

DAI - Deutsches Archäologisches Institut

ΓΕΡΜΑΝΙΚΟ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ



Αποκατάσταση Εργαστηρίου Φειδία
Παλαιοχριστιανικής Βασιλικής στην Ολυμπία



OLYMPIA *Trümmers der byzantinischen Kirche mit Brunnen, um 1870*

ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΕΡΓΩΝ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ
ΣΤΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΓΡΑΦΕΙΟ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ
Π. ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΣ & ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ
Πολιτικοί Μηχανικοί ΕΜΠ

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2020

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	2
2	ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	3
3	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ	4
3.1	ΕΠΙΚΛΙΝΕΙΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ	4
3.2	ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΕΙΣ ΥΛΙΚΟΥ ΔΟΜΗΣ.....	4
3.3	ΤΟΠΙΚΑ ΕΝΕΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΡΜΟΛΟΓΗΜΑΤΑ.....	23
3.4	ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΘΡΑΥΣΜΑΤΩΝ.....	24
3.5	ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗ ΚΙΟΝΩΝ	27
3.6	ΑΝΑΚΤΗΣΗ της ΚΟΓΧΗΣ.....	41
4	ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	42
4.1	ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ.....	42
4.3	ΥΛΙΚΑ ΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΙΧΩΝ.....	43
4.5	ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ	47
4.6	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	48
4.7	ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ ΠΕΡΙΔΕΣΗΣ.....	59
4.8	ΕΛΕΓΧΟΣ ΓΟΜΦΩΣΕΩΝ.....	61
5	ΕΠΙΛΟΓΟΣ	66

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α - ΔΟΜΙΚΗ ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β - ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το εργαστήριο του Φειδία αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα μνημεία της Ολυμπίας. Η μελέτη των εργασιών πολιτικού μηχανικού που απαιτούνται στα πλαίσια της αναστήλωσης του μνημείου ανετέθησαν από το Γερμανικό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο στον γράφοντα τον Απρίλιο του 2020.

Η παρούσα εργασία βασίζεται στην Αρχιτεκτονική Μελέτη του Δρ. αρχιτέκτονα Θ. Μπιλή και στις αποτυπώσεις της εταιρείας IMANTΩΣΙΣ. Στην ομάδα μελέτης συμμετέχει επίσης και η εταιρεία γεωτεχνικών μελετών ΕΔΑΦΟΣ ΑΕ, καθώς και ο συντηρητής Α. Σωτηρόπουλος.

Η ομάδα στατικής μελέτης αποτελείται από τον Παναγιώτη Παναγιωτόπουλο, Πολιτικό Μηχανικός Ε.Μ.Π. και τους συνεργάτες Δημήτρη Σκαλούμπακα, πολιτικό μηχανικό Ε.Μ.Π., Νικόλα Παπαηλίου, Πολιτικό Μηχανικό Ε.Μ.Π., MSc Δομοστατικός Σχεδιασμός και Ανάλυση Κατασκευών, Βασίλη Κασίμη, Πολιτικό Μηχανικό Ε.Μ.Π., MSc Προστασία Μνημείων, Γιάννη Δίκαρο Πολιτικό μηχανικό PhD, και Γιάννη Ηλιάδη Πολιτικό μηχανικό MSc Δομοστατικός Σχεδιασμός και Ανάλυση Κατασκευών.

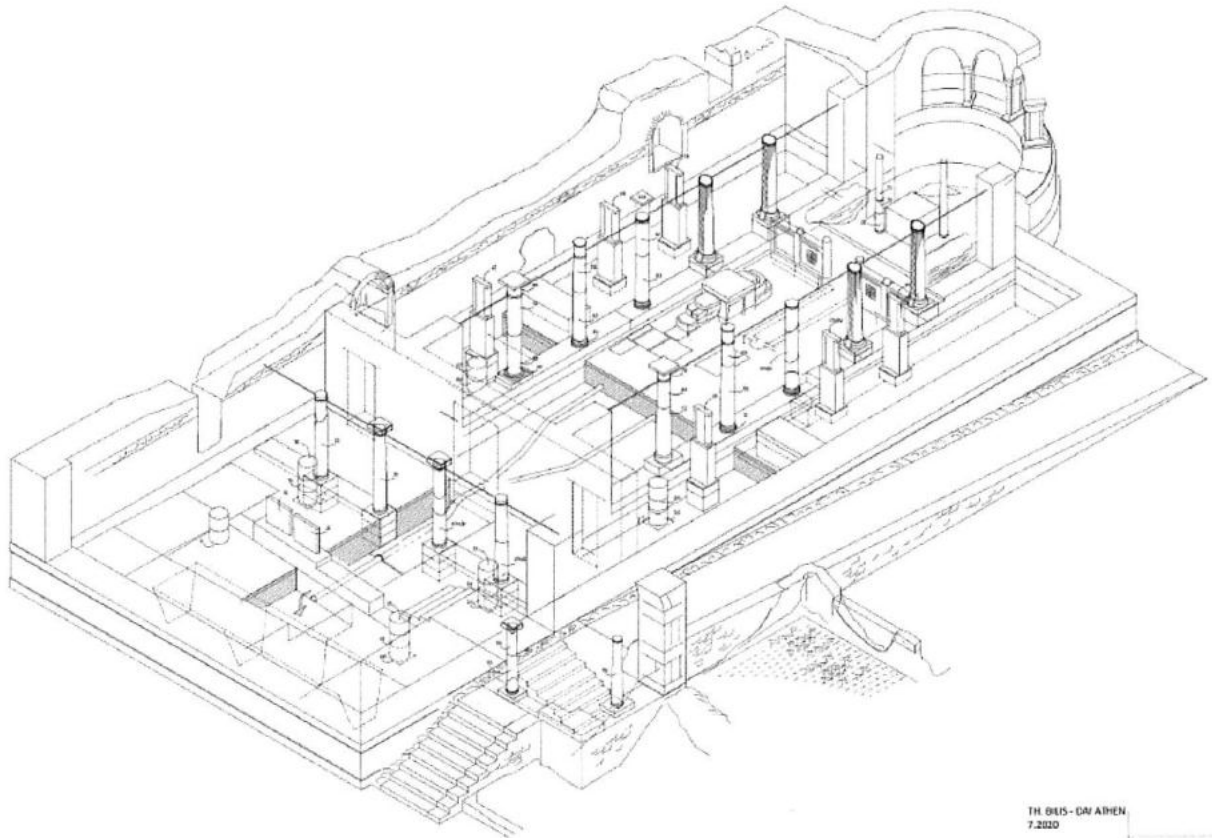
Στην παρούσα μελέτη αξιοποιήθηκαν τα συμπεράσματα προγενέστερων μελετών για το μνημείο από τους Κ. Ζάμπα (2016) και Γ. Θωμά (2017).

Ευχαριστίες οφείλονται στη Διευθύντρια του Γερμανικού αρχαιολογικού Ινστιτούτου στην Αθήνα κ. Sponn και στα στελέχη του Ινστιτούτου, αρχαιολόγους, μηχανικούς και διοικητικούς υπαλλήλους, για την εμπιστοσύνη τους και την αγκαστή συνεργασία τους.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ

2 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

Αντικείμενο της παρούσης μελέτης είναι ο σχεδιασμός των εργασιών πολιτικού μηχανικού που απαιτούνται για την πραγματοποίηση του αναστηλωτικού προγράμματος του μνημείου, όπως προβλέπεται από την μελέτη του αρχιτέκτονα κ. Θ. Μπιλή.



TH BILIS - DAI ATHEN,
7.2020

Εικ. 36 Αξονομετρικό σχέδιο της αναστηλωτικής πρότασης (Bilis-DAI ATHEN, 2020)

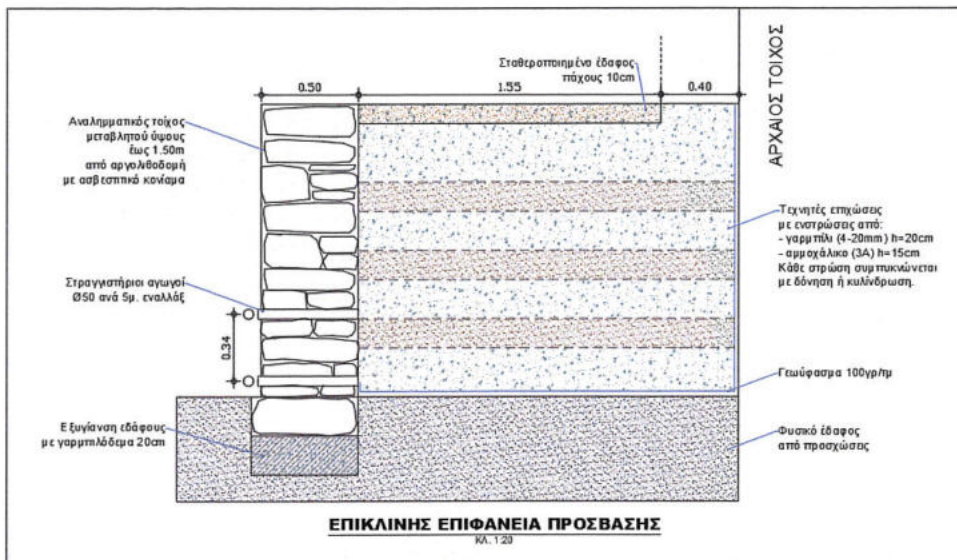
Οι σημαντικότερες εργασίες αντικειμένου πολιτικού μηχανικού είναι οι εξής:

1. Γεωτεχνικές κατασκευές (αναλύονται λεπτομερώς στην σχετική μελέτη της ΕΔΑΦΟΣ ΑΕ)
 - a. Επιχώσεις στο εσωτερικό του μνημείου
 - b. Τοποθέτηση στραγγιστηρίου συστήματος
2. Κατασκευή επικλινούς επιφάνειας πρόσβασης σε δύο τμήματα α. εξωτερικά από το νότιο τοίχο και β. στο δυτικό τμήμα του πρόδομου
3. Συμπληρώσεις του υλικού δομής των τοίχων, σύμφωνα με τη μελέτη συντήρησης
4. Τοπικά ενέματα και αρμολογήματα, κυρίως στο θεμέλιο των στυλοβατών
5. Συγκολλήσεις θραυσμάτων
6. Αναστήλωση κιόνων και περίδεση της κεφαλής αυτών
7. Ανάκτηση της κόγχης και των παραθύρων αυτής

3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

3.1 ΕΠΙΚΛΙΝΕΙΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

Οι επικλινείς επιφάνειες πρόσβασης (ράμπες) θα κατασκευαστούν με καλά συμπακνωμένες διαστρώσεις σκύρων και αμμοχάλικου, οι οποίες θα είναι εγκιβωτισμένες μέσω αναλήμματος από αργολιθοδομή. Ο αναλημματικός τοίχος θα είναι μεταβλητού ύψους και θα εδράζεται επί γαρμπιλοδέματος πάχους 20εκ. Η τελική βατή επιφάνεια θα είναι από σταθεροποιημένο έδαφος πάχους 10εκ. (σχέδιο ΣΛ1)



