



ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Αποτίμηση Υφιστάμενης Αντοχής & Ενίσχυση Κτιρίου Απο Φέρουσα Τοιχοποιία

Κτίριο Πρώην Λαρισαϊκού Ωδείου Λάρισας



- Ευρήματα Δομικών Ελέγχων και Μηχανικές Ιδιότητες Υλικών
- Εκτίμηση Βλαβών.
- Αποτίμηση Φορέα
- Ενίσχυση Φορέα, Νέας Στατικά Αναβαθμισμένος Φορέας

ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: Αναστάσιος Νικολαΐδης, Διπλ. Πολ. Μηχανικός Δ.Π.Θ

ΣΥΜΒΟΥΛΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ: Δημήτριος Νικολαΐδης, Διπλ. Πολ. Μηχανικός Imperial College, MSc, DIC, Υπ. Διδάκτωρ Παν/μιου Πατρών

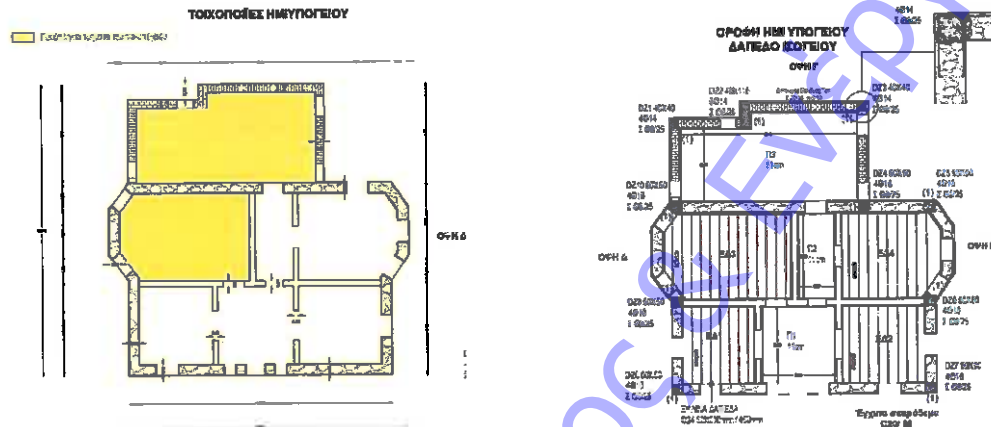
1	Ιστορικό Κτιρίου.	3
2	Περιγραφή του Φορέα και Υφιστάμενες Βλάβες.	4
2.1	Αιτίες βλαβών.	5
2.2	Τεκμηρίωση βλαβών απο ψηφιακή ανάλυση εικόνας.	8
3	Γεωτεχνική Έρευνα	10
4	Φέρουσα Ικανότητα Εδάφους.	11
5	Δομικοί Έλεγχοι	13
5.1	Μηχανικές ιδιότητες των υλικών.	13
5.2	Έλεγχος μάζας λιθοδομής με μικροκάμερα.	14
5.3	Ενόργανοι έλεγχοι ,IR & GPR	14
6	Μέθοδοι Προσομοίωσης .	17
6.1	Μέθοδος των Πεπερασμένων Στοιχείων .	18
6.1.1	Αναπτυσσόμενες τάσεις – Πεπερασμένα Στοιχεία.	22
7	Ενισχύσεις.	23
7.1	Περιγραφή ενισχύσεων και λεπτομέρειες	26
7.1.1	Ξύλινα δάπεδα.	27
7.1.2	Δάπεδα οπλισμένου σκυροδέματος.	27
7.1.3	Τοιχοποιίες.	30
7.2	Εφαρμογή Ενεμάτων (Ομογενοποίηση λιθοδομής).	32
7.2.1	Χαρακτηριστικά ενεμάτων.	34
7.3	Βαθύ αρμολόγημα. (ΕΤΕΠ 14-02-03-00)	35
7.4	Μανδύες.(ΠΕΤΕΠ 14-02-09-02)	36
7.4.1	Οπλισμένο επίχρισμα	36
7.4.2	Μανδύες σκυροδέματος.	37
7.5	Οριζόντια διαζώματα.	40
7.5.1	οπλισμένου σκυροδέματος.	40
7.5.2	Διαζώματα από χάλυβα.	40
7.6	Συνδέσεις εγκάρσιων τοίχων.	41
7.7	Πρέκια.	41
7.8	Θεμελίωση.	42
7.9	Ανάλυση ευαισθησίας φορέα.	44
8	Τροποποίηση Μελέτης - Αλλαγή Στάθμης Δαπέδων.	46

8.1	Μόρφωση του Νέου Φορέα.....	46
8.2	Σύμμικτο Δάπεδο.....	48
8.3	Μεταλλικές Φορέας και Διατομές.....	55
8.3.1	Μεταλλικές συνδέσεις.....	59
8.4	Κατασκευαστικά Στάδια.	60
8.5	Θεμελίωση.....	61
8.6	Έλεγχος προσωρινών καταστάσεων.....	62
8.7	Τοπικές Ενισχύσεις με ανοξείδωτο νευροχάλυβα (Statibar)	63

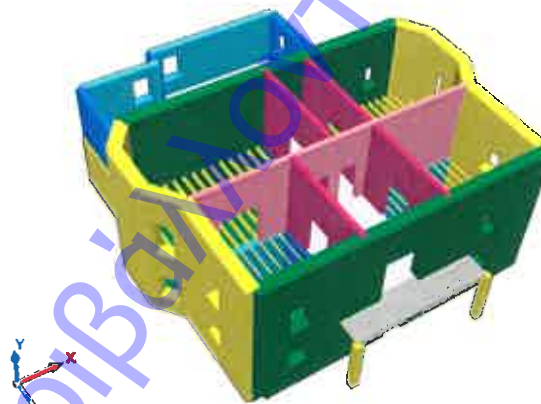
Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας

1 Ιστορικό Κτιρίου.

Το υπο εξέταση κτίριο βρίσκεται επι της οδού Λάμπρου Κατσώνη στη Λάρισα. Πρόκειται για κτίριο φέρουσας τοιχοποιίας, κατασκευασμένο πιθανότατα ανάμεσα απο το 1950 - 1960. Στην αρχική του μορφή το κτίριο ήταν κατασκευασμένο αμιγώς απο ημιλαξευτή λιθοδομή και ασθενές τσιμεντοκονίαμα. Σε μεταγενέστερη περίοδο έγιναν σημαντικές τροποποιήσεις στο δομικό σύστημα του κτιρίου, ειδικότερα με την προσθήκη του 1^{ου} ορόφου.



Διαμόρφωση τοιχοποιών Υπογείου



Τρισδιάστατη απεικόνιση κτιρίου ανάλυσης

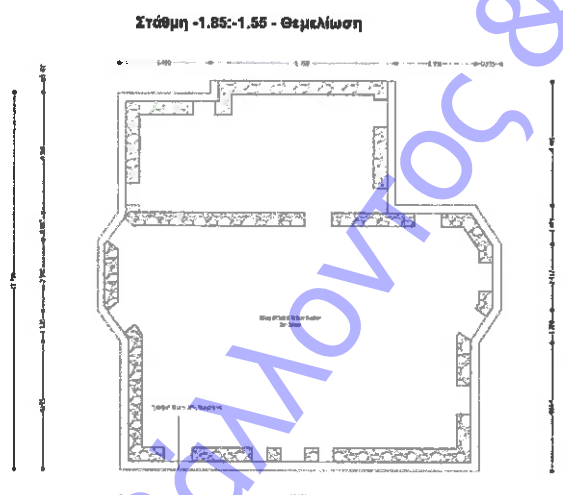
Στον χώρο του υπογείου διαμορφώθηκαν δωμάτια με προσθήκη τοιχοποιιών πάχους 25cm απο συμπαγή τούβλα, οι οποίοι και συνεχίζουν στον υπερκείμενο όροφο. Οι τοιχοποιίες αυτές παραλαμβάνουν τα φορτία των δαπέδων, ενώ ταυτόχρονα συμμετέχουν στην συνολική δυσκαμψία του κτιρίου κατα τον σεισμό. Στην πίσω χαμηλή προσθήκη διατηρήθηκε η λιθοδομή πάχους 40cm στην στάθμη του υπογείου, στο περίγραμμα της οποία σκυροδετήθηκε πλάκα πάχους 12cm. Η προσθήκη διενεργήθηκε μεταγενέστερα και μετά την ολοκλήρωση της οροφής υπογείου απο πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος. Το πάχος της τοιχοποιίας του ορόφου είναι 25cm δομημένο απο συμπαγείς πλίνθους. Τα δάπεδα του ορόφου, όπως παρουσιάζεται στο παραπάνω σχήμα, έχουν κατασκευαστεί απο πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος στο χώρο της κύριας εισόδου, του διαδρόμου και της πίσω προσθήκης, ενώ αντίθετα τα υπόλοιπα τμήματα ένθεν και ένθεν του διαδρόμου απο ξύλο (ξύλινα δάπεδα).

Στην ανώτερη στάθμη του ορόφου υπάρχει ξύλινη στέγη με διαμόρφωση τσατμά στο εσωτερικό μέρος της. Στο ισόγειο έχουν διενεργηθεί παρεμβάσεις στο κονίαμα της λιθοδομής, με βαθύ αρμολόγημα ισχυρού τσιμεντοκονιάματος. Στην βορειοδυτική γωνία του κτιρίου και στην στάθμη του υπογείου υπάρχει ενίσχυση της γωνίας μέχρι και το ύψος της οροφής υπογείου με έγχυτο σκυρόδεμα. Γενικότερα, η μορφολογία των τοιχοποιιών δεν

είναι ξεκάθαρη σε αρκετές θέσεις, λόγω των παρεμβάσεων που έγιναν σε μεταγενέστερες χρονολογίες, με σκοπό την τοπική επισκευή τμημάτων των τοιχοποιιών.

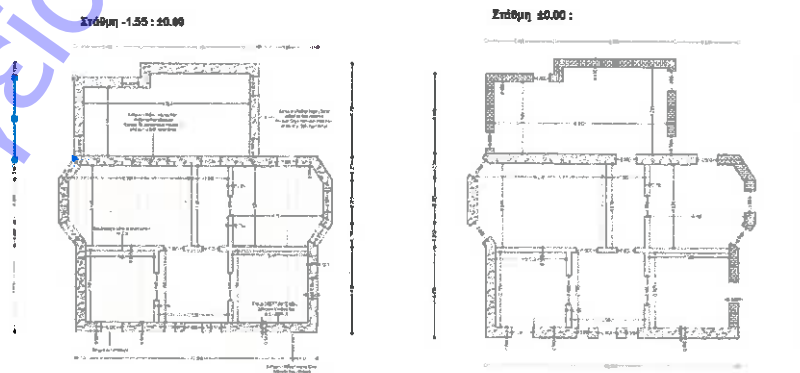
2 Περιγραφή του Φορέα και Υφιστάμενες Βλάβες.

Το κτίριο στη στάθμη της θεμελίωσης είναι δομημένο εξολοκλήρου από λιθοδομή πάχους 50cm. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, μεταγενέστερες παρεμβάσεις στο κτίριο, οδήγησαν στην μεταβολή των υλικών δόμησης σε ίδιες στάθμες, καθώς τμήματα της παλιά λιθοδομής απομακρύνθηκαν και αντικαταστάθηκαν με τοιχοποιίες από συμπαγείς πλίνθους. Στην περίπτωση του ημι-υπογείου παρατηρείται μια μεταβολή της δόμησης σε συγκεκριμένους τοίχους από λιθόκτιστα σε τοιχοποιίες από συμπαγείς πλίνθους, ενώ οι περισσότερες περιμετρικές τοιχοποιίες διατηρούν την μορφολογία τους σε ολόκληρο το ύψος.



Κάτοψη θεμελίωσης με τις υφιστάμενες παλιές λιθοδομές

Εσωτερικά του κτιρίου κατασκευάστηκαν τοιχοποιίες από συμπαγείς πλίνθους, πάχους 25 εκ, οι οποίες φέρουν μόνο τα φορτία από τα ξύλινα δάπεδα και τις πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος. Οι εγκάρσιες προσθήκες των τοιχοποιιών στους υφιστάμενους περιμετρικούς τοίχους του κτιρίου κατασκευάστηκαν με τρόπο που δεν εξασφαλίζεται το δέσιμο των τοιχοποιιών στα σημεία τομής.



Αντικατάσταση λιθοδομής με τοιχοποιία από συμπαγείς πλίνθους

2.1 Αιτίες βλαβών.

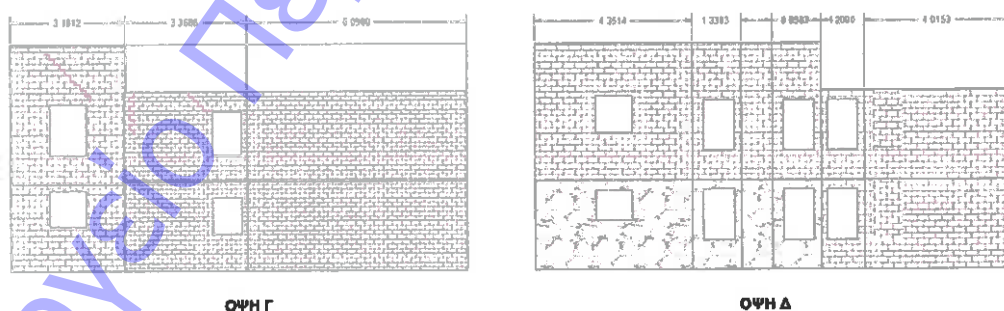
Η τοιχοποιία αποτελείται από υλικά τα οποία παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερη αντοχή σε θλίψη απ'ότι σε εφελκυσμό. Συνεπώς, το ιδανικό είναι οι κατασκευές από τοιχοποιία να κατασκευάζονται με τρόπο ώστε τα δομικά τους στοιχεία να βρίσκονται πάντα σε θλίψη. Στην πραγματικότητα όμως μια σειρά από αιτίες, όπως η καθίζηση του εδάφους και ο σεισμός, μπορούν να προκαλέσουν στην τοιχοποιία εφελκυστικές τάσεις. Στην περίπτωση κατά την οποία οι αναπτυσσόμενες τάσεις ξεπερνούν την εφελκυστική ή θλιπτική αντοχή, στην κατασκευή αναπτύσσονται ρωγμές. Η ανάπτυξη των ρωγμών αποτελεί τον πιο άμεσο τρόπο με τον οποίο μπορούμε να ερμηνεύσουμε το είδος και αιτία των βλαβών σε μια κατασκευή. Η ανάπτυξη των ρωγμών χρησιμεύει, επίσης, για τον έλεγχο και τη βελτίωση του αναλυτικού προσομοιώματος της κατασκευής, καθώς και για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με την επισκευή και ενίσχυση του φορέα.

Για τους παραπάνω λόγους, σημαντικό μέρος της τεκμηρίωσης της υφιστάμενης κατάστασης του φορέα αποτελεί η λεπτομερής αποτύπωση της θέσης, του είδους και των διαστάσεων των ρωγμών. Η κατανομή των ρωγμών επιτρέπει να διαπιστώσουμε ποια είναι η αιτία που τις προκάλεσε, αν και σε πολλές περιπτώσεις είναι δύσκολο να ερμηνευθούν λόγω της αλληλεπίδρασης πολλών φαινομένων.



Ρηγματώσεις όψης Α: (α) Κακή απευθείας έδραση στέγης με τοιχοποιία, (β) ρηγματώση λόγω διαγώνιου αμείβοντα

Ρηγματώσεις όψης Α: (α) Κακή απευθείας έδραση στέγης με τοιχοποιία



Ρηγματώσεις όψης Γ: (α) Κακή απευθείας έδραση στέγης με τοιχοποιία, (β) ρηγματώση λόγω διαγώνιου αμείβοντα
Περιορισμένες μικρές βλάβες με τοπική αποδιοργάνωση του κονιάματος στην όψη Δ.

Οι αιτίες που προκαλούν αστοχίες στις κατασκευές από τοιχοποιία είναι πολλές. Οι συνηθισμένες είναι:

- Καθίζηση της θεμελίωσης.
- Μεγάλα θλιπτικά κατακόρυφα φορτία.
- Οριζόντιες ωθήσεις.
- Δυναμικά φορτία.
- Σεισμός.

Οι πιο σημαντικές παράμετροι μιας ρωγμής είναι η διεύθυνση, το εύρος, η μορφή των άκρων και το μήκος. Η ρωγμή εξελίσσεται με το χρόνο. Στην αρχή έχει τριχοειδή μορφή, ακολουθεί μια δεύτερη φάση με διεύρυνση της και μια Τρίτη φάση η οποία χαρακτηρίζεται από πλήρη διαχωρισμό μεταξύ των δύο πλευρών της. Επίσης, είναι σημαντικό να καθοριστεί εάν μια ρωγμή είναι παλιά ή νέα. Η διάκριση μεταξύ των νέων και των παλαιών ρωγμών είναι σχετικά εύκολη, καθώς οι νέες ρωγμές παρουσιάζουν αιχμηρά άκρα και είναι καθαρές. Στις παλιές ρωγμές, αντιθέτως, τα άκρα έχουν διευρυνθεί, οι πλευρές τους δεν είναι αιχμηρές και εμφανίζεται σκόνη.

Εξωτερική πλευρά τοιχοποιίας, Όψη Γ. Διατμητική αστοχία υπέρθυρου. Πιθανότατα η βλάβη προκλήθηκε από ελαφριά μετακίνηση του διαγώνιου αμείβοντα της στέγης	
Ελαφριές διαγώνιες ρηγματώσεις στην όψη που υποδηλώνουν μικρή σχετική μετακίνηση της οροφής εκτός επιπέδου.	
Διαγώνια ρηγματώση – προς τα κάτω (δεν ακολουθεί διαδρομή που υποδηλώνει ανατροπή εγκάρσιου τοίχου). Πιθανότατα η βλάβη προκλήθηκε από ελαφριά μετακίνηση του διαγώνιου αμείβοντα της στέγης	
Κακή σύνδεση γωνιακών τοίχων – Σύνδεση λιθοδομής με τοιχοποιία συμπαγών πλίνθων. Παρατηρούμε πως η σύνδεση δεν είναι εξασφαλισμένη με πιθανή ανατροπή του εξωτερικού μεγάλου τοίχου.	
Ρηγματώση ξυλόπηκτου τσατμά - οροφή	

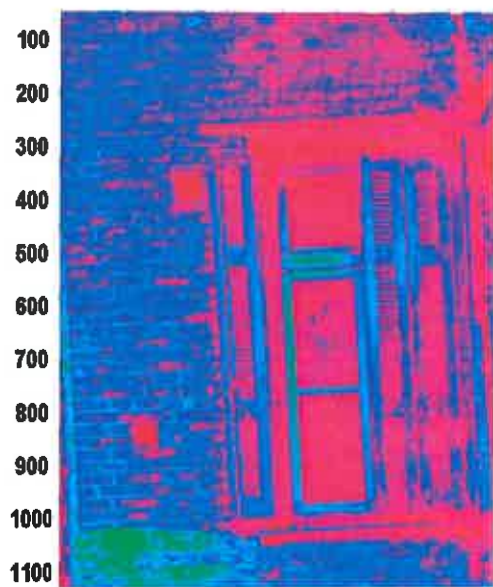
Ρηγμάτωση ξυλόπηκτου τσατμά - οροφή	
Αποκόλληση δρομικής τοιχοποιίας στο σημείο σύνδεσης (εγκάρσια) με τη φέρουσα τοιχοποιία 40cm του ορόφου. Τεκμηριώνεται η σχετική μετακίνηση εκτός επιπέδου της όψης Β	
Κατακόρυφη ρηγμάτωση στο υπέρθυρο – Όψη Α δεξί άνοιγμα	
Λογή ρηγμάτωση στο υπέρθυρο (χαμηλά). Έντοχη παρουσία υγρασίας στο τμήμα της λιθοδομής του ημι-υπογείου. Απουσία στεγάνωσης περιμετρικά του κτιρίου.	
Παρουσία έντονης υγρασίας στην εγκάρσια σύνδεση της όψης Α με την όψη Β.	

Βέλος κάμψης πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος στο τμήμα του χαμηλού κτιρίου , πίσω πλευρά.	
Επένδυση ξύλινου δαπέδου ορόφου στη κάτω παρειά - Τσατμάς	
Πυρόπληκτο τμήμα κτιρίου, διάδρομος στη πίσω μεριά του κτιρίου ανάμεσα απο το ψηλό και χαμηλό κτίριο.	

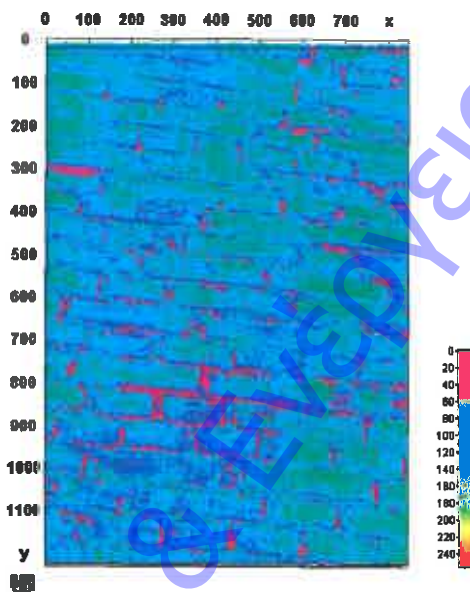
Από τα παραπάνω, μπορούμε να απορρίψουμε το σενάριο των καθιζήσεων, καθώς ο φορέας δεν παρουσιάζει ρηγματώσεις που συνδέονται με τέτοια φαινόμενα. Παρατηρούνται υπερβάσεις θλιπτικών φορτίων στο ύψος της ξύλινης στέγης, καθώς οι δοκοί (ελκυστήρες) της στέγης εδράζονται απευθείας στην τοιχοποιία χωρίς να μεσολαβεί – παρεμβάλεται κάποιο ισχυρό διάζωμα. Χαρακτηριστικές είναι οι ρηγματώσεις που καταγράφηκαν σε όλες τις όψεις του κτιρίου και κυρίως στα σημεία του διαγώνιου αμείβοντα, καθώς τα σημεία αυτά δέχονται τα μεγαλύτερα θλιπτικά φορτία της στέγης (κατανομή μεγαλύτερης επιφάνειας). Οι περισσότερες ρηγματώσεις που καταγράφηκαν έχουν προκληθεί απο οριζόντιες ωθήσεις της στέγης, με χαρακτηριστική της αποκόλληση (κατακόρυφη ρηγμάτωση) των δομικών τοιχοπληρώσεων απο τα τμήματα των φερόντων στοιχείων τοιχοποιίας.

2.2 Τεκμηρίωση βλαβών απο ψηφιακή ανάλυση εικόνας.

Με τη βοήθεια της ψηφιακής τεχνολογίας γίνεται μια εκτίμηση των μετακινήσεων που έχουν παρατηρηθεί τους τελευταίους 12 μήνες , απο φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης. Η τεχνολογία του Digital Image Correlation, μας δίνει την δυνατότητα τα εκτιμήσουμε τις μεταβολές στο σχήμα των τοιχοποιιών, παραμορφώσεις εκτός επιπέδου και δυνητικές βλάβες του φορέα. Παρατηρούμε πως απο μια συνεχή καταγραφή με ψηφιακή φωτογράφιση μπορούμε να εκτιμήσουμε σε μια διάρκεια 7 μηνών , τις μικρομετακινήσεις των δομικών στοιχείων. Οι μετακινήσεις αυτές δεν ξεπερνανε τα 2mm και μας δίνουν μια πρόβλεψη του πώς παραμορφώνεται το κτίριο και ποιές θα είναι οι δυνητικές βλάβες που θα προκληθούν. Για την τεκμηρίωση της μεθόδου , συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα με αυτά της ανάλυσης του φορέα με πεπερασμένα στοιχεία , ώστε να διερευνηθεί η ταύτιση των πιθανών μορφών αστοχίας.

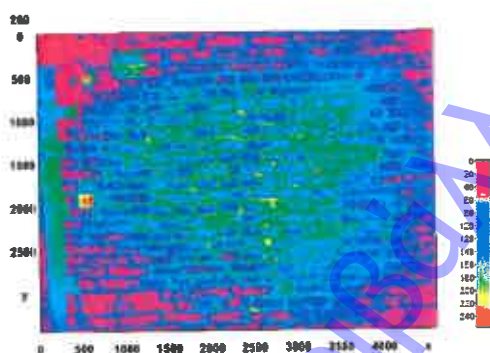


Διαγώνια ρηγματώση στο υπέρθυρο με χαρακτηριστική παραμόρφωση εκτός επιπέδου (Τριγωνική διαμόρφωση)

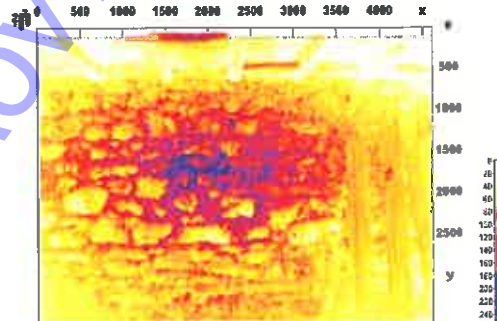


Παραμόρφωση τοίχου με εμφανείς τις μετακινήσεις στους πλίνθους και τις ρηγματώσεις στο κονίαμα (κοκκινο χρώμα)

Digital Image Correlation – Ανάλυση παραμορφώσεων απο ψηφιακή εικόνα

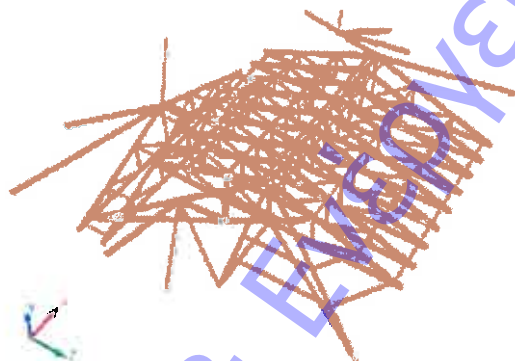
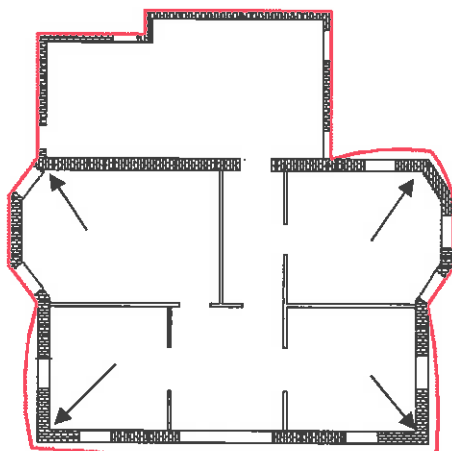


Περιοχές με εκτεταμένο αρμολόγημα – ενδεχόμενη βλάβη τοιχοποιίας στο παρελθόν και επισκευή με βαθύ αρμολόγημα (Τοιχοποιία υπογείου, διαχωριστικός τοίχος 25cm.



Περιοχές με εκτεταμένο αρμολόγημα – ενδεχόμενη βλάβη τοιχοποιίας στο παρελθόν και επισκευή με βαθύ αρμολόγημα Τοιχοποιία υπογείου, λιθοδομή πάχους 50cm -πίσω πλευρά

Digital Image Correlation – Ανάλυση παραμορφώσεων απο ψηφιακή εικόνα

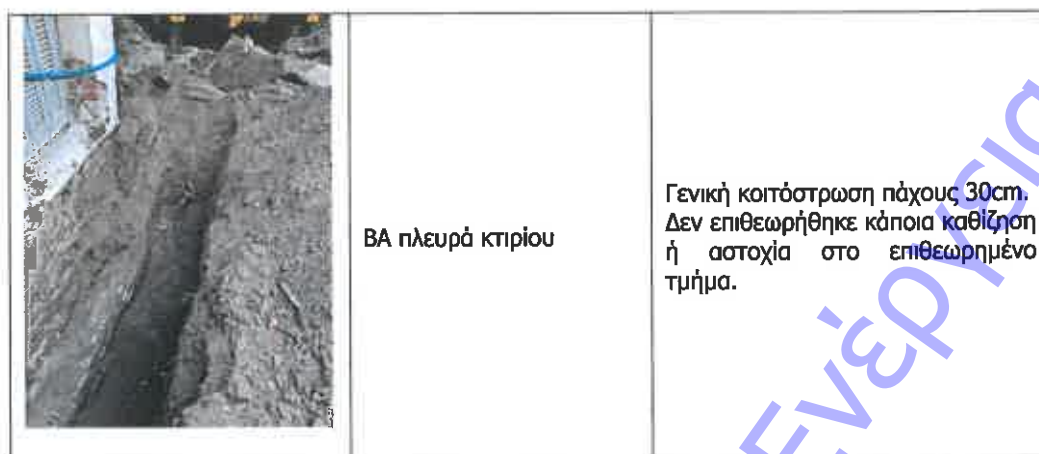


Μετακινήσεις τοιχοποιίας λόγω ώθησης από τους διαγώνιους αμείβοντες

3 Γεωτεχνική Έρευνα

Για τους σκοπούς της μελέτης διενεργήθηκε από την Τεχνική Υπηρεσία του Δήμου Γεωτεχνική Μελέτη βάσει της οποίας εφαρμόστηκαν όλες οι παραδοχές στους υπολογισμούς. Από δοκιμαστικές τομές που διενεργήθηκαν στην περίμετρο του κτιρίου, προκύπτει πως η θεμελίωση είναι τυπου RADIER (Γενική Κοιτόστρωση), πάχους 30 εκατοστών.

Φωτογραφία θέσης	Θέση δοκιμαστικής τομής	Τύπος θεμελίωσης και κατάσταση θεμελίωσης
	ΒΑ γωνία κτιρίου προσθήκης.Βάθος εκσκαφής 1.60m από την φυσική στάθμη.	Γενική κοιτόστρωση πάχους 30cm Δεν επιθεωρήθηκε κάποια καθίζηση ή αστοχία στο επιθεωρημένο τμήμα.



