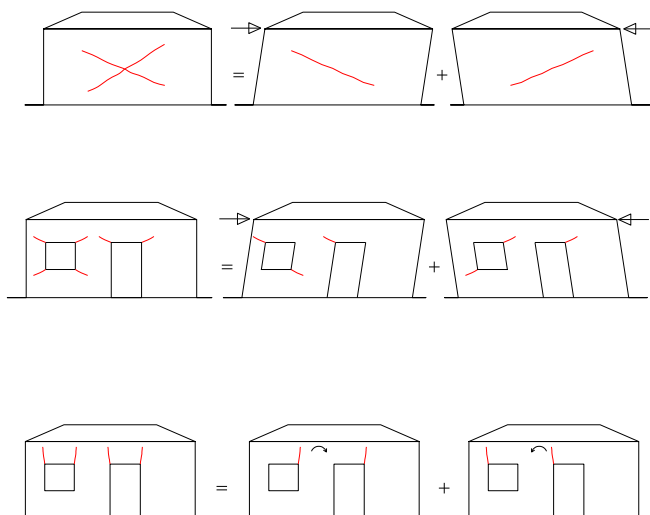
Οι ωμόπλινθοι υπό την επίδραση της χρόνιας φόρτισης, αποκτούν με την πάροδο του χρόνου μόνιμες παραμορφώσεις από φαινόμενα ερπυσμού. Η ξυλεία με την πάροδο του χρόνου προσβάλλεται από έντομα.

Οι βλάβες στα ωμοπλινθόκτιστα μπορούν να συνοψιστούν στις εξής: Βλάβες στα επιχρίσματα (αποκόλληση), βλάβες στην φέρουσα τοιχοποιία από διαφορικές καθιζήσεις ή από σεισμό και βλάβες από την καταστροφική επίδραση της πλημμύρας. Οι βλάβες είναι ίδιες με αυτές που παρουσιάζονται σε όλα τα κτίσματα από φέρουσα τοιχοποιία και οι ρωγμές έχουν τον ίδιο μηχανισμό γένεσης.

Στις παρακάτω εικόνες 10α και 10β παρουσιάζεται ο μηχανισμός γένεσης των βλαβών από καθίζηση και από σεισμό.



Σχήμα 10α. Μηχανισμός γένεσης βλαβών από καθίζηση



Σχήμα 10β. Μηχανισμός γένεσης βλαβών από σεισμό

Οι επιπτώσεις από την πλημμύρα είναι τραγικές. Οι ωμοπλινθοδομές καταστρέφονται ολοσχερώς είτε από την διαβρωτική δύναμη των ρέοντων υδάτων, είτε από τα παραμένοντα ύδατα που προκαλούν αποσύνθεση των χωμάτων λιθοσωμάτων που τα μετατρέπουν σε απλό χώμα. Οι ωμοπλινθοδομές τελικά καταρρέουν υπό το βάρος των μόνιμων φορτίων.



Σχήμα 11. Εικόνες από την πλημμύρα Daniel στην Θεσσαλία 2023

Στην δεύτερη εικόνα το κτίσμα είχε ενισχυθεί με οπλισμένο επίχρισμα μόνο εσωτερικά. Οι ωμοπλινθοδομή κατέρρευσε και η στέγη στηρίζεται αποκλειστικά στο οπλισμένο επίχρισμα 5 εκ.

Στην τρίτη εικόνα το δεξί τμήμα του κτίσματος είχε ενισχυθεί με αμφίπλευρο οπλισμένο επίχρισμα και διασώθηκε, ενώ το αριστερό δεν είχε ενισχυθεί και κατέρρευσε.