3.2 ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΕΙΣ ΥΛΙΚΟΥ ΔΟΜΗΣ

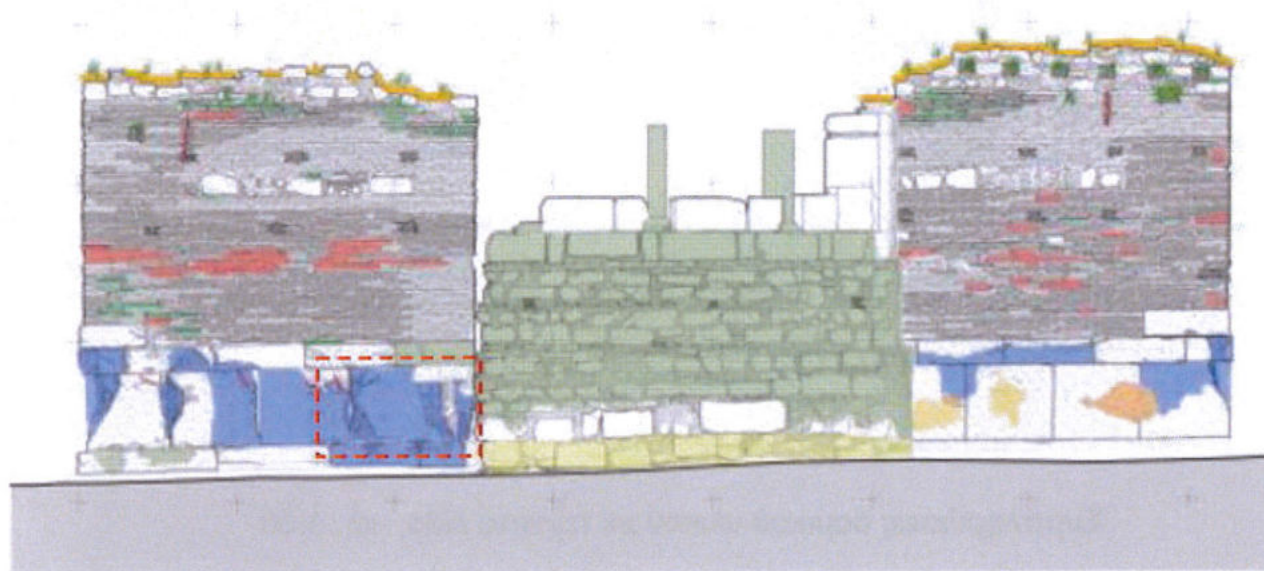
Απώλειες μάζας του υλικού δομής των τοίχων διαπιστώθηκαν σε διάφορα σημεία του μνημείου. Αναλυτική καταγραφή των απωλειών μάζας βρίσκεται στα σχέδια της υπάρχουσας κατάστασης. Τα σημαντικότερα τμήματα των τοίχων που παρουσιάζουν απώλειες της δομής είναι τα εξής:

1. Η κατώτερη ζώνη των τοίχων (αρχαία δομή) απώλειες πάχους από 5 έως και 15εκ. κυρίως ΒΑ, ΝΑ και ΝΔ γωνία του μνημείου στην εξωτερική παρειά.
2. Οι πλινθοδομές παρουσιάζουν απώλειες μάζας πάχους 3 έως 5εκ. στον Δυτικό κυρίως τοίχο στην εξωτερική παρειά.
3. Διεύρυνση οικοδομικών αρμών έως και 8εκ. στη συμβολή ανατολικού τοίχου με τους εσωτερικούς εγκάρσιους αυτού.
4. Ρηγματώσεις εύρους 5mm περιορισμένους μήκους στην επιφάνεια των τοίχων – σφραγίσεις ρωγμών
5. Ρωγμή ανωφλίου στην κεντρική θύρα του δυτικού τοίχου - διαμπερής
6. Οι επιφάνειες των λίθων και των κονιαμάτων εμφανίζουν κρούστες και μικρότερες απώλειες, λόγω ανερχόμενης υγρασίας, οι οποίες αντιμετωπίζονται στη μελέτη συντήρησης.
7. Ασυνέχεια στη δομή των τοξωτών επιστέψεων με φαινόμενα αστάθειας των διατηρούμενων θολιτών.

Τα ζητήματα συντήρησης του υλικού δομής περιγράφονται αναλυτικά στη μελέτη συντήρησης και στα αντίστοιχα σχέδια.

- Γενικώς, οι ρωγμές έως 5mm και οι διανοίξεις των αρμών θα σφραγιστούν με κονίαμα υδραυλικής ασβέστου.
- Οι συμπληρώσεις των εκτεθειμένων θεμελίων θα γίνουν με λίθους και κονίαμα υδρ. Ασβέστου με κωδικό ΣΠ3.1β.
- Με τεχνητό λίθο θα συμπληρωθεί η επιφάνεια της εικ.3-1.
- Τοπική εφαρμογή ενεμάτων προτείνεται στα θεμέλια του βόρειου και νότιου στυλοβάτη.

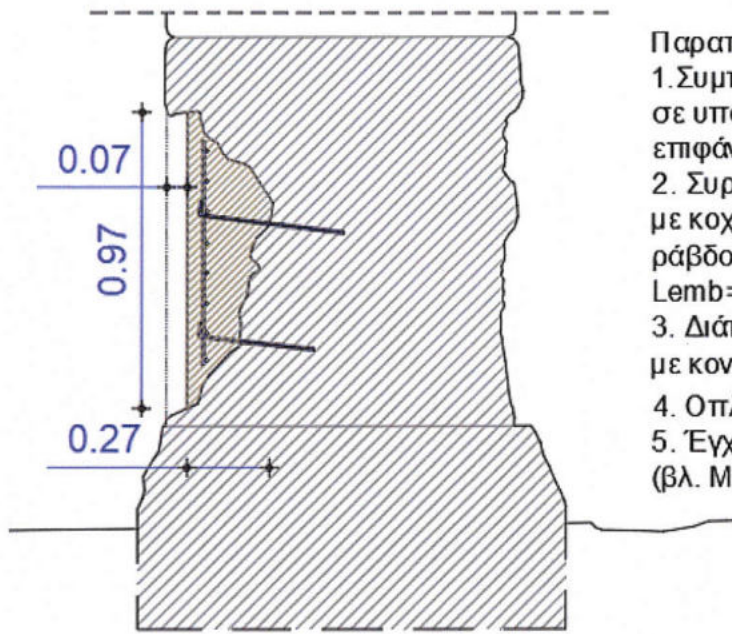
Ακολουθούν χαρακτηριστικές εικόνες των ανωτέρω ζητημάτων.



ÖSTLICHE AUSSICHT F/F



εικ. 3-1 Συμπλήρωση με τεχνητό λίθο



Παρατηρήσεις

1. Συμπλήρωση υλικού σε υποχώρηση από την αρχική επιφάνεια.
2. Συρραφή της διεπιφάνειας με κοχλιωτομημένες ράβδους τιτανίου grade 2 $\varnothing 8 \times 550 \text{mm}$, $L_{emb} = 250 \text{mm}$, ανά 30cm.
3. Διάτρημα $\varnothing 14$, πλήρωση με κονίαμα υδρ. ασβέστου.
4. Οπλισμοί επιφανειακοί $\# \varnothing \frac{8}{10}$
5. Έγχυτο κονίαμα ΑΜΥ2Χβ (βλ. Μελέτη Συντήρησης)

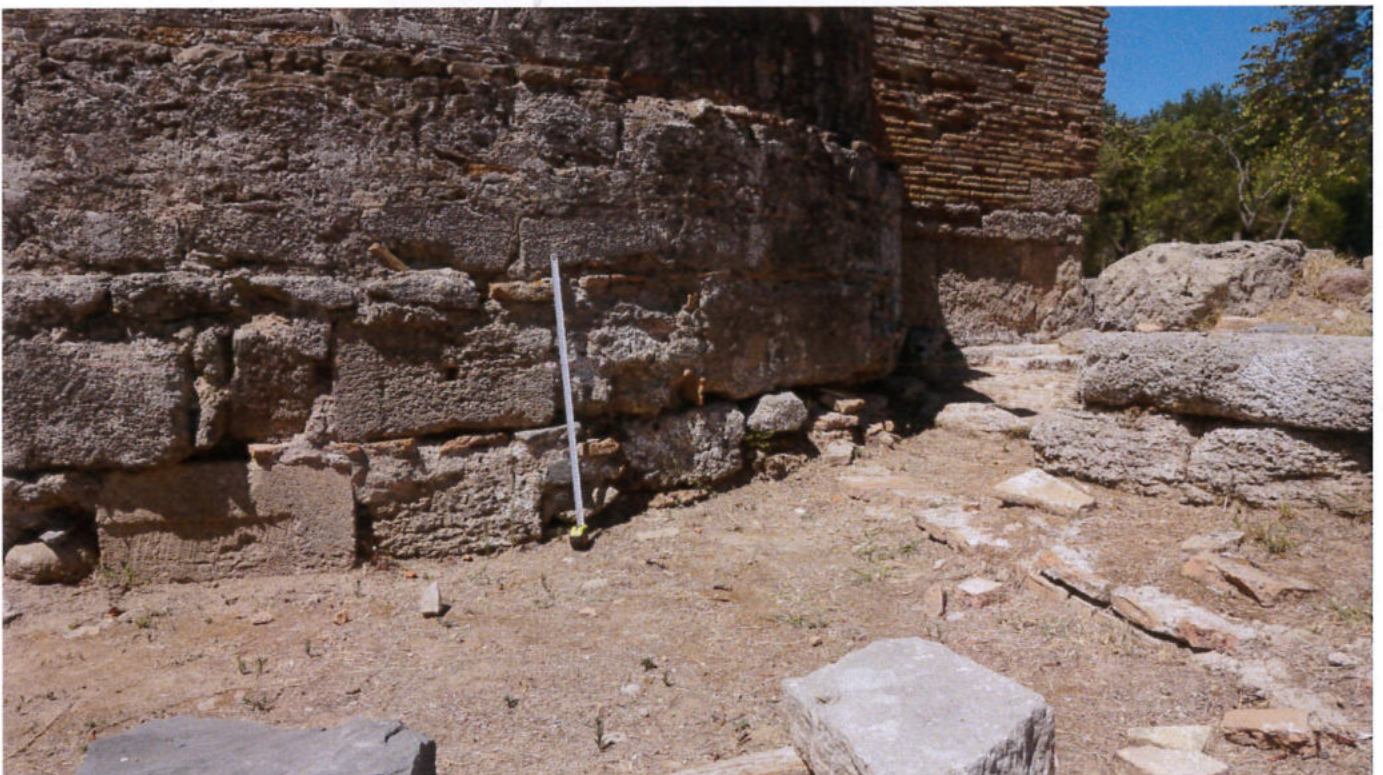
Συμπληρώσεις δομικού υλικού με τεχνητό λίθο, κλ. 1:50