ΒΑ πλευρά κτιρίου

Γενική κοιτόστρωση πάχους 30cm.
Δεν επιθεωρήθηκε κάποια καθίζηση
ή αστοχία στο επιθεωρημένο
τμήμα.

Οι παραδοχές που χρησιμοποιήθηκαν στην θεμελίωση του φορέα καθώς και τις εκτιμώμενες εδαφικές στρώσεις, βασίζονται στην Μικροζωνική Μελέτη του Δήμου Λάρισας. Λόγω της αβαθούς θεμελίωσης (περίπου 1.60m από τη φυσική στάθμη εδάφους), σε συνδυασμό με τις αρχικές δοκιμαστικές τομές, τεκμηριώνεται η στρώση της καστανής ΑΡΓΙΛΟΥ (CL) από τα 0.50 – 1.60. Σε περίπτωση που οι παραδοχές αυτές δεν ακολουθούν τα ευρήματα της εδαφοτεχνικής μελέτης, τότε αυτές θα τροποποιηθούν στην μοντελοποίηση του φορέα, σύμφωνα με τις τιμές της γεωτεχνικής έρευνας. Στη θέση έρευνας εκτιμάται (σύμφωνα με τη μικροζωνική) το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα στα 9,20m, με την πιεζομετρική στάθμη να ανέρχεται στο βάθος των 5,45m από την επιφάνεια του εδάφους (υδροφόρος μερικώς υπό πίεση). Δεδομένου ότι η υδροστατική στάθμη διακυμαίνεται εποχιακά και υπόκειται σε επιδράσεις διαρροών δικτύων νερού ή αποχέτευσης είναι πιθανό ανάλογα και με την εποχή του έτους κατά την οποία εκτελούνται οι εκσκαφές, να σημειωθεί απόκλιση από την ανωτέρω πληροφόρηση για την υδροστατική στάθμη

α/α	Βάθος (m)	Πάχος (m)	Περιγραφή	Τιμές N (SPT)	Χαρακτηρισμός A.U.S.C.S.
1	00,00 – 00,70	0,70	Τεχνητές προσχώσεις	-	-
2	00,70 – 07,00	6,30	Καστανή ΑΡΓΙΛΟΣ πολύ σπφρή	32-36	CL
3	07,00 – 09,20	2,20	Υποπράσινη-φαιά ΑΡΓΙΛΟΣ μαλακή	42	CL
4	09,20 – 10,40	1,20	Υποπράσινη ιλυώδης ΑΜΜΟΣ	50	SM
2	10,40 – 15,00	4,60	Καστανή ΑΡΓΙΛΟΣ πολύ σπφρή	-	CL

4 Φέρουσα Ικανότητα Εδάφους.

Ο υπολογισμός της φέρουσας ικανότητας του εδάφους διενεργήθηκε κατά Terzaghi 1943, για θεμέλια απείρου μήκους σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

$$q_u = c * N_c + p_0 * N_q + \frac{1}{2} \gamma_2 * B * N_\gamma$$

Όπου $p_0 = \gamma * D_f$ (βάθος θεμελίωσης) = $1.8 * 1,65 = 2.97 \text{ tn/m}^2$

Απο τον πίνακα φέρουσας ικανότητας κατα Terzaghi και για έδαφος με τις παρακάτω παραδοχές:

Τύπος εδάφους: CL

- Βάθος θεμελίωσης: $D_f = 1.65\text{m}$

- Βάθος υδροφόρου ορίζοντα: $D_{aq} = 9,20\text{m}$

- Βάθος πιεζομετρικής στάθμης: $D_w(p) = 5,45\text{m}$

- Συνοχή: $c=0 \text{ kg/cm}^2$

- Αστράγγιστη διατμητική αντοχή για : $S = c + \sigma' \tan \phi = 2,39 \text{ kg/cm}^2$

- Γωνία τριβής: $\phi=20^\circ$

- Γωνία συνάφειας πεδίου-εδάφους: $\delta= 2/3 \phi \rightarrow \delta=13,3^\circ$

- Αριθμός κρούσεων N της SPT στο βάθος των 5,00m: $N=36 \text{ } N'=25$

- Φαινόμενο βάρος εδάφους: $\gamma=1,80 \text{ ton/m}^3$

- Μέτρο ελαστικότητας: $E=19.150 \text{ KPa}$

- Συντελεστής ασφαλείας έναντι θραύσης: $SF=3$

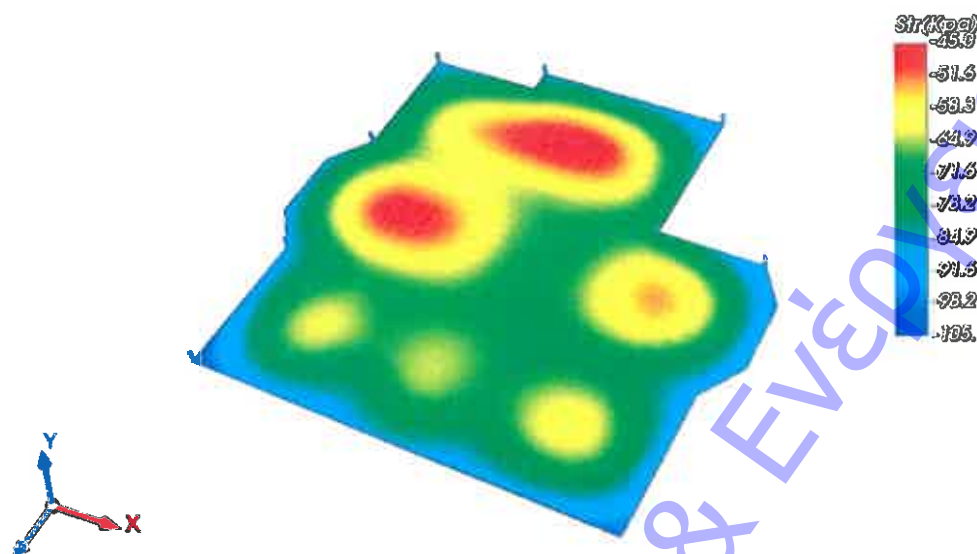
Λαμβάνουμε για $\phi=20^\circ$, $N_c=17.7$, $N_q=7.4$ και $N_\gamma=5.0$

$$q_u = 0 * 17.7 + 2.97 * 7.4 + 0.5 * 1.8 * 13.80 * 5 = 84.01 \text{ tn/m}^2$$

$$\sigma_{\text{επ}} = 84,01/3 = 28 \text{ tn/m}^2$$

ϕ	Terzaghi (Εικ. III.10)				Γενική θεωρία (Dunn et al, 1980)				
	N_c	N_q	N_γ	N'_c	N'_q	N'_γ	N_c	N_q	N_γ
0	5.7	1.0	0.0	5.7	1.0	0.0	5.14	1.00	0.0
5	7.3	1.6	0.5	6.7	1.4	0.2	6.48	1.57	0.09
10	9.6	2.7	1.2	8.0	1.9	0.5	8.34	2.47	0.47
15	12.9	4.4	2.5	9.7	2.7	0.9	10.97	3.94	1.42
20	17.7	7.4	5.0	11.8	3.9	1.7	14.83	6.40	3.54
25	25.1	12.7	9.7	14.8	5.6	3.2	20.72	10.66	8.11
30	37.2	22.5	19.7	19.0	8.3	5.7	30.14	18.40	18.08
35	57.8	41.4	42.4	25.2	12.6	10.1	46.13	32.29	40.69
40	35.7	81.3	100.4	34.9	20.5	18.8	75.32	64.18	95.41
45	172.3	173.3	297.5	51.2	35.1	37.7	133.89	134.85	240.85
50	347.5	415.1	1153.2	81.3	65.6	87.1	266.89	318.96	681.84

Απο την ανάλυση της θεμελίωσης με πεπερασμένα στοιχεία προκύπτει πως οι αντιδράσεις της πλάκας θεμελίωσης δεν υπερβαίνουν την επιτρεπόμενη τάση εδάφους. Συνεπώς δεν απαιτείται κάποια πρόσθετη διαπλάτυνση της θεμελίωσης. Ωστόσο, για την καλύτερη λειτουργία της προτεινόμενης ενίσχυσης με αμφίπλευρους μανδύες θα κατασκευαστεί περιμετρικό δοκάρι ενίσχυσης, μεταβλητού πάχους.



5 Δομικοί Έλεγχοι

5.1 Μηχανικές ιδιότητες των υλικών.

Για την εκτίμηση και τον προσδιορισμό των μηχανικών ιδιοτήτων των υλικών έγινε δειγματοληψία σε λιθασώματα, κονίαμα και συμπαγή οπτόπλινθους, τα οποία και ελέγχθηκαν από το εργαστήριο του Δημοκριτείου Παν/μιου Ξάνθης. Ειδικότερα, για τα λιθασώματα προκειμένου τα παρακάτω:

α/α	Περιγραφή	Κωδικός
1	Κονία Δομής από τον τοίχο 0W1	K_01
2	Κονία Δομής από τον τοίχο 0W7	K_02
3	Δείγμα λιθασώματος Υπογείου 1 (45mm)	K_03
4	Δείγμα λιθασώματος Υπογείου 2 (45mm)	K_04
5	Τεμάχιο συμπαγούς οπτόπλινθου 1	K_05
6	Τεμάχιο συμπαγούς οπτόπλινθου 1	K_06

Κωδικός Δείγματος	% κονία	B/A	Παρεμβάσεις
K_01	27.6	1/3	Ισχυρό κονίαμα στα 3cm
K_02	23.5	1/3	Ισχυρό κονίαμα στα 3cm

Κωδικός Δείγματος	Εφελκυστική Αντοχή Κονιάματος (MPa)
K_01	0.26
K_02	0.18

Κωδικός Δείγματος	Φαινόμενη Πυκνότητα (Kg/m ³)	Ανοιχτό Πορώδες (%)	Δυναμικό Μέτρο Ελαστικότητας (MPa)	Αντοχή σε Θλίψη (MPa)
3	2695.45	1.0	57584	47.8
4	2698.83	1.0	56432	46.24
5	-	-	-	-
6	-	-	-	-

Πρόκειται για ισχυρό ασβεστολιθικό Πέτρωμα, υψηλής θλιπτικής αντοχής.

Οι συμπαγείς οπτόπλινθοι διαστάσεων 6X10X20 cm, δεν ελέγχθηκαν σε θλίψη καθώς δεν υπάρχει αντίστοιχο πρότυπο. Χρησιμοποιήθηκαν οι προτεινόμενες τιμές του EC6.

5.2 Έλεγχος μάζας λιθοδομής με μικροκάμερα.



Pic.1: Λιθόσωμα



Pic.2: Πλήρωση με κονίαμα σε βάθος 24cm



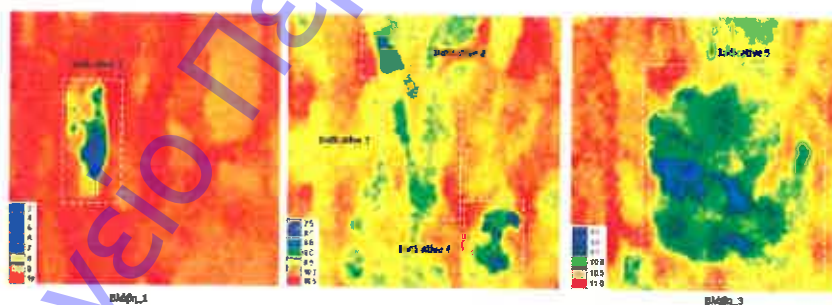
Pic.3: Πλήρωση με κονίαμα σε βάθος 25.5cm



Pic.4: Λιθόσωμα

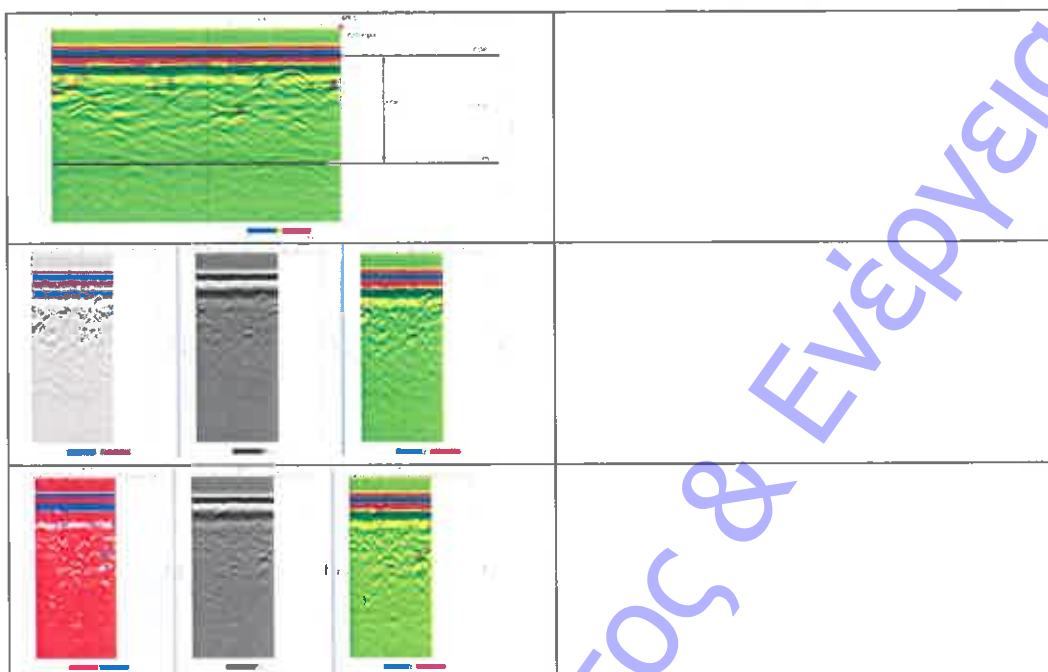
5.3 Ενόργανοι έλεγχοι ,IR & GPR

Διενεργήκε έλεγχος με υπέρυθρη κάμερα υψηλής ανάλυσης ώστε να εντοπιστούν τυχόν επιφανειακές ανωμαλίες στον δομικό ιστό της λιθοδομής. Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά τα αποτελέσματα ορισμένων κρίσιμων σημείων που εντοπίστηκαν.

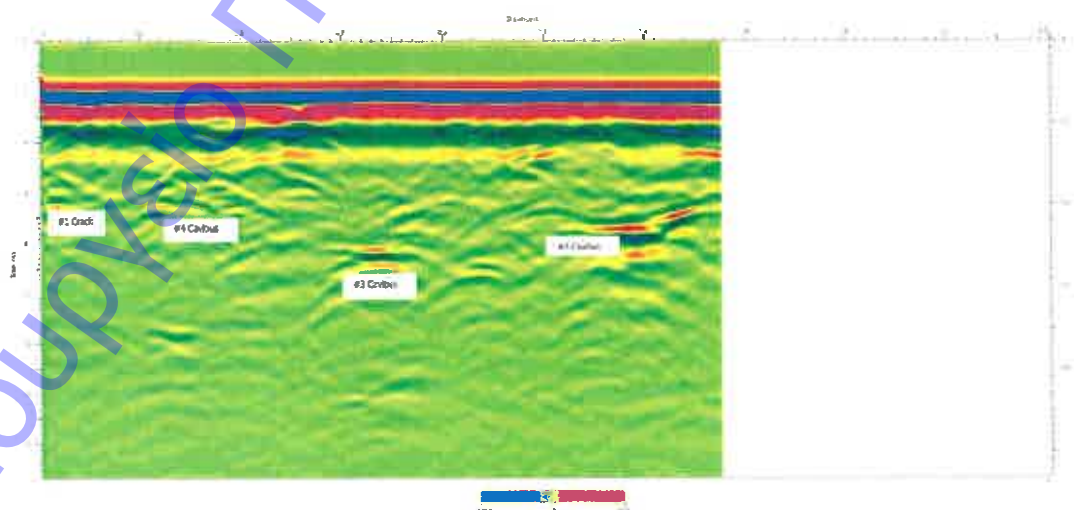


Εξειδικευμένος έλεγχος με τρισδιάστατη διασκόπηση διενεργήθηκε σε τμήματα των λιθοδομών του ημι-υπογείου, καθώς και της οπτοπλινθοδομής της ανωδομής, με ειδικό γεωραντάρ υψηλών συχνοτήτων για την αναλυτικότερη απεικόνιση των βλαβών στο εσωτερικό των λιθοδομών – τοιχοποιιών. Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά τα αποτελέσματα των διασκοπήσεων.

Απο τα παρακάτω διαγράμματα του γεωραντάρ εντοπίστηκαν όλες οι πιθανές κοιλότητες στη λιθοδομή, οι οποίες και επιβεβαιώθηκαν απο διατορήματα διαμέτρου $\varnothing 18$ με την βοήθεια ειδικής μικροκάμερας ελέγχου.



Συγκεκριμένα διαπιστώθηκε ο διαχωρισμός των λιθοσωμάτων από το κονίαμα στους τοίχους του ημι-υπογείου της Πρόσοψης, καθώς και στη γωνία του κτιρίου στην βορεινή πλευρά. Εντοπίζονται υλικά με διαφορετική διηλεκτρική σταθερά, γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα πως οι λιθοδομές έχουν επισκευασθεί σε μεταγενέστερη περίοδο και χρησιμοποιήθηκαν συμπαιγείς οπτόπλινθοι, αντίστοιχοι με αυτούς που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή της ανωδομής. Για την Όψη Α του κτιρίου (βάσει σχεδίων) εντοπίζονται εκτεταμένες κοιλότητες και διαχωρισμός των υλικών της λιθοδομής. Η εσωτερική υγρασία των τοίχων μετρήθηκε σε υψηλά επίπεδα ($MC > 82\%$) και διορθώθηκε η ταχύτητα διασκόπησης του γεωραντάρ προκειμένου να εκτιμηθεί σωστά το πάχος της λιθοδομής καθώς και η απόσταση από το σημείο μέτρησης της κάθε βλάβης. Χαρακτηριστικά παρατηρούμε από τις παραπάνω εικόνες στο σημείο ένωσης των τοιχοποιιών της Όψης Α και Β (γωνία του κτιρίου) μια ελαφριά αποκόλληση των λιθοσωμάτων. Από τις καταγραφές δεν προκύπτουν σημεία στα οποία να διέρχονται διαζώματα Ω/Σ.



Αντίστοιχα η παραπάνω εικόνα δείχνει εκτεταμένη αποκόλληση εσωτερικά της λιθοδομής



Οι παραπάνω εικόνες αφορούν το τμήμα της Όψης Γ στο οποίο καταγράφεται διατμητική ρηγματώση στο συνδετικό κόνιαμα της τοιχοποιίας. Η εσωτερική μορφολογία των τοιχοποιιών απο συμπαγείς οπτόπλινθους δείχνει να είναι σε καλή κατάσταση. Απο το ύψος της στέγης μέχρι και το ανώφλι του παραθύρου εκτείνεται διαγώνια ρωγμή, όπως αυτή απεικονίζεται στις παραπάνω εικόνες του Γεωραντάρ. Παρακάτω παρουσιάζεται η θέση της ρωγμής καθ' ύψος της

οπτολυσινθοδομής στη γωνία του κτιρίου όπως αυτή απεικονίζεται στην παρακάτω φωτογραφία.

6 Μέθοδοι Προσομοίωσης

Η ανάλυση ενός κτηρίου προσφέρει βαθύτερη γνώση της συμπεριφοράς του σε στατικά, δυναμικά και σεισμικά φορτία. Αποτελεί βασικό στοιχείο της διαδικασίας για την αποτίμηση και τη λήψη αποφάσεων επέμβασης. Ο ρόλος της ανάλυσης είναι ιδιαίτερα σημαντικός όταν εξετάζεται ένα διατηρητέο κτήριο ή μνημείο, καθώς επιδιώκεται να αποτιμηθεί με ακρίβεια η εναπομένουσα αντοχή του, ώστε να προκύψουν οι όσο το δυνατόν περιορισμένες σε έκταση και παρεμβατικότητα επεμβάσεις. Επισημαίνεται ότι σε ένα φορέα από φέρουσα τοιχοποιία δεν είναι εύκολο να αποτιμηθεί η απομένουσα αντοχή του, λόγω αβεβαιοτήτων που σχετίζονται μεταξύ άλλων με : (α) το ιστορικό της φόρτισης, (β) τις τροποποιήσεις στο φέροντα οργανισμό, (γ) τη μεγάλη διασπορά στις μηχανικές ιδιότητες των συστατικών της τοιχοποιίας, (δ) την αξιοπιστία των συνδέσεων των δομικών μελών και (ε) τη θεμελίωση.

Η παρούσα περίπτωση του κτιρίου περιλαμβάνει όλες τις παραπάνω αβεβαιότητες με την διαφορά πως η επιλογή των επεμβάσεων δεν είναι περιοριστική, καθώς το κτίριο δεν είναι χαρακτηρισμένο. Θα πρέπει να σημειωθεί πως η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου προσομοίωσης προσεγγίζει καλύτερα τους πιθανούς μηχανισμούς αστοχίας που συναντάμε σε κατασκευές φέρουσας τοιχοποιίας. Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά οι μορφές αστοχίας που εξετάζονται στη παρούσα μελέτη.



Η αξιοπιστία του προσομοιώματος, καθώς και της μεθόδου ανάλυσης που έχουν χρησιμοποιηθεί για την αποτίμηση ενός κτηρίου, αξιολογούνται από την επιτυχία τους να διαπιστώσουν τις βλάβες που ενδεχομένως έχουν καταγραφεί κατά την τεκμηρίωση. Ενδεικτικά ένα προσομοίωμα πεπερασμένων στοιχείων μπορεί να θεωρηθεί ως αξιόπιστο εφόσον προβλέπει συγκέντρωση των μέγιστων εφελκυστικών τάσεων στις περιοχές των ρωγμών και με διεύθυνση περίπου κάθετη στις τροχιές τους.

Με δοδόμενες τις επιμέρους αβεβαιότητες που χαρακτηρίζουν τη διαδικασία της προσομοίωσης ενός υφιστάμενου κτηρίου και ανάλογα με την σπουδαιότητα του, είναι επιθυμητό να πραγματοποιείται έλεγχος και βαθμονόμηση του προσομοιώματος, με σκοπό τη βελτίωση της αξιοπιστίας του. Οι διαφοροποιήσεις μεταξύ πραγματικότητας και προσομοίωσης μπορεί να είναι σημαντικές και να οφείλονται, μεταξύ άλλων, σε ρηγματώσεις από προηγούμενες φορτίσεις που έχουν ασκηθεί στην κατασκευή λόγω προγενέστερων σεισμών ή ωθήσεων και καθιζήσεων. Σημαντικές μεταβολές μπορούν να δώσουν και οι θερμοκρασιακές μεταβολές, η υγρασία ή και ο ταυτόχρονος συνδυασμός τους.

Οι συνηθέστερες μέθοδοι προσομοίωσης για κατασκευές από τοιχοποιία είναι:

- Μέθοδος των Πεπερασμένων Στοιχείων. Αποτελεί τη γενικότερη σε εφαρμογή μέθοδο, όσο αφορά την ακριβέστερη προσομοίωση των κατασκευών.

- II. Μέθοδος του Ισοδύναμου Πλαισίου, χρησιμοποιείται εκτεταμένα λόγω της απλότητας της, ιδιαίτερα σε μη γραμμικές αναλύσεις. Συνήθως η μέθοδος έχει ακρίβεια στις περιπτώσεις που υπάρχουν άκαμπτα διαφράγματα, διαφορετικά είναι αμφίβολη η αξιοπιστία της.
- III. Μέθοδος των Μακροστοιχείων. Η μέθοδος χρησιμοποιείται για τη μελέτη των τοπικών μηχανισμών εκτός επιπέδου. Αντίστοιχα, βασική προϋπόθεση είναι η ύπαρξη άκαμπτων ή τουλάχιστον εξασφαλισμένων διαφραγμάτων.

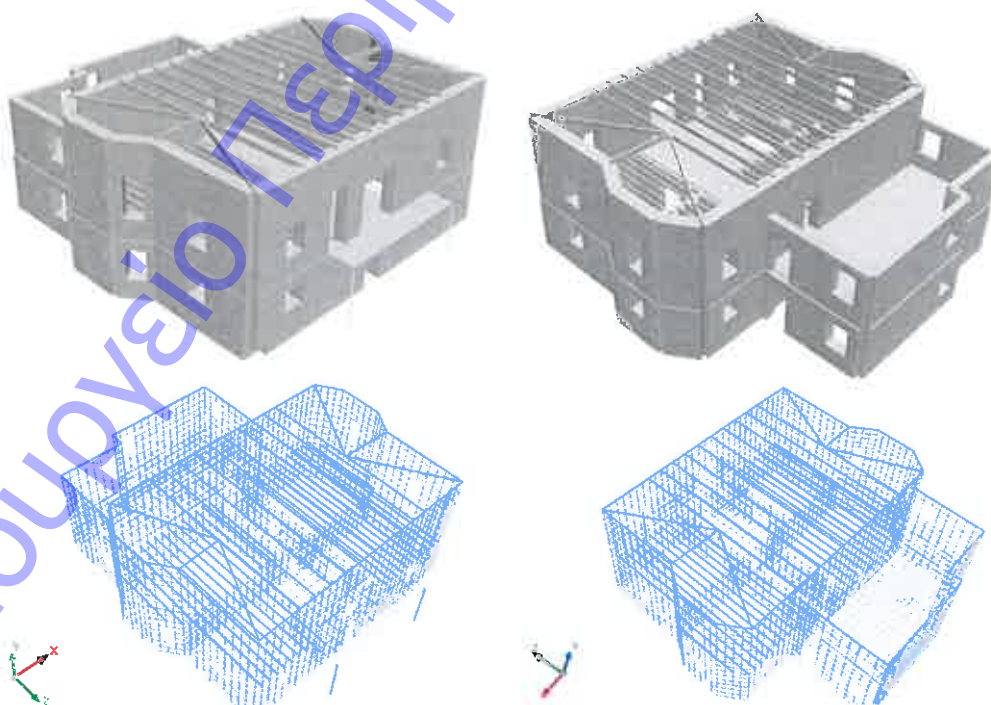
Στη παρούσα περίπτωση διενεργήθηκαν και συγκρίθηκαν μεταξύ τους και οι τρεις μέθοδοι προσομοίωσης, ως προς την ικανότητα επαλήθευσης των επιθεωρημένων βλαβών. Η ανάλυση που επαληθεύει σε μεγάλο βαθμό τις επιθεωρημένες βλάβες είναι αυτή των πεπερασμένων στοιχείων. Η ανάλυση του ισοδύναμου πλαισίου καθώς και των μακρο-στοιχείων απορρίπτονται.

6.1 Μέθοδος των Πεπερασμένων Στοιχείων .

Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων είναι η πλέον διαδεδομένη υπολογιστική διαδικασία ανάλυσης των κατασκευών, με εφαρμογές οι οποίες καλύπτουν όλο σχεδόν το φάσμα της τεχνικής μηχανικής. Η λεπτομερής ανάπτυξη της μεθόδου αποτελεί αντικείμενο εκτεταμένης βιβλιογραφίας. Συνήθεις εφαρμογές περιλαμβάνουν τη μελέτη στατικής θερμικής, δυναμικής και σεισμικής συμπεριφοράς των κατασκευών.

Ο υπολογισμός των παραμορφώσεων και των τάσεων με τις κλασσικές μεθόδους ανάλυσης επιτυγχάνεται μέσω της επίλυσης των εξισώσεων και των οριακών συνθηκών που περιγράφουν το πρόβλημα. Η χρήση των κλασσικών μεθόδων είναι απαγορευτική όταν το φυσικό σύστημα είναι περίπλοκο (όπως στην περίπτωση μας). Σε τέτοιες περιπτώσεις, την καλύτερη εναλλακτική λύση αποτελεί η χρήση της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων. Τα πεπερασμένα στοιχεία διακρίνονται σε : γραμμικά στοιχεία δοκού, δικτυώματος, επιφανειακά (στοιχεία πλάκας, κελύφους), και χωρικά (στοιχεία τριών διαστάσεων).

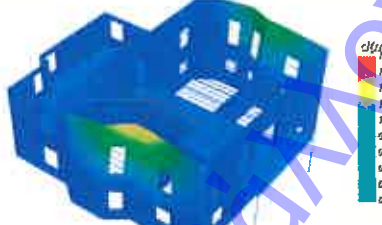
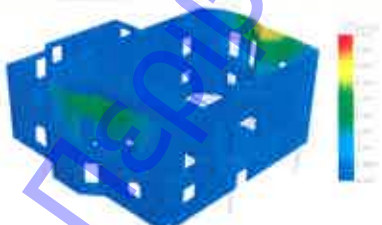
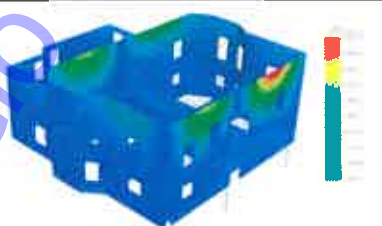
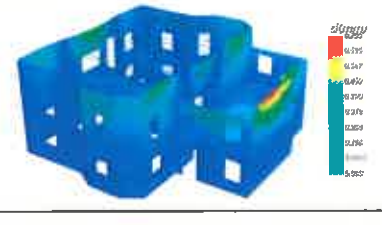
Στο πρώτο παράδειγμα προσομοιώνονται οι διαγώνιοι αμείβοντες της στέγης σε συνδυασμό με τους ελκυστήρες. Λόγω του ελεύθερου κόμβου που δημιουργείται στη τομή του διαγώνιου αμείβοντα με τον ελκυστήρα, οι πρώτες 2 ιδιομορφές λαμβάνουν τη μάζα του ελεύθερου κόμβου. Τα αποτελέσματα της ιδιομορφικής ανάλυσης παρουσιάζονται παρακάτω καθώς και οι κρίσιμες ιδιομορφές που δίνουν τις μεγαλύτερες ενεργοποιούμενες μάζες ανα διεύθυνση.