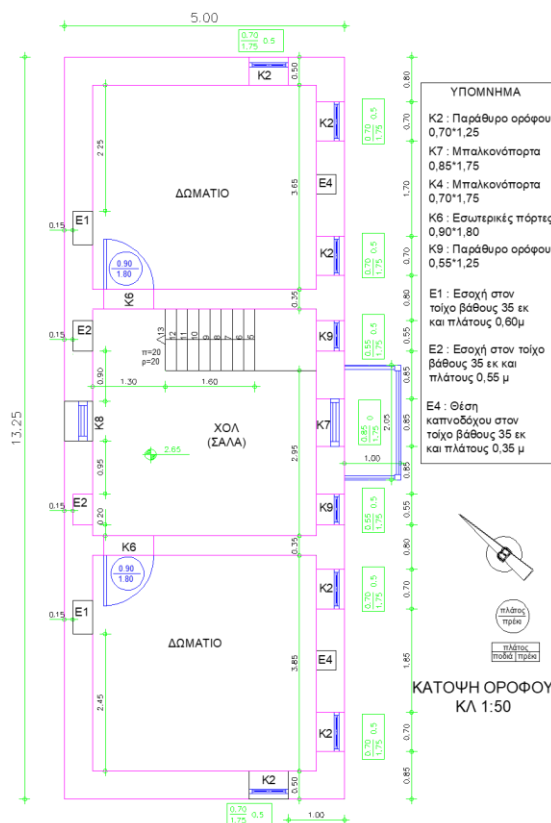
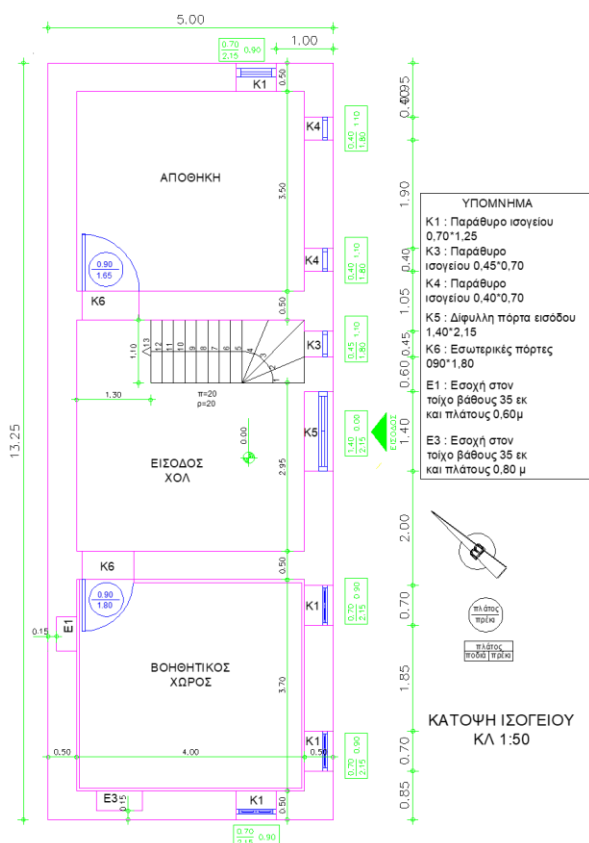
Οι μέθοδοι επισκευής και ενίσχυσης ακολουθούν την ίδια λογική που υπάρχει σε όλες τις επεμβάσεις στα λιθόκτιστα και οπτοπλινθόκτιστα κτίσματα. Όμως για τα ωμοπλινθόκτιστα, κάποιες από τις μεθόδους αυτές δεν έχουν δοκιμαστεί και δεν είναι βέβαιη η αποτελεσματικότητά τους για κατακόρυφες και οριζόντιες φορτίσεις. Το αδύνατο σημείο τους, είναι η συνεργασία των χωμάτινων υλικών με τα σύγχρονα υλικά όπως π.χ. το τσιμέντο.

III. ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΛΥΣΗ ΚΤΙΣΜΑΤΟΣ ΤΥΠΟΥ (I).

Το μέρος αυτό της παρούσας μελέτης περιλαμβάνει την αποτύπωση ενός χαρακτηριστικού κτίσματος, την διερεύνηση των μηχανικών χαρακτηριστικών, τον υπολογισμό των κατακόρυφων φορτίων του κτίσματος, την προσομοίωση του φορέα, την ιδιομορφική ανάλυση, την ελαστική δυναμική ανάλυση και την ανάλυση των αποτελεσμάτων.

A. Αποτύπωση κτίσματος.

Το κτίσμα βρίσκεται στον Μαυρόκαμπο Καστοριάς.



Σχήμα 12. Κάτοψη ισόγειου και ορόφου κτίσματος τύπου (I).