εικ. 3-2

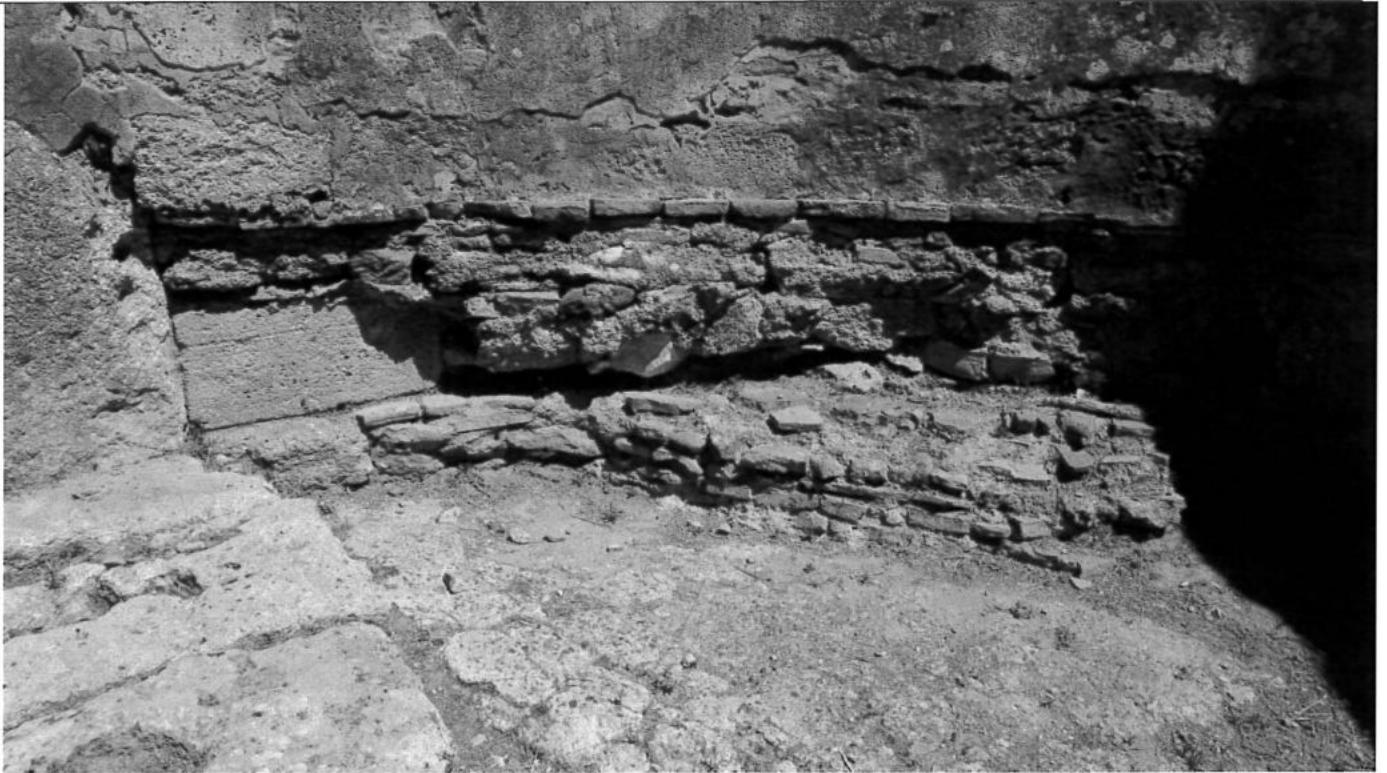
Απώλεια μάζας της κατώτερης ζώνης των τοίχων εξωτερικά κυρίως



εικ. 3-3



εικ. 3-4



εικ. 3-5



εικ. 3-6



ΕΙΚ. 3-7



ΕΙΚ. 3-8



εικ. 3-9



εικ. 3-10



εικ. 3-11



εικ. 3-12

Απώλεια μάζας των πλινθοδομών



εικ. 3-13



εικ. 3-14



εικ. 3-15



εικ. 3-16



εικ. 3-17

Διεύρυνση οικοδομικών αρμών



εικ. 3-18



εικ. 3-19



εικ. 3-20



εικ. 3-21

Ρωγμή ανωφλίου - διάβρωση λίθου



εικ. 3-22



εικ. 3-23

Επιφάνειες λίθων με διάβρωση – κρούστες



εικ. 3-24



εικ. 3-25

Απώλεια υλικού τοξωτών υπερθύρων



εικ. 3-26



εικ. 3-27



εικ. 3-28

3.3 ΤΟΠΙΚΑ ΕΝΕΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΡΜΟΛΟΓΗΜΑΤΑ

Με στόχο την αντικατάσταση των διαβρωμένων αρμολογημάτων και τη σφράγιση των αρμών και ρωγμών θα εφαρμοστούν νέα αρμολογήματα σε συνδυασμό με τις αναγκαίες λιθοσυμπληρώσεις. Πριν την εφαρμογή του κονιάματος είναι αναγκαίος ο καθαρισμός της επιφάνειας και ο κορεσμός αυτής με νερό χαμηλής πίεσης.

Προκειμένου να αυξηθεί η φέρουσα ικανότητα των λιθοδομών, προτείνονται τοπικά ενέματα ομογενοποίησης μάζας. Μέσω της μεθόδου αυτής αποκαθίσταται η συνέχεια μεταξύ των εξωτερικών στρώσεων με την εσωτερική στρώση του τοίχου. Παρόμοια δράση εμφανίζεται και σε δίστρωτες λιθοδομές, με τελικό αποτέλεσμα τη διαμόρφωση μιας συμπαγούς μάζας που συμπεριφέρεται ενιαία και εμφανίζει αυξημένες αντοχές.

Το υλικό αρμολογημάτων και ενεμάτων περιγράφεται αναλυτικά στη μελέτη συντήρησης (σελ. 8 έως 19), όπως αντίστοιχως και τα υλικά δομής των μνημείου.

Γενικώς, τα ενέματα στερέωσης και ομογενοποίησης της δομής των λιθοδομών, πρέπει να καλύπτουν τις παρακάτω ιδιότητες:

1. Να είναι σταθερά αιωρήματα καθ' όλη την διάρκεια των ενέσεων.
2. Να διεισδύουν υπό χαμηλή πίεση σε κάθε ρωγμή, ακόμη και μικρού εύρους (μέχρι 2 mm).
3. Να συγκρατούν το νερό αναμίξεως κατά την δίοδό τους από τα υλικά της τοιχοποιίας.
4. Με την προϊούσα στερεοποίηση, να επιφέρουν αφ' ενός σφράγιση και πλήρωση των κενών κατά βάθος και αφ' ετέρου βελτίωση των μηχανικών χαρακτηριστικών της τοιχοποιίας, χωρίς να καθιστούν την ζώνη επιρροής τους ασύμβατη με τις γειτονικές, που δεν θα πληρωθούν ομοίως με ενέματα.

Η προετοιμασία της εφαρμογής, περιλαμβάνει την καλώς αρμολογημένη και επισκευασμένη λιθοδομή, όπως αναφέρεται στις σχετικές παραγράφους.

Επιπλέον, ως προπαρασκευή για τις εργασίες ενεμάτων, κατά την εκτέλεση των αρμολογημάτων, διανοίγονται οπές στους αρμούς και κατά μήκος των ρωγμών διαμέτρου 3-4εκ. με χρήση περιστροφικού δράπανου, σχηματίζοντας ιδεατό κάνναβο σε διάταξη ισόπλευρου τριγώνου διαστάσεων 60x60cm για αμφιπρόσωπη εφαρμογή ενεμάτων, ή **40x40 cm για μονοπρόσωπη εφαρμογή**. Οι οπές καθαρίζονται επιμελώς από την παιπάλη με πεπιεσμένο αέρα. Ακολούθως, διαφανείς πλαστικοί σωληνίσκοι διαμέτρου 4-10mm τοποθετούνται σε αυτές και στερεώνονται στον τοίχο χρησιμοποιώντας το κονίαμα της αρμολόγησης. Οι κορυφές του καννάβου της μιας πλευράς πρέπει να τοποθετηθούν μεταξύ των κορυφών της άλλης, οριζοντίως όσο και κατακορύφως, όπως φαίνεται και στη σχετική λεπτομέρεια.

Στην περίπτωση αμφιπρόσωπης εφαρμογής οι σωληνίσκοι θα τοποθετηθούν κατά 50% στο 1/3 του πάχους του τοίχου και κατά 50% στο 1/2 αυτού. **Όπου προβλέπεται μονοπρόσωπη εφαρμογή** το 1/3 των σωληνίσκων θα τοποθετηθεί στο 1/3 του πάχους του τοίχου, το έτερον 1/3 στο 1/2 του πάχους και το λοιπό 1/3 στα 2/3 του πάχους.

Το εξέχον τμήμα των σωληνίσκων θα έχει μήκος περί τα 50 cm, ενώ το τμήμα που τοποθετείται στο εσωτερικό πρέπει να είναι διάτρητο σε δύο τουλάχιστον θέσεις και το άκρο του να είναι κομμένο πλαγίως, για να εξασφαλίζεται η εισροή του ενέματος στον τοίχο ακόμα και όταν τα άκρα των σωληνίσκων φραχθούν.

Για την εύκολη αναγνώριση του βάθους στο οποίο τοποθετούνται οι σωληνίσκοι, αυτοί θα πρέπει να φέρουν ταινία διαφορετικού χρώματος, ενώ αυτό δηλώνεται και σε καρτελάκι αρίθμησης. Η αρίθμηση τους θα γίνεται με κανόνες κωδικοποίησης, που θα καθορίζονται επί τόπου του έργου, η δε διάταξή τους θα αποτυπώνεται σε σκαριφήματα ή σχέδια.

Πριν την έναρξη της διαδικασίας θα γίνεται καθαρισμός του δικτύου με εισπίεση ύδατος χαμηλής πίεσης <1atm, αρχίζοντας από τις υψηλότερες οπές.

Η εισπίεση του κονιάματος θα ξεκινάει από τους σωλήνες της κατωτέρας στάθμης μέχρι την έξοδο του υλικού από τη πιο πάνω οπή. Στη συνέχεια κλείνεται το κατώτερο σωληνάκι και συνεχίζεται η εισπίεση υλικού σε όλη τη πρώτη σειρά των οπών. Το αναμεμιγμένο με νερό ένεμα πρέπει να εφαρμόζεται σε 30 λεπτά. Το συνολικά προστιθέμενο νερό δε πρέπει να υπερβαίνει το 50% της ξηρής μάζας του υλικού. Να σημειωθεί πως η χρήση υλικών σε πολύ υψηλό διαμερισμό με υψηλό υδρομετρικό συντελεστή (της τάξεως του 1.00), σε συνδυασμό με την χρησιμοποίηση ειδικών αναμικτήρων υψηλού στροβιλώδους (1500 -2000 RPM) συνεχούς ροής, επιτρέπουν την δημιουργία μίγματος κολλοειδούς, λεπτόρρευστου και μη απομειγνυόμενου, ικανού να διεισδύσει και εντός των λεπτότερων ρωγμών.

Η συντήρηση του ενέματος θα γίνεται σε αναμικτήρα με περίπου 150-300 RPM. Η εισπίεση του ενέματος θα γίνεται με αντλία, ώστε η πίεση στο ακροφύσιο να είναι της τάξεως της 0.50-1.00 atm, με ειδικό φίλτρο προστασίας, ειδικό εξάρτημα που θα παρεμποδίζει την άνοδο της πίεσεως άνω του επιθυμητού ορίου.

Ιδιαίτερη προσοχή θα δοθεί σε επιφάνειες που διατηρούνται τα αυθεντικά κονιάματα. Στη περίπτωση αυτή, τα ενέματα θα εφαρμοσθούν μονοπρόσωπα, η δε πίεση στο ακροφύσιο θα είναι χαμηλή (έως 0.50 atm) για την αποφυγή αναπτύξεως μεγάλης υδροστατικής πίεσεως και οι εργασίες θα γίνονται παρουσία συντηρητή.

Για την αποφυγή ανεπιθύμητων ενεργειών, λόγω απότομης αύξησης της πίεσης, τοποθετείται τρίοδη βαλβίδα στο ακροφύσιο εισπίεσης, ώστε το ένεμα να μπορεί να διοχετεύεται τάχιστα σε φορητό δοχείο συλλογής. Επιπλέον είναι απαραίτητη η συνεχής μέτρηση και ηλεκτρονική καταγραφή της πίεσης, της παροχής και του όγκου του ενέματος που καταναλώνεται συναρτήσει του χρόνου, μέσω κατάλληλης συσκευής.