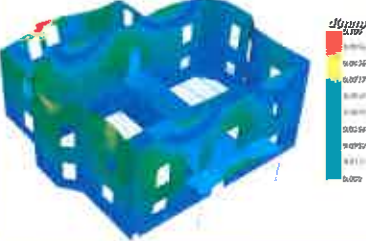


Προσομοίωση φορέα με συνεκτίμηση της επιρροής του διαγώνιου αμείβοντα

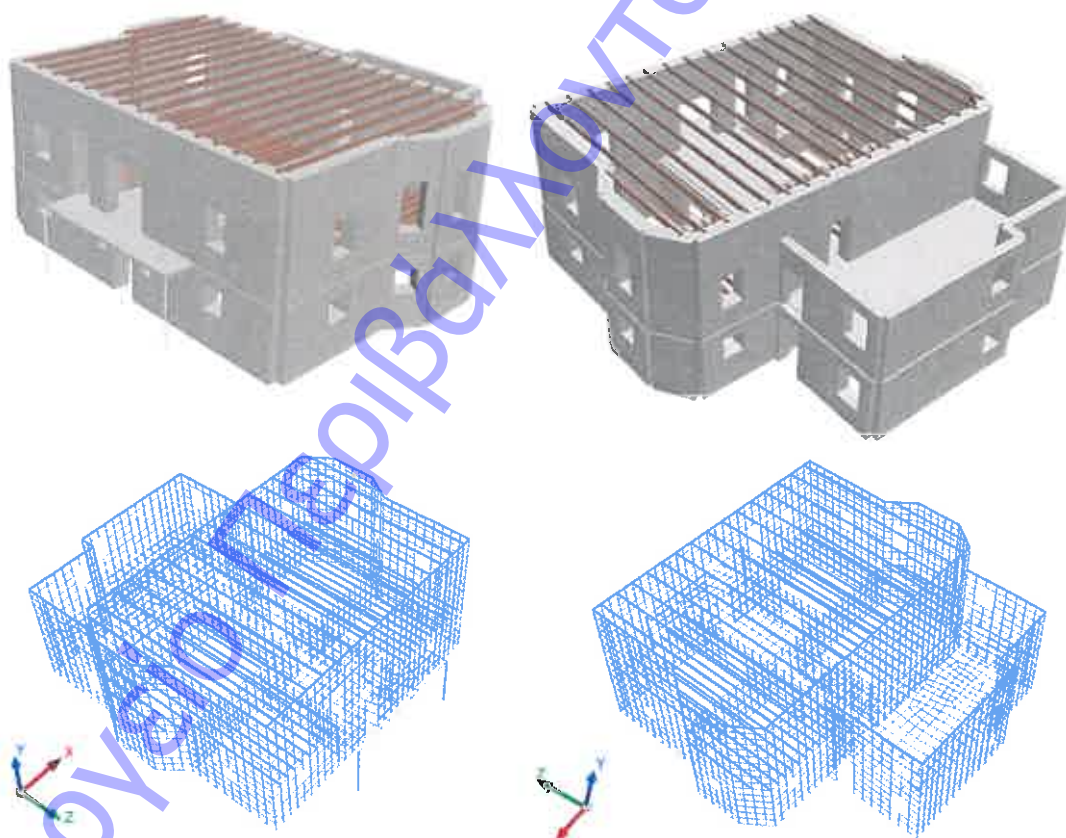
Ο φορέας του κτηρίου διακριτοποιήθηκε με επιφανειακά τρισδιάστατα πεπερασμένα στοιχεία τύπου plate. Η επιλογή των πλεγμάτων προσομοίωσης αντιστοιχεί για κάθε τοίχο και μηχανικές ιδιότητες υλικών.

Το μειονέκτημα της μεθόδου των Πεπερασμένων Στοιχείων κατά την ιδιομορφική ανάλυση, είναι η αδυναμία της να συγκεντρώνει τα ποσοστά των απαιτούμενων μαζών διέγερσης, ώστε να εκτιμηθεί η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος του κτηρίου σε κάθε άξονα. Το μειονέκτημα βασίζεται στην κατανομή των μαζών καθ' ύψος και όχι στον κόμβο του διαφράγματος, με αποτέλεσμα να απαιτείται αριθμός ιδιομορφών που ξεπερνούν και τις 100, ώστε να συγκεντρωθεί το συνολικό απαιτούμενο ποσοστό ενεργοποιούμενης μάζας ανα άξονα. Για παράδειγμα, το συγκριμένο κτήριο βάσει της ιδιομορφικής ανάλυσης, δεν μπορεί να κάνει διάκριση της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου:

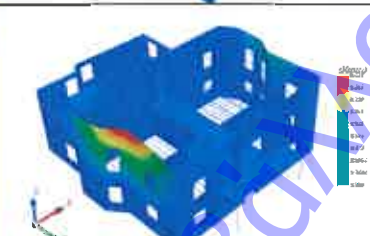
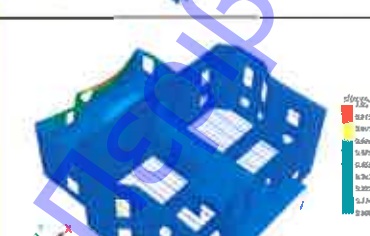
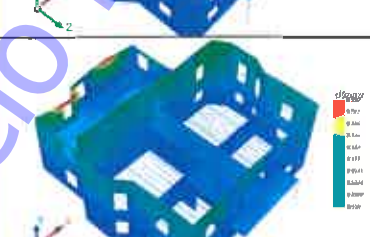
Ιδιομορφές	Απεικόνιση παραμόρφωσης	Ποσοστό ενεργοποιούμενης μάζας	
		%X	%Y
3 ^η		0.01	21.06
4 ^η		12.80	0.00
5 ^η		0.52	0.33
6 ^η		0.23	0.51
8 ^η		0.09	12.89

19 ^η		11.20	1.91
27 ^η		0.08	16.52

Η επόμενη ανάλυση διαφοροποιείται μόνο στο κομμάτι της τοποθέτησης των ελκυστήρων χωρίς την προσομοίωση των διαγωνίων αμειβόντων. Η τροποποίηση αυτή βελτιώνει τα δυναμικά χαρακτηριστικά του μοντέλου, χωρίς να λαμβάνει φυσικά την επιρροή του διαγώνιου αμειβόντα.

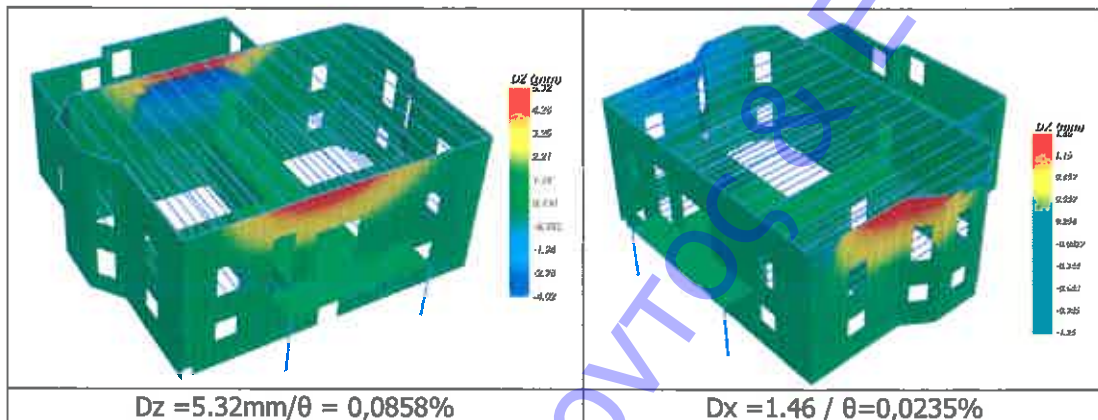


Προσομοίωση φορέα με συνεκτίμηση των ελκυστήρων της στέγης, χωρίς επιρροή από τους διαγωνίους αμειβόντες.

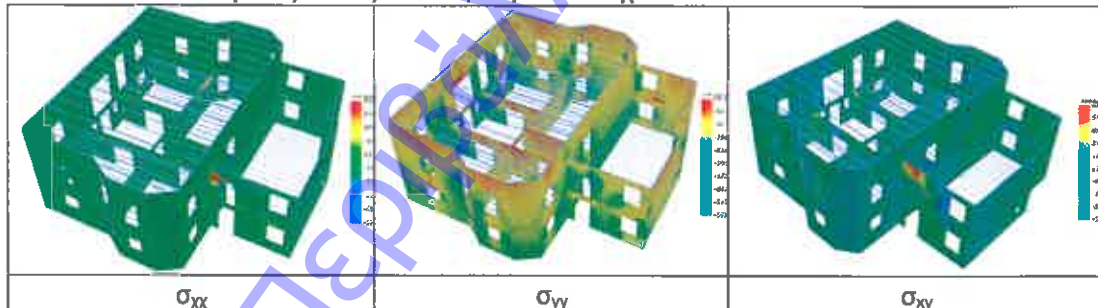
Ιδιομορφές	Απεικόνιση παραμόρφωσης	Ποσοστό ενεργοποιούμενης μάζας	
		%X	%Y
1 ^η		0	19.49
2 ^η		0.01	0.32
3 ^η		9.67	0.33
4 ^η		3.86	0.93
6 ^η		0.29	7.71
12 ^η		12.53	0.23
13 ^η		14.92	1.77

Όπως ήταν αναμενόμενο ο προσδιορισμός της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου δεν είναι εφικτό, καθώς οι ενεργοποιήσεις των μαζών δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Για τον λόγο αυτό και με την προϋπόθεση ότι ισχύει η διαφραγματική λειτουργία στο ύψος της στέγης, διενεργήθηκε με ισοδύναμη στατική ανάλυση, με σκοπό τον προσδιορισμό των θεμελιωδών ιδιοπεριόδων του κτιρίου ανα διεύθυνση.

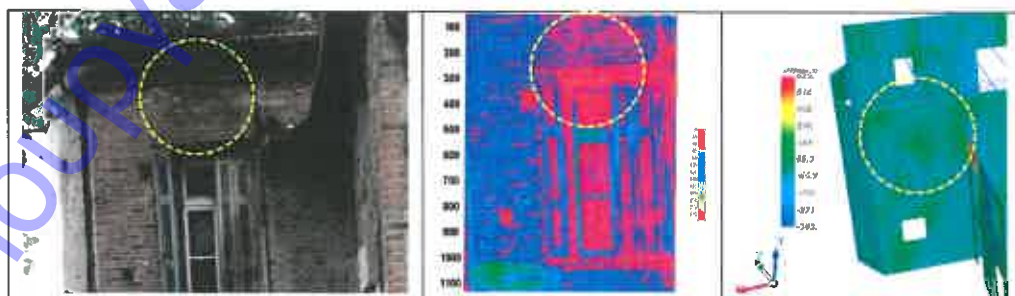
Η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος του ενισχυόμενου κτηρίου κατα Χ και Υ υπολογίζεται βάσει του εμπειρικού τύπου, και προκύπτει: $T_{X,Y} = 0.3930 \text{ sec}$. Για απόσβεση 5%, η επιτάχυνση στην οροφή του κτιρίου είναι $S_e = 0.24 \times 2.5 \times 1.15 = 0.69g$. Η σχετική μετακίνηση του κτιρίου σε σχέση με τη βάση του είναι: $0.69 \times T_{X,Y}^2 / 4\pi^2 = 0.69 \times 0.3930^2 / (4 \times 3.14^2) = 0.0027m$. Για κτίρια τύπου URM ύψους 6.20m, το σχετικό drift είναι $\theta = 0.0027 / 6.20 = 0.0435\%$ (δεν εκτιμάται καμία βλάβη στο υφιστάμενο κτίριο με την προσεγγιστική μέθοδο). Αντίστοιχα οι μετακινήσεις που προκύπτουν από την αναλυτική προσομοίωση είναι:



6.1.1 Αναπτυσσόμενες τάσεις – Πεπερασμένα Στοιχεία.

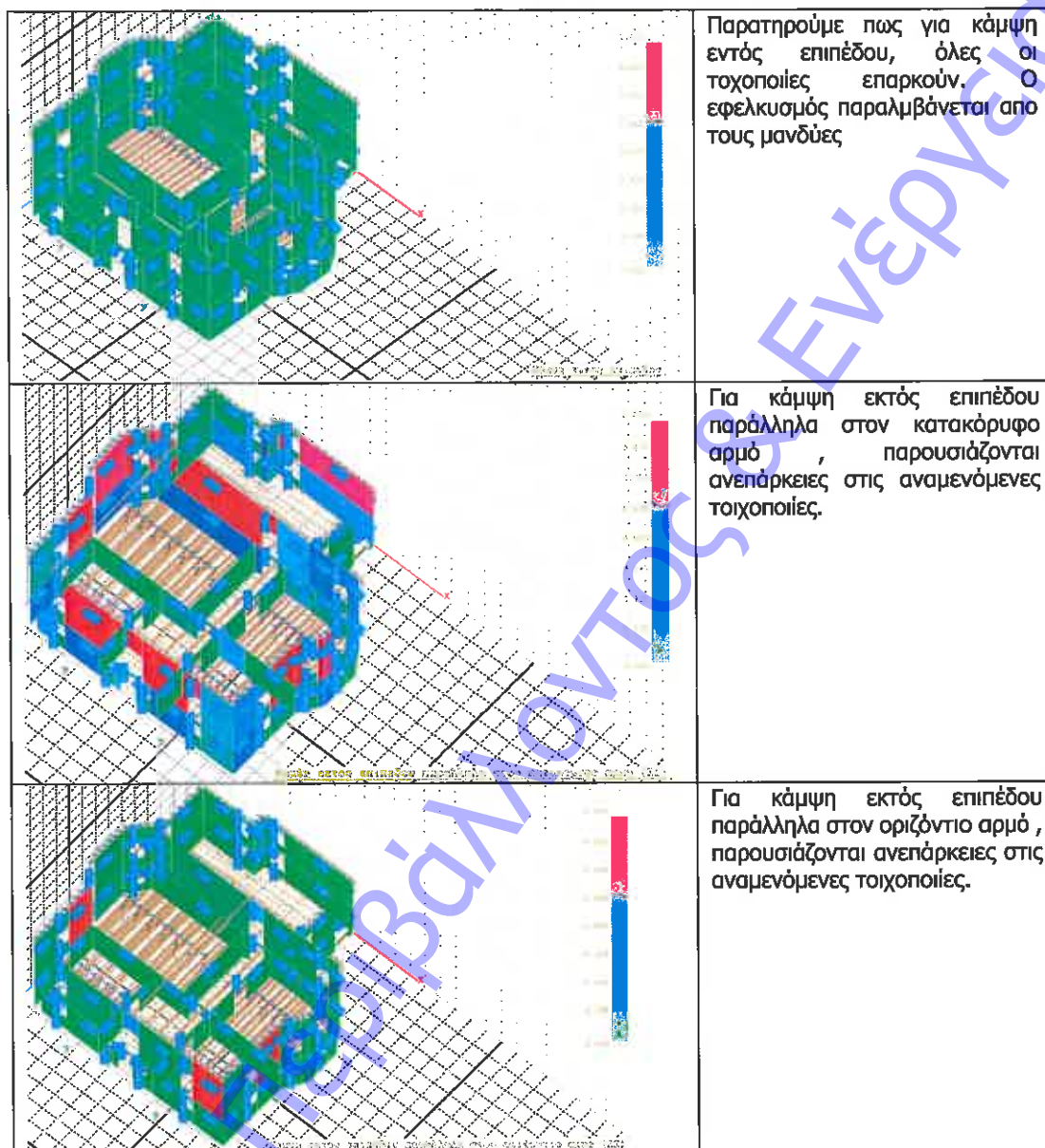


Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των πεπερασμένων στοιχείων με τις υφιστάμενες βλάβες, παρατηρούμε ταύτιση των σημείων με τις προκληθείσες βλάβες που έχουν καταγραφεί σε σχέση με τις αναπτυσσόμενες τάσεις που προκύπτουν από τα αναλυτικά μοντέλα. Ενδεικτικά παρουσιάζονται τα σημεία ενδιαφέροντος:



Η επιλογή του μοντέλου δείχνει να είναι σε ακολουθία με τις υφιστάμενες βλάβες του φορέα.

Στην επόμενη εικόνα γίνεται παρουσίαση των συντελεστών εξάντλησης των τοιχοποιιών για τα εντατικά ελέγχου που προέκυψαν από την δυναμική ιδιομορφική ανάλυση.

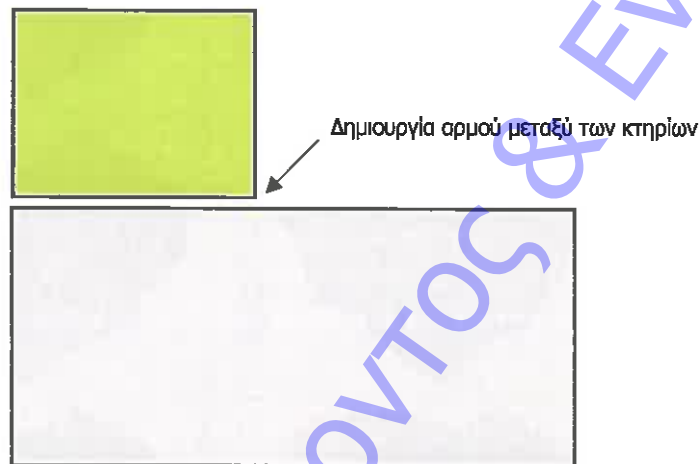


7 Ενισχύσεις.

Απο την ανάλυση και τον έλεγχο του υφιστάμενου κτιρίου για Στάθμη επιτελεστικότητας Β , δεν απαιτούνται εκτεταμένες παρεμβάσεις, ενώ για Στάθμη Επιτελεστικότητας Α, υπάρχει η ανάγκη περιορισμού των βλαβών, με αποτέλεσμα ο αριθμός των παρεμβάσεων στις τοιχοποιίες να είναι μεγαλύτερος. Η αρχική ιδέα ήταν η εφαρμογή περιορισμένων επεμβάσεων στο κτίριο με εξασφάλιση της διαφραγματικής λειτουργία στο ύψος της στέγης και παρεμβάσεις με εξωτερικούς ελκυστήρες για την ενίσχυση των τοιχοποιιών σε εκτός επιπέδου αστοχίες. Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί πως τέτοιες παρεμβάσεις προϋποθέτουν την σωστή αναβάθμιση των μηχανικών ιδιοτήτων των τοιχοποιιών, έτσι ώστε να μπορούν να εκτιμηθούν σε μια λογική οι ιδιότητες τους. Η προσομοίωση του κτιρίου έγινε αφενός με την παραδοχή της πλήρους εξασφάλισης των συνδέσεων των εγκάρσιων συνδέσεων των τοιχοποιιών και αφετέρου την μικρή διασπορά των μηχανικών ιδιοτήτων των υλικών της τοιχοποιίας. Οι παραδοχές αυτές , όπως αποδεικνύεται από τα ευρήματα των επιτόπου ελέγχων σε συνδυασμό με τις αστοχίες

που παρουσιάζονται σε συγκεκριμένους τοίχους, οδήγησε στην ανάπτυξη 3 σεναρίων ενίσχυσης του κτιρίου:

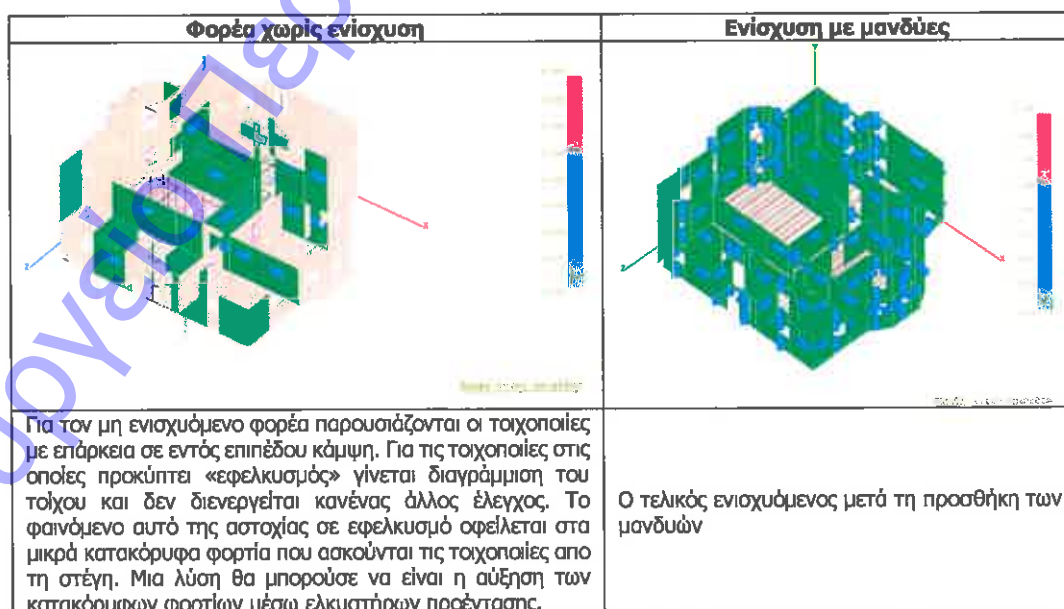
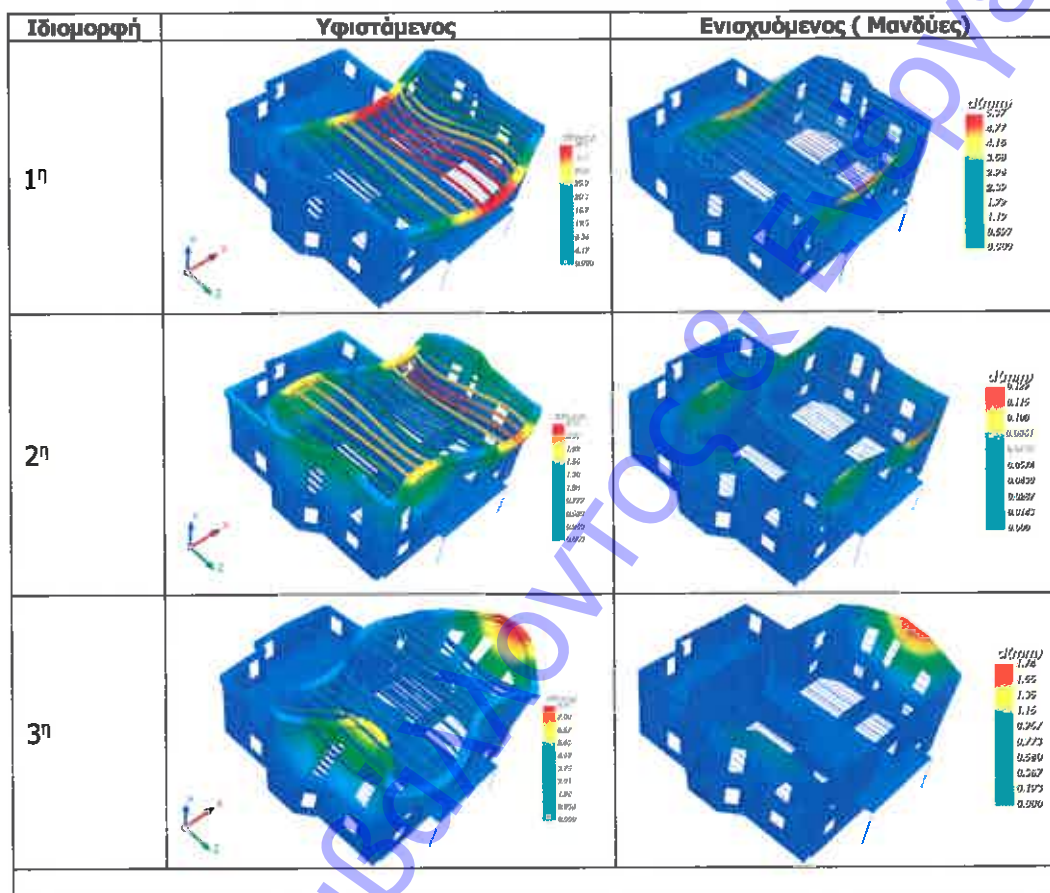
1. Η λιγότερο παρεμβατική μέθοδος αφορά την δημιουργία αρμού ανάμεσα στο χαμηλό κτίριο ύψους 4.90m του ψηλότερου τμήματος του κτιρίου 6,20m. Η λύση αυτή βελτιώνει ουσιαστικά τη γεωμετρία σε κάτομη , με αποτέλεσμα οι σεισμικές δυνάμεις που ασκούνται σε αυτό να έχουν μια ομοιομορφία. Ωστόσο, το βασικό πρόβλημα που αντιμετωπίζαμε κατασκευαστικά, είναι η ύπαρξη πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος η οποία συνδέει ουσιαστικά τα 2 κτίρια στην στάθμη της οροφής του ημι-υπογείου. Για την δημιουργία του αρμού θα έπρεπε να γίνει αδιατάραχτη κοπή της πλάκας στο σημείο του αρμού και αντίστοιχη τροποποίηση των στηρίξεων και οπλισμών.

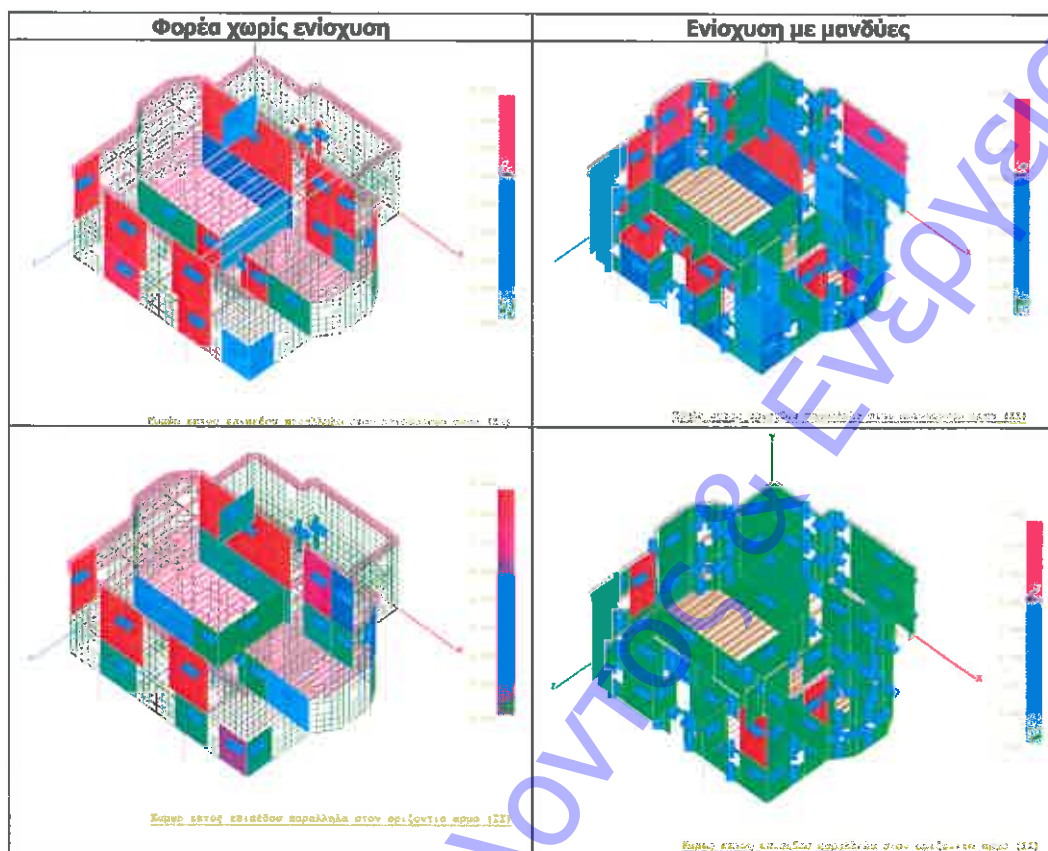


2. Το μειονέκτημα του κτιρίου είναι η απουσία εγκάρσιων φερουσών τοιχοποιιών , οι οποίες λειτουργούν ως αντηρίδες στις εκτεταμένες τοιχοποιίες των περιμετρικών όψεων. Ουσιαστικά το κτίριο που λειτουργεί ως φέρουσα τοιχοποιία έχει διαστάσεις σε ορθογωνική κάτοψη ίσες με 12.10m X 9.10m περίπου. Το άνοιγμα των 12.10 μέτρων θα μπορούσε να εξασφαλιστεί σε εκτός επιπέδου ανατροπή με την προσθήκη ελκυστήρων περιμετρικά και με την εφαρμογή μια μικρή προέντασης στο 20% της εφελκυστικής αντοχής του ελκυστήρα. Στην περίπτωση που οι τοιχοποιίες της λιθοδομής εκτείνονταν καθ' ύψος εξολοκλήρου στο κτήριο, τότε θα μπορούσε να είχε επιλεχθεί η παρέμβαση αυτή. Αξιοσημείωτο είναι πως η μεταβολή του τρόπου δόμησης , ειδικά με προσθήκη συμπαγών πλίνθων , δημιουργεί μεταβολές το τασικό πεδίο που αναπτύσσεται στις διεπιφάνειες αυτών. Η λειτουργία τους σε εκτός επιπέδου αστοχίες είναι αμφίβολη , ακόμη και αν από την ανάλυση προκύπτουν επάρκειας για κάποια τμήματα τοιχοποιιών.
3. Η στέγη εδράζεται απευθείας στις τοιχοποιίες μέσω ξύλινου περιμετρικού στρωτήρα. Για την εξασφάλιση της διαφραγματικής λειτουργία του κτιρίου απαιτείται η κατασκευή ισχυρού οριζοντίου διαζώματος. Σε συνδυασμό με τις τοπικές θλιπτικές καταπονήσεις που δέχεται η τοιχοποιία στα σημεία στήριξης των ελκυστήρων και των αμειβόντων, η ύπαρξη διαζώματος από σκυρόδεμα θα ήταν ιδανική. Με βάση του ότι η στέγη θα αντικατασταθεί από νέα, δημιουργήθηκε η ανάγκη κατασκευής οριζόντιου διαζώματος περιμετρικά των τοιχοποιιών από οπλισμένο σκυρόδεμα.
4. Το πάχος των τοιχοποιιών του χαμηλού κτιρίου είναι σχετικά μικρό (25cm).
5. Τα φορτία που παραλαμβάνει η τοιχοποιία από τη στέγη είναι μικρά, με αποτέλεσμα η διατμητική αντοχή των τοιχοποιιών του ορόφου να εμφανίζει μικρότερη αντοχή σε εφελκυσμό.