B. Διερεύνηση των μηχανικών χαρακτηριστικών

Για τον υπολογισμό της αντοχής της ωμοπλινθοδομής, χρησιμοποιήθηκαν ωμόπλινθοι από παρακείμενο εγκαταλεειμένο κτίσμα, οι οποίοι υπέστησαν την δοκιμή της θλίψης στο Εργαστήριο Πειραματικής Αντοχής Υλικών και Κατασκευών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Α.Π.Θ.

Ελήφθησαν τέσσερις ωμόπλινθοι οι οποίοι αφού καθαρίστηκαν από τα κονιάματα, ζυγίστηκαν και προετοιμάστηκαν για την δοκιμή θλίψης. Τα αποτελέσματα ήταν αυτά που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ II
Αποτελέσματα δοκιμών αντοχής ωμοπλινθών

Αρ. δοκιμής	Βάρος (Kg)	Πυκνότητα (g/cm³)	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)	Όγκος (cm³)	Επιφάνεια (cm²)	Δύναμη αστοχίας (tN*)	Αντοχή (MPa)
1	4,9	1,760	29	12	8	2784	348	5,10	1,47
2	5,3	1,699	30	13	8	3120	390	6,00	1,54
3	5,2	1,533	29	13	9	3393	377	7,40	1,96
4	6,4	1,580	30	15	9	4050	450	7,20	1,60

Μετρήθηκε μια μέση θλιπτική αντοχή για τον ωμόπλινθο ίση με 1,64MPa.

Η θλιπτική αντοχή της ωμοπλινθοδομής υπολογίζεται σύμφωνα με τις διατάξεις του ΚΑΔΕΤ και λήφθηκε ίση με:

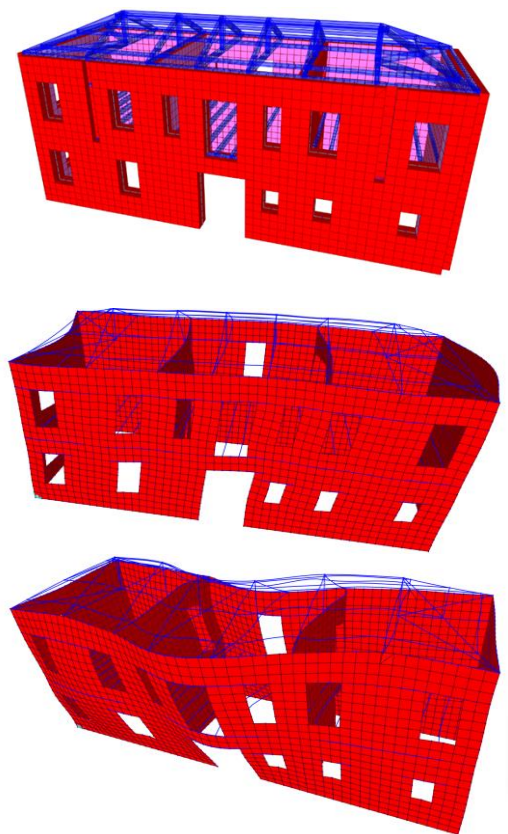
$$f_{wc} \text{ (ή } f_k) = 714 \text{ KPa ή } \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \text{ ή } 0,71 \text{ MPa,}$$

δηλαδή η συνολική αντοχή της τοιχοποιίας από ωμοπλινθοδομή είναι μικρότερη από 1MPa.

C. Προσομοίωση του φορέα και ιδιομορφική ανάλυση.

Η προσομοίωση του φορέα έγινε με επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία για τις ωμοπλινθοδομές και με γραμμικά πεπερασμένα στοιχεία για τα ξύλινα στοιχεία.

Υπολογίστηκαν οι θεμελιώδεις ιδιομορφές που έχουν σημαντικό ποσοστό συμμετοχής στη μάζα (66,56% κατά -X- και 73,81% κατά -Y-) με τιμές των κυρίαρχων ιδιοπεριόδων, $T_{(X)}=0,11\text{sec}$ και $T_{(Y)}=0,14\text{sec}$.



Σχήμα 13. Προσομοίωση του κτίσματος και οι θεμελιώδεις ιδιομορφές.