3.4 ΣΥΓΚΟΛΗΣΕΙΣ ΘΡΑΥΣΜΑΤΩΝ

Η σύνδεση των θραυσμάτων θα γίνει μέσω κονιάματος και κοχλιοτομημένων ράβδων τιτανίου διατομής Φ10. Όσον αφορά στη διαστασιολόγηση των συρραφών, οι αρχές επέμβασης είναι η ελαχιστοποίηση της απώλειας αρχικού υλικού. Βασικό κριτήριο σχεδιασμού είναι ενδεχόμενες αστοχίες να περιοριστούν στο κονίαμα συγκόλλησης και όχι στους λίθους. Στη περίπτωση που εξετάζουμε οι ράβδοι συρραφής καταπονούνται κυρίως σε διάτμηση.

Τα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά των λίθων λαμβάνονται με συντηρητικές εκτιμήσεις ως εξής:

1. Μέση θλιπτική αντοχή 20MPa
2. Ειδικό βάρος 28KN/μ³

- Η διαστασιολόγηση των συρραφών θα γίνει για τη δυσμενέστερη περίπτωση του κίονα 94-95
- Ο σχεδιασμός της διάταξης συρραφής θα γίνει για τη δυσμενέστερη επιφάνεια θραύσης
- Το κονίαμα συρραφής θα έχει εφελκυστική αντοχή $f_{m,t} = 0,20$ MPa και μέση θλιπτική αντοχή $f_{m,c} = 3,00$ MPa
- Τα μηχανικά χαρακτηριστικά του τιτανίου Grade 2 των ράβδων συρραφής δίνονται στον Πιν. 1.

Πιν.1: Μηχανικές ιδιότητες τιτανίου.

Μέτρο ελαστικότητας	(N/mm ²)	105000
Όριο διαρροής	(N/mm ²)	300
Εφελκυστική αντοχή	(N/mm ²)	420
Επιμήκυνση θραύσης	(%)	20



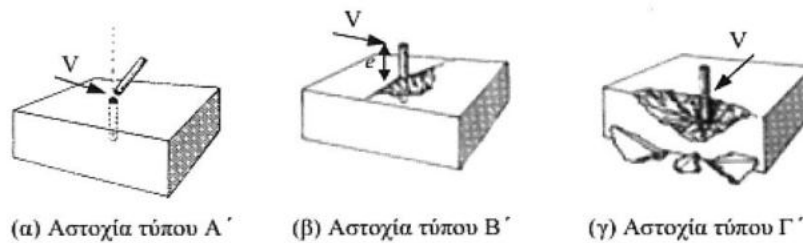
εικ. 3-29

Διαστάσεις - Μάζα λίθων:

94 - $h=110\text{cm}$, $d=39\text{ cm}$ / 364 Kg

95 - $h=120\text{cm}$, $d=39\text{ cm}$ / 392 Kg

Διακρίνονται 3 τρόποι αστοχίας της ράβδου υπό διάτμηση (εικ.5):



(α) Αστοχία τύπου Α'

(β) Αστοχία τύπου Β'

(γ) Αστοχία τύπου Γ'

εικ. 3-30

Η αστοχία τύπου Α' δεν είναι κρίσιμη στη περίπτωση ασθενών συνδεόμενων υλικών, η περίπτωση Γ' εξασφαλίζεται με τη τήρηση των ελαχίστων αποστάσεων για τη περίπτωση Β' ισχύει η σχέση 6.8

α) Αντοχή βλήτρου

Η τιμή σχεδιασμού της μέγιστης τέμνουσας, F_{ud} , που μπορεί να μεταφερθεί από μια ράβδο με διάμετρο d_b , με επαρκές μήκος (§6.1.2.2.γ) και επαρκείς επικαλύψεις (§6.1.2.2β), μπορεί να υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$F_{ud} = \frac{1,30d_b^2}{\gamma_{Rd}} \sqrt{f_{cd}f_{yd}} \leq \frac{A_s f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad (6.8)$$

όπου: A_s : η διατομή της ράβδου

f_{cd} : η τιμή σχεδιασμού της θλιπτικής αντοχής του ασθενέστερου σκυροδέματος

f_{yd} : η τιμή σχεδιασμού του ορίου διαρροής της ράβδου, και το γ_{Rd} λαμβάνεται ίσο με 1,3.

ΑΝΤΟΧΗ ΒΛΗΤΡΟΥ	d (mm) (διάμ. ράβδου)	F_{cd} (Mpa)	f_{yd} (Mpa)	γ_{rd}	F_{ud} (kN)
	12	3	300	1,3	4,32

$F_{ud} = 432\text{Kgr}$ για κάθε αγκύριο $\Phi 12 \times 600$ με βάθος έμπηξης 300mm

($f_{cd}=10\text{MPa}$, $f_{yd}=300\text{MPa}$, $f_{m,c} = 5,00\text{MPa}$)

Ο συνολικός αριθμός ράβδων ανά επιφάνεια θραύσης είναι **3Φ12**, διάμετρος διατρήματος $\Phi 16$ πλήρωση της οπής με κονίαμα από λευκό τσιμέντο Δανίας. Η επιφάνεια θραύσης θα συμπληρωθεί με τεχνητό λίθο αν χρειαστεί από όμοιο κονίαμα.

• Εκτέλεση εργασίας - ελάχιστες αποστάσεις

1. Για ράβδο $\Phi 12$ η διάμετρος του διατρήματος θα είναι $\Phi 16$ και το βάθος έμπηξης 30cm.

2. Προκειμένου να αποφευχθεί ρηγμάτωση των μελών ή και απόσπαση τεμάχων απαιτείται η τήρηση ελαχίστων αποστάσεων από άκρα - ελεύθερες επιφάνειες, ως εξής:

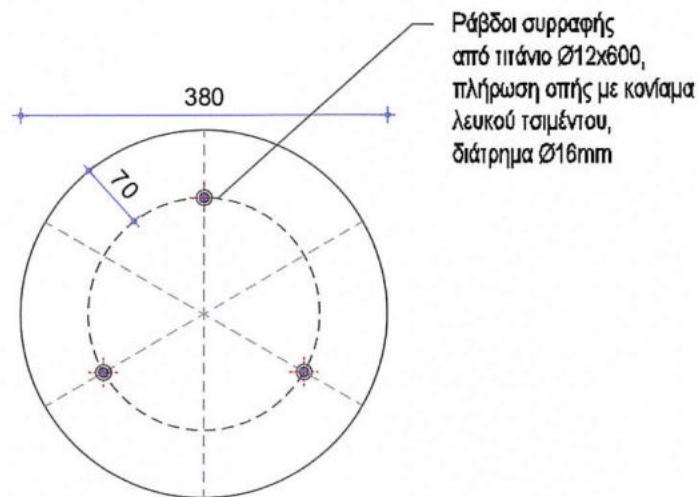
Ελάχιστη απόσταση από άκρο λίθου είναι ίση με $6d_b$ (~8.5cm) κατά τη διεύθυνση της φόρτισης και η πλευρική απόσταση είναι ίση με $3d_b$ (~4.8cm).

Η διάτρηση θα γίνει με περιστροφικό δράπανο διατομής $\Phi 16$. Σε κάθε επιφάνεια θραύσης θα εφαρμοστούν τρία αγκύρια συμμετρικά διατεταγμένα με ελάχιστη απόσταση μεταξύ τους 25cm.

Η αντοχή κάθε συρραφής πρέπει να ικανοποιεί την ανάρτηση του μικρότερου κάθε φορά θραύσματος. Η απαίτηση αυτή ικανοποιείται σε κάθε περίπτωση και συντελεστή ασφαλείας $3 \cdot 432 / 392 = 3,30$.

Για τα μικρότερα θραύσματα θα χρησιμοποιηθούν καρφίδες διατομής $\Phi 6$ σε ζεύγος. Κατά την εφαρμογή είναι πιθανόν να χρειαστεί η συμπλήρωση της επιφάνειας θραύσης με τεχνητό λίθο μέσης θλιπτικής αντοχής τουλάχιστον 10MPa στις 28 ημέρες.

Παρακάτω σχεδιάζεται η διάταξη ράβδων $\Phi 12 \times 600$ για την επιφάνεια θραύσης 94-95.



Επιφάνεια θραύσης 94-95
κλ. 1:10

εικ. 3-31 Ράβδοι Τιτανίου $\Phi 12$, διάτρημα $\Phi 16$

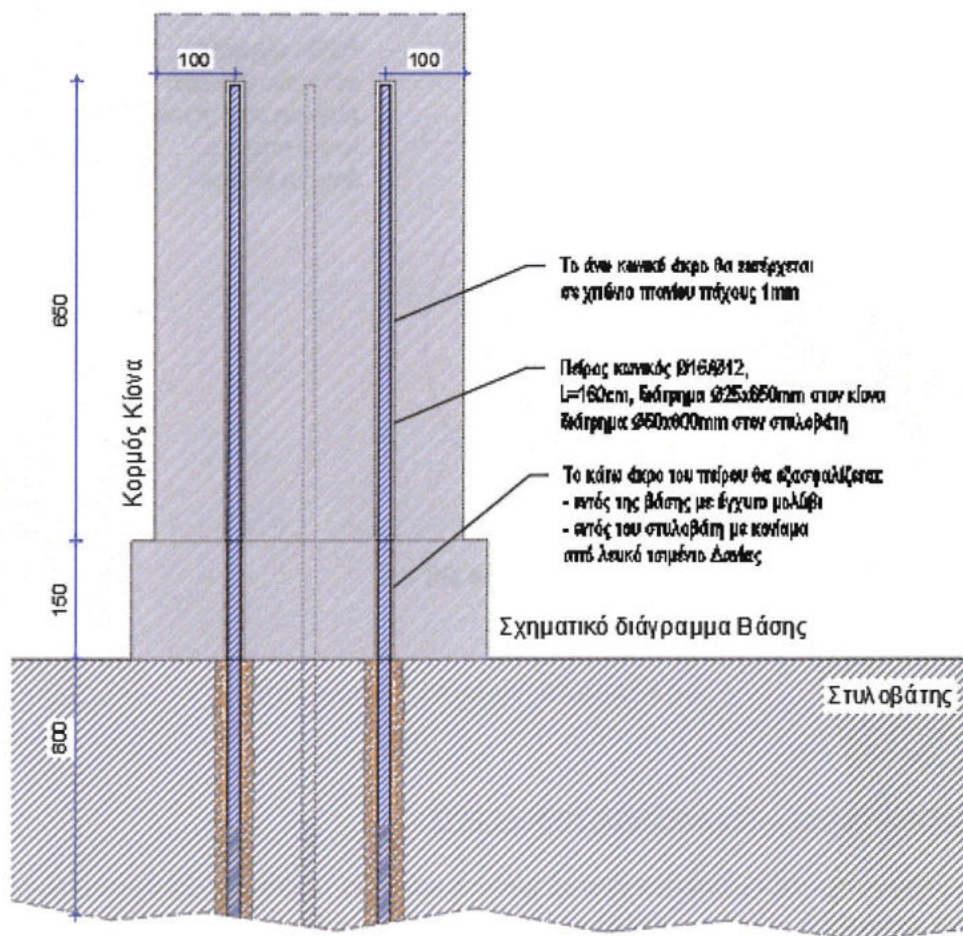
3.5 ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗ ΚΙΟΝΩΝ – ΓΟΜΦΩΣΕΙΣ, ΠΕΡΙΔΕΣΕΙΣ

Η μεταφορά των αρχιτεκτονικών μελών θα γίνει με ιμάντες και κατά περίπτωση θα χρησιμοποιούνται ξύλινοι τάκοι, ώστε να ασκείται η κατάλληλη πίεση με ασφάλεια. Σε όλες τις εργασίες θα χρησιμοποιούνται κατάλληλα αφρώδη υλικά (μαλακώματα) ή άλλα παρενθέματα (τεμάχια μοκέτας) για την προστασία των ακμών των μελών και των ιμάντων ανύψωσης. Δεν αναμένεται λίθος με μάζα μεγαλύτερη των 650Κγρ. Τα αρχιτεκτονικά μέλη θα τοποθετηθούν σε κατάλληλα διαμορφωμένο χώρο του εργοταξίου.