Σύγκριση ιδιομορφών υφιστάμενου φορέα – ενισχυόμενου:

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζεται η βελτίωση του φορέα στα δυναμικά χαρακτηριστικά του – μετακινήσεις, θεωρώντας στη πρώτη περίπτωση πως έχουν γίνει οι αντικαταστάσεις των δαπέδων, της στέγης και η κατασκευή του οριζοντίου διαζώματος στο ύψος της στέγης.





Η λύση της εξωτερικής μερικής προέντασης μέσω ελκυστήρων οριζόντια και κατακόρυφα, απορρίφθηκε αφενός λόγω των παρεμβάσεων στο κέλυφος του κτιρίου που απαιτείται για την ενεργειακή αναβάθμιση του με την προσθήκη εξωτερικής θερμοπρόσοψης και αφετέρου για την αυξημένη απαίτηση εξειδίκευσης στην εργασία αυτή.

Καταλήγουμε λοιπόν, ως βέλτιστο σενάριο ενίσχυσης, αυτό της εφαρμογής δίπλευρων μανδύων εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Περισσότερες λεπτομέρειες παρουσιάζονται στις παρακάτω εικόνες:



7.1 Περιγραφή ενισχύσεων και λεπτομέρειες.

Οι τοιχοποιίες ενισχύονται με δίπλευρους μανδύες 5cm και εσχάρα οπλισμών από Ø8/20 έως και Ø10/10 – βλ' λεπτομέρειες ενίσχυσης. Τα υφιστάμενα ξύλινα δάπεδα θα αντικατασταθούν με νέα και διατομές δοκών 80Χ220. Η αύξηση των κινητών φορτίων λόγω αλλαγής χρήσης οδήγησε σε αυξημένες απαιτήσεις ξύλινων διατομών.

7.1.1 Ξύλινα δάπεδα.

Σε όλα τα ξύλινα δάπεδα τοποθετούνται δοκοί 80X220 ανά 45 cm c/c. Τα φορτία που έχουν ληφθεί για την διαστασιολόγηση των ξύλινων δαπέδων παρουσιάζονται παρακάτω:

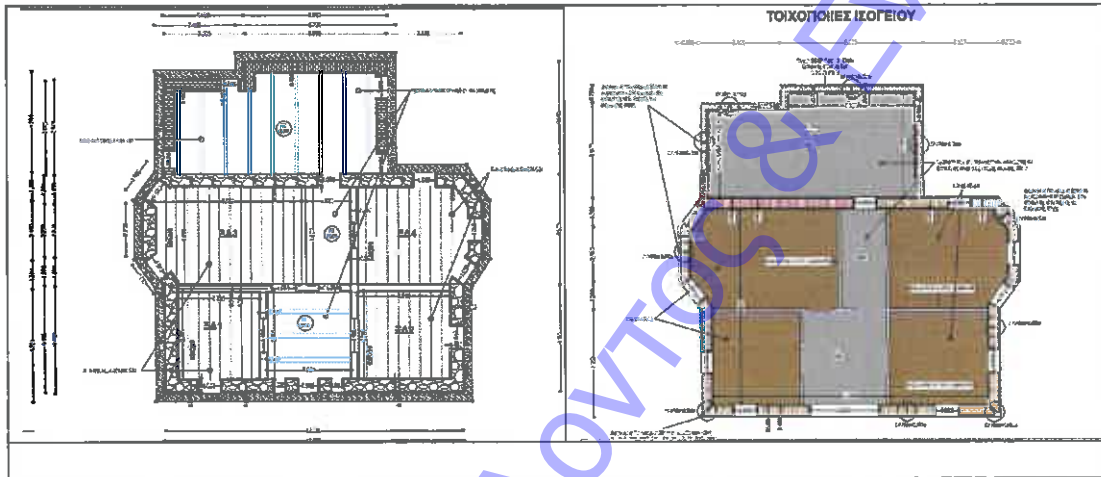
Επικάλυψη Δπέδου: 0.5 KN/m²

Ίδιο βάρος και μόνωση: 0.2 KN/m²

Οροφή κατω επιφανείας: 0.3 KN/m²

Κινητό Φορτίο (χώρος συνάθροισης): 3KN/m²

Αποστάσεις δοκών 80X200:45cm

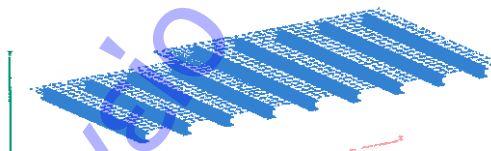


7.1.2 Δάπεδα οπλισμένου σκυροδέματος.

Τα υφιστάμενα δάπεδα απο οπλισμένο σκυροδέμα έχουν μέσο πάχος 12cm και στηρίζονται στις περιμετρικές τοιχοποιίες που διαμορφώνουν του χώρους. Απο την ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία υπάρχει απαίτηση πρόσθετου εφελκυσμένου οπλισμού, πέρα απο τον υφιστάμενο Ø8/20-30. Η ενίσχυση των πλακών γίνεται με προσθήκη μεταλλικών δοκών στη κάτω παρειά της πλάκας (HEA 180) τα οποία βλητρώνονται με διαμπερείς κοχλίες M10 8.8 2 σε κάθε σημείο ανά 40cm. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται παρακάτω:

Μόνιμο φορτίο πλακών: 1.5KN/m² + ίδιο βάρος

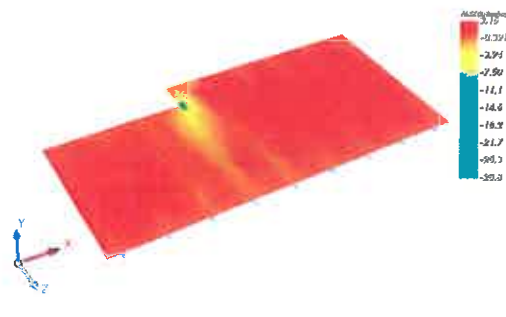
Κινητό φορτίο: 3KN/m²



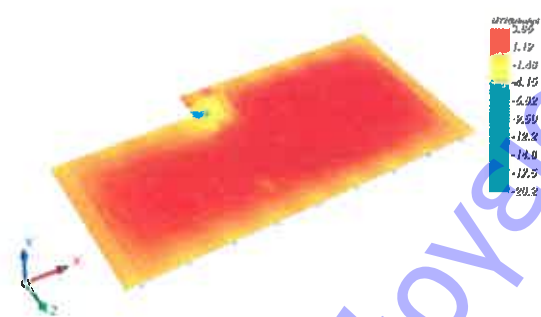
Μοντελοποίηση ενισχυμένου δαπέδου



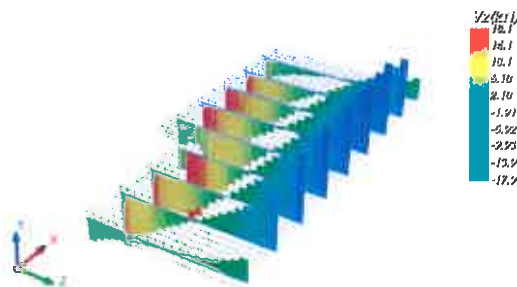
Τρισδιάστατο μοντέλο



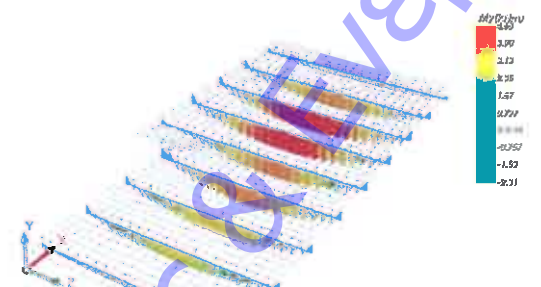
Ροπές πλάκας XX''



Ροπές πλάκας YY''



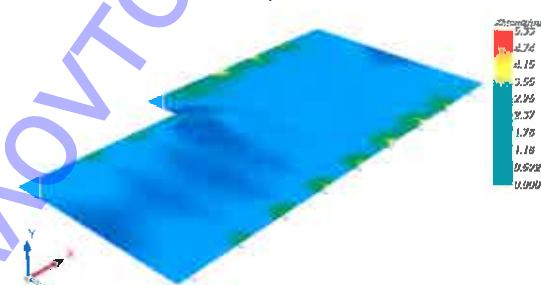
Τέμνουσες δοκών



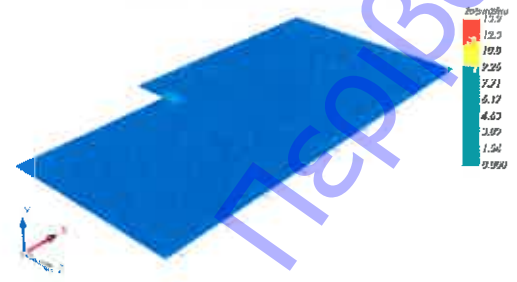
Ροπές δοκών



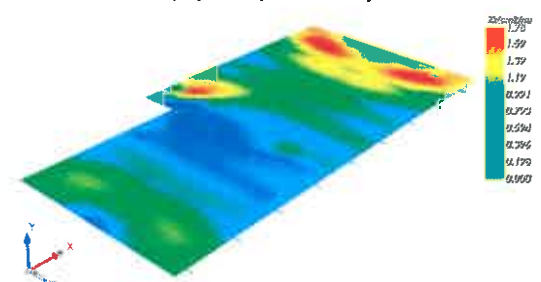
Απαίτηση οπλισμών πλάκας X άνω



Απαίτηση οπλισμών πλάκας X κάτω

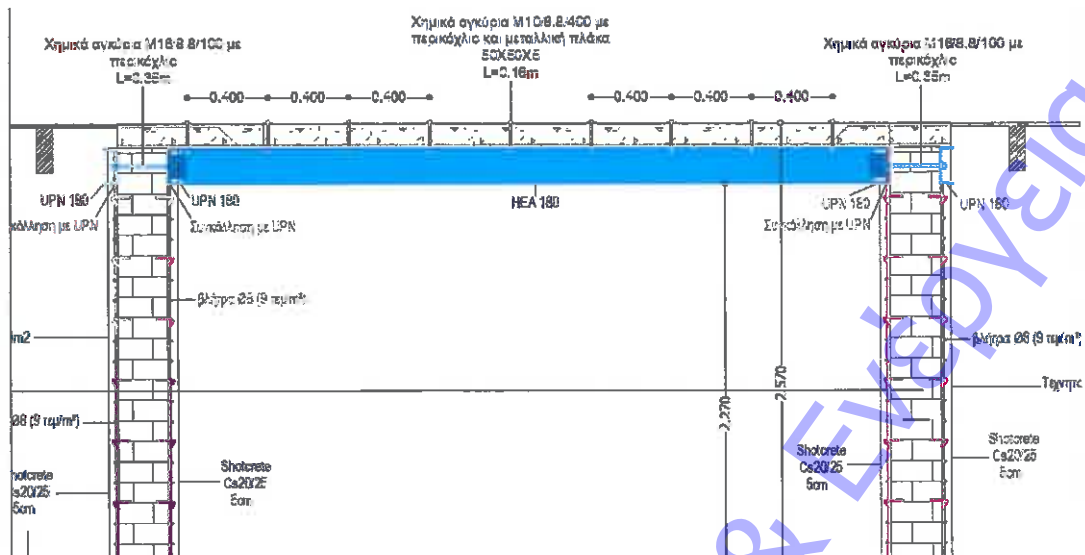


Απαίτηση οπλισμών πλάκας Z άνω

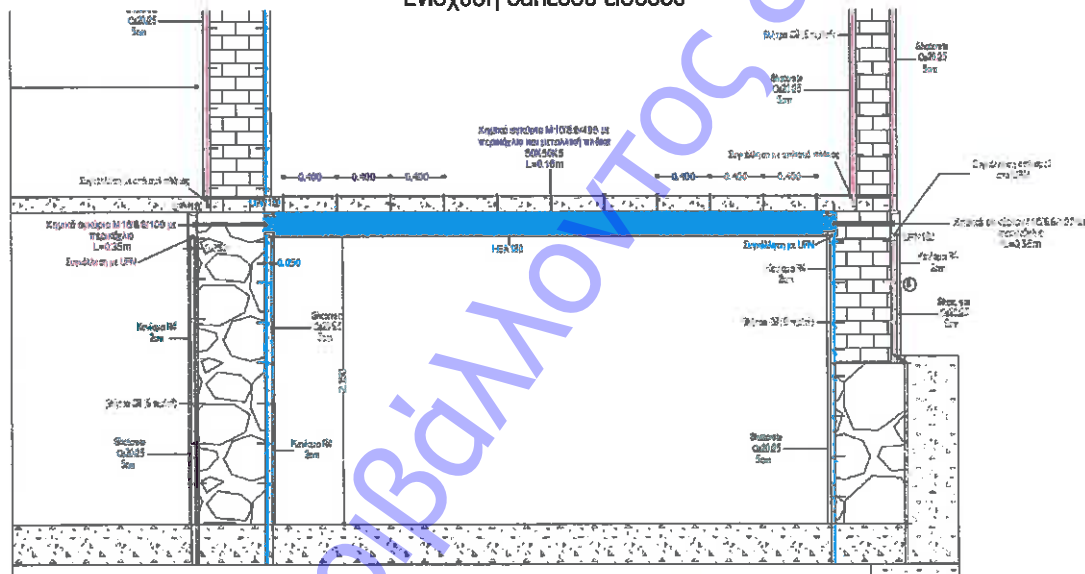


Απαίτηση οπλισμών πλάκας Z κάτω

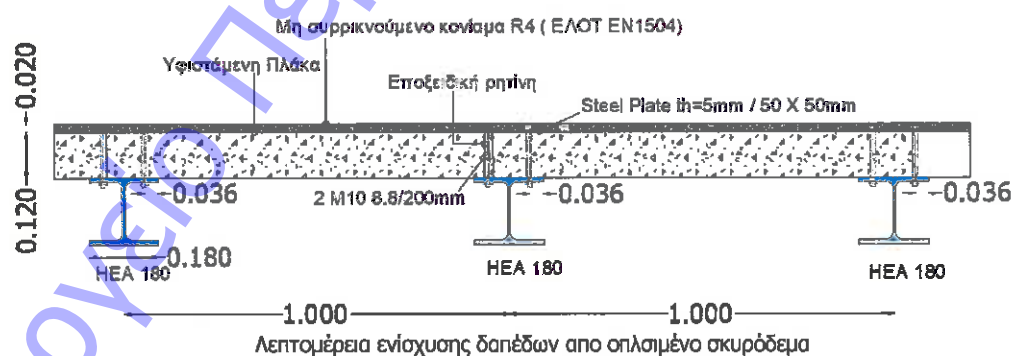
Η στήριξη των μεταλλικών δοκών γίνεται με σύνδεση τέμνουσας σε UPV 180. Για την διαμόρφωση ενδιάμεσου διαζώματος, κατασκευάζεται στη τοιχοποιία πρόσθετο μεταλλικό διάζωμα με 2 UPN 180 τοποθετημένα σε κάθε πλευρά της τοιχοποιίας και συνδεδεμένα με κοχλίες M16 κάθε 100cm. Η λεπτομέρεια τοποθέτησης και στήριξης των μεταλλικών δοκών των δαπέδων απο ο/σ παρουσιάζεται παρακάτω:



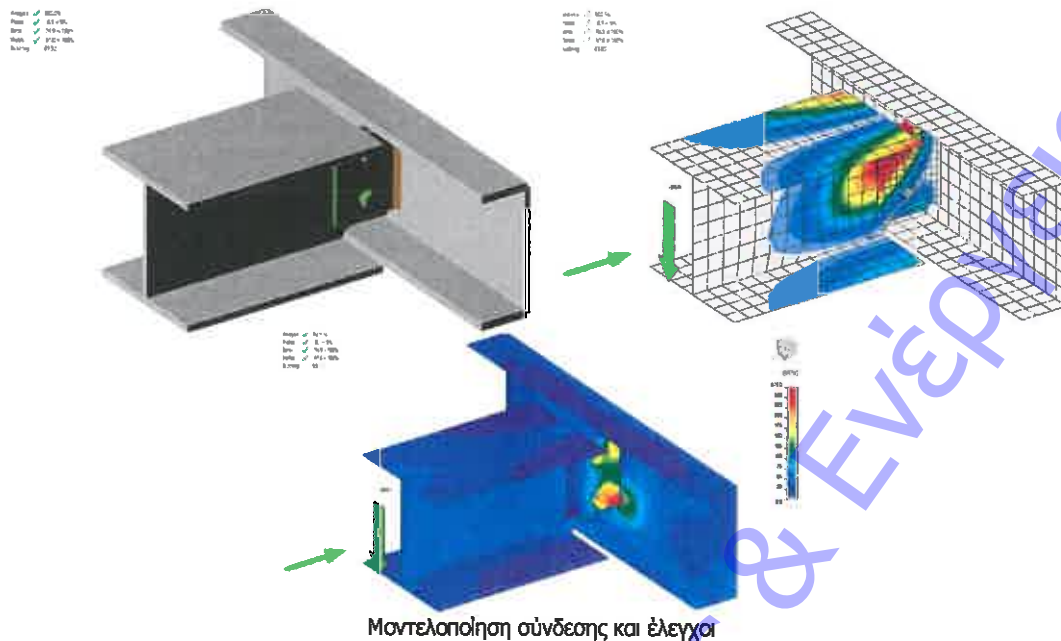
Ενίσχυση δαπέδου εισόδου



Ενίσχυση δαπέδου χαμηλού κτιρίου



Λεπτομέρεια ενίσχυσης δαπέδων από οπλισμένο σκυρόδεμα



7.1.3 Τοιχοποιίες.

Η ενίσχυση των τοιχοποιιών γίνεται με αφιπλευρους μανδύες εκτοξευόμενου σκυροδέματος Cs20 και οπισμους πλεγμάτων από Ø8/20 και Ø10/10, ανάλογα την τοιχοποιία που ενισχύεται. Οι λεπτομέρειες της ενίσχυσης κάθε τοιχοποιίας παρουσιάζεται στα τελικά σχέδια ενίσχυσης.

7.1.3.1 Shotcrete

Η επιλογή του τύπου του εκτοξευόμενου σκυροδέματος θα γίνει επιτόπου σε συνεργασία με την Τεχνική Υπηρεσία του Δήμου Λαρισαίων και του εργολάβου. Οι διαθέσιμες μέθοδοι είναι η ξηρή και υγρή ανάμιξη.

Η ξηρή διαδικασία εκτοξευόμενου σκυροδέματος είναι μία διαδικασία, όπου προκαθορισμένες ποσότητες τσιμέντου, αδρανών, αναμιγνύονται και στη συνέχεια τροφοδοτούνται στο μηχάνημα, γνωστό ως "όπλο", χωρίς όμως να χορηγείται νερό σ' αυτό το στάδιο. Το "όπλο" τότε μετρά τα ξηρά υλικά και πεπιεσμένος αέρας καλύπτει το μίγμα και μεταβιβάζεται στο ακροφύσιο. Στο ακροφύσιο μια ποσότητα νερού με σπρέι προστίθεται στη ποσότητα του υλικού. Η ποσότητα αυτού του υλικού είναι ανεπαρκής για να ενυδατωθεί το μίγμα και παρέχει συνοχή σ' αυτό, έτσι ώστε να μπορεί το μίγμα να εκτοξευτεί με μεγάλη ταχύτητα στη ζητούμενη επιφάνεια. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι να σχηματίζεται στη διαστρωμένη επιφάνεια το απαιτούμενο σκυρόδεμα.

Στην υγρή διαδικασία, προκαθορισμένη ποσότητα τσιμέντου, αδρανών και νερού, αναμιγνύεται και φορτώνεται στο μηχανισμό εξοπλισμού π.χ. αντλία ή "όπλο", (W. B. Long, 1987). Υπάρχουν δύο τύποι εξοπλισμού για την υγρή διαδικασία. Ο ένας από αυτούς είναι γνωστός ως αεραγωγός, γιατί το μίγμα υπό πεπιεσμένου αέρα, εκτοξεύεται από το ακροφύσιο και διαστρώνεται στη ζητούμενη επιφάνεια. Η συγκεκριμένη μεθοδολογία συνδυάζει τη ξηρή και τη υγρή διαδικασία. Ο άλλος τύπος ονομάζεται υδραυλικός γιατί το ενυδατωμένο σκυρόδεμα τοποθετείται σε αντλία σκυροδέματος και αντλούμενο πηγαίνει στο ακροφύσιο, (S. A. Austin, 1995).

		ΞΗΡΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΥΓΡΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ
1	Εργατόζιο και εξοπλισμός	Χαμηλό συνολικό κόστος και απλή σχετική διατήρηση	Μειωμένη τριβή στην αντλία και στο ακροφύσιο. Χαμηλή κατανάλωση αέρα. Πιθανή χρήση ρομπότ για τον ψεκασμό σκυροδέματος
2	Ανάμιξη	Μικρές ποσότητες αναμειγνύονται επί τόπου. Προαναμειγμένα συστατικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν που όμως δεν είναι συμβατό με την υγρασία και δεν περιέχουν ειδικές προσιζεις.	Μπορεί να χρησιμοποιηθούν προαναμειγμένα συστατικά. Ενυδατωμένα συστατικά είναι αποδεκτά
3	Αποτέλεσμα	Μέχρι 5 m ³ /hr	Μέχρι 10 m ³ /hr με χειροκίνητη χρήση. Μέχρι 20 m ³ /hr με ρομποτική χρήση
4	Ταχύτητα πρόσκρουσης	Υψηλή – καλή προσκόλληση και εύκολη χρήση σε σωρούμενες επιφάνειες.	
5	Αναπήδηση	15-50% για ταίχους και σροφές. Η απώλεια τραχειών αδρανών προκαλεί μείωση αντοχής	Μπορεί να είναι 10% μικρότερη
6	Πρόσθετα	Επιταχυντές σε σκόνη προστίθενται στο μίγμα ή σε υγρή σκόνη στο ακροφύσιο. Έλεγχος ενυδάτωσης μπορεί να γίνεται σε προαναμειγμένα ξηρά συστατικά με τρόπο παρόμοιο με εκείνο που χρησιμοποιείται στην υγρή διαδικασία	Συνήθως υγρός επιταχυντής προστίθεται στο ακροφύσιο. Ο έλεγχος ενυδάτωσης παρατείνει τη χρήση του υλικού μέχρι την στιγμή που ο ανεργοποιητής εισάγεται στο ακροφύσιο.
7	Σκόνη	Τα πιθανά προβλήματα ξεπερνιούνται με τη χρήση υγρών επιταχυντών και με τη διαβροχή των συστατικών	Γενικά δεν δημιουργείται σκόνη. Καλύτερη ορατότητα. Αποφεύγονται τα επίπεδα σκόνης που μπορούν να δημιουργηθούν

Οι αναλογίες του μίγματος σε κάθε περίπτωση παρουσιάζονται παρακάτω:

Ξηρό μίγμα εκτοξευόμενου 0-8 mm	Υγρό μίγμα εκτοξευόμενου 0-8 mm
Τσιμέντο 280 kg Ιπτάμενη τέφρα 20 kg 0 – 4 mm με 4 % περιεχόμενη υγρασία 55 % περίπου 680 kg 4 – 8 mm με 2 % περιεχόμενη υγρασία 45 % περίπου 560 kg Ξηρό μίγμα με υγρασία αδρανών m3 * περίπου 1540 kg *πρέπει να εξακριβωθεί Περιεχόμενο τσιμέντο Για 1000 lt ξηρού μίγματος, 280 kg τσιμέντο προστίθενται σε 800 lt αδρανών Για 1250 lt ξηρού μίγματος, 350 kg τσιμέντο προστίθενται σε 1000 lt αδρανών Απόδοση εκτοξευόμενου από 1 m3 ξηρού μίγματος στην επιφάνεια Επιταχυντής (αναπήδηση 16-20%) 0,58-0,61 m³ Περιεχόμενο τσιμέντο στο εκτοξευόμενο περίπου 450-460 kg/ m³	Τσιμέντο 425 kg 135 lt Ιπτάμενη τέφρα 20 kg 9 lt ρευστοποιητής 1.2 % Επιβραδυντής ενυδάτωσης 0.3 % Αδρανής: 0 – 4 mm με 4 % περιεχόμενη υγρασία 60 % 967 kg 358 lt 4 – 8 mm με 2 % περιεχόμενη υγρασία 40 % 791 kg 293 lt Προστιθέμενο νερό (W/C = 0.47) 155 kg 155 lt Κενά αέρα (4.5 %) 45 lt Εκτοξευόμενο 1000 lt Πυκνότητα ανά m3 2398 kg 1 m3 υγρού μίγματος εκτοξευόμενου στην επιφάνεια Επιταχυντής (αναπήδηση 6-10%) 0,90-0,94 m³ Περιεχόμενο τσιμέντο περίπου 450-470 kg/ m³

Κατηγορία αντοχής	Cs 20	Cs 25	Cs 30	Cs 35	Cs 40	Cs 45	Cs 50	Cs 55
Χαρακτηριστική Αντοχή (Mpa) Κύβου (15x15x15cm (fck))	20	25	30	35	40	45	50	55

7.2 Εφαρμογή Ενεμάτων (Ομογενοποίηση Λιθοδομής)

Η τεχνική της ομογενοποίησης με ενέματα πραγματοποιείται με την εισπίεση ενεμάτων στο εσωτερικό των κενών της τοιχοποιίας με στόχο τη βελτίωση των μηχανικών της χαρακτηριστικών. Δεδομένου πως στις υφιστάμενες τοιχοποιίες έχουν προηγηθεί αρκετές παρεμβάσεις με διαφορετικά υλικά, η εφαρμογή ενεμάτων θα βελτιώσει σε μεγάλο βαθμό τα μηχανικά χαρακτηριστικά των υβριδικών τμημάτων της. Η τεχνική προτείνεται για τοιχοποιίες οι με ρηγματώσεων στο εσωτερικό τους. Ο σκοπός της επέμβασης είναι να μειωθεί όσο το δυνατόν περισσότερο το ποσοστό των κενών και να ενισχυθεί η σύνδεση μεταξύ των λιθοσωμάτων. Η επέμβαση βελτιώνει τα μηχανικά χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας όσο αφορά την αντοχή και τη δυσκαμψία. Η καθοριστικές ιδιότητες για τη βελτίωση των μηχανικών χαρακτηριστικών της τοιχοποιίας είναι κυρίως: (I) η εφελκυστική αντοχή του ενέματος και (II) η συνάφεια μεταξύ του ενέματος και των υφιστάμενων υλικών. Η ομογενοποίηση δεν τροποποιεί τη μορφολογία και την αισθητική της κατασκευής, επιτρέποντας την εφαρμογή της σε μνημεία και διατηρητέα κτήρια, με την προϋπόθεση της χρήσης ενεμάτων κατάλληλης σύνθεσης.