D. Ελαστική δυναμική ανάλυση

Τα σεισμικά οριζόντια φορτία ελήφθησαν σύμφωνα με το φάσμα σχεδιασμού για ελαστική ανάλυση όπως περιγράφεται στην παρ. (3.2.2.5) του EC8.

Ελήφθη στάθμη επιτελεστικότητας B1, συντελεστής συμπεριφοράς $q=1.50$ και εδαφική επιτάχυνση $0,16g$, μιάς και η περιοχή της Καστοριάς ανήκει στην ζώνη (Z1).

Ως μέτρο ελαστικότητας των ρηγματωμένων διατομών της ωμοπλινθοδομής, θεωρήθηκε το 70% του μέτρου ελαστικότητας και λήφθηκε ίσο με 500MPa. Η προσέγγιση αυτή έγινε διότι η ωμοπλινθοδομή έχει επαρκή ελαστικότητα, διατηρώντας τις μηχανικές ιδιότητές της και μετά τη ρηγμάτωση, σε αντίθεση με τα πιο παθηρά υλικά.

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα, η επιτάχυνση υπολογισμού βρέθηκε στον ανερχόμενο κλάδο του φάσματος σχεδιασμού και για τις δύο διευθύνσεις.

Η επίλυση έγινε και για τις δύο διευθύνσεις λαμβάνοντας υπόψη του σεισμικούς συνδυασμούς φόρτισης:

$$\text{Σεισμός -X-: } G + 0,3Q + E_x + 0,3E_y$$

$$\text{Σεισμός -Y-: } G + 0,3Q + 0,3E_x + E_y$$

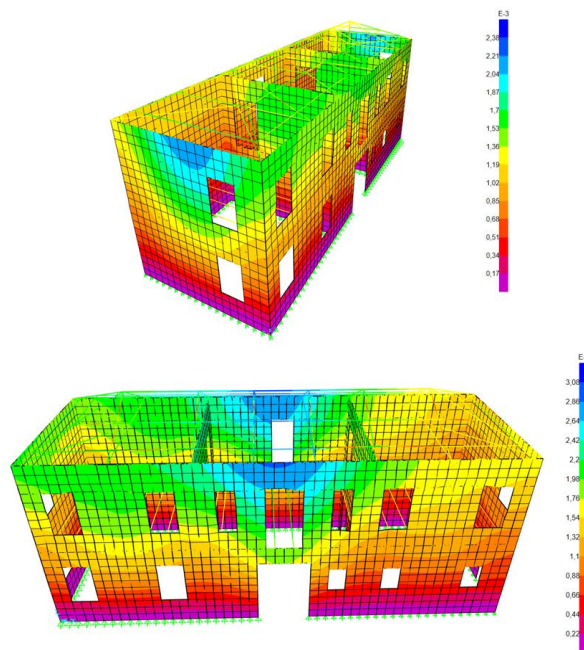
E. Αποτελέσματα και ποιοτική ανάλυση

Η τέμνουσα βάσης όπως εξήχθη από την ελαστική δυναμική φασματική ανάλυση είναι:

$$V_{bx} = 322,99 \text{ KN για τον συνδυασμό φόρτισης «Σεισμός -X-» και}$$

$$V_{by} = 396,08 \text{ KN για τον συνδυασμό φόρτισης «Σεισμός -Y-».$$

Στο παρακάτω σχήμα παρατίθενται χωρικά προσομοιώματα με τις παραμορφώσεις τους και με χρωματικούς δείκτες των μετακινήσεων (m), στους δύο συνδυασμούς δράσεων, «Σεισμός -X-» και «Σεισμός -Y-».



Σχήμα 14. Παραμορφώσεις στους συνδυασμούς «Σεισμός -X-» και «Σεισμός -Y-» αντίστοιχα.

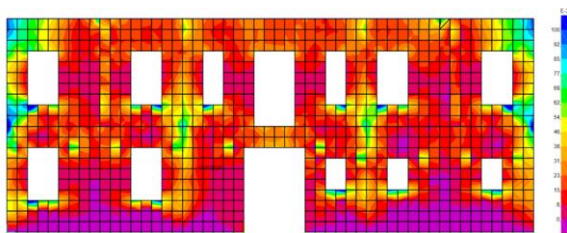
Από το παραπάνω σχήμα του χωρικού μοντέλου και με βάση την οπτική των χρωμάτων για το μέγεθος των παραμορφώσεων, είναι εύκολο να γίνει πρόβλεψη και για τα διαγράμματα των τάσεων.