Θα απαιτηθούν μικρό -συντηρήσεις μελών, όπως συγκόλληση απολεπίσεων, συρραφή μικρών θραυσμάτων με ανοξειδωτες καρφίδες Τιτανίου $\Phi 6$ και λευκό τσιμέντο. Οι αρμοί συγκόλλησης θα σφραγιστούν με κονίαμα λευκού τσιμέντου και χαλαζιακής άμμου.

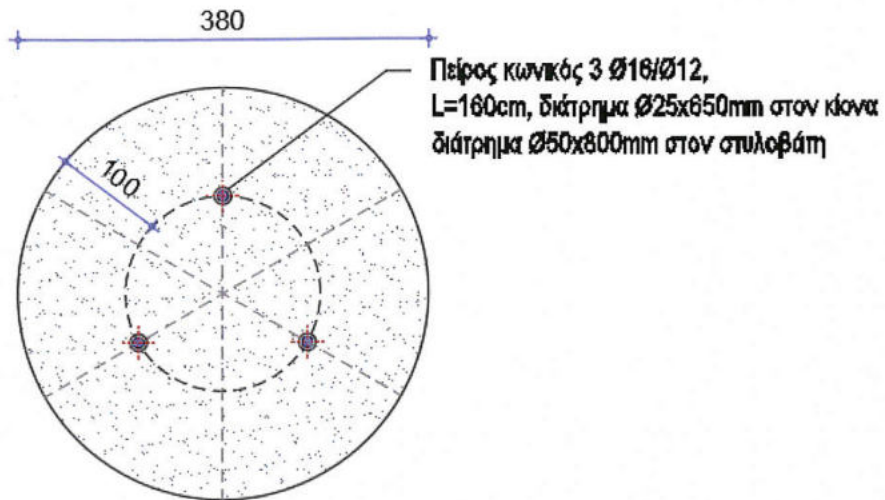
Η αναστήλωση των κιόνων θα συνοδεύεται από αναγκαίες γομφώσεις των αρχιτεκτονικών μελών στη βάση τους. Οι εγχοπές στις έδρες των μελών θα πληρωθούν με χυτό μολύβι κατά την τοποθέτηση των γόμφων. Η συνδεσμολογία εξασφαλίζει τη συναρμογή των λίθινων μελών και την δομική συνοχή τους. Μικρές διορθώσεις που θα απαιτηθούν κατά τη συναρμολόγηση θα πραγματοποιηθούν με φύλλα μολύβδου.

Συνολικά θα τοποθετηθούν 3 κωνικοί πείροι σε κάθε βάση κίονα (βλ. εικ 3-30, 3-31). Εξαίρεση αποτελούν οι κίονες, οι οποίοι εξασφαλίζονται με εγκάρσιους συνδέσμους (διατομής 20x20mm, AISI 2205). Στην περίπτωση αυτή η γόμφωση των μελών θα πραγματοποιηθεί με έναν κωνικό πείρο $\Phi 20/\Phi 16$ στον άξονα του μέλους (βλ. εικ. 3-32). Το συνολικό μήκος των συνδέσμων θα είναι 160εκ. με έμπηξη στον στυλοβάτη 80εκ. εντός διατρήματος $\Phi 30$ mm. Ο αύλακας του διατρήματος θα πληρωθεί από κονίαμα λευκού τσιμέντου. Το μήκος έμπηξης εντός του κορμού του κίονα θα είναι 65εκ. μη συμπεριλαμβανομένης της λίθινης βάσης. Το διάτρημα εντός του κίονα θα είναι διαμέτρου $\Phi 25$ για πείρο $\Phi 16/12$ και $\Phi 30$ για πείρο $\Phi 20/16$. Στον αύλακα του διατρήματος θα τοποθετηθεί απαραίτητως χιτώνιο τιτανίου πάχους 1mm.



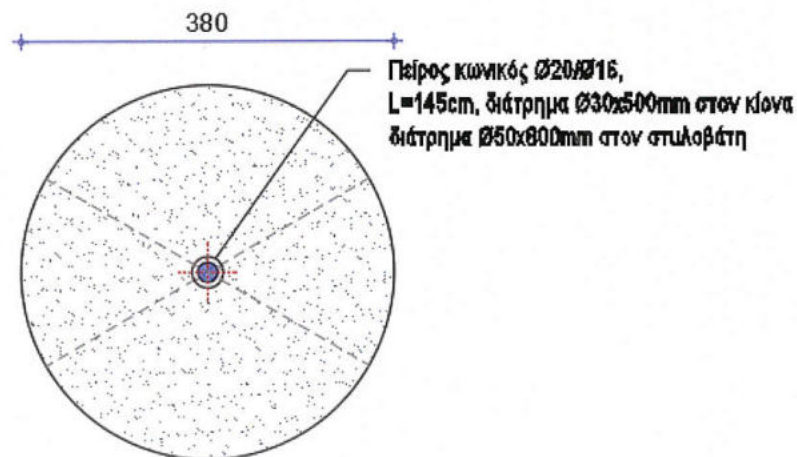
Γομφώσεις κόνων στη βάση τους - Τομή, κλ. 1:10

εικ. 3-32 Συνολικά τοποθετούνται 3 τεμάχια πείρων Φ16/Φ12



Γομφώσεις κίονων στη βάση τους
 - Κάτοψη, κλ. 1:10

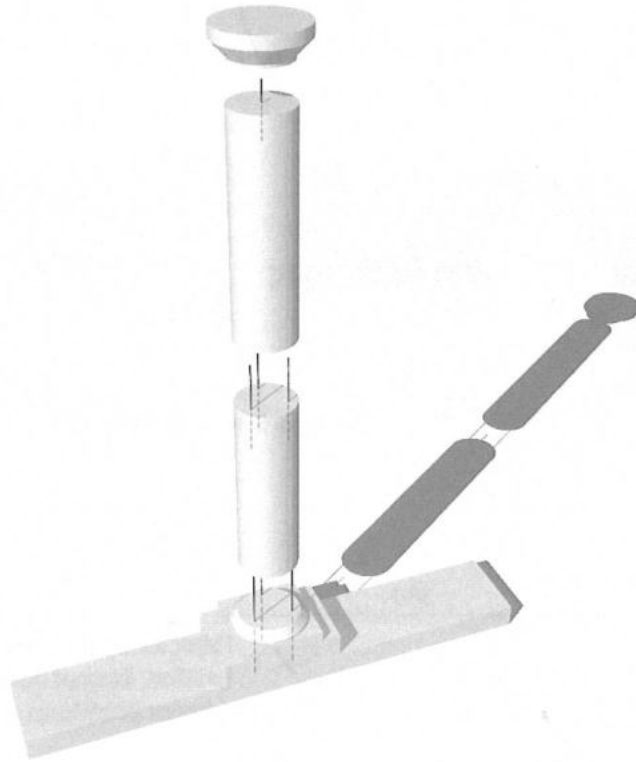
εικ. 3-33 Κωνικοί πείροι 3 $\Phi 16/12$ (Κάτοψη)



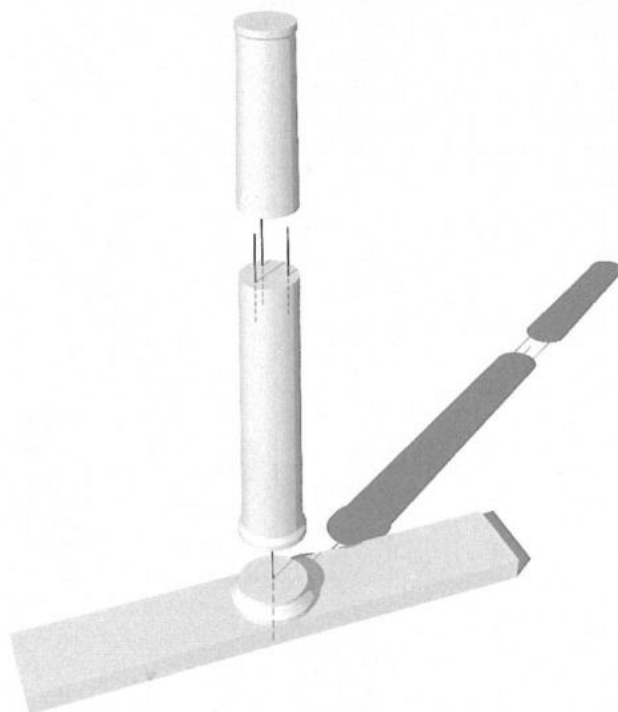
Γομφώσεις κίονων με εγκάρσιο σύνδεσμο
 - Κάτοψη, κλ. 1:10

εικ. 3-34 κωνικός πείρος 3 $\Phi 20/16$ (Κάτοψη) – Περίπτωση κίονων με εγκάρσιο σύνδεσμο στην κεφαλή

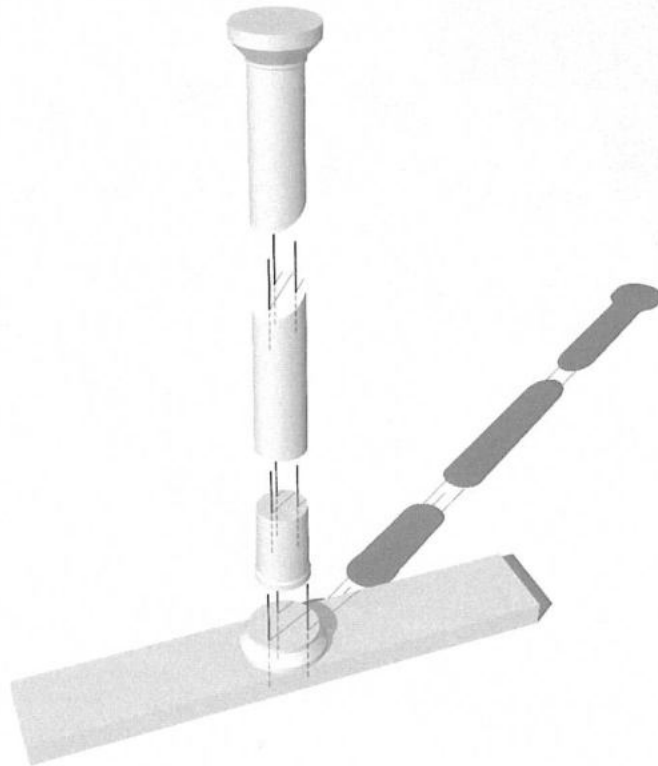
Ακολουθούν αξονομετρικά σχέδια των συρραφών και των γομφώσεων χαρακτηριστικών περιπτώσεων κιδών.