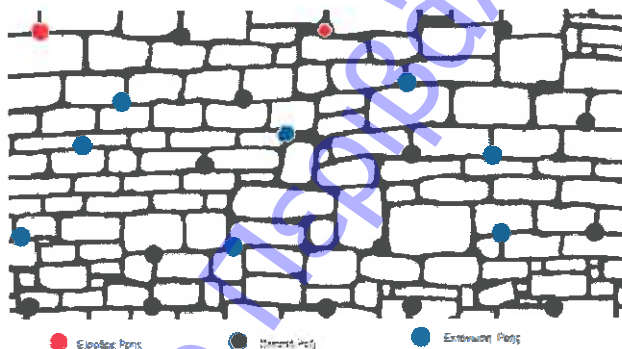
Η εφαρμογή της ομογενοποίησης αποτελείται από τις ακόλουθες φάσεις:

ΣΧΕΔΙΟ ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-14-02-04-00

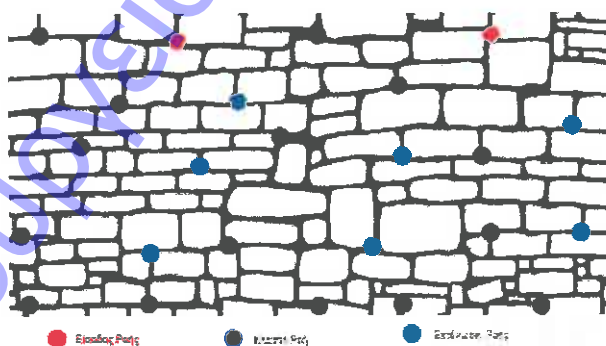
- **Φάση Α:** Καθαρισμός του τοίχου. Πραγματοποιείται μετά την καθαίρεση του επιχρίσματος. Ακολουθεί καθαρισμός της επιφάνειας με νερό με μέση πίεση. Ο καθαρισμός δύναται να πραγματοποιηθεί με κορεσμένο ατμό σε 150-200 °C και πίεση 5-10atm, με ιδιαίτερη προσοχή για να μην αποδιοργανωθεί περισσότερο η τοιχοποιία, με πεπιεσμένο αέρα, αμμοβολή, βούρτσα και ειδικά χημικά συστατικά.
- **Φάση Β:** Αρμολόγημα και σφράγιση ρωγμών. Για να αποφεύγεται η απώλεια του ενέματος από ενδεχόμενες ρωγμές ή από αδύνατους αρμούς πρέπει πρώτα να πραγματοποιείται αρμολόγημα. Παρόλο που το αρμολόγημα είναι συχνά απαραίτητο και για την στεγάνωση της τοιχοποιίας αλλά και για την αποκατάσταση του πάχους της τοιχοποιίας μετά την εφαρμογή της φάσης Α, δεν είναι απαραίτητο να είναι βαθύ διότι (i) δεν αναμένεται να είναι αποτελεσματικό ως προς την αύξηση της αντοχής της τοιχοποιίας και (ii) επιβαρύνει περισσότερο το κόστος των επεμβάσεων.
- **Φάση Γ:** Καθορισμός βέλτιστης απόστασης οπών. Πριν διανοιχθούν οι οπές στο σύνολο του τοίχου και εισπιαστεί ακολούθως το ένεμα, πρέπει να καθοριστεί η βέλτιστη απόσταση για τη διάνοιξη των οπών. Για το σκοπό αυτό κατασκευάζεται μια οπή αναφοράς και μια σειρά όπως σε διάφορες αποστάσεις από την οπή αναφοράς. Το ένεμα εισάγεται από την οπή αναφοράς μέχρις ότου παρατηρηθεί η έξοδος του από την πιο κοντινή οπή. Η διαδικασία της ενεμάτωσης ξεκινά από την οπή αναφοράς (χαμηλότερο σημείο) και συνεχίζει προς τα πάνω με την ίδια διαδικασία για κάθε οπή.
- **Φάση Δ:** Διάνοιξη των οπών: Έχοντας καθορίσει την απόσταση d, κατασκευάζονται οι υπόλοιπες οπές για την ενεμάτωση με διάταξη ισόπλευρου τριγώνου πλευράς d. Με αυτή την κατανομή των οπών επιτυγχάνεται να μειωθεί ο όγκος της τοιχοποιίας στην οποία δεν φτάνει το ένεμα. Γενικά οι οπές για την ενεμάτωση εφαρμόζονται στην ίδια πλευρά του τοίχου. Το βάθος διάνοιξης των οπών πρέπει να είναι μεταξύ των 2/3 και των 3/4 του πάχους του τοίχου και πραγματοποιούνται με κλίση από πάνω προς τα

κάτω για να διευκολύνεται η ενεμάτωση. Η διάνοιξη των οπών πρέπει να γίνεται με περιστροφικά τρυπάνια και όχι κρουστικά, ώστε να μειωθεί η πιθανότητα πρόκλησης βλάβης στην τοιχοποιία από τις πρόσθετες δονήσεις.

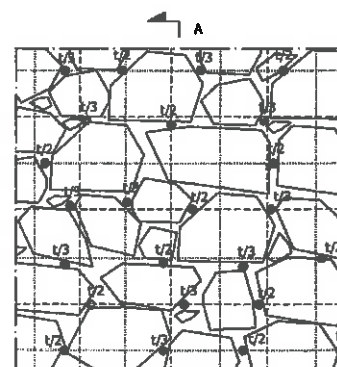
- Φάση Δ: Τοποθέτηση των σωλήνων πλήρωσης. Στις οπές εισάγονται σωλήνες πλήρωσης περιμετρικά των οποίων τοποθετείται κονίαμα ταχείας πήξης για την αποφυγή της διαφυγής του ενέματος κατά την διάρκεια της ενεμάτωσης.
- Φάση ΣΤ: Πλύσιμο και διαβροχή του τοίχου μέχρι κορεσμού. Πλένεται ο τοίχος ώστε να απομακρυνθούν τα τρίμματα που δημιουργήθηκαν κατά τη διάνοιξη των οπών. Ακολουθεί διαβροχή του τοίχου μέχρι κορεσμού ώστε να αποφευχθεί η απορρόφηση νερού από το ένεμα στην επόμενη φάση της ενεμάτωσης.
- Φάση Ζ: Ενεμάτωση. Σ' αυτό το σημείο η τοιχοποιία είναι έτοιμη για ενεμάτωση. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του τοίχου και των ενεμάτων επιλέγεται μία από τις ακόλουθες τρεις μεθόδους.
 - ο Ομογενοποίηση με πίεση. Το ένεμα εισάγεται στο εσωτερικό του τοίχου με πίεση μέσω αντλίας. Η πίεση επιλέγεται σε συνδυασμό με την ποιότητα της τοιχοποιίας και το ποσοστό των οπών. Η μέθοδος δε μπορεί να εφαρμοστεί σε τοίχους που παρουσιάζουν έντονη αποδιοργάνωση, καθώς η πίεση μπορεί να δημιουργήσει βλάβες στην τοιχοποιία. Για τον λόγο αυτό διενεργήθηκαν διασκοπήσεις με ειδικό γεωραντάρ , ώστε να διαπιστωθούν τυχόν αποδιοργανώσεις στο εσωτερικό της τοιχοποιίας, οι οποίες δεν είναι ορατές οπτικά. Η ενεμάτωση αρχίζει σε χαμηλότερα σημεία της τοιχοποιίας και συνεχίζει σε υψηλότερα επίπεδα. Η πιο σημαντική παράμετρος για την εφαρμογή της μεθόδου είναι ο καθορισμός της κατάλληλης πίεσης. Χαμηλές πιέσεις δεν επιτρέπουν την ομοιόμορφη και πλήρη διάχυση του ενέματος στο εσωτερικό της τοιχοποιίας αφήνοντας κενά, ενώ υψηλές πιέσεις μπορούν να καταστρέψουν την τοιχοποιία και να εσωκλείσουν αέρα, μη επιτρέποντας στο ένεμα να διαχυθεί στο εσωτερικό της. Η κατάλληλη τιμή της πίεσης προκύπτει από δοκιμές ξεκινώντας από 1atm και αυξάνονται έως και 4-5 atm.



(α) Πρώτη Φάση

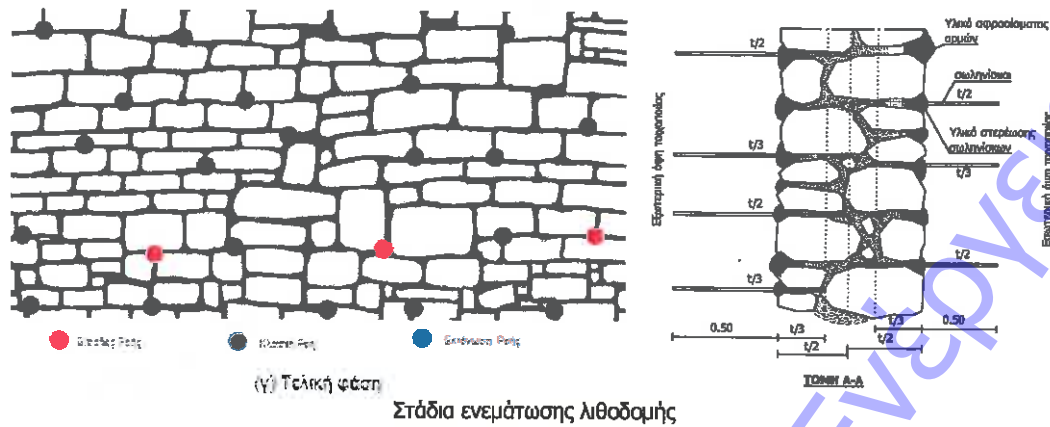


(β) Δεύτερη Φάση



Εξωτερική όψη τοιχοποιίας

- Θέσεις εξωτερικών σωληνώσεων
- Θέσεις εσωτερικών σωληνώσεων
- Ισοπύλη εσωτερικός κώνος
- Ισοπύλη εξωτερικός κώνος
- ένεμα



7.2.1 Χαρακτηριστικά ενεμάτων.

Τα ενέματα τα οποία χρησιμοποιούνται για την ομογενοποίηση των τοίχων πρέπει να διαθέτουν κατάλληλα χαρακτηριστικά:

- Μηχανικά: Το ένεμα πρέπει να έχει μηχανικά χαρακτηριστικά συμβατά με εκείνα της υφιστάμενης τοιχοποιίας.
- Ικανότητα διείσδυσης: Το ένεμα πρέπει να έχει δυνατότητα να εμποτίζει το εσωτερικό της τοιχοποιίας. Για αυτό το λόγο πρέπει να είναι ομογενές, να μην περιέχει συστατικά με μεγάλη διάμετρο τα οποία δυσκολεύουν τη ροή του κατά τη διάρκεια της ενεμάτωσης.
- Πίεση και διάρκεια: Η πίεση εφαρμογής πρέπει να συνδυάζεται με το χρόνο που απαιτείται για την επιτυχή εφαρμογή της ενεμάτωσης.
- Χημικές ιδιότητες: Οι χημικές ιδιότητες του ενέματος πρέπει να διατηρούνται σταθερές με το χρόνο. Επιπλέον, πρέπει να επιτυγχάνεται ισχυρή συνοχή μεταξύ του ενέματος και της υφιστάμενης τοιχοποιίας.
- Χαρακτηριστικά εφαρμογής: Το ένεμα πρέπει να είναι σχετικά οικονομικό και εύκολα διαθέσιμο.

Στο συγκεκριμένο έργο επιλέχθηκε η εφαρμογή Ενεμάτων με βάση το τσιμέντο. Τα ενέματα αυτά έχουν αφενός χαμηλό σχετικά κόστος και με την χρήση τους επιτυγχάνονται υψηλές έως πολύ υψηλές αντοχές. Η μέση θλιπτική αντοχή δίστρωτης τοιχοποιίας, μετά από την εφαρμογή ενεμάτων, υπολογίζεται από τις ημιεμπειρικές σχέσεις:

$$f_{wcs} = f_{wc0} \times \left[1 + 0.013 \times (100 \times G_{gr} / G_0)^3 \right]$$

Όπου :

f_{wcs} η θλιπτική αντοχή της ομογενοποιημένης τοιχοποιίας

f_{wc0} η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας πριν από την ομογενοποίηση

G_{gr} το βάρος του ενέματος που εισάγεται σε τοιχοποιία βάρους G_0

$$f_{wcs} = f_{wc0} \times \left[1 + (15 \times V_{gr} / V_0)^2 \right]$$

Όπου

V_{gr} ο όγκος του εισαγόμενου ενέματος

Ν₀ ο αρχικός όγκος της τοιχοποιίας

Συχνά το ποσοστό των κενών για το συνολικό πάχος του τοίχου είναι μικρότερο του 10%

7.3 Βαθύ αρμολόγημα. (ΕΤΕΠ 14-02-03-00)

Αποτελεί συνήθη τεχνική επέμβασης, κυρίως λόγω χαμηλού κόστους. Η αύξηση της αντοχής της τοιχοποιίας εξαρτάται από το βαθμό αντικατάστασης του υπάρχοντος κονιάματος χαμηλής αντοχής από νέο κονίαμα καλύτερων μηχανικών χαρακτηριστικών. Το βαθύ αρμολόγημα πραγματοποιείται με τα ακόλουθα βήματα:

1. Καθαρίζονται τα υφιστάμενα επιχρίσματα.
2. Καθαρίζεται το κονίαμα των αρμών σε ικανό βάθος
3. Διαβρέχεται η τοιχοποιία με νερό σε χαμηλή πίεση μέχρι κορεσμού, χωρίς παρακράτηση ή επικάλυψη νερού.
4. Τοποθετείται στους αρμούς το νέο κονίαμα σε δύο τουλάχιστον στρώσεις.
5. Διαμορφώνεται η τελική επιφάνεια των αρμών, κατά προτίμηση στην ίδια επιφάνεια με τη λιθοδομή, χωρίς εσοχές ή προεξοχές σε σχέση με τους λίθους.

	Στο σχήμα 4 οπτικοποιούνται: 1. εμφανής αποπλινθεύση ή λυθόβρωξη 2. εμφανής αποπλινθεύση ή λυθόβρωξη 3. αδιάβροχτος φραγμός προς επόμενη στρώση 4. τήρηση διαφοράς μεγέθους του 1 cm μεταξύ αποπλινθεύσης και αρμολογήματος 5. διατήρηση αρμολογήματος προς αποπλινθεύση 6. ενδελεχμένη επιτομή αρμολογήματος
Διαδικασία εκτέλεσης εργασιών: • Καθαρίζονται τα τυχόν υπάρχοντα επιχρίσματα, ως ΠΕΤΕΠ 14.02.01.01. • Διευρύνονται οι αρμοί της τοιχοποιίας, ως ΠΕΤΕΠ 14.02.01.03. • Δημιουργούνται «φωλιές» με αφαίρεση λίθων ή τούβλων στις προβλεπόμενες από τη μελέτη θέσεις, τυφλές ή διαμπερές. • Καθαρίζεται η επιφάνεια της τοιχοποιίας, ως ΠΕΤΕΠ 14.02.01.02. • Τοποθετούνται οι σιδηροπλισμοί της στρώσεως των φωλεών και των στηριγμάτων σύμφωνα με τα σχέδια. • Διαβρέχεται η τοιχοποιία με νερό υπό χαμηλή πίεση (δικτύου, 0,60 MPa) μέχρι κορεσμού, χωρίς επικάλυψη ή παρακράτηση ύδατος. • Ακολουθεί η εκτόξευση του σκυροδέματος σύμφωνα με την Π.Ε.Τ.Ε.Π. 14.01.14.00.	Σύνθεση κονιάματος αρμολογήματος και τρόπος εφαρμογής του Με βάση την σύνθεση που προτείνεται από την μελέτη και τις εναλλακτικές παραλλαγές της, που θα ορισθούν από τους επιβλέποντες σε συνεργασία και με τους μελετητές, λαμβάνεται κατάλληλος αριθμός δοκιμιών στο εργοτάξιο (40x40x160mm) για τον προσδιορισμό της εξέλιξης των αντοχών (θλιπτικής και εφελκυστικής) και της μικροδομής σε διάφορες ηλικίες σκλήρυνσης. Η τελική επιλογή των συνθέσεων θα αποφασισθεί από την επίβλεψη λαμβάνοντας υπόψη τόσο την επιθυμητή απόχρωση, υφή και αισθητική του εμφάνισης όσο και τα αποτελέσματα των αντοχών και της μικροδομής, που θα πραγματοποιηθούν σε αναγνωρισμένο Εργαστήριο με ευθύνη του αναδόχου, για την εξασφάλιση της φυσικομηχανικής συμβατότητας με τα υπάρχοντα υλικά. Αντίστοιχη διαδικασία θα ακολουθηθεί και κατά την διάρκεια του έργου οπιοτεδήποτε προκύψει ανάγκη σύνθεσης νέου ή τροποποίησης σύνθεσης υπάρχοντος κονιάματος. Η απόχρωση του κονιάματος όπου απαιτείται προσδίδεται κατά κύριο λόγο από τα αδρανή (άμμος, ρυζάκι έγχρωμου μαρμάρου, κεραμίδι, κλπ) και όχι από χρωστικές. Η χρήση πάντως οργανικών χρωστικών μπορεί να επιτραπεί σε περιορισμένη κλίμακα μέσα στην μάζα των κονιαμάτων τελικής αρμολόγησης για να προσδοθεί η ιδιαίτερη χρωματική πάτινα των τελικών επιφανειών. Τα υλικά πρέπει να είναι σε ξηρή κατάσταση και να ζυγίζονται με ζυγαριά κατάλληλης ακρίβειας προκειμένου να διασφαλίζεται σε όλη τη διάρκεια του έργου η τήρηση των αναλογιών των διαφόρων υλικών που εγκρίθηκαν από την επίβλεψη μετά τις δοκιμαστικές εφαρμογές. Η μελέτη σύνθεσης

	αφείλει να επαναλαμβάνεται όσες φορές μεταβάλλεται η πηγή προμήθειας ή το είδος ή η ποιότητα των συνιστώντων υλικών ή οι καιρικές συνθήκες. Η μελέτη αυτή υπόκειται στον έλεγχο της Διευθύνουσας Υπηρεσίας και της Επίβλεψης
--	--

Η μέθοδος συμβάλλει στη βελτίωση των μηχανικών χαρακτηριστικών σε τοιχοποιίες με πάχος της τάξης των 30cm. Το αρμολόγημα θεωρείται απλή επισκευή όταν είναι μονόπλευρο ή εφαρμόζεται σε τοιχοποιίες με σημαντικά πάχη. Για να είναι αποτελεσματική η μέθοδος πρέπει να εφαρμόζεται και στις δύο όψεις με πλήρωση των αρμών σε όλη την έκταση της τοιχοποιίας. Τα μηχανικά χαρακτηριστικά του νέου κονιάματος πρέπει να είναι υποδεέστερα των χαρακτηριστικών των λιθοσωμάτων. Η θλιπτική αντοχή της ενισχυμένης τοιχοποιίας υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$f_{cs} = f_{c0} \times \left[1 + k \times \frac{V_{KA}}{V_{ΣΥΝ}} \right]$$

F_{cs} : η θλιπτική αντοχή της ενισχυμένης τοιχοποιίας.

F_{c0} : η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας πριν από την ενίσχυση.

V_{KA} : ο όγκος του κονιάματος αρμολογήματος.

$V_{ΣΥΝ}$: ο συνολικός όγκος του υφιστάμενου κονιάματος.

K : εμπειρική σταθερά (1.50).

7.4 Μανδύες,(ΠΕΤΕΠ 14-02-09-02)

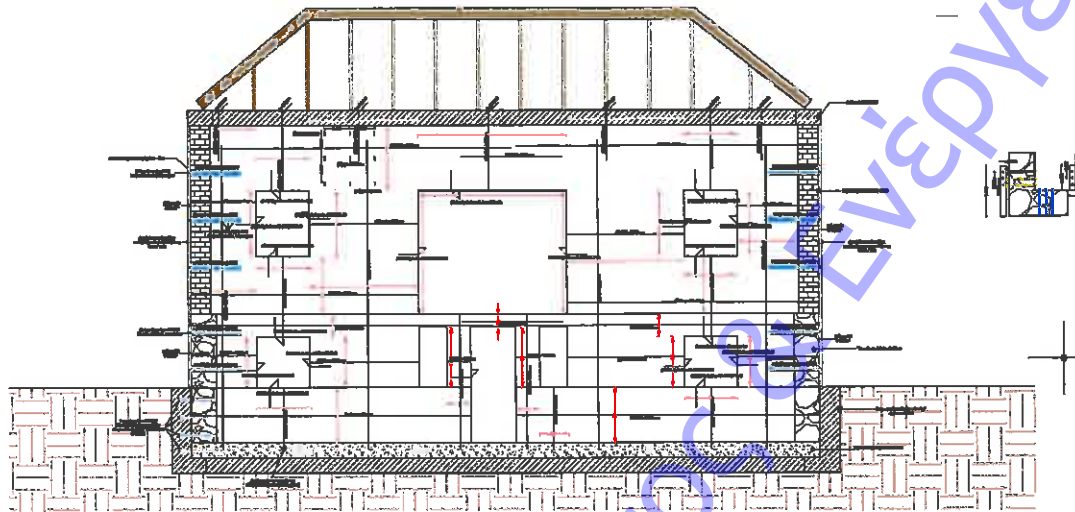
7.4.1 Οπλισμένο επίχρισμα

Το οπλισμένο επίχρισμα θεωρείται αποτελεσματική μέθοδος ενίσχυσης όταν εφαρμόζεται και στις δύο παρειές τοιχοποιίας. Η μέθοδος εφαρμόζεται ευχερέστερα σε οπτοπλινθοδομές. Πριν την εφαρμογή οπλισμένου επιχρίσματος σε λιθοδομή πρέπει να εξετάζεται η αναγκαιότητα ομογενοποίησης της (ενεμάτωση).

Η εφαρμογή της τεχνικής αποτελείται από τις ακόλουθες φάσεις:

- Α Φάση: Προετοιμασία του τοίχου. Πραγματοποιείται με την καθαίρεση του επιχρίσματος, βούρτσισμα και πλύσιμο των επιφανειών με νερό ή αέρα χαμηλής πίεσης. Ακολούθως επισκευάζονται ρωγμές ή τοπικές βλάβες. Στη φάση αυτή, πραγματοποιείται ομογενοποίηση, εάν κριθεί απαραίτητο.
- Β Φάση: Διάνοιξη οπών: Με περιστροφικό τρυπάνι διανοίγονται οπές σε λίθους στις επιφάνειες της τοιχοποιίας, περίπου 4 ή 5 ανά τετραγωνικό μέτρο. Η διάνοιξη πρέπει να γίνεται εναλλακτικά στις δύο παρειές του τοίχου και υπό ελαφρά γωνία ώστε να διευκολύνεται η ενεμάτωση της οπής που ακολουθεί γύρω από το μεταλλικό βλήτρο.
- Γ Φάση: Τοποθέτηση των βλήτρων. Τοποθετούνται μεταλλικά βλήτρα διαμέτρου 4-8mm σε ελάχιστη κατανομή 4τεμ/μ² και ακολούθως σφραγίζονται με κονίαμα.
- Δ Φάση: Τοποθέτηση του μεταλλικού πλέγματος. Συνήθως χρησιμοποιούνται χαλύβδινα πλέγματα διαμέτρου 5-8mm, διαστάσεων 10X10cm ή 15X15cm και στις δύο παρειές των τοίχων. Το κάθε πλέγμα τοποθετείται σε απόσταση της τάξης των 2 cm από τον τοίχο. Μετά την τοποθέτηση του πλέγματος πρέπει να καμφθούν τα άκρα των βλήτρων υπό γωνία 90°.
- Ε Φάση: Εφαρμογή επιχρίσματος . Το πάχος του επιχρίσματος, συνήθως με βάση το τοιμέντο, είναι της τάξης των 3-6cm. Για τέτοια πάχη είναι δυνατόν να τοποθετηθεί το υλικό του επιχρίσματος σε δύο στρώσεις. Επισημαίνεται ότι πριν την τοποθέτηση του επιχρίσματος ο τοίχος πρέπει να υγρανθεί μέχρι κορεσμού, ώστε να μην απορροφηθεί

νερό κατά την ωρίμανση του επιχρίσματος. Εάν το κονίαμα είναι συρρικνούμενο, θα πρέπει ο τοίχος να διαβρέχεται πλήρως σε κατάσταση κορεσμού για αρκετές μέρες μετά την εφαρμογή του επιχρίσματος, ώστε να ελαχιστοποιηθεί η συρρίκνωση του.



Λεπτομέρεια όπλισης όψης Α κτιρίου - Κατανομή οπλισμού στην επιφάνεια - βλητρώσεις

7.4.2 Μανδύες σκυροδέματος.

Περιμετρικά του κτιρίου και στη στάθμη θεμελίωσης κατασκευάζεται μονόπλευρος μανδύας οπλισμένου σκυροδέματος, με κατηγορία σκυροδέματος C25/30 και τύπο τσιμέντου CEMII.

Η τεχνική της ομογενοποίησης με ενέματα πραγματοποιείται με την εισπίεση ενεμάτων στο εσωτερικό των κενών της τοιχοποιίας με στόχο τη βελτίωση των μηχανικών της χαρακτηριστικών. Δεδομένου πως στις υφιστάμενες τοιχοποιίες έχουν προηγηθεί αρκετές παρεμβάσεις με διαφορετικά υλικά, η εφαρμογή ενεμάτων θα βελτιώσει σε μεγάλο βαθμό τα μηχανικά χαρακτηριστικά των υβριδικών τμημάτων της. Η τεχνική προτείνεται για τοιχοποιίες οι με ρηγματώσεων στο εσωτερικό τους. Ο σκοπός της επέμβασης είναι να μειωθεί όσο το δυνατόν περισσότερο το ποσοστό των κενών και να ενισχυθεί η σύνδεση μεταξύ των λιθοσωμάτων. Η επέμβαση βελτιώνει τα μηχανικά χαρακτηριστικά της τοιχοποιίας όσο αφορά την αντοχή και τη δυσκαμψία. Η καθοριστικές ιδιότητες για τη βελτίωση των μηχανικών χαρακτηριστικών της τοιχοποιίας είναι κυρίως: (I) η εφελκυστική αντοχή του ενέματος και (II) η συνάφεια μεταξύ του ενέματος και των υφιστάμενων υλικών. Η ομογενοποίηση δεν τροποποιεί τη μορφολογία και την αισθητική της κατασκευής, επιτρέποντας την εφαρμογή της σε μνημεία και διατηρητέα κτήρια, με την προϋπόθεση της χρήσης ενεμάτων κατάλληλης σύνθεσης.

Η εφαρμογή της ομογενοποίησης αποτελείται από τις ακόλουθες φάσεις:

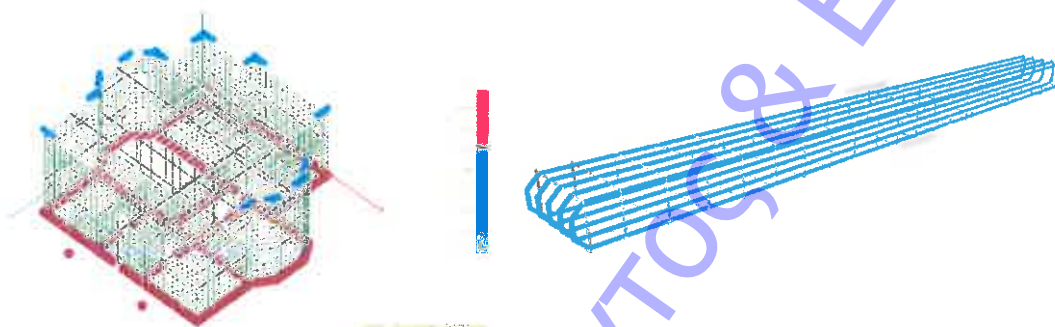
- Φάση Α: Καθαρισμός του τοίχου. Πραγματοποιείται μετά την καθαίρεση του επιχρίσματος. Ακολουθεί καθαρισμός της επιφάνειας με νερό με μέση πίεση. Ο καθαρισμός δύναται να πραγματοποιηθεί με κορεσμένο ατμό σε 150-200 °C και πίεση 5-10atm, με ιδιαίτερη προσοχή για να μην αποδιοργανωθεί περισσότερο η τοιχοποιία, με πεπιεσμένο αέρα, αμμοβολή, βούρτσα και ειδικά χημικά συστατικά.
- Φάση Β: Αρμολόγημα και σφράγιση ρωγμών. Για να αποφεύγεται η απώλεια του ενέματος από ενδεχόμενες ρωγμές ή απο αδύνατους αρμούς πρέπει πρώτα να πραγματοποιείται αρμολόγημα. Παρόλο που το αρμολόγημα είναι συχνά απαραίτητο και για την στεγάνωση της τοιχοποιίας αλλά και για την αποκατάσταση του πάχους της τοιχοποιίας μετά την εφαρμογή της φάσης Α, δεν είναι απαραίτητο να είναι βαθύ διότι

- (i) δεν αναμένεται να είναι αποτελεσματικό ως προς την αύξηση της αντοχής της τοιχοποιίας και (ii) επιβαρύνει περισσότερο το κόστος των επεμβάσεων.
- **Φάση Γ: Καθορισμός βέλτιστης απόστασης οπών.** Πριν διανοιχθούν οι οπές στο σύνολο του τοίχου και εισπιαστεί ακολούθως το ένεμα, πρέπει να καθοριστεί η βέλτιστη απόσταση για τη διάνοιξη των οπών. Για το σκοπό αυτό κατασκευάζεται μια οπή αναφοράς και μια σειρά οπών σε διάφορες αποστάσεις από την οπή αναφοράς. Το ένεμα εισάγεται από την οπή αναφοράς μέχρις ότου παρατηρηθεί η έξοδος του από την πιο κοντινή οπή. Η διαδικασία της ενεμάτωσης ξεκινά από την οπή αναφοράς (χαμηλότερο σημείο) και συνεχίζει προς τα πάνω με την ίδια διαδικασία για κάθε οπή.
 - **Φάση Δ: Διάνοιξη των οπών:** Έχοντας καθορίσει την απόσταση d , κατασκευάζονται οι υπόλοιπες οπές για την ενεμάτωση με διάταξη ισόπλευρου τριγώνου πλευράς d . Με αυτή την κατανομή των οπών επιτυγχάνεται να μειωθεί ο όγκος της τοιχοποιίας στην οποία δεν φτάνει το ένεμα. Γενικά οι οπές για την ενεμάτωση εφαρμόζονται στην ίδια πλευρά του τοίχου. Το βάθος διάνοιξης των οπών πρέπει να είναι μεταξύ των $2/3$ και των $3/4$ του πάχους του τοίχου και πραγματοποιούνται με κλίση από πάνω προς τα κάτω για να διευκολύνεται η ενεμάτωση. Η διάνοιξη των οπών πρέπει να γίνεται με περιστροφικά τρυπάνια και όχι κρουστικά, ώστε να μειωθεί η πιθανότητα πρόκλησης βλάβης στην τοιχοποιία από τις πρόσθετες δονήσεις.
 - **Φάση Δ: Τοποθέτηση των σωλήνων πλήρωσης.** Στις οπές εισάγονται σωλήνες πλήρωσης περιμετρικά των οποίων τοποθετείται κονίαμα ταχείας πήξης για την αποφυγή της διαφυγής του ενέματος κατά την διάρκεια της ενεμάτωσης.
 - **Φάση ΣΤ: Πλύσιμο και διαβροχή του τοίχου μέχρι κορεσμού.** Πλένεται ο τοίχος ώστε να απομακρυνθούν τα τρίμματα που δημιουργήθηκαν κατά τη διάνοιξη των οπών. Ακολουθεί διαβροχή του τοίχου μέχρι κορεσμού ώστε να αποφευχθεί η απορρόφηση νερού από το ένεμα στην επόμενη φάση της ενεμάτωσης.
 - **Φάση Ζ: Ενεμάτωση.** Σ' αυτό το σημείο η τοιχοποιία είναι έτοιμη για ενεμάτωση. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του τοίχου και των ενεμάτων επιλέγεται μία από τις ακόλουθες τρεις μεθόδους.
 - ο **Ομογενοποίηση με πίεση.** Το ένεμα εισάγεται στο εσωτερικό του τοίχου με πίεση μέσω αντλίας. Η πίεση επιλέγεται σε συνδυασμό με την ποιότητα της τοιχοποιίας και το ποσοστό των οπών. Η μέθοδος δε μπορεί να εφαρμοστεί σε τοίχους που παρουσιάζουν έντονη αποδιοργάνωση, καθόσον η πίεση μπορεί να δημιουργήσει βλάβες στην τοιχοποιία. Για τον λόγο αυτό διενεργήθηκαν διασκοπήσεις με ειδικό γεωραντάρ, ώστε να διαπιστωθούν τυχόν αποδιοργανώσεις στο εσωτερικό της τοιχοποιίας, οι οποίες δεν είναι ορατές οπτικά. Η ενεμάτωση αρχίζει σε χαμηλότερα σημεία της τοιχοποιίας και συνεχίζει σε υψηλότερα επίπεδα. Η πιο σημαντική παράμετρος για την εφαρμογή της μεθόδου είναι ο καθορισμός της κατάλληλης πίεσης. Χαμηλές πιέσεις δεν επιτρέπουν την ομοιόμορφη και πλήρη διάχυση του ενέματος στο εσωτερικό της τοιχοποιίας αφήνοντας κενά, ενώ υψηλές πιέσεις μπορούν να καταστρέψουν την τοιχοποιία και να εσωκλείσουν αέρα, μη επιτρέποντας στο ένεμα να διαχυθεί στο εσωτερικό της. Η κατάλληλη τιμή της πίεσης προκύπτει από δοκιμές ξεκινώντας από 1 atm και αυξάνονται έως και $4-5 \text{ atm}$.