Επειδή η επίλυση έγινε με ελαστική δυναμική φασματική ανάλυση, δεν έγινε έλεγχος διατομών και η ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε με ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Στην περίπτωση που απαιτείται να ενισχυθεί το κτίσμα, θα πρέπει να επιλυθεί με ισοδύναμη στατική ανάλυση, με κατανομή της τέμνουσας βάσης σύμφωνα με την καμπύλη της θεμελιώδους ιδιομορφής και να γίνει έλεγχος των κρίσιμων διατομών για να φανούν οι ανεπάρκειές τους (σχτώ σεισμικοί συνδυασμοί).

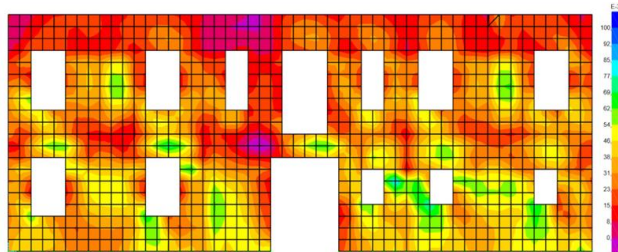
Στην παρούσα διερεύνηση, γίνεται παρουσίαση μόνο των διαγραμμάτων των τάσεων σε κάθε όψη, με σχολιασμό της εικόνας των τάσεων σε σχέση με τις πιθανές βλάβες και ερμηνεία των αναμενόμενων βλαβών. Παρακάτω παρατίθενται κάποια χαρακτηριστικά διαγράμματα τάσεων με τον σχολιασμό τους.

Αρχικά λαμβάνει χώρα η παρουσίαση διαγραμμάτων από τον σεισμικό συνδυασμό «Σεισμός X».



Σχήμα 15. Διάγραμμα τάσεων σ11 για «Σεισμός -X-»

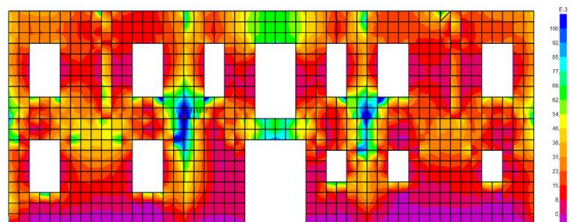
Στο παραπάνω σχήμα (σχ. 15) στην πρώτη εικόνα διακρίνονται οι αυξημένες τάσεις στα άκρα, όπου δοκιμάζονται οι εγκάρσιοι εξωτερικοί τοίχοι στην εκτός επιπέδου ένταση. Στις άλλες δύο εικόνες επιβεβαιώνεται η ισχυρή μετακίνηση στον μέσον της οροφής του ορόφου, όπως φάνηκε και στην πρώτη εικόνα του σχήματος 14.



Σχήμα 16. Διάγραμμα τάσεων σ12 για «Σεισμός -X-»

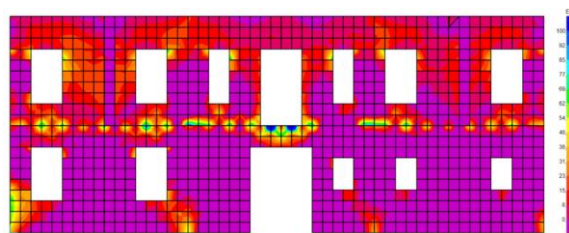
Στο παραπάνω σχήμα (σχ. 16) φαίνεται η ευεργετική επιρροή των διαζωμάτων που υπάρχουν στο πρέκι των κουφωμάτων, και είναι ένας λόγος που δεν εμφανίστηκαν συγκεντρώσεις διατμητικών τάσεων στα σημεία αυτά.

Στην συνέχεια θα παρουσιαστούν διαγράμματα για τον σεισμικό συνδυασμό «Σεισμός Y».