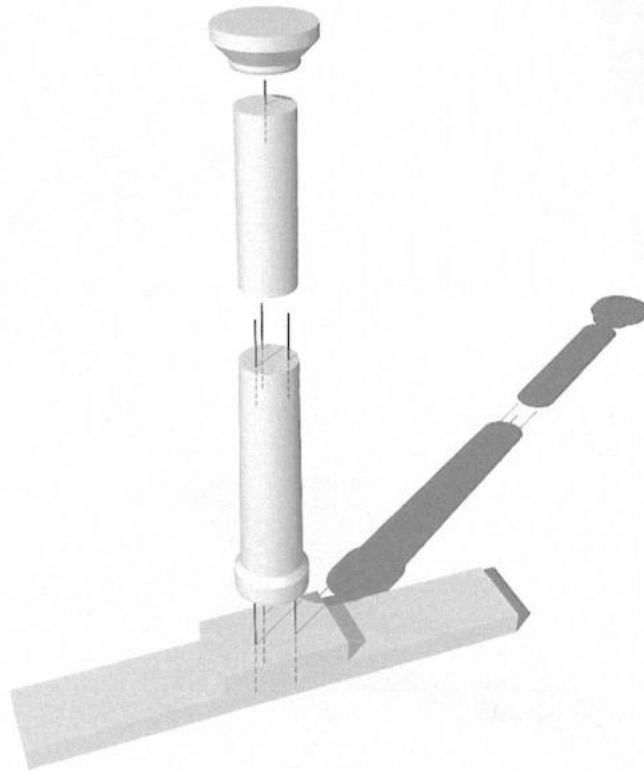
εικ. 3-35 Θέση NB1 – μέλη 68,89,51,80



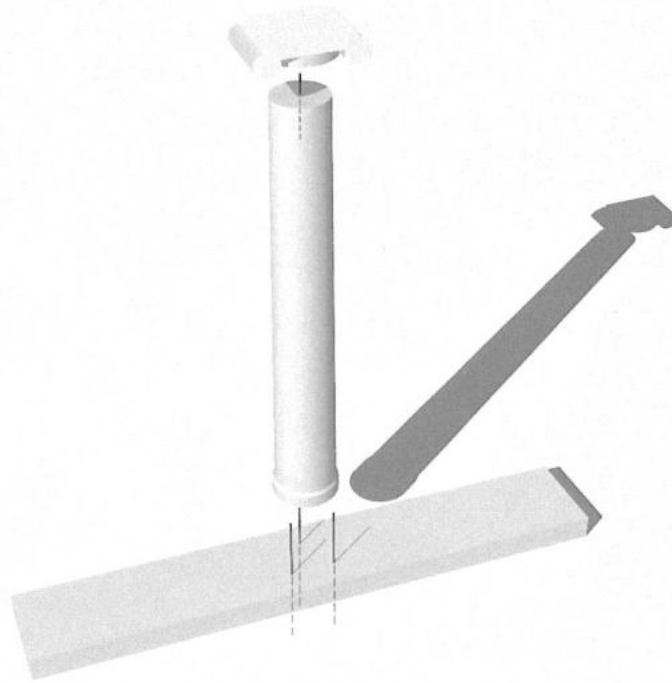
εικ. 3-36 Θέση Ν22 - μέλη 72,56,05



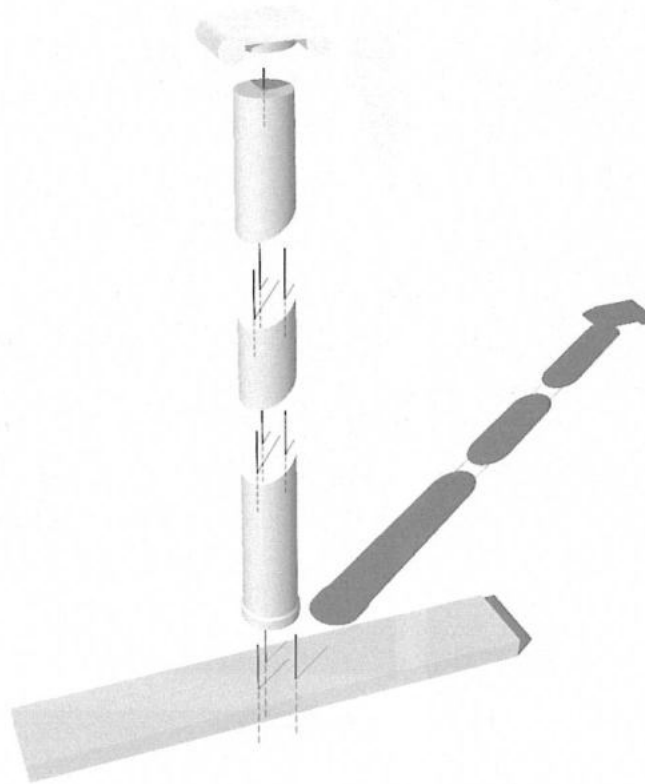
εικ. 3-37 Θέση ΝΣ3 – μέλη 10Α, Β, Γ



εικ. 3-38 Θέση ΝΣ1 – μέλη 13,03,79

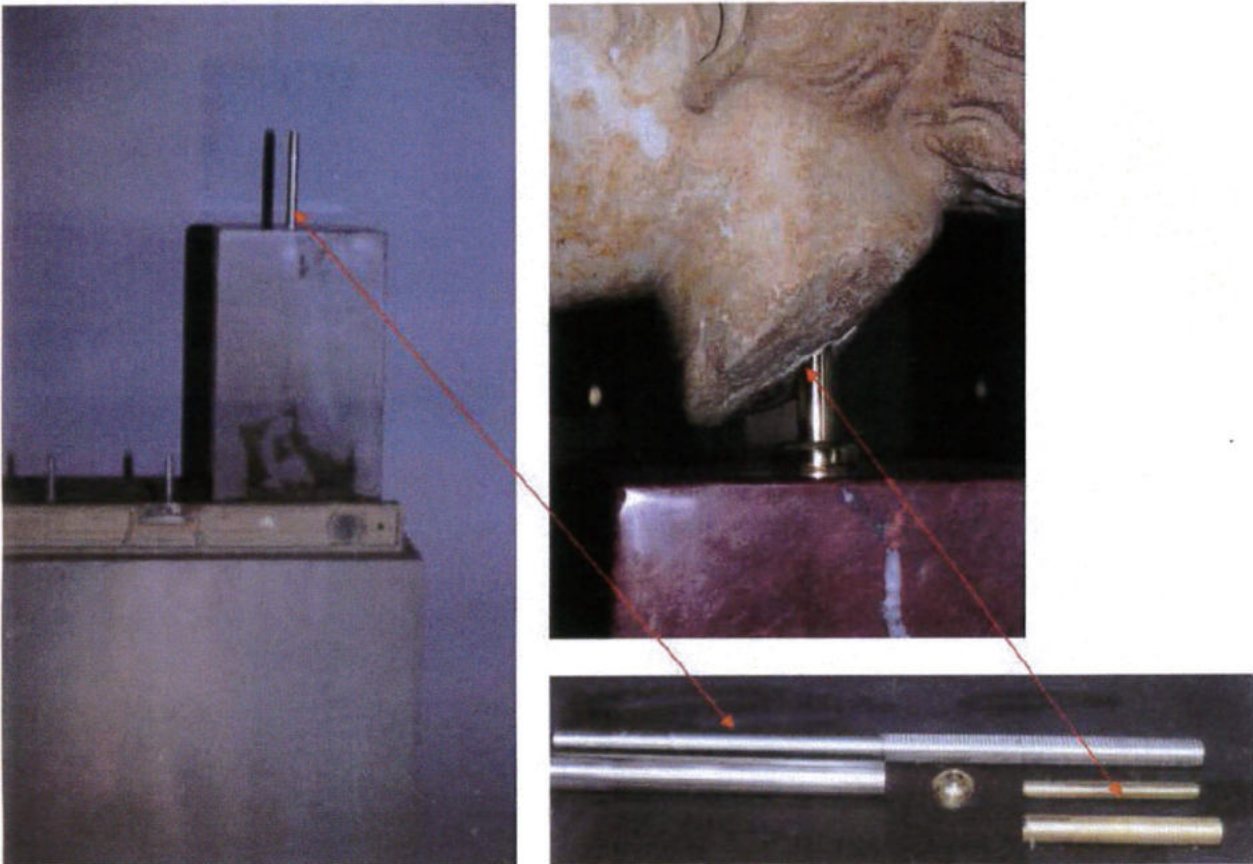


εικ. 3-39 Θέση N2 - μέλη 55, 73

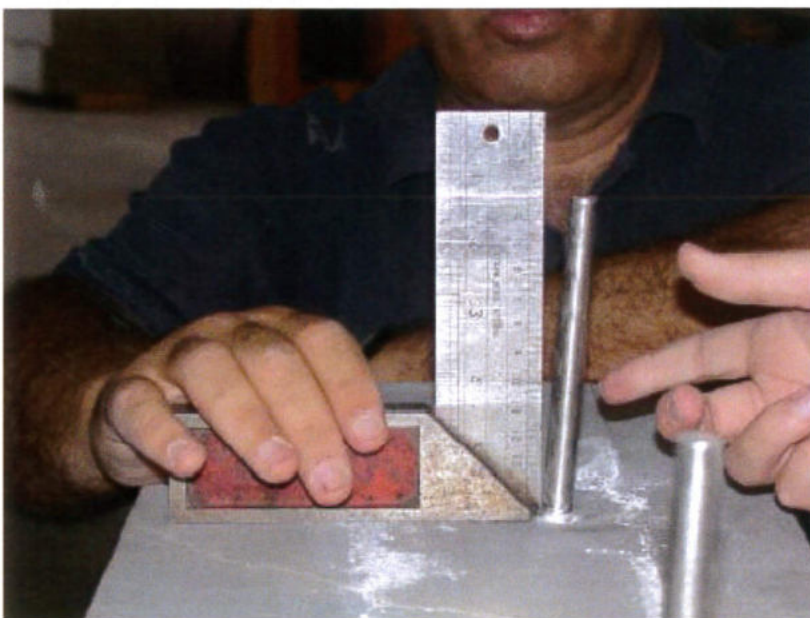


εικ. 3-40 Θέση N3 – μέλη 4Α, Β, Γ, 20

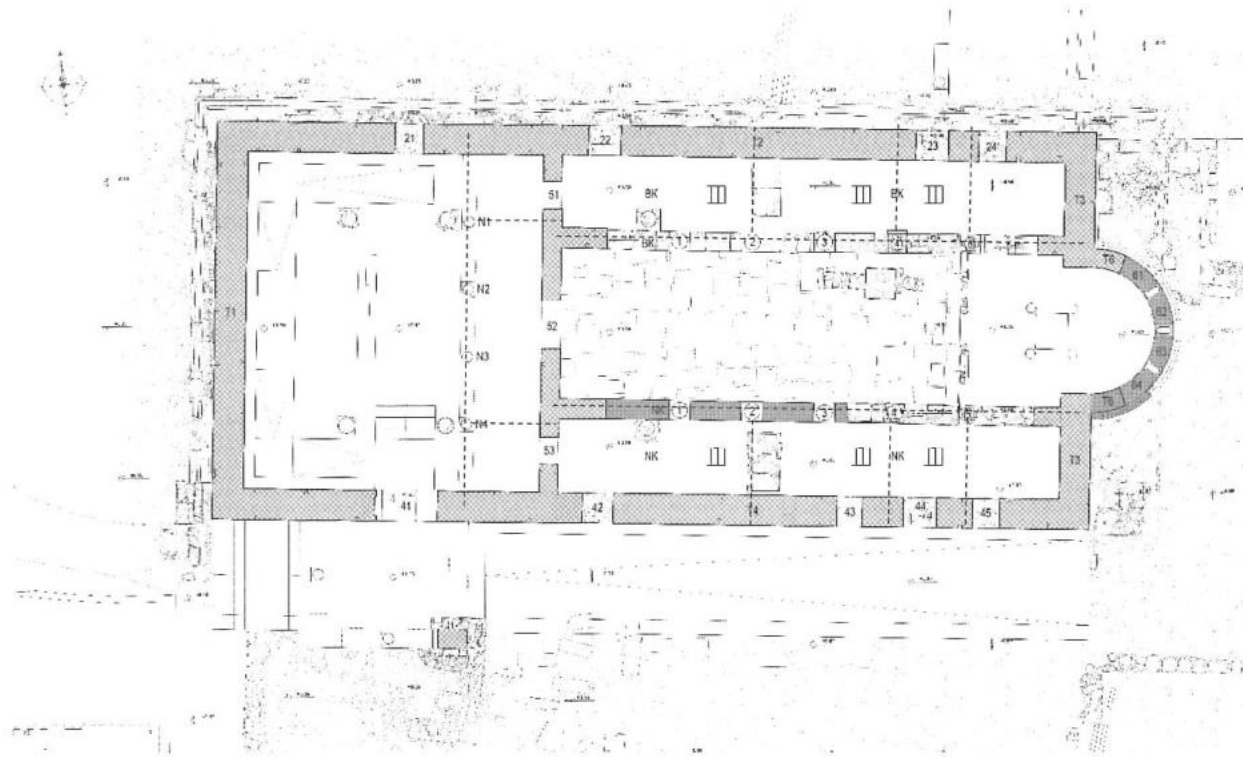
Ακολουθούν χαρακτηριστικές εικόνες κωνικών πείρων από ερευνητικό πρόγραμμα του ΟΑΣΠ (με υπεύθυνους τον καθ. Π. Καρύδης, καθ. Χ. Μουζάκης, Δρ. Κ. Ζάμπας, Κ. Χατζηαντωνίου, Α. Γαλανού, Γ. Δογάνη), οι οποίοι ελέγχθησαν στη σεισμική τράπεζα του ΕΜΠ :