7.5 Οριζόντια διαζώματα

7.5.1 οπλισμένου σκυροδέματος.

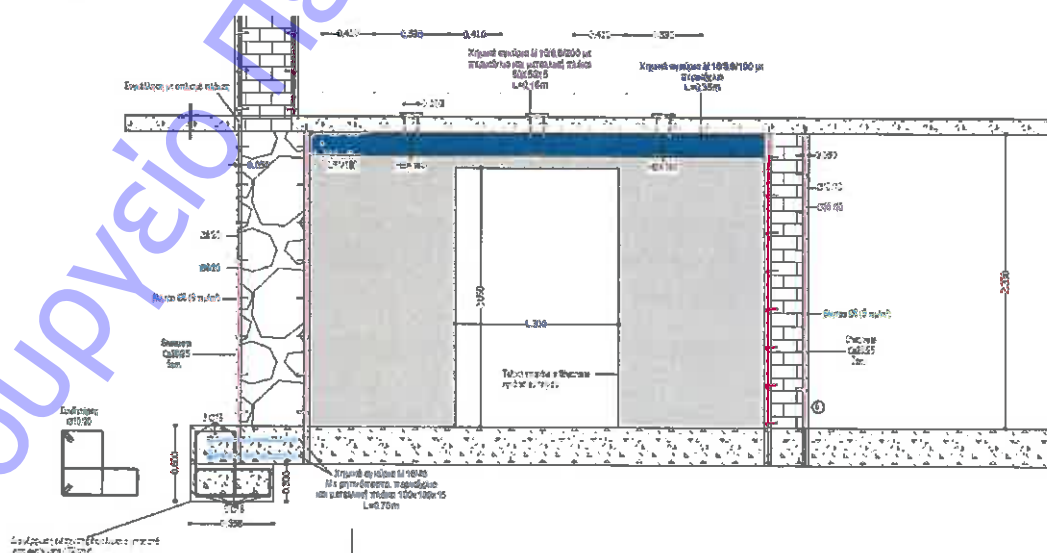
Συνίσταται τα διαζώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα να κατασκευάζονται στην κορυφή της κατασκευής για να βελτιώνουν τη σύνδεση μεταξύ της στέγης και της τοιχοποιίας, αλλά και να κατανείμουν ευνοϊκότερα τα σεισμικά φορτία στ ακατακόρυφα φέροντα στοιχεία. Στην περίπτωση που το περιμετρικό διάζωμα εδράζεται σε τοίχους μεγάλου μήκους θα πρέπει να συνδέεται και με στοιχεία τα οποία δρουν ως ελκυστήρες, ώστε να αυξάνεται η δυσκαμψία του διαφράγματος στη στάθμη των ελκυστήρων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση το διάζωμα συνδέεται με τους ελκυστήρες της στέγης. Το ύψος της διατομής του διαζώματος πρέπει να είναι μικρό, να είναι όμως τουλάχιστον το 25% του παχους του τοίχου και πάντως όχι μικρότερο των 20cm. Το σκυρόδεμα το οποίο χρησιμοποιείται πρέπει να είναι σταθερού όγκου και να χρησιμοποιούνται τουλάχιστον Ø16 για τον διαμήκη οπλισμό και συνδετήρες τουλάχιστον Ø8/25



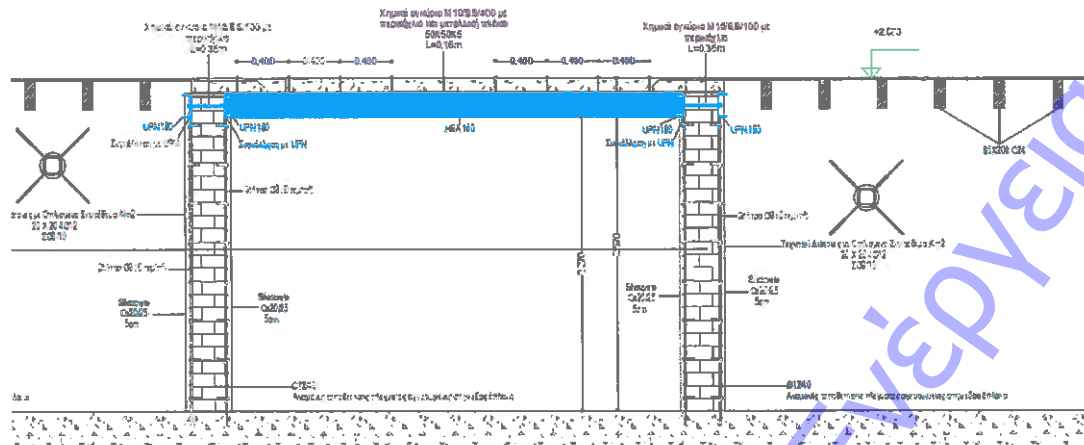
Λόγοι εξάντλησης διαζωμάτων – τρισδιάστατη απεικόνιση οπλισμών

7.5.2 Διαζώματα από χάλυβα.

Τα διαζώματα από χάλυβα αποτελούν εναλλακτική λύση με σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα διαζώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα. Ο τύπος ο οποίος χρησιμοποιείται συνήθως αποτελείται από δύο διατομές UPN, οι οποίες τοποθετούνται στις δυο πλευρές της τοιχοποιίας και συνδέονται με εγκάρσιους συνδέσμους που τη διαπερνούν. Σε αντίθεση με τα διαζώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα, τα διαζώματα από χάλυβα είναι πιο ελαφριά, έχουν μικρότερη δυσκαμψία και αναπτύσσουν μικρότερη ολίσθηση με την τοιχοποιία. Η εφαρμογή τους, ως λιγότερο παρεμβατική, τροποποιεί μικρότερο βαθμό την κατανομή των τάσεων στην τοιχοποιία. Τα διαζώματα από χάλυβα αποτελούν την καλύτερη επιλογή όταν χρησιμοποιούνται σε ενδιάμεσες στάθμες.



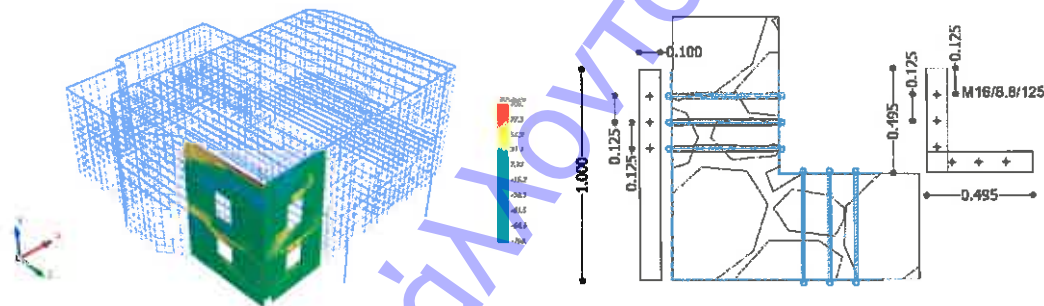
Διαμόρφωση μεταλλικού διαζώματος στην οροφή του ημι-υπογείου – πλάκα σκυροδέματος (1)



Διαμόρφωση μεταλλικού διαζώματος στην οροφή του ημι-υπογείου - πλάκα σκυροδέματος (2)

7.6 Συνδέσεις εγκάρσιων τοίχων

Η σύνδεση των εγκάρσιων τοίχων μπορεί να πραγματοποιηθεί με μεταλλικές γωνίες κατάλληλα αγκυρωμένες στους τοίχους.



Σύνδεση εγκάρσιων τοίχων με μεταλλικά ελάσματα

Για την επίτευξη της σύνδεσης χρησιμοποιούνται μεταλλικές λάμες 100 X 100 X 10 X 5 (mm), οι οποίες συγκολλούνται στις εξωτερικές γωνίες και 49.5 X 49.5 X 10 X 5 (mm) συγκολλημένες στην εσωτερική γωνία. Όπως δείχνει η διάταξη των αγκυρώσεων χρησιμοποιούνται 3 κοχλίες M16 σε κάθε πλευρά με αποστάσεις όπως ορίζεται στο σχέδιο λεπτομερειών.

7.7 Πρέκια.

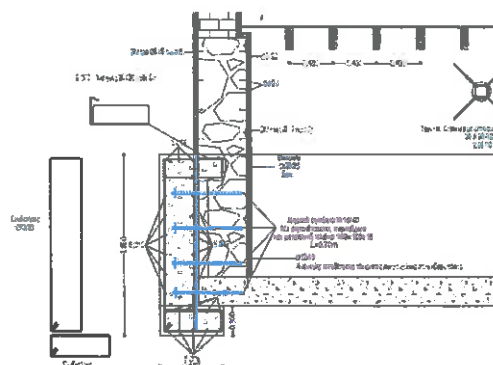
Τα πρέκια στα ανοίγματα παίζουν σημαντικό ρόλο στη συμπεριφορά της τοιχοποιίας. Ένα επαρκώς αγκυρωμένο πρέκι έχει διπλή λειτουργία: (α) αναλαμβάνει τα κατακόρυφα φορτία της τοιχοποιίας πάνω από το άνοιγμα και (β) δίνει στα υπέρθυρα τη δυνατότητα να αναλάβουν εφελκυστικές δυνάμεις. Συνεπώς, κατά την αποκατάσταση ενός κτιρίου είναι χρήσιμο να κατασκευάζονται πρέκια ή να επισκευάζονται τα υφιστάμενα. Σε κάθε περίπτωση τα νέα ή τα επισκευασμένα πρέκια πρέπει να είναι επαρκώς συνδεδεμένα με την τοιχοποιία, ώστε να συμβάλλουν στην ανάληψη σεισμικών φορτίων.

Στο παρόν κτίριο έχουν χρησιμοποιηθεί μεταλλικά πρέκια συγκολλητής διατομής UPR μεταβλητής διάστασης σε πλάτος ανάλογα το πάχος της υφιστάμενης τοιχοποιίας. Ενδεικτικά οι διατομές που έχουν χρησιμοποιηθεί παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

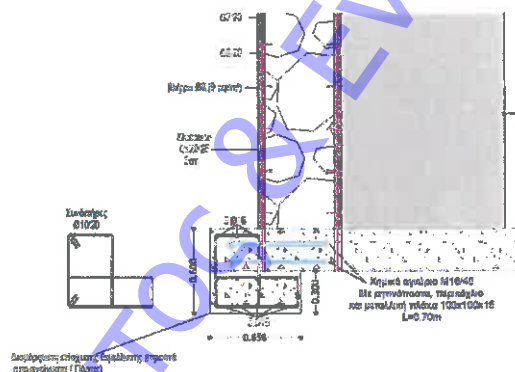
UPN (υφιστάμενη) διατομή	Μήκος στήριξης L_s (m)
500X70X5mm	0.2
400X70X5mm	0.2
250X70X5mm	0.2

7.8 Θεμελίωση.

Η θεμελίωση επιλέχθηκε να ενισχυθεί με την προσθήκη μονόπλευρου μανδύα τύπου υψικορμης δοκού. Στο παρακάτω σχέδιο παρουσιάζεται η γεωμετρία και οι οπλισμοί της ενίσχυσης.

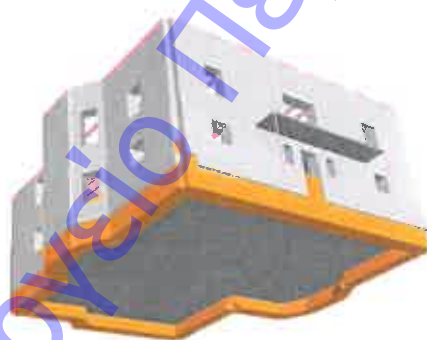


Περίμετρική ενίσχυση με πεδίοδοκο

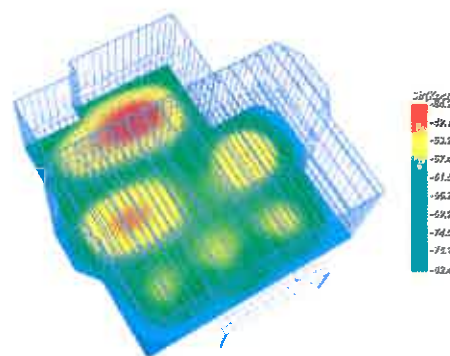


Διαμόρφωση πεδίοδοκου στα ανοίγματα

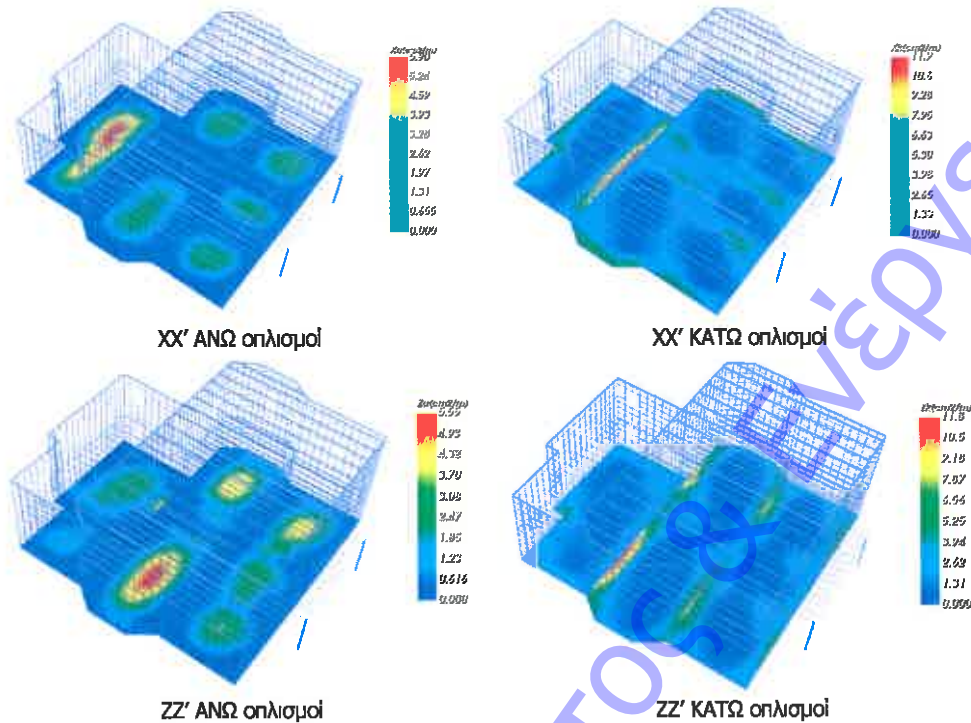
Με την προσθήκη της περιμετρικής πεδίοδοκου βελτιώνεται η διατμητική αντοχή του εδάφους με αποτέλεσμα η ελαστική σταθερά K_s να λαμβάνει 2πλάσια τιμή από αυτή της αρχικής θεώρησης. Τα παρακάτω αποτελέσματα παρουσιάζουν τις αναπτυσσόμενες τάσεις εδάφους καθώς και τις απαιτήσεις των οπλισμών που προκύπτουν για την πλάκα. Δεδομένου πως η εδαφόπλακα είναι οπλισμένη με $\varnothing 12/20$ ή $5.65 \text{ cm}^2/\text{m}$ οπλισμού, παρατηρούμε πως δεν προκύπτει κάποια ανεπάρκεια. Αντίθετα, μετά την ενίσχυση παρατηρείται μια μείωση της τάξης του 20% στις αναπτυσσόμενες τάσεις εδάφους και μια μείωση στην απαίτηση οπλισμών (8-10%).



Τρισδιάστατη απεικόνιση ενίσχυσης θεμελίωσης

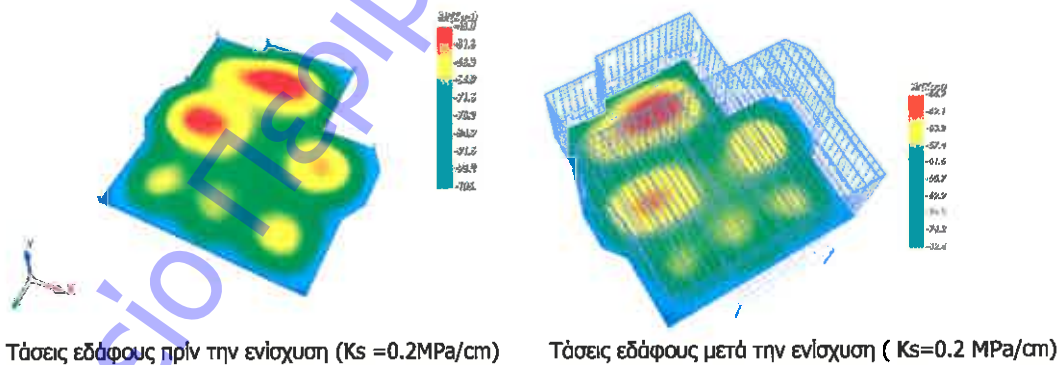


Τάσεις εδάφους μετά την ενίσχυση



Απο την σύγκριση της υφιστάμενης θεμελίωσης και της ενισχυόμενης προκύπτουν τα παρακάτω ευρύματα:

- Μείωση αναπτυσσόμενων τάσεων εδάφους.
- Μείωση απαίτησης οπλισμού υφιστάμενης εδαφόπλακας (επάρκεια για τον ήδη υπάρχοντα οπλισμό)
- Αύξηση της διατμητικής αντοχής του εδάφους και αύξηση του συντελεστή K_s από 0.2 MPa/cm σε 0.45 MPa/cm.



Τα εντατικά που παραλαμβάνουν οι πεδιλοδοκοί και διαστασιολογούνται παρουσιάζονται παρακάτω:



Αναπτυσσόμενες ροπές Mz (KNm)



Αναπτυσσόμενες τέμνουσες Vy (KN)

Τα λογισμικά διαστασιολόγησης λαμβάνουν υπόψη την ελάχιστη απαίτηση οπλισμού (4%) βάσει της διατομής τους. Συνεπώς για μια διατομή 40 X 185 η απαίτηση του ελάχιστου οπλισμού είναι 29.60cm². Προφανώς και η απίτηση αυτή είναι τεράστια καθώς το λογισμικό δεν λαμβάνει τους πλευρικούς οπλισμούς 6Ø12 ανά παρειά.

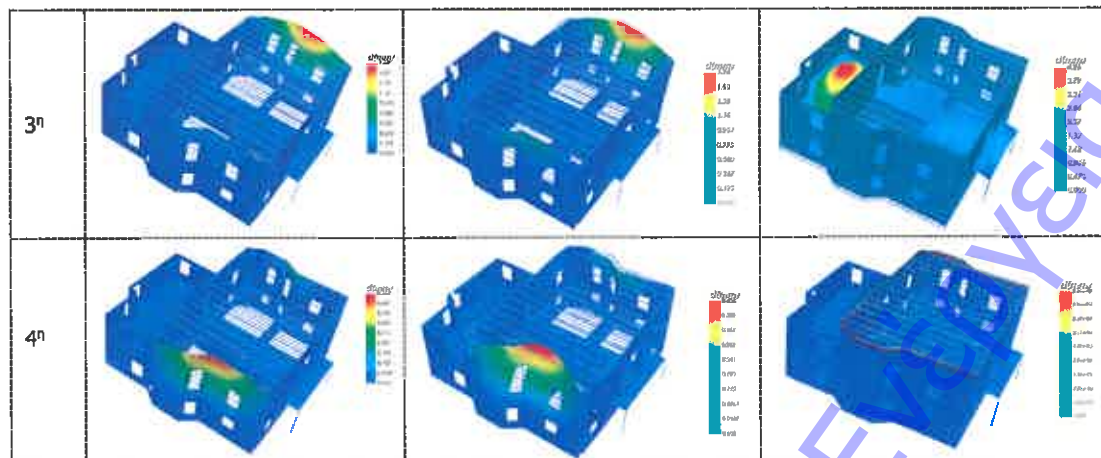
Συνεπώς η τελική απαίτηση σε άνω και κάτω οπλισμό ορίζεται ως :

26,9 -6,78 X2 (6Ø12) =13,34 cm², αν διαιρέσουμε με το 2 λαμβάνουμε 6,67 cm² για την άνω παρειά και άλλα τόσα για τη κάτω. Συνεπώς η τοποθέτηση 4Ø16 Άνω και Κάτω (8.04cm²), καλύπτει την συνολική ελάχιστη απαίτηση.

7.9 Ανάλυση ευαισθησίας φορέα.

Η παρούσα παράγραφος εξετάζει σε βάθος τις επιρροές των επιλεχθέντων παρεμβάσεων και κατα πόσο αυτές οι επιρροές έχουν βελτιώσει τον φορέα. Η ανάλυση ευαισθησίας μας δίνει την πληροφορία του ποσοστού της αναβάθμισης που έχουμε πετύχει σε σχέση με το κόστος των παρεμβάσεων. Η επιλογή των μεθόδων ενίσχυσης βασίζονται στα κριτήρια που αναύθηκαν σε προηγούμενη παράγραφο και με στόχο πάντα τη μειωμένη καταστροφική παρέμβαση στο κτίριο. Με βάση τα παραπάνω παρουσιάζεται ο παρακάτω συγκριτικός πίνακας των μεταβολών στα δυναμικά χαρακτηριστικά του φορέα, καθώς και την επιρροή εδάφους - κατασκευής, πριν και μετά τις παρεμβάσεις.

a/a	URM Θεώρηση πακτωμένης βάσης	RM Θεώρηση πακτωμένης βάσης	RM αλληλεπίδραση εδάφους - κατασκευής
1 ^η			
2 ^η			

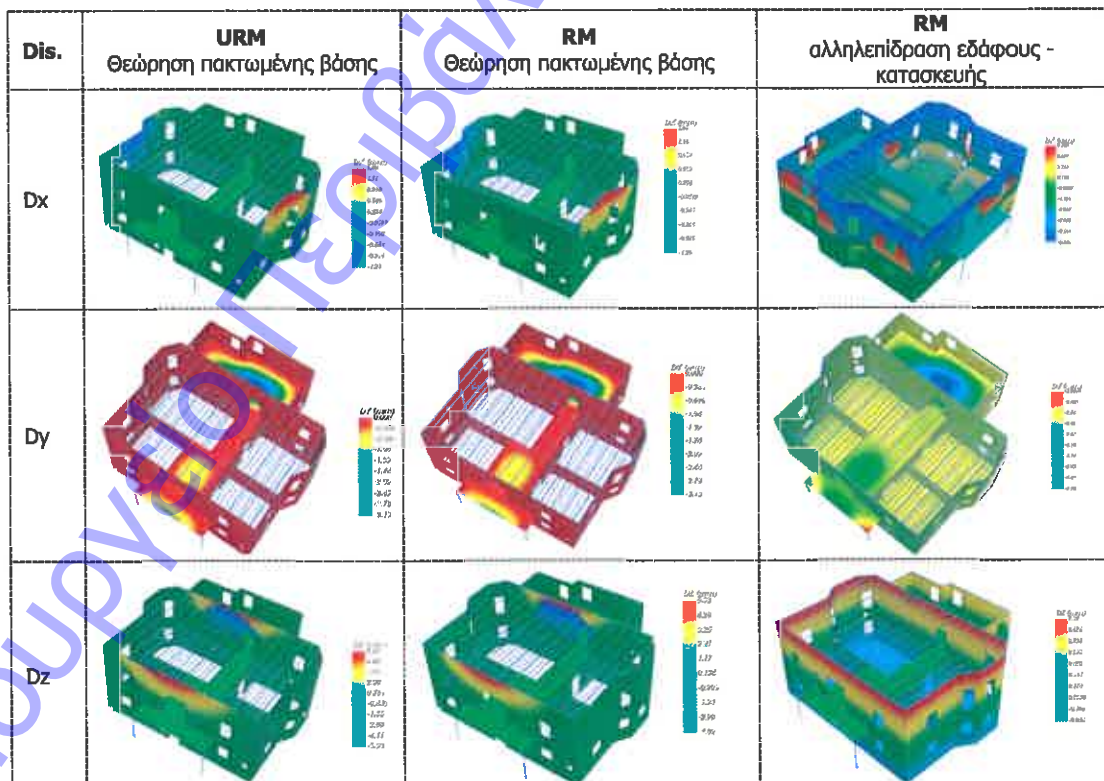


Σύγκριση ιδιομορφών (α) Άοπλη τοιχοποιία – υφιστάμενος φορέας (πάκτωση), (β) Ενισχυμένη τοιχοποιία – αναβαθμισμένος φορέας (πάκτωση), (γ) Τελικός ενισχυμένος φορέας με προσθήκη πεδιλοδοκών – αλληλεπίδραση εδάφους – κατασκευής.

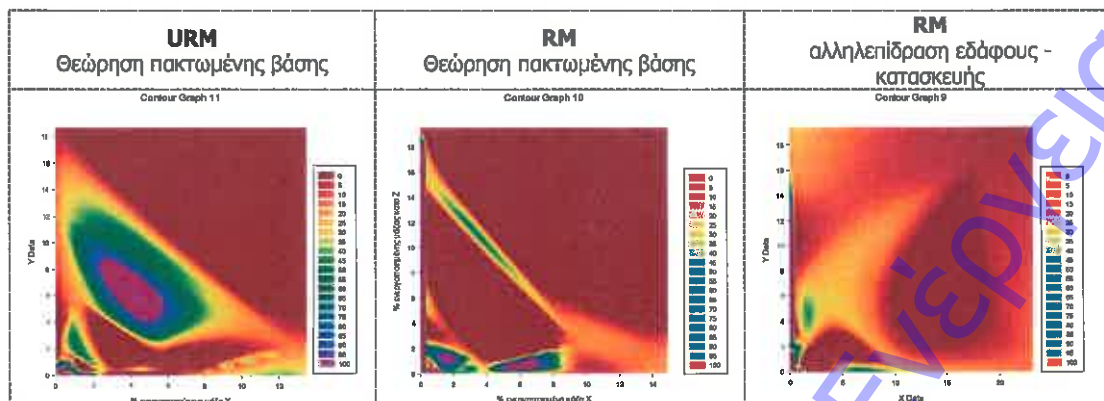
Όπου URM: Άοπλη τοιχοποιία, RM: Ενισχυμένη τοιχοποιία

Η δυναμική απόκριση του φορέα έχει τροποποιηθεί εντελώς, δηλαδή οι διομορφές του κτιρίου αν λάβουμε υπόψη την αλληλεπίδραση εδάφους- ανωδομής, καθώς και τις παρεμβάσεις στη θεμελίωση του κτιρίου, είναι εντελώς διαφορετικές από αυτές της θεώρησης της πακτωμένης βάσης του κτιρίου.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μεταβολές βάσει των μέγιστων μετακινήσεων σε κάθε διεύθυνση (mm) για κάθε αντίστοιχο τύπο φορέα. Παρατηρούμε πως η μοντελοποίηση του φορέα συνεκτιμώντας τη θεμελίωση (ελατηριακές σταθερές), παρουσιάζει μεγάλη διαφορά στη συμπεριφορά του ως προς τις μετακινήσεις σε σχέση με τα απλοποιημένα μοντέλα θεώρησης πάκτωσης βάσης θεμελίων.



Συσχέτιση ενεργοποιούμενης μάζας ανά άξονα σε σχέση με την ιδιοπερίοδο:



Παρατηρούμε πως το ο τελικός ενισχυόμενος φορέας με την προσομοίωση της θεμελίωσης παρουσιάζει βελτίωση ως προς το ποσοστό των ενεργοποιούμενων μαζών στις πρώτες ιδιομορφές.

8 Τροποποίηση Μελέτης - Αλλαγή Στάθμης Δαπέδων.

Κατόπιν απαίτησης της Τεχνικής Υπηρεσίας του Δήμου, διενεργήθηκε πρόσθετη διερεύνηση του φορέα στην περίπτωση αλλαγής στάθμης των δαπέδων του ισογείου, με σκοπό την αύξηση του ελεύθερου δυνατού ύψους του ημιυπογείου, ' ' έτσι ώστε ο χώρος να καθίσταται λειτουργικός. Αν και η συγκεκριμένη περίπτωση δεν αποτελούσε μέρος της σύμβασης με τον Δήμο , κατα παρέκλιση της σύμβασης διενεργήκε στατικός έλεγχος και τροποποίηση ολόκληρης της μελέτης ώστε να ανταποκρίνεται στα νέα δεδομένα που τέθηκαν από την Τ.Υ. Ο μελετητής δεν φέρει καμία ευθύνη για την αλλαγή αυτή , καθώς η αρχική πρόταση ενίσχυσης του φορέα παραδόθηκε έγκαιρα στην Τεχνική Υπηρεσία. Η παρούσα συμπληρωματική Τεχνική Έκθεση με τις παραπάνω αλλαγές, θεωρείται ξεχωριστό αντικείμενο αξιολόγησης το οποίο αντικαθιστά την αρχική μελέτη μόνο στη περίπτωση που η Τεχνική Υπηρεσία αποφασίσει να το υλοποιήσει ως λύση.