Σχήμα 17. Διάγραμμα τάσεων σ11 για «Σεισμός -Y-»

Στο παραπάνω σχήμα (σχ.17), φαίνεται η πρόσκρουση που προκαλούν οι εσωτερικές τοιχοποιίες, οι οποίες εμβολίζουν τον εξωτερικό τοίχο. Επίσης στο μέσον του τοίχου και πάνω από τα κουφώματα εμφανίζονται αυξημένες τάσεις, όπως άλλωστε ήταν αναμενόμενο σύμφωνα με τη δεύτερη εικόνα του σχήματος των μετακινήσεων (σχ. 14).



Σχήμα 18. Διάγραμμα τάσεων σ22 για «Σεισμός -Y-»

Στο παραπάνω σχήμα (σχ.18) φαίνεται πως επιδρά στην τοιχοποιία, η οριζόντια δύναμη των πατωμάτων, η οποία μεταβιβάζεται μέσω των διαζωμάτων στην τοιχοποιία

IV. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.

Τα κτήρια από ωμοπλινθοδομή ακολουθούν συγκεκριμένες τυπολογίες με κύριο γνώμονα την ευστάθεια και τη λειτουργικότητα.

Η φέρουσα ικανότητα των ωμοπλινθόκτιστων κτηρίων είναι σχετικά μικρή ($f_{wc}=0,71\text{MPa}$). Παρόλα αυτά τα υπάρχοντα δομικά συστήματα, όπως αυτά που μελετήθηκαν στην παρούσα, έχουν υποστεί παραπάνω από μια σεισμική δράση στο χρόνο ζωής τους, που σε περιπτώσεις αγγίζει τον ένα αιώνα.

Από τα αποτελέσματα της ελαστικής ανάλυσης για το κτίσμα που μελετήθηκε, αναδείχθηκαν τα αδύνατα σημεία όπου συγκεντρώνεται η ένταση και επομένως θα εμφανιστούν οι βλάβες.

Από τις παρατηρήσεις που έλαβαν χώρα στους δύο οικισμούς μελέτης (Κορέστεια και Πρέσπες) παρατηρήθηκε πως τα ωμοπλινθόκτιστα κτίσματα, παρόλο που στερούνται μεγάλων αντοχών, δεν εμφανίζουν καθολικές αστοχίες μετά από μια σεισμική διέγερση. Παρατηρούνται αρκετές βλάβες, κυρίως στην την εκτός επιπέδου διεύθυνση των τοιχοποιιών.

Η διερεύνηση με εργαστηριακές δοκιμές σε υφιστάμενα δομικά στοιχεία τοίχου οφείλουν να λάβουν χώρα με στόχο την ποσοτικοποίηση της φέρουσας ικανότητας και παραμορφωσιμότητας της ωμοπλινθοδομής. Μόνο με αυτή την μεθοδολογία θα αποκτηθούν τα απαραίτητα δεδομένα ώστε να ποσοτικοποιηθούν οι μηχανικές παράμετροι με στόχο την κατά το δυνατόν εφαρμογή ανελαστικών αναλύσεων.

Οφείλει να αναφερθεί τέλος ότι οι υπό διερεύνηση περιοχές της Δυτικής Μακεδονίας οφείλουν να γίνουν ένα ζωντανό εργαστήριο, που θα διασώσει την αρχιτεκτονική και δομική κληρονομιά και θα διώξει την θλίψη της εγκατάλειψης. Ας την αξιοποιήσουμε.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ τους κ. Βασίλειο Χρηστίδη και Σωτήρη Κωστόπουλο κατοίκους της περιοχής Κορεστειών οι οποίοι με ιδιαίτερο ζήλο βοήθησαν στην καταγραφή και αποτύπωση του οικιστικού πλούτου της περιοχής.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Διονύσιος Βέρρας, Ελισάβετ Βιντζηλαίου, Αθανάσιος Τριανταφύλλου, «Σεισμικές Βλάβες Επισκευές και Ενισχύσεις-Αποτίμηση Σεισμικών Βλαβών, Επισκευές και Ενισχύσεις Παραδοσιακών και Μνημειακών Κτιρίων». Εκδόσεις ΕΑΠ Πάτρα 2004
- Φυλίτσα Β. Καραντώνη, «Κατασκευές από τοιχοποιία-σχεδιασμός & επισκευές». Αθήνα 2012
- Κωνσταντίνος Σπυράκος, «Κατασκευές από τοιχοποιία-αποτίμηση & επεμβάσεις για σεισμικά φορτία», Αθήνα 2019