εικ. 3-41 Γενικές εικόνες των δειγμάτων



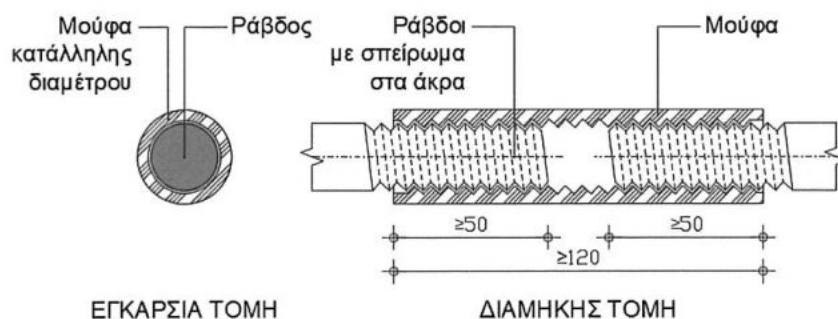
εικ. 3-42 Μορφή αστοχίας μετά από ισχυρή διέγερση



εικ. 3-43 Περιδέσεις από ανοξείδωτες ράβδους τετράγωνης διατομής 20x20mm, AISI 2205 - οι άξονες σημαίνονται με εστιγμένη κόκκινη γραμμή

Προτείνεται η τοποθέτηση συστήματος περιδέσεως αποτελούμενο από ντίζες με σπείρωμα στα άκρα και δακτυλίου στη κεφαλή των κιόνων από ανοξείδωτο χάλυβα διατομής 20x20mm, AISI 2205. Οι δακτύλιοι θα έχουν πλάτος 80mm και πάχος 4mm. Στη διεπιφάνεια χάλυβα - αρχιτεκτονικού μέλους θα παρεμβληθεί στρώση από κονίαμα υδραυλικής ασβέστου. Η συναρμογή δακτυλίου περιδέσεως και συνδέσμων φαίνεται στην εικ.3-42.

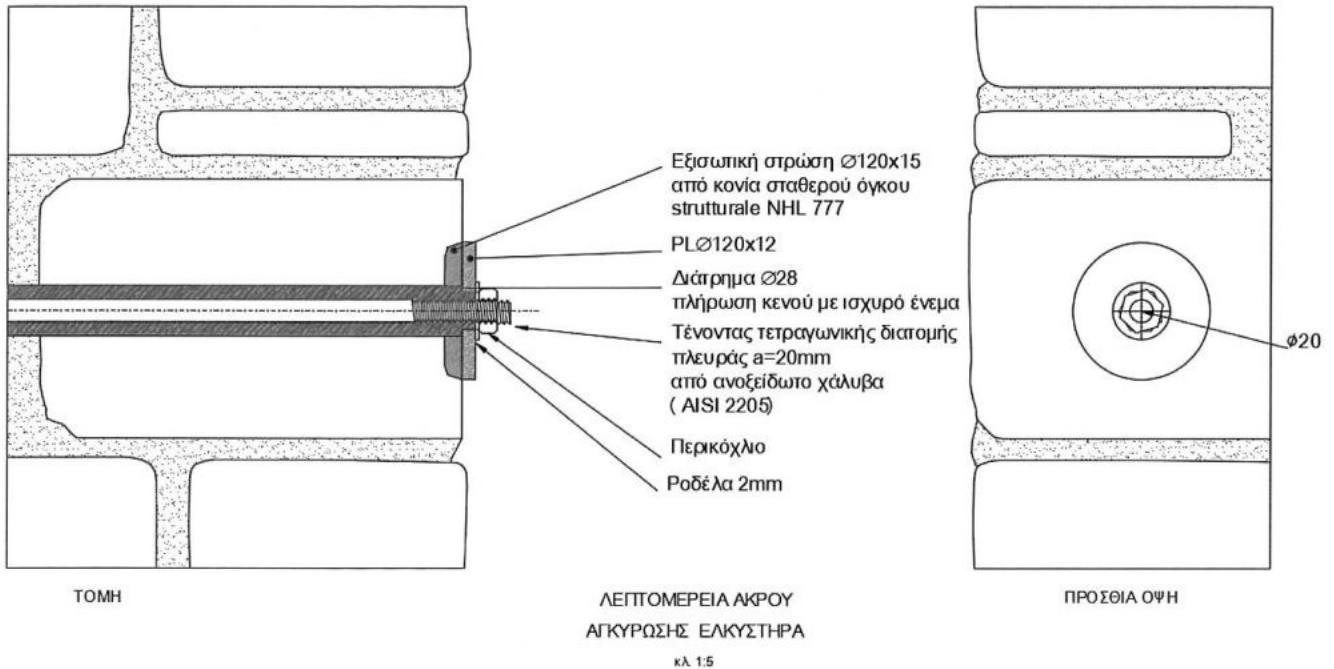
Η εξασφάλιση των ράβδων περιδέσεως πραγματοποιείται με διάτρημα Φ28 εντός του τοίχου και τυφλή αγκύρωση του άκρου με μήκος έμπηξης 100εκ. Το διάτρημα θα πληρωθεί με ενέσιμο κονίαμα λευκού τσιμέντου, σύμφωνα με τη μελέτη συντήρησης. Η σύσφιξη του συστήματος περιδέσεως θα γίνεται μέσω ειδικού τεμαχίου αποκατάστασης συνέχειας της ντίζας (μούφα) με ανάστροφο σπείρωμα.



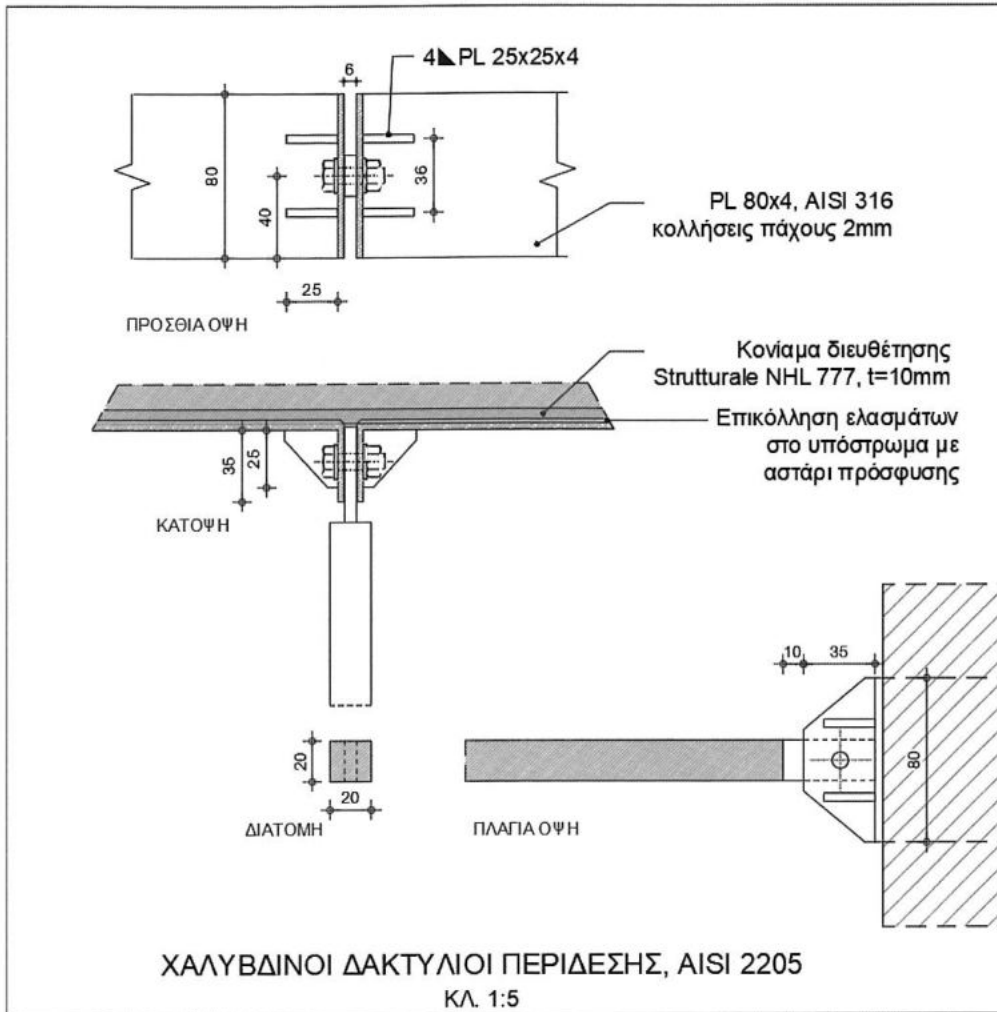
ΤΥΠΙΚΗ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΡΑΒΔΩΝ ΧΑΛΥΒΑ ΜΕΣΩ ΜΟΥΦΑΣ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:2