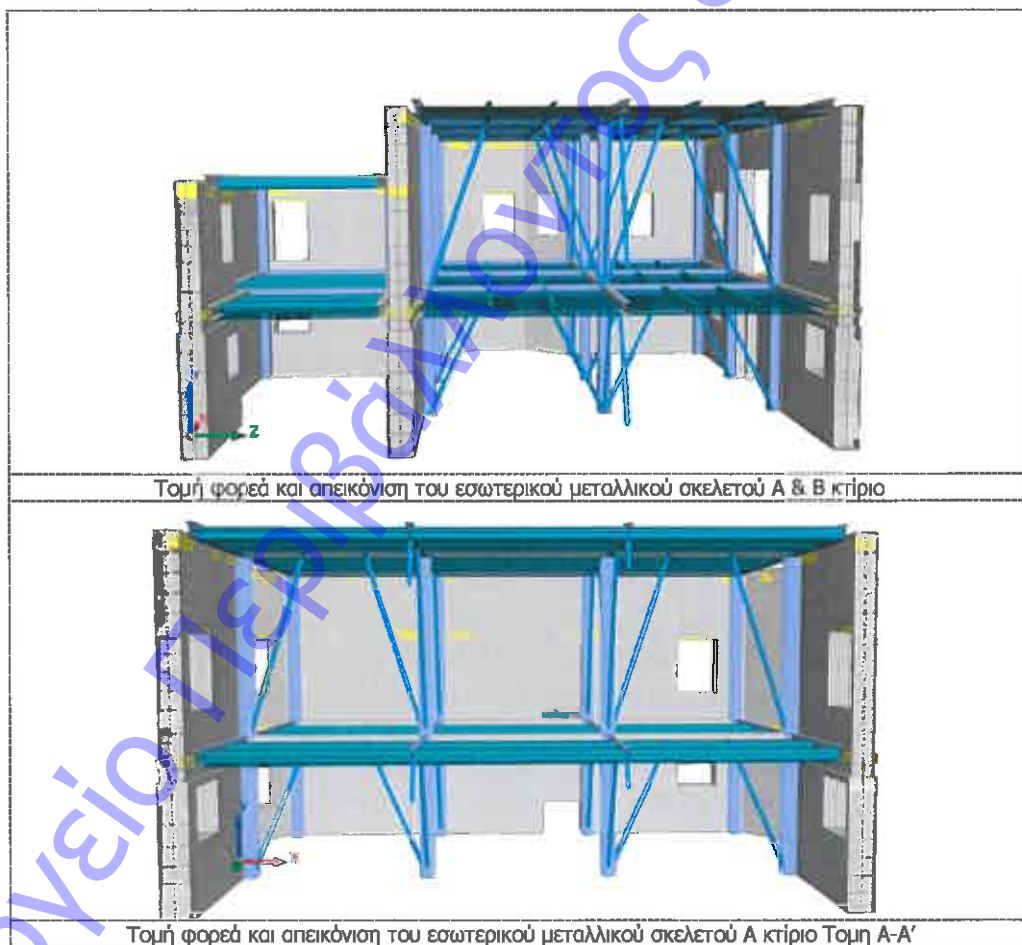
Για την αντιμετώπιση της μεταβολής της στάθμης της οροφής του ισογείου επιλέχθηκε η μέθοδος της προσθήκης εσωτερικού μεταλλικού σκελετού με δύσκαμπτα πλαίσια, έτσι ώστε τα φορτία της πλάκας να μεταβιβάζονται απευθείας στα νέα μεταλλικά στοιχεία και κάποιο μικρό μέρος αυτών από την υφιστάμενη τοιχοποιία. Η μέθοδος αυτή δημιουργεί ωστόσο μια μείωση στην διατμητική αντοχή της υφιστάμενης τοιχοποιίας καθώς μειώνεται η ανάληψη των κατακόρυφων φορτίων από τις τοιχοποιίες. Ωστόσο, η λύση αυτή αποτελεί την πλέον δυνατή παρέμβαση , καθώς οποιαδήποτε ενδιάμεση προσθήκη δαπέδου στην ΑΝΩ τοιχοποιία πάχους 40cm, θα δημιουργούσε τεράστιο πρόβλημα καθώς θα διακοπτόταν η συνέχεια των τοιχωμάτων και σε περίπτωση σεισμού αναμένεται να προκληθούν σημαντικές βλάβες.

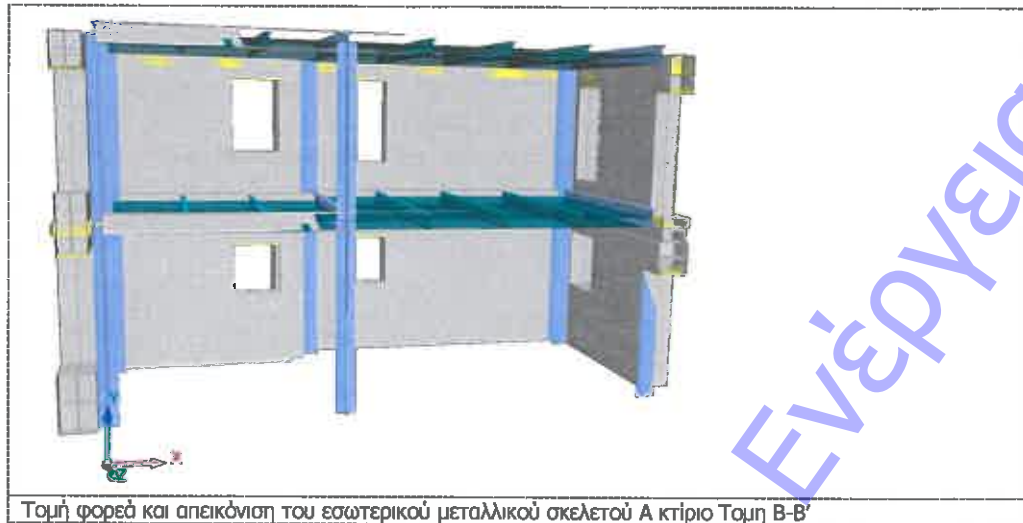
8.1 Μόρφωση του Νέου Φορέα.

Για την επίτευξη της μεταβολής της στάθμης της οροφής του ημι-υπογείου κατά 40cm, κατασκευάζεται εσωτερικός μεταλλικός φορέας , όπως παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα

Χρησιμοποιούνται διατομές HEA 280 για τα μεταλλικά υποστυλώματα, IPE270 για τις κύριες δοκούς (ισχυρός – ασθενής άξονας) και IPE 180 για τις ενδιάμεσες δοκίδες στις

οποίες εδράζεται το σύμμικτο πάτωμα. Τα δύσκαμπτα πλαίσια φέρουν κοιλοδοκούς CHS 88.9X5 σε έκκεντρη στήριξη με τις δοκούς έτσι ώστε να διασφαλίζεται επαρκές άνοιγμα για προσπέλαση στους εσωτερικούς χώρους. Το σύμμικτο δάπεδο κατασκευάζεται από τραπεζοειδές χαλυβδόφυλλο ενδεικτικού τύπου ΕΛΑΣΤΡΟΝ SYM 73/187.5/0.75. Το σύμμικτο δάπεδο κα'θως και τα μεταλλικά στοιχεία ελέγχονται σε πυροφορτία για διάρκεια 60 min (treq) με μέγιστη αναπτυσσόμενη θερμοκρασία 600°C. Περισσότερες πληροφορίες για το τεχνικό κομμάτι του φορέα δίνονται αναλυτικά στις παρακάτω παραγράφους. Θα πρέπει να σημειωθεί πως λόγω της πολυπλοκότητας της γεωμετρίας της κατασκευής σε συνδυασμό με αφανή στοιχεία που δεν έχουν εντοπιστεί κατά τη φάση αξιολόγησης , ενδέχεται να μεταβάλλουν τις διαστάσεις των δομικών στοιχείων που δίνονται στα σχέδια της μελέτης. Ο ανάδοχος του έργου οφείλει να επιβεβαιώσει τις διαστάσεις επιτόπου κατά τη φάση κατασκευής και να διορθώσει τυχόν αποκλίσεις . Σε περίπτωση που οι αποκλίσεις ξεπερνούν το 15% του μήκους των στοιχείων, τότε θα απαιτηθεί πρόσθετη μελέτη αξιολόγησης απο τον μελετητή. Τυχόν αποκλίσεις θα πρέπει να συμπεριληφθούν στις επιμετρήσεις των ποσοτήτων ως απρόβλεπτες δαπάνες.

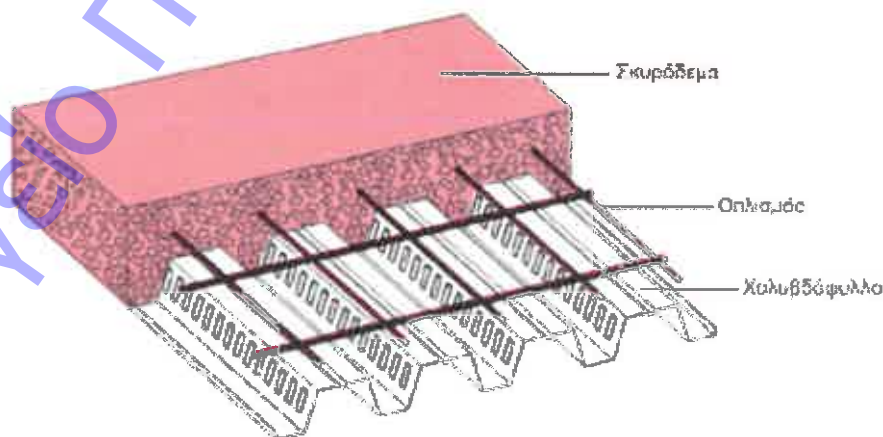




Τομή φορέα και απεικόνιση του εσωτερικού μεταλλικού σκελετού Α κτίριο Τομή Β-Β'

8.2 Σύμμικτο Δάπεδο.

Οι σύμμικτες πλάκες σχεδιάστηκαν και ελέγχθηκαν με τη βοήθεια του προγράμματος SYMDECK Designer της εταιρείας Έλαστρον. Οι πλάκες σχεδιάστηκαν με συνολικό ύψος $h_{ολ.}=130\text{ mm}$ και με χαλυβδόφυλλο SYMDECK 50 πάχους $t=0.75\text{ mm}$ και ύψους $h_p=48,5\text{ mm}$. Οι νευρώσεις του χαλυβδόφυλλου τοποθετήθηκαν εγκάρσια στις δοκίδες έδρασης. Επίσης, ως οπλισμός στην πάνω πλευρά της πλάκας τοποθετήθηκε πλέγμα οπλισμού $\Phi 8/10$ με ποιότητα χάλυβα B500c και καθαρή επικάλυψη $c=25\text{ mm}$. Τέλος, το σκυρόδεμα της πλάκας είναι ποιότητας C25/30. Το βασικό συστατικό των σύμμικτων πλακών είναι τα χαλυβδόφυλλα που λειτουργούν αρχικά κατά τη φάση της κατασκευής ως μεταλλότυπος για το έγχυτο σκυρόδεμα, μεταφέροντας τα φορτία σκυροδέτησης. Μετά την πήξη του σκυροδέματος η παραλαβή των λοιπών φορτίων κατά τη διάρκεια ζωής της κατασκευής γίνεται από τη σύμμικτη δράση των δύο υλικών που λειτουργούν πλέον ως σύμμικτη πλάκα. Στη σύμμικτη πλάκα προβλέπεται συνήθως ένας ελαφρύς οπλισμός που αφενός μεν προστατεύει το σκυρόδεμα από τη ρηγμάτωση, αφετέρου δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραλαβή των αρνητικών ροπών των στηρίξεων στην περίπτωση που επιλεγεί το στατικό σύστημα της συνεχούς δοκού πολλών ανοιγμάτων.



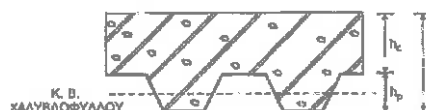
Απαιτήσεις κανονισμού

Οι βασικές απαιτήσεις σχεδιασμού των σύμμικτων πλακών σύμφωνα με τον κανονισμό (Ευρωκώδικας 4) για να εξασφαλίζεται διαφραγματική λειτουργία είναι:

- Συνολικό ελάχιστο πάχος πλάκας: $min h = 80 mm$
- Ελάχιστο πάχος σκυροδέματος πάνω από το χαλυβδόφυλλο: $min h_c = 40 mm$
- Επειδή όμως η πλάκα πρέπει να εξασφαλίζει διαφραγματική λειτουργία,

ισχύουν τα ακόλουθα ελάχιστα μεγέθη: $min h = 90 mm$, $min h_c = 50 mm$

Τα παραπάνω μεγέθη φαίνονται στην εικόνα



Για τον έλεγχο πυραντοχής όπως και για τη φάση λειτουργίας το στατικό σύστημα του φορέα θεωρείται αυτό που προκύπτει μετά την απομάκρυνση των τυχόν ενδιάμεσων υποστυλώσεων. Τα φορτία που δρουν σε αυτή τη φάση επί της σύμμικτης πλάκας είναι τα ίδιο βάρος G καθώς και ωφέλιμο κινητό φορτίο Q . Για τον προσδιορισμό των εντατικών μεγεθών του σύμμικτου φορέα λόγω των παραπάνω δράσεων, θεωρείται η επιβολή του ωφέλιμου φορτίου Q σε όλη την επιφάνεια του φορέα.

Διενεργούνται τρεις έλεγχοι:

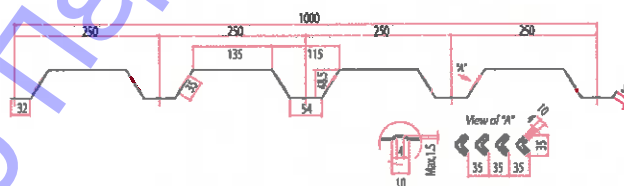
- Ο έλεγχος θερμικής μόνωσης

Σύμφωνα με τα κριτήρια μόνωσης η άνοδος της θερμοκρασίας στην άνω επιφάνεια της πλάκας δεν πρέπει να υπερβαίνει κατά μέση τιμή τους $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ και κατά μέγιστη τιμή τους $180\text{ }^{\circ}\text{C}$

- Ο έλεγχος του ελάχιστου απαιτούμενου πάχους πλάκας:
- Ο έλεγχος καμπτικής αντοχής:

Γίνεται με βάση την φόρτιση $G + 0.50Q$ από την οποία προκύπτουν τα εντατικά μεγέθη

$M_{fi, Sd} +$ αντοχή σε θετικές ροπές και $M_{fi, Sd} -$ αντοχής σε αρνητικές ροπές



Το χαλυβδόφυλλο SYMDECK 50 είναι ένα γαλβανισμένο προφίλ τραπεζοειδούς σχήματος που χρησιμοποιείται για την κατασκευή σύμμικτων πλακών μεγάλων ανοιγμάτων. Το άνω πέλμα του χαλυβδόφυλλου είναι ενισχυμένο έναντι τοπικού λυγισμού με μια ενδιάμεση ενίσχυση στο μέσο του. Στον κορμό υπάρχουν ειδικές νευρώσεις (εντυπώματα) μήκους 40 mm, τα οποία προσδίδουν την επιπλέον συνάφεια που απαιτείται μεταξύ χαλυβδόφυλλου και σκυροδέματος ούτως ώστε να μεταφέρονται οι δυνάμεις διαμήκους διάτμησης που αναπτύσσονται μεταξύ των δύο υλικών. Για την περίπτωση μας επιλέχθηκε πάχος χαλυβδόφυλλου 0,75 mm. Ο χάλυβας που χρησιμοποιείται είναι υψηλής ποιότητας S320 σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 3 και γαλβανισμένος. Τα γεωμετρικά και αδρανειακά χαρακτηριστικά του προφίλ για κάθε πάχος φαίνονται στο Πίνακα

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΧΑΛΥΒΔΟΦΥΛΛΟΥ SYMDECK 50

Πάχος	t (mm)	0,75	1,00	1,25
Βάρος	G (kg/m ²)	7,36	9,81	12,27
Επιφανεια	A (cm ² /m)	9,07	12,10	15,12
Ροπή αδράνειας	Iy (cm ⁴ /m)	36,32	48,45	60,56
Ροπή αντίστασης	Wycm ³ /m	11,84	15,79	19,74

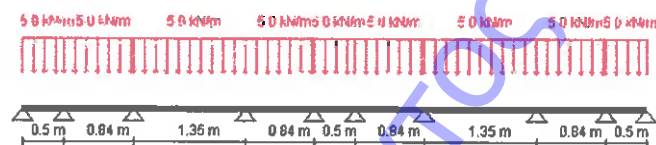
Πίνακας 1: Γεωμετρικά και αδρανειακά χαρακτηριστικά του προτεταμένου χαλυβδόφυλλου SYMDECK 50

Πάχος	t (mm)	0,75	1,00	1,25
Βάρος	G (kg/m ²)	7,36	9,81	12,27
Επιφανεια	A (cm ² /m)	9,07	12,10	15,12
Ροπή αδράνειας	Iy (cm ⁴ /m)	36,32	48,45	60,56
Ροπή αντίστασης	Wycm ³ /m	11,84	15,79	19,74

Πίνακας 1: Γεωμετρικά και αδρανειακά χαρακτηριστικά του προτεταμένου χαλυβδόφυλλου SYMDECK 50 ανά μέτρο μήτους διατομής

Για την ανάλυση του σύμμικτου δαπέδου χρησιμοποιήθηκαν το λογισμικά symdeck και consteel, στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η ανάλυση του σύμμικτου δαπέδου για τα δυσμενέστερα ανοίγματα του κτιρίου Α (έμπροσθεν κτίριο)

ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΦΟΡΕΑ



Παραδοχές Μελέτης:

ΦΟΡΤΙΑ

Μόνιμα : 2.20 kN/m²

Πρόσθετα μόνιμα : 1.85 kN/m²

Ωφέλιμα φορτία : q kN/m²

Φάτνωμα 1 q = 5

Φάτνωμα 2 q = 5

Φάτνωμα 3 q = 5

Φάτνωμα 4 q = 5

Φάτνωμα 5 q = 5

Φάτνωμα 6 q = 5

Φάτνωμα 7 q = 5

Φάτνωμα 8 q = 5

Φάτνωμα 9 q = 5

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΦΟΡΤΙΩΝ

Συντελεστής ασφαλείας μονίμων δράσεων: $\gamma = 1.35$ G

Συντελεστής ασφαλείας μεταβλητών δράσεων: $\gamma = 1.5$ Q

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Πάχος χαλυβδόφυλλου t = 0.75 mm

Ποιότητα χάλυβα χαλυβδόφυλλου Fe320G

Πάχος πλάκας h = 0.13 m

Ποιότητα σκυροδέματος C25/30

Ποιότητα χάλυβα οπλισμού S500s

Επικάλυψη οπλισμού c = 0.03 m

Εμβαδόν οπλισμού $A_s = 2.513 \text{ cm}^2 / \text{m}$

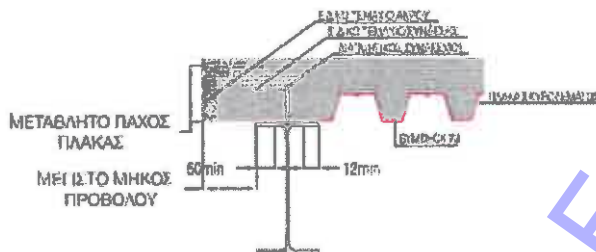
Οπλισμός Φ 8 mm ανά d = 20 cm



Για να επιτευχθεί η σύνδεση της σύμμικτης πλάκας με την ενδιάμεση στάθμη του υπο κατασκευής διαφράγματος δημιουργείται μια μεταβολή στο πάχος της πλάκας στα σημεία των ακραίων στηρίξεων κατά μήκος της τοιχοποιίας και τέλος η έδραση της υλοποιείται σύμφωνα με τις παρακάτω λεπτομέρειες στην ακραία στήριξη της με τοιχοποιία. Η μεταβολή του πάχους της τοιχοποιίας από το ημι-υπόγειο στο ισόγειο είναι της τάξης των 10 cm. Η σύνδεση της πλάκας με την τοιχοποιία υλοποιείται μέσα από την αγκύρωση της με διαμπερείς κοχλίες οι οποίοι συνδέονται εξωτερικά με περιμετρικό UPN 140 (λεπτομέρειες κατασκευαστικών σχεδίων). Η επιλογή της λύσης αυτής μειώνει την παρεμβατικότητα στην υφιστάμενη τοιχοποιία και δεν απαιτεί την δημιουργία φωλιών για την έδραση της πλάκας εντός του συνολικού πάχους της τοιχοποιίας ανά διαστήματα. Το κενό που δημιουργείται ανάμεσα στις δύο στάθμες λόγω της μεταβολής του πάχους της τοιχοποιίας εσωτερικά (10cm), ενισχύεται μέχρι το ύψος έδρασης των δοκίδων στήριξης του σύμμικτου δαπέδου με μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος, πάχους 10cm και ύψους όσο προκύψει επιτόπου στο έργο, βάσει των τελικών πραγματικών στάθμεων. Η στήριξη των δοκίδων έδρασης υλοποιείται με γωνιακά ελάσματα αγκυρωμένα στον μανδύα. Σε περίπτωση που η λύση της περιμετρικής αγκύρωσης της πλάκας με την τοιχοποιία δεν

μπορεί α υλοποιηθεί λόγω αυξημένου κόστους , τότε εναλλακτικά προτείνεται η αγκύρωση οπλισμών περιμετρικά της τοιχοποιίας (αναμονές) οι οποίες θα εγκιβωτιστούν κατα την σκυροδέτηση της σύμμικτης πλάκας και θα αποτελούν τον οπλισμό στήριξης της στην τοιχοποιία.

ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΑΚΡΟΥ ΜΕ ΠΡΟΒΟΛΟ



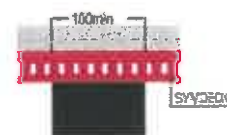
ΑΚΡΑΙΑ ΕΔΡΑΣΗ ΣΕ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ



ΔΙΠΛΗ ΕΔΡΑΣΗ ΣΕ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ



ΣΥΝΕΧΗ ΕΔΡΑΣΗ ΣΕ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ



Βασική προϋπόθεση της σύμμικτης λειτουργίας είναι η παραλαβή της διάτμησης που αναπτύσσεται στη διεπιφάνεια μεταξύ χαλύβδινης διατομής και σκυροδέματος μέσω μηχανικών μέσων που ονομάζονται διατμητικοί σύνδεσμοι. Σ' ένα σύμμικτο φορέα αναπτύσσονται δύο είδη διάτμησης: η κατακόρυφη και η διαμήκης διάτμηση. Η κατακόρυφη διάτμηση εξασφαλίζει τη συνθήκη ισορροπίας δυνάμεων ως προς κατακόρυφο άξονα ενώ η διαμήκης διάτμηση απαιτείται για λόγους συμβιβαστού των παραμορφώσεων μεταξύ χάλυβα και σκυροδέματος. Όταν οι διατμητικοί σύνδεσμοι παραλαμβάνουν όλη τη διαμήκη διάτμηση που εμφανίζεται μεταξύ χάλυβα και σκυροδέματος εμποδίζεται πλήρως η ολίσθηση μεταξύ σιδηροδοκού και πλάκας σκυροδέματος και επιτυγχάνεται πλήρης διατμητική σύνδεση.

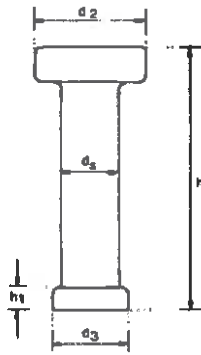
Διαμήκης διάτμηση

Η διαμήκης διάτμηση προσδιορίζεται με πλαστική, ελαστοπλαστική ή ελαστική ανάλυση. Εφόσον η αντοχή των διατομών προσδιορίστηκε με πλαστική ανάλυση και ο έλεγχος της διατμητικής σύνδεσης γίνεται στην οριακή κατάσταση αστοχίας θα εφαρμοστεί πλαστική ανάλυση. Στη περίπτωση αυτή η διαμήκης διάτμηση βρίσκεται από εξέταση της συνθήκης ισορροπίας των οριζόντιων δυνάμεων εντός ενός μήκους της δοκού. Η διαδοκίδα που εξετάζεται είναι αμφοτέρωθεν οπλισμένη οπότε στο τμήμα που εξετάζεται ισχύει η σχέση του β_{ei} για το σύνολο της διαμήκους διάτμησης.

Διατμητικοί ήλοι

Επιλέγονται διατμητικοί ήλοι κεφαλής από τον πίνακα Π4.2 οι οποίοι αποτελούν το συνηθέστερο τύπο διατμητικών συνδέσμων. Οι σύνδεσμοι αυτοί προτιμώνται λόγω του εύκολου τρόπου κατασκευής τους και του πλεονεκτητικού ρόλου της κεφαλής τους η οποία εμποδίζει την ανύψωση της πλάκας σκυροδέματος και την αποκόλλησή της από τη δοκό.

Χαρακτηριστικά διατμητικής σύνδεσης



d	d ₂	h
16	29	50, 75, 100, 125, 150, 175, 200
19	32	75, 100, 125, 150, 200
22	35	50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250
25	38	100, 125, 150, 175, 200, 250

Διαστάσεις συνήθως διατμητικών ήλων κεφαλής σε mm

Διάμετρος ήλου: 16mm

Ύψος ήλου: $h_{\text{ήλου}} = 95 \text{ mm} > h_p = 73 \text{ mm}$ e

$h_{\text{ήλου}} = 95 \text{ mm} < h_{\text{ολ}} = 130 \text{ mm}$

Η οριακή αντοχή του ήλου προσδιορίζεται από τις παρακάτω εξισώσεις:

$$P_{Rd} = 0,8 f_u \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) / \gamma_v$$

$$P_{Rd} = 0,29 \alpha d^2 \sqrt{f_{ck} E_{cm}} / \gamma_v$$

όπου:

P_v, R_d η αντοχή ήλου σε διάτμηση

P_b, R_d η αντοχή του σκυροδέματος σε σύνθλιψη άντυνας

$\gamma_v = 1,25$ επιμέρους συντελεστής ασφαλείας

a η απόσταση :

$a = 0,20 * (h / d + 1)$ για $3 \leq h / d \leq 4$

$a = 1$ για $4 \leq h / d$

$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$ η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος

$E_{cm} = 30,50 \text{ GPa}$ το μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος

Επιλέχθηκε η εγκάρσια τοποθέτηση του χαλυβδόφυλλου με 10 διατμητικούς ήλους ανά δοκό ή έναν σε κάθε άνοιγμα του χαλυβδόφυλλου.