- Μιχαήλ Φαρδής, «Σχεδιασμός Αντισεισμικών Κατασκευών-Αντισεισμικός Σχεδιασμός Κατασκευών Οπλισμένου Σκυροδέματος»
- Υπουργείο Κλιματικής Κρίσης και Πολιτικής Προστασίας, «Κανονισμός για Αποτίμηση και Δομητικές Επεμβάσεις Τοιχοποιίας – ΚΑΔΕΤ», ηλεκτρονική έκδοση ΟΑΣΠ 2023
- Υπουργείο Δημοσίων Έργων, «Κατευθυντήριες Προδιαγραφές και Οδηγίες για Επισκευές Κτιρίων με Βλάβες από Σεισμό», Θεσσαλονίκη 1978
- ΥΠΕΧΩΔΕ-ΟΑΣΠ, «Συστάσεις για προσεισμικές και μετασεισμικές επεμβάσεις σε κτήρια», Αθήνα 2001
- Γεώργιος Μ. Ντισιώτας, «Στατική των γραμμικών φορέων, πρώτος τόμος κλασσική στατική», 1980
- Κυριάκος Αναστασιάδης, «Δυναμική των κατασκευών, τόμος Ι, διακριτά συστήματα», Θεσσαλονίκη 1983
- Δημήτρης Μπέσκος, «Δυναμική ανάλυση κατασκευών-Ειδικά θέματα δυναμικής των κατασκευών και σεισμικής μηχανικής», εκδόσεις ΕΑΠ Πάτρα 2003
- Γεώργιος Μανώλης, Παναγιώτης Κολιόπουλος, «Δυναμική ανάλυση κατασκευών-Στοχαστική δυναμική των κατασκευών», εκδόσεις ΕΑΠ Πάτρα 2003
- Κ.Αναστασιάδης, «Αντισεισμικές κατασκευές Ι», Θεσσαλονίκη 1989
- Anil K. Chopra, «Δυναμική των κατασκευών, θεωρία και εφαρμογές στην σεισμική μηχανική», Αθήνα 2010
- Ευθύμιος Μαστρογιάννης, Κωνσταντίνος Σταματόπουλος, «Τεχνική Σεισμολογία και Εδαφομηχανική-Στοιχεία ελαστικότητας και διάδοσης σεισμικών κυμάτων, εκδόσεις ΕΑΠ Πάτρα 2003
- Κωνσταντίνος Σταματόπουλος, «Τεχνική Σεισμολογία και Εδαφομηχανική-Δυναμική εδαφών και θεμελιώσεων», Κυριαζής Δ. Πιτιλάκης, «Γεωτεχνική σεισμική μηχανική», Θεσσαλονίκη 2010
- Μιχάλης Καβαδάς, «Στοιχεία εδαφομηχανικής», Αθήνα 2016
- Βασίλης Χρηστάρας, Μαρία Χατζηαγγέλου, «Απλά βήματα στην εδαφομηχανική», Θεσσαλονίκη 2001
- Γ. Γκαζέτας, «Εδαφοδυναμική και σεισμική μηχανική-ιστορικά περιστατικά», Αθήνα 1996
- Βασίλης Παπαζάχος, «Εισαγωγή στη σεισμολογία», Θεσσαλονίκη 1997
- Κωνσταντίνος Σπυράκος, «Ενίσχυση κατασκευών για σεισμικά φορτία», ΤΕΕ Αθήνα 2004
- Σ. Η. Δρίτσος, «Επισκευές και ενισχύσεις κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα», Πάτρα 2001
- Στέφανος Τραχανάς, «Συνήθειες Διαφορικές Εξισώσεις – μέθοδοι λύσης και εφαρμογές», Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο 2017
- Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, ΟΑΣΠ, ΙΤΣΑΚ, ΣΠΜΕ, «2ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας- Α' & Β' τόμος» Θεσσαλονίκη 2001.