Name: Composite beam with profiled steel sheeting

Steel section: IPE 180

Concrete flange:

Material: C25/30 EN 1992-1-1:20

Reinforcement: S 500 S

Upper reinforcement: C_{top} 25 mm

Bottom reinforcement: C_{bottom} 25 mm

Longitudinal reinforcement:

Diameter: 8 mm

Pitch among bars: a_L 20 mm

Area of reinforcement: a_{sL} 2513,27 mm²

The reinforcement is nearer to the concrete surface

Transversal reinforcement:

Diameter: 8 mm

Pitch among bars: a_T 25 mm

Area of reinforcement: a_{sT} 2010,62 mm²

The reinforcement is nearer to the concrete surface

Headed shear studs:

n_{stud} 1

D 16 mm

f_{yk} 95 mm

f_u 450 N/mm²

Modulus of elasticity applied in structural analysis:

Secant modulus of elasticity: $E_{cm} = 22(f_{cm}/10)^{0.3} = 31476,0$

Design value of elastic modulus: $E_{cd} = E_{cm}/\gamma_c = 20984,0$

Steel sheeting:

Parameters of profiled steel sheeting:

b_b	54,00 mm
b_u	135,00 mm
b_r	250,00 mm
t_p	0,75 mm
h_p	48,50 mm

Material: S 275 EN 10025-2

a 0 mm

Parallel to beam

Non continuous sheeting

Studs are welded through sheeting

Perpendicular to beam

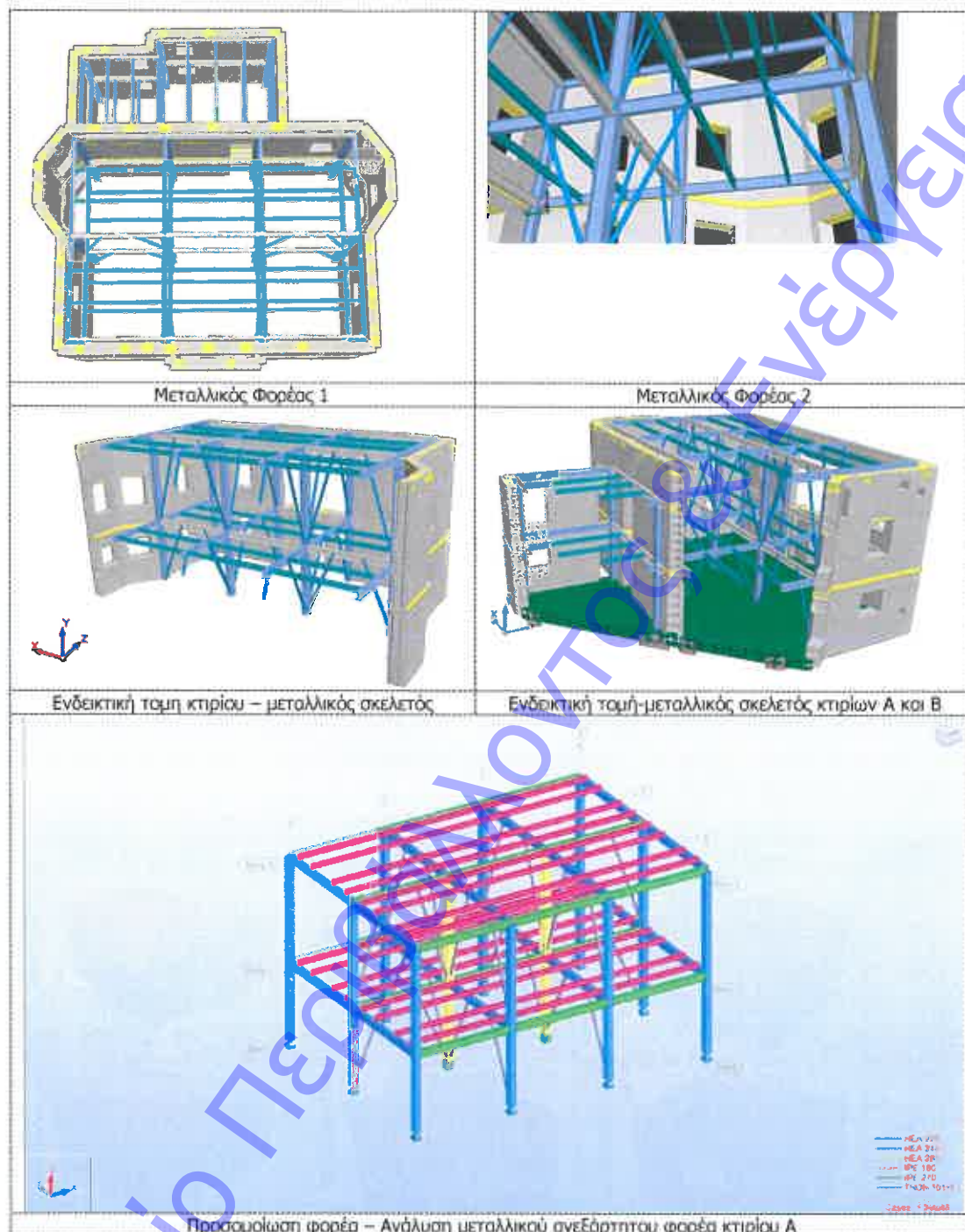
Continuous sheeting

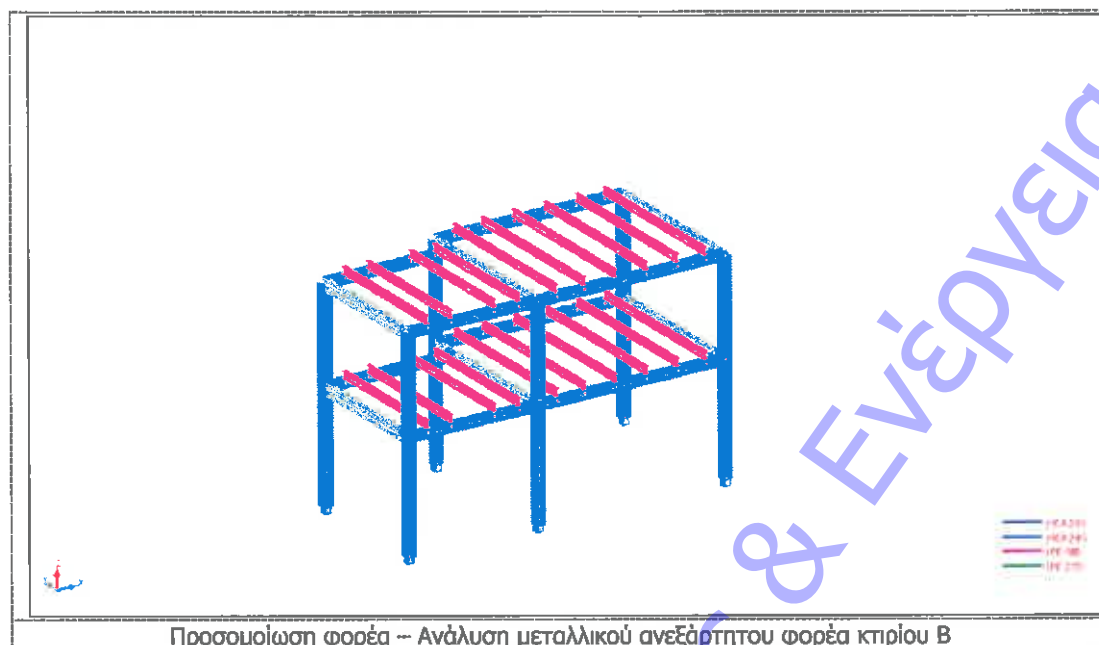
Studs are directly welded to the flange (holes)

8.3 Μεταλλικές Φορέας και Διατομές.

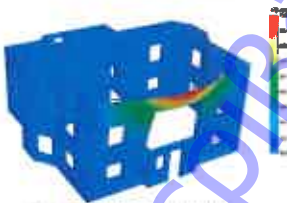
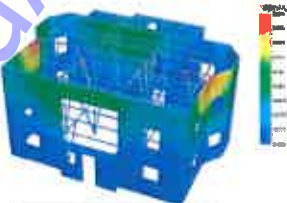
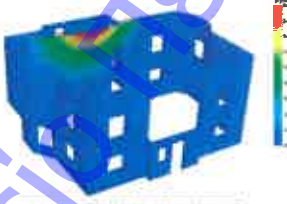
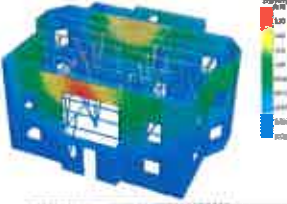
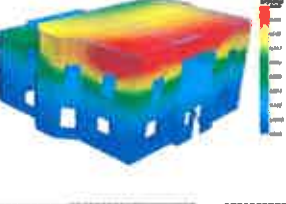
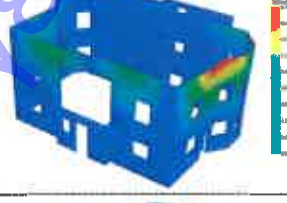
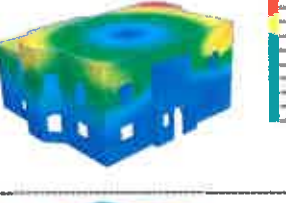
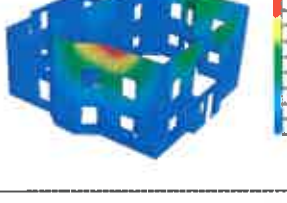
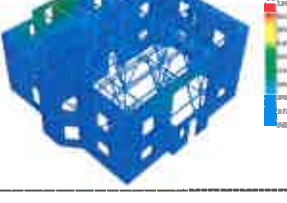
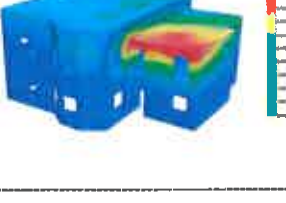
Η κατασκευή και ο σχεδιασμός του μεταλλικού φορέα έχει δυο φιλοσοφίες, η πρώτη αφορά την αντιστήριξη της υφιστάμενης τοιχοποιίας σε εκτός επιπέδου μετακινήσεις αλλά παράλληλα την μείωση των μετακινήσεων μέσω των δυσκαμπτων πλαισίων στην εντός επιπέδου λειτουργία της. Πρόσθετα, το νέο σύμμικτο δάπεδο λειτουργεί ως ισχυρό διάφραγμα με περιορισμένο πάχος λόγω της εφαρμογής του χαλυβδόφυλλου, μειώνοντας σημαντικά το πρόσθετο μόνιμο φορτίο που δέχεται ο φορέας συνολικά.

Αρχικά κατασκευάζεται ο μεταλλικό φορέας (πλάισια) του Α κτιρίου, με υποστυλώματα HEA280 (κεντρικά) και HEA240, κύριες και δευτερεύουσες δοκούς HEA220 και IPE270 αντίστοιχα. Η δυσκαμπτοποίηση του φορέα επιτυγχάνεται με την προσθήκη διαγώνιων συνδέσμων διατομής CHS101X5, οι οποίες λειτουργούν μόνο στην παραλαβή των σεισμικών δυνάμεων. Τα στατικά φορτία της σύμμικτης πλάκας παραλαμβάνονται από δοκίδες διατομής IPE180 οι οποίες εδράζονται στις κύριες δοκούς για το εμπροσθεν τμήμα του κτιρίου και στις δευτερεύουσες για το χαμηλό πίσω τμήμα του κτιρίου. Η σύνδεση των δοκίδων θεωρείται αμφιαρθρωτή με την στήριξη τους να υλοποιείται στο άνω πέλμα των κύριων και δευτερόντων δοκών. Αντίστοιχα, στο κτίριο Β, τοποθετούνται HEA 240 για τα υποστυλώματα, HEA 220 για τις κύριες δοκούς, IPE 270 για τις δευτερεύουσες δοκούς στον ασθενή άξονα και IPE 180 για τις δοκίδες στήριξης της σύμμικτης πλάκας.

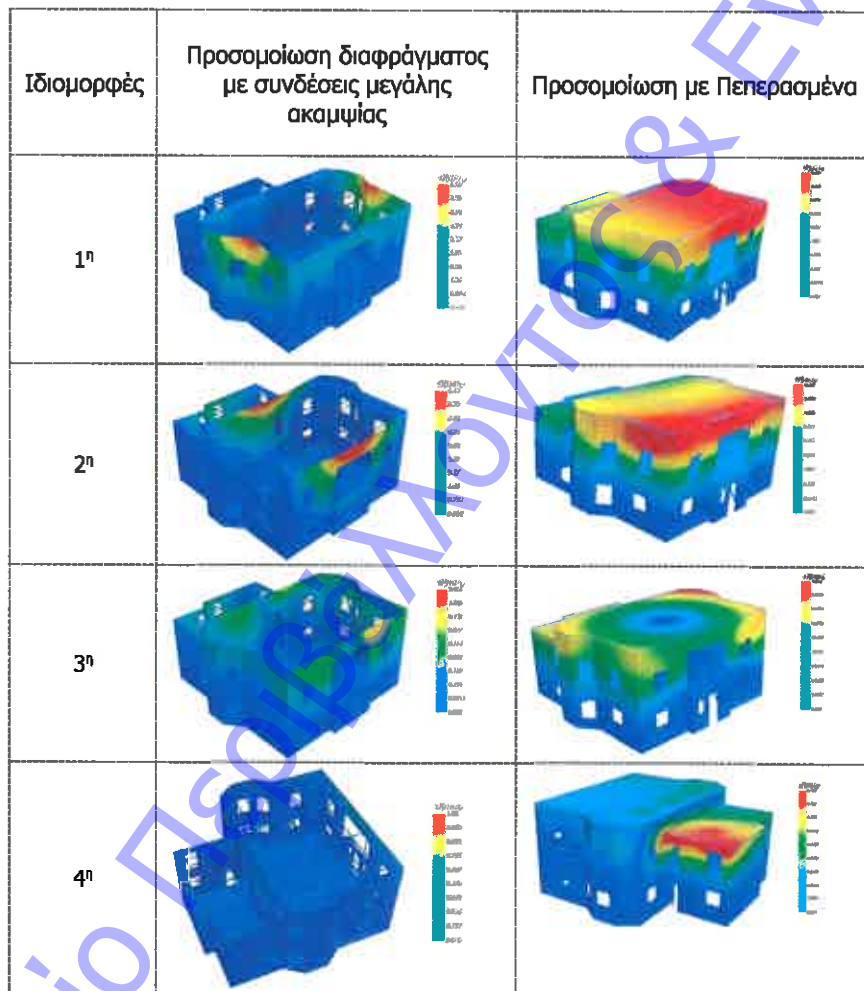




Ο μεταλλικός φορέας μοντελοποιήθηκε με 2 τρόπους, την πρώτη ως ανεξάρτητος φορέας και την δεύτερη σε συνδυασμό με το μοντέλο της φέρουσας τοιχοποιίας στο οποίο έγινε συνδυασμός πεπερασμένων στοιχείων plate και beam. Ο μεταλλικός φορέας κατασκευάζεται τμηματικά καθώς αποτελεί και μέρος και της προσωρινής υποστήριξης του φορέα. Για τον λόγο αυτό διενεργήθηκαν ξεχωριστά προσομοιώματα κατασκευαστικών σταδίων, έτσι ώστε να διερευνηθεί η δυσμενέστερη φόρτιση.

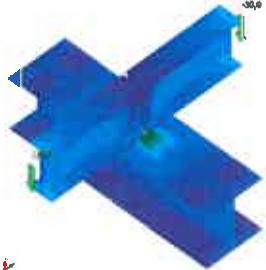
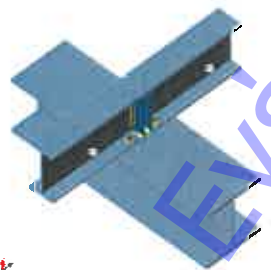
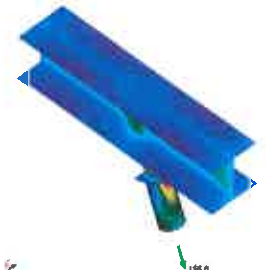
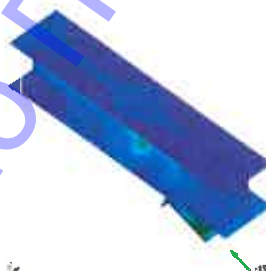
Ιδιομορφή	Φορέας μετά τις καθαιρέσεις δαπέδων - στέγης	Φορέας με μεταλλική αντιστήριξη	Τελικός ενισχυόμενος φορέας με σύμμικτη πλάκα
1 ^η			
2 ^η			
3 ^η			
4 ^η			

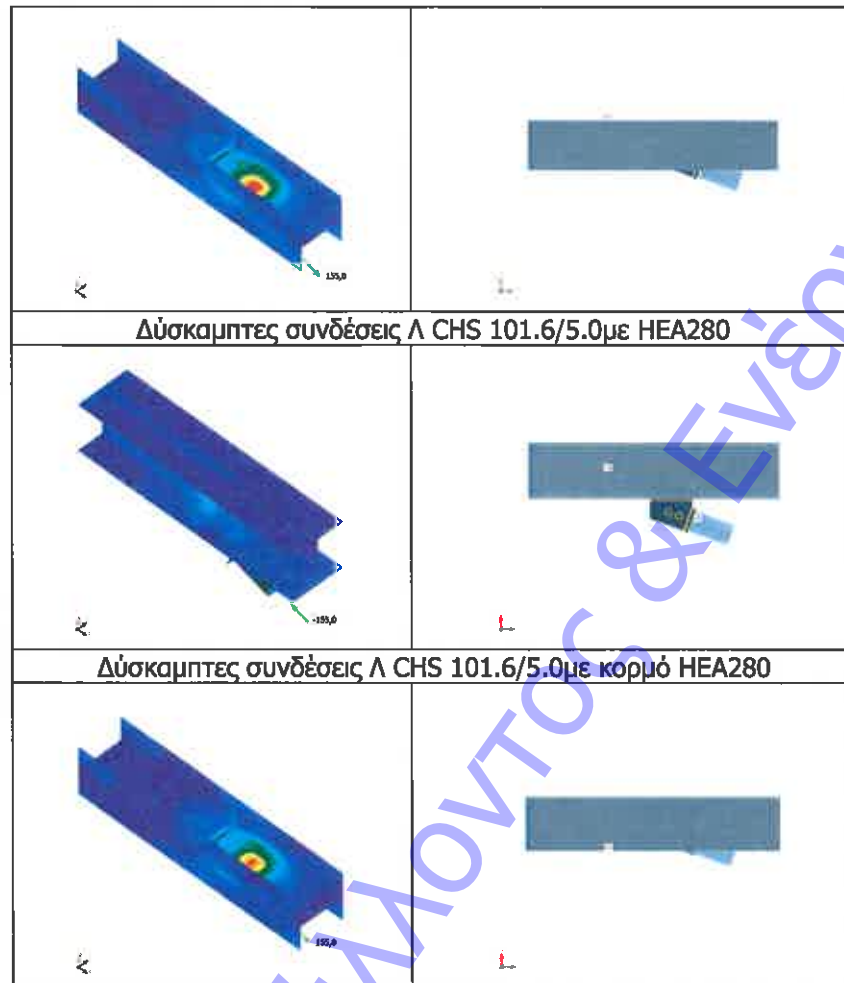
Τροποποίηση του μοντέλου, προσομοίωση πλακών ως διάφραγμα και άκαμπτη στήριξη υποστυλωμάτων με του κόμβους των πεπερασμένων στις θέσεις αυτές. Στη μοντελοποίηση λαμβάνεται η ενδοσιμότητα του εδάφους, προσομοιώνοντας την ενισχυόμενη θεμελίωση (radier και πεδιλοδοκό). Η διαφορά της δεύτερης προσομοίωσης σε σχέση με το μοντέλο των πεπερασμένων στοιχείων των πλακών είναι η απομόνωση του μεταλλικού φορέα και των πλακών στη συνολική συνεισφορά τους στον φορέα. Με την προσομοίωση αυτή λαμβάνεται το ενδεχόμενο της μη επαρκούς σύνδεσης των πλακών με τις τοιχοποιίες, την μειωμένη μεταφορά κατακόρυφων φορτίων στις τοιχοποιίες (μείωση της διατμητικής αντοχής της τοιχοποιίας).



8.3.1 Μεταλλικές συνδέσεις.

Οι συνδέσεις που έχουν μελετηθεί παρουσιάζονται ανά κατηγορία :

Συνδέσεις Τεγίδων IPE 180 με HEA220	
	
Δύσκαμπτες συνδέσεις Λ CHS 101.6/5.0 με HEA220	
	
Δύσκαμπτες συνδέσεις Λ CHS 101.6/5.0 με IPE270	
	
Δύσκαμπτες συνδέσεις Λ CHS 101.6/5.0 με HEA220	
	
Δύσκαμπτες συνδέσεις Λ CHS 101.6/5.0 με κορμό HEA240	
	



8.4 Κατασκευαστικά Στάδια.

Η ενίσχυση του φορέα υλοποιείται σε κατασκευαστικά στάδια, όπως αυτά παρουσιάζονται παρακάτω:

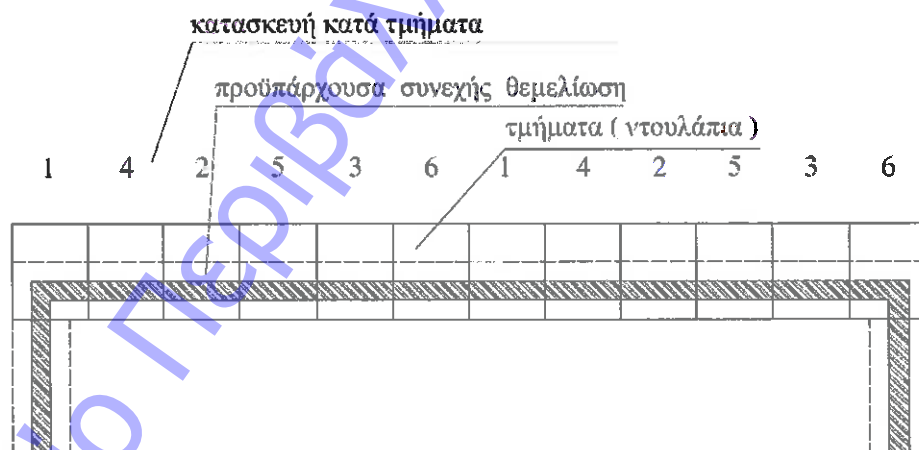
1. Τοποθέτηση ικριωμάτων και αντιστήριξη όψεων.
2. Καθαίρεση επιχρισμάτων.
3. Αποξήλωση στέγης.
4. Καθύψος μετατόπιση των υφιστάμενων ανοιγμάτων , αφαίρεση μεταλλικών πρεκιών, κτίσιμο με συμπαγείς πλίνθους για την διατήρηση του ύψους της ποδιάς και τελείωμα με την προσθήκη διαζώματος (σενάζ) 15 εκ στο τελείωμα. Τα μεταλλικά υφιστάμενα πρέκια αφαιρούνται και αντικαθιστούνται με νέα UPN 400
5. Μηχανική καθαίρεση υφιστάμενης πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος με αδιατάρακτη κοπή, στο δάπεδο του ισόγειου
6. Αποξήλωση ξύλινων δαπέδων και καθαίρεση υφιστάμενων τοιχοποιία στο υπόγειο.
7. Απομάκρυνση προϊόντων καθαιρέσεων και καθαρισμός χώρου.
8. Ενεμάτωση λιθοδομής ημι-υπογείου (Η εργασία θα διενεργηθεί απο το εσωτερικό του κτιρίου και θα πρέπει το γέμισμα να υλοποιηθεί έως και την

εξωτερική πλευρά της τοιχοποιίας, με τις οπές ενέματος να διατάσσονται όπως παρουσιάζεται στην εικόνα της παραγράφου.

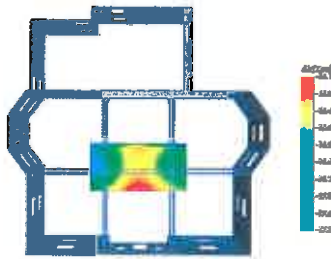
- 9.
10. Περιμετρική τμηματική και εγκάρσια εκσκαφή εσωτερικά του κτιρίου κατά μήκος των λιθοδομών και κατασκευή ΝΕΩΝ πεδιλοδοκών.
11. Εξωτερική περιμετρική εκσκαφή και κατασκευή ΝΕΩΝ δοκών.
12. Τοποθέτηση μεταλλικού σκελετού εσωτερικά του κτιρίου
13. Τοπική σύνδεση του μεταλλικού σκελετού με την υφιστάμενη τοιχοποιία.
14. Τοποθέτηση δοκίδων σύμμικτου δαπέδου στο δάπεδο ισογείου.
15. Διάνοιξη εγκοπών σύνδεσης πλάκας στην τοιχοποιία (φωλιές).
16. Τοποθέτηση τραπεζοειδούς λαμαρίνας και οπλισμών – δάπεδο ισογείου.
17. Σκυροδέτηση πλάκας δαπέδου ισογείου.
18. Τοποθέτηση διαδοκίδων οροφής ισογείου.
19. Τοποθέτηση τραπεζοειδούς λαμαρίνας και οπλισμών οροφής ισογείου.
20. Σκυροδέτηση πλάκας οροφής ισογείου και διαζώματος τοιχοποιίας οροφής ισογείου

8.5 Θεμελίωση

Η θεμελίωση θα κατασκευαστεί σε στάδια με τοπικές εκσκαφές – ντουλάπια όπως παρουσιάζεται στα κατασκευαστικά σχέδια. Αρχικά κατασκευάζεται τμήμα της radier, έτσι ώστε να τοποθετηθούν οι μεταλλικές αντιστηρίξεις, πριν την έναρξη των εργασιών εκσκαφής. Στην Β Φάση, ενισχύεται η θεμελίωση με εξωτερική προσθήκη έκκεντρης πεδιλοδοκού 150X100 εκ τμηματικά. Στη Γ Φάση υλοποιείται η τμηματική κατασκευή της radier περιμετρικά των τοιχοποιιών και στη συνέχεια ολοκληρώνεται η σκυροδέτηση στα κενά τμήματα που υπολείπονται.



Τριδιάστατος Φορέας	Τάσεις Εδάφους -Κατασκευή	Τάσεις εδάφους – Τελικός Φορέας
	Max $\sigma = 60 \text{ KN/m}^2 < 274.58 \text{ KN/m}^2$ (σ_{en})	Max $\sigma = 41.2 \text{ Kpa}$ (4.8 tn/m^2) $< 28 \text{ tn/m}^2$ (σ_{en})



Δεν προκύπτει καμία υπέρβαση των τάσεων εδάφους στο τμήμα της radier της προσωρινής υποστήριξης.

8.6 Έλεγχος προσωρινών καταστάσεων.

Κατά τον έλεγχο των προσωρινών καταστάσεων, ελέγχεται η ακεραιότητα του φορέα στη φάση κατασκευής. Λαμβάνεται χρόνος κατασκευής 0.5 έτη, Πιθανότητα υπέρβασης του σεισμικού γεγονότος σχεδιασμού $p = 0.05$. Η περίοδος επαναφοράς του γεγονότος

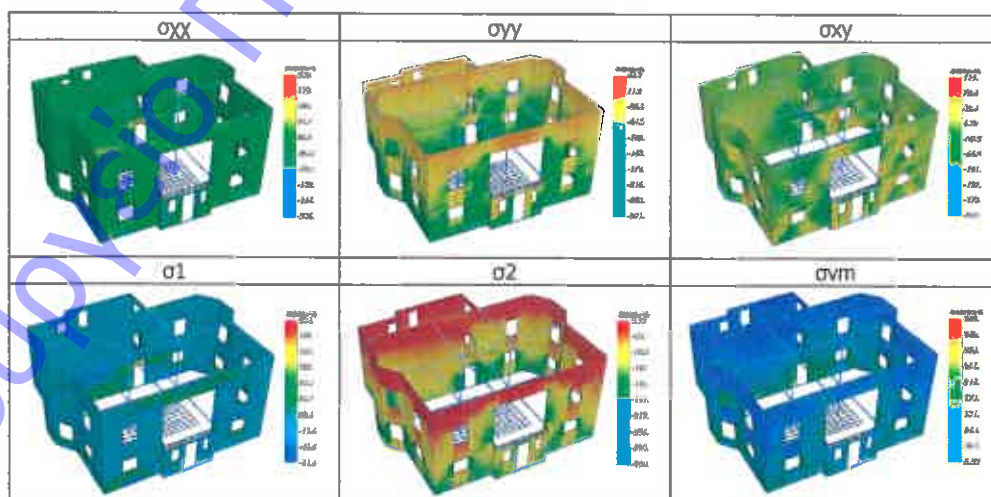
$$\text{λαμβάνεται ως } TRC = \frac{t_c}{p} = \frac{0.5}{0.05} = 10 \text{ έτη}$$

Η εδαφική επιτάχυνση σχεδιασμού της προσωρινής κατάστασης είναι: $agc = agR \left(\frac{TRC}{T_{NCR}} \right)^k$
(0.4) = 0.05

Υπολογισμός της σεισμικής επιβάρυνσης βάσει των διατάξεων του Ευρωκώδικα 8 – τμήμα 2 (EN 1998-2:2005). Ελλείπει περαιτέρω πληροφόρησης στο κείμενο του Ευρωκώδικα, η τιμή του εκθέτη k λήφθηκε ίση με 0.40 βάσει του άρθρου "Z.A. Lubkowski, Deriving the seismic action for alternative return periods according to Eurocode 8, 14th European Conference in Earthquake Engineering".

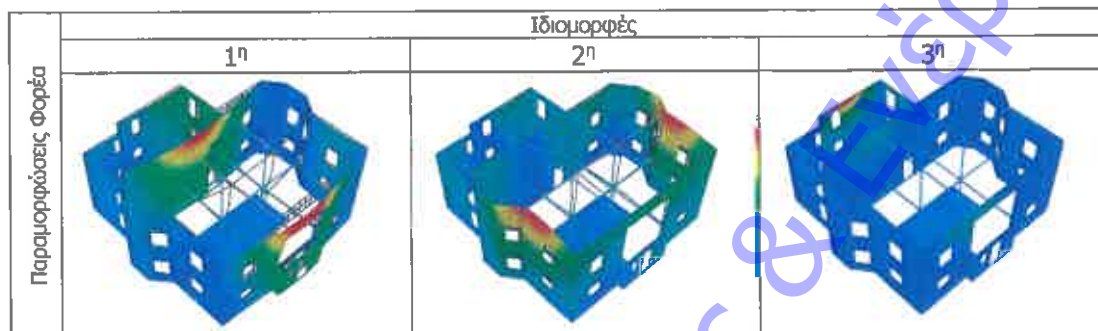
Η μοντελοποίηση αφορά τα εντατικά μεγέθη που δύναται να εμφανιστούν στον φορέα κατά τη φάση εργασιών ενίσχυσης της θεμελίωσης. Εφόσον ικανοποιούνται οι έλεγχοι στις τοιχοποιίες, τότε οι ενισχύσεις των τοιχοποιιών θα διενεργηθούν σε επόμενο στάδιο, διαφορετικά η ενίσχυση της θεμελίωσης θα γίνει εφόσον προηγηθούν όλες οι αποκατάσεις και ενισχύσεις στον φορέα.

Απο την ανάλυση προκύπτουν τα παρακάτω:



Θεωρώντας την εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας ίση με 0.1MPa ή 100KN/m², απο τα διαγράμματα τάσεων δεν προκύπτει υπέρβαση του ορίου διαρροής της τοιχοποιίας. Ωστόσο θα πρέπει να σημειωθεί πως οι εργασίες επισκευών με ενεματώσεις και αρμολογήματα θα διενεργηθούν πριν τις εργασίες εκσκαφών – θεμελιώσεων.

Μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής της περιμετρικής πεδιλοδοκού η συμπεριφορά του φορέα κατά την προσωρινή του υποστήλωση παρουσιάζεται παρακάτω σε σεισμό $a_g=0.05$:



8.7 Τοπικές Ενισχύσεις με ανοξείδωτο νευροχάλυβα (Statibar)

Σύμφωνα με τον ευρωκώδικα 8 μέρος 3 , καθώς και στις διατάξεις του Κ.Α.Δ.Ε.Τ, οι τοιχοποιίες δεν μπορούν να παραλάβουν εφελκυστικές δυνάμεις. Μετά την προσθήκη της ανεξάρτητης μεταλλικής κατασκευής, οι τοιχοποιίες δεν αποτελούν πρωτεύοντα δομικά στοιχεία, ωστόσο στη παρούσα μελέτη διερευνάται η ελάχιστη απαίτηση πρόσθετων οπλισμών ενίσχυσης σε διαμορφωμένες εγχοπές στην επιφάνεια τους.