εικ. 3-44

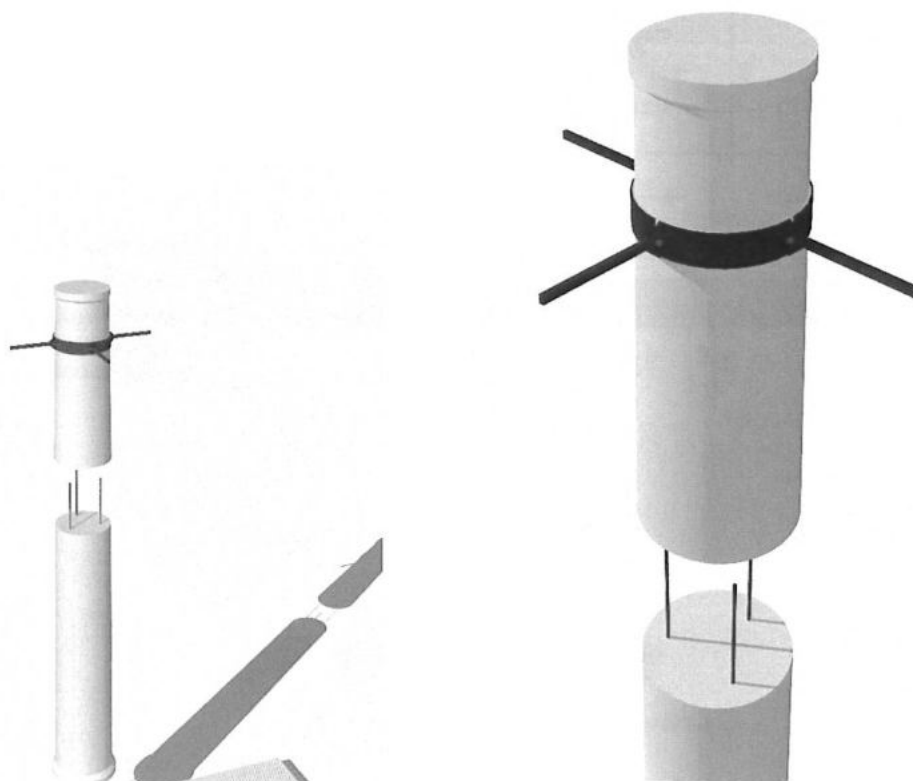
Ειδικά για τους εγκάρσιους συνδέσμους διατομής 20x20, AISI 2205, η αγκύρωση τους θα πραγματοποιηθεί μέσω ανοξείδωτης πλάκας αγκύρωσης διαμέτρου $\Phi 120 \times 12 \text{mm}$, η οποία θα εφαρμοστεί στην εξωτερική παρειά του βόρειου και νότιου τοίχου, μέσω εξισωτικής στρώσης κονιάματος υδραυλικής ασβέστου πάχους 15mm (βλ. εικ.3-41)



εικ. 3-45



εικ. 3-46



εικ. 3-47 Δακτύλιοι περίδεσης

3.6 ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΤΗΣ ΚΟΓΧΗΣ

Η αιτιολόγηση της πρότασης για την ανάκτηση της κόγχης της παλαιοχριστιανικής Βασιλικής αναλύεται διεξοδικά στην αρχιτεκτονική μελέτη. Στην παρούσα έκθεση επισημαίνεται και το πλεονέκτημα της αποκατάστασης της δομικής συνέχειας του μνημείου.

Η συμπλήρωση της κόγχης και η αλληλεμπλοκή της δομής με τον ανατολικό τοίχο του μνημείου εξασφαλίζει τη ΝΔ γωνία έναντι εκτός επιπέδου παραμόρφωσης. Η διάνοιξη του οικοδομικού αρμού στο ελεύθερο άκρο του τοίχου τεκμηριώνει την τρωτότητα του δομικού τμήματος, η οποία είναι προφανές πως θα υποβαθμιστεί με την συμπλήρωση της κόγχης.



εικ. 3-48

4 ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Η ανάλυση του φορέα έγινε με το λογισμικό Sofistik. Το δομικό σύστημα προσομοιώθηκε με ραβδωτά και επιφανειακά τετράπλευρα πεπερασμένα στοιχεία κελύφους ισότροπου και γραμμικώς ελαστικού υλικού. Οι λιθοδομές προσομοιώθηκαν ως επιφανειακά στοιχεία, ενώ οι κίονες ως ραβδωτά στοιχεία. Εφαρμόστηκε η ελαστική δυναμική φασματική μέθοδος και η ισοδύναμη στατική και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω σε διαγράμματα.

4.1 ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ

Η μελέτη έχει βασισθεί στους ισχύοντες κανονισμούς και πρότυπα, συγκεκριμένα:

- Ευρωκώδικας 0 «Eurocode - Basis of structural design / Ευρωκώδικας - Βάσεις σχεδιασμού δομημάτων».
- Ευρωκώδικας 1 «Basis of design and actions on structures / Βάσεις σχεδιασμού και δράσεων στις κατασκευές».
- Ευρωκώδικας 3 «Design of steel structures / Σχεδιασμός κατασκευών από χάλυβα».
- Ευρωκώδικας 5 «Design of timber structures / Σχεδιασμός κατασκευών από ξύλο».
- Ευρωκώδικας 6 «Design of masonry structures / Σχεδιασμός κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία».
- Ευρωκώδικας 8 «Design of structures for earthquake resistance / Αντισεισμικός σχεδιασμός των κατασκευών», με τα Εθνικά κείμενα εφαρμογής του.
- Προσχέδιο Κανονισμού Αποτίμησης και Δομητικών Επεμβάσεων για Τοιχοποιίες
- Εθνικές τεχνικές προδιαγραφές (Ε.Τε.Π.).

4.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η στρατηγική των αριθμητικών επιλύσεων περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια:

1. Μόρφωση του φορέα
2. Ανάλυση
 - 2α. Δυναμική φασματική μέθοδος
 - 2β. Ισοδύναμη στατική μέθοδος
3. Έλεγχος δομικών τμημάτων της κατασκευής με τα αποτελέσματα του βήματος 2β.
4. Ανάλυση και διαστασιολόγηση των προτεινόμενων μέτρων ενίσχυσης

Κατά τον έλεγχο της κατασκευής μετά τις επεμβάσεις υπολογίζεται (με τα αποτελέσματα του σταδίου 2β) ο συντελεστής ασφαλείας για τις διάφορες εντατικές καταστάσεις.

4.3 ΥΛΙΚΑ ΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΙΧΩΝ

Τα υλικά κατασκευής, λίθοι, οπτόπλινθοι και κονιάματα, περιγράφονται αναλυτικά στη μελέτη συντήρησης.

Οι δομικοί λίθοι που βρέθηκαν στις δομές του μνημείου είναι τριών ειδών:

- α. Φαιός ασβεστόλιθος (κυρίως σε αρχιτεκτονικά μέλη, όπως κιονόκρανα και βάσεις κιόνων)
- β. Κογχυλιάτης λίθος
- γ. Φαιοκίτρινος ψαμμίτης (στον εγκάρσιο τοίχο και στο στυλοβάτη)

Τα κονιάματα δομής και τα αρμολογήματα είναι ασβεστοπικής σύστασης υψηλών μηχανικών αντοχών.

Τα δομικά στοιχεία της κατασκευής ακολουθούν το σύστημα της τρίστρωτης λιθοδομής, με τα παρακάτω μηχανικά χαρακτηριστικά:

- Μέση τιμή για τη θλιπτική αντοχή των λίθων και οπτοπλίνθων ίση με 12 MPa
- Μέση τιμή τη θλιπτικής αντοχής κονιάματος 2 MPa

Η θλιπτική αντοχή της λιθοδομής εξαρτάται από το πάχος των αρμών και το τρόπο δόμησης κατά το πάχος και κατά τις όψεις της. Για την εκτίμηση των μηχανικών χαρακτηριστικών της λιθοδομής χρησιμοποιούνται οι προτεινόμενες σχέσεις του ΚΑΔΕΤ, λαμβάνοντας υπ' όψιν το λόγο μεταξύ του όγκου του γεμίσματος (ενδιάμεση στρώση τοιχοποιίας) προς το συνολικό όγκο της τοιχοποιίας. Η εκτίμηση έγινε για πάχος λιθοδομής 80 cm θεωρώντας πως αποδίδονται επαρκώς τόσο οι λεπτότεροι όσο και οι παχύτεροι τοίχοι.

Θλιπτική αντοχή τρίστρωτης λιθοδομής, βάσει ΚΑΔΕΤ κεφ.6 (πιν.3)

Πίνακας 1 Θλιπτική αντοχή
εξωτερικής παρειάς (καλοδομημένης λιθοδομής)

Μηχανικά χαρακτηριστικά καλοδομημένης οπτοπλινθοδομής (μονόστρωτης - δίστρωτης)		
f_{mc}	(MPa)	2,00
f_{bc}	(MPa)	12,00
α		0,15
t_{jm}	(m)	0,03
h_{bm}	(m)	0,20
$f_{wc,o}$	(MPa)	3,50
$E_{wc,o}$	(GPa)	2,60

Πίνακας 2 Μηχανικά χαρακτηριστικά
τρίστρωτης λιθοδομής

Μηχανικά χαρακτηριστικά τρίστρωτης λιθοδομής		
γ_{Rd}		1,00
f_{ce1}	(MPa)	3,50
f_{ce2}	(MPa)	3,50
f_{ci}	(MPa)	0,15
λ_e		0,80
λ_i		1,20
δ_{e1}		0,83
δ_{e2}		0,83
t_{e1}	(m)	0,25
t_{e2}	(m)	0,25
t_i	(m)	0,30
$f_{wc,o}$	(MPa)	1,80
$E_{wc,o}$	(GPa)	1,50

$$f_{wc} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} (2\lambda_e \delta f_{c,e} + \lambda_i f_{c,i}) : (1 + 2\delta) \quad (6.1)$$

Θλιπτική αντοχή εξωτερικής παρειάς καλοδομημένου τοίχου, βάσει ΚΑΔΕΤ (πιν.1)

$$f_{wc} = [f_{mc} + 0,40(f_{bc} - f_{mc})](1 - 0,8\sqrt{\alpha}), f_{bc} > f_{mc} \quad (\Sigma 6.1)$$

$$f_{wc} = f_{bc}(1 - 0,8\sqrt{\alpha}), f_{bc} < f_{mc} \quad (\Sigma 6.2)$$

όπου,

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

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

Θλιπτική αντοχή της εσωτερικής στρώσης $f_{c,i} = 0.15$ MPa (κεφ. 6.2.4 ΚΑΔΕΤ)

Το μέτρο ελαστικότητας μπορεί να ληφθεί:

$$E_{wc} \approx 1300 \left(1 - \frac{f_{wc}}{5}\right) f_{wc} \mp 140 f_{wc}^2 [MPa] \quad (\Sigma 6.5)$$

για $1 \text{ MPa} < f_{wc} < 3 \text{ MPa}$

Ο λόγος Poisson θεωρείται $\nu = 0.20$, ενώ η εφελκυστική αντοχή λαμβάνεται ίση με το 10% της θλιπτικής.

4.4 ΦΟΡΤΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Για την ανάλυση του δομήματος ελήφθησαν τα κάτωθι φορτία:

- Μόνιμα φορτία (G)

Φορτία από ίδια βάρη υλικών φέροντος οργανισμού

Ίδιο βάρος λιθοδομής 25.00 kN/m³

Ίδιο βάρος κιόνων 27.00 kN/m³

- Τυχηματικά φορτία (E)

Σύμφωνα με το Εθνικό προσάρτημα του μέρους 1 του EN1998 για την περιοχή του έργου ισχύουν τα ακόλουθα:

Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας	:	II (PGA 0,24g)
Έδαφος Κατηγορίας	:	D
Τιμές Χαρακτ. Περιόδων TB, TC, TD (sec)	:	Οριζ.: 0.20 - 0.80 - 2.5
Συντελεστής Σπουδαιότητας Δομήματος Σ4	:	$\gamma_i = 1.40$
Συντελεστής Εδάφους	:	S=1.35
Συντελεστής συμπεριφοράς	:	q=1.50
Διορθωτικός Συντελεστής Απόσβεσης	:	n=1,00 (για απόσβεση 5%)

Για τον υπολογισμό της φασματικής επιτάχυνσης εφαρμόζεται το Ελαστικό Φάσμα τύπου I του EN1998 (EC-8) το οποίο ισχύει για τον Ελλαδικό χώρο.

$$0 \leq T \leq T_B : S_e(T) = a_g \times S \times 1 + \left[\frac{T}{T_B} (\eta \times 2.5 - 1) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_e(T) = a_g \times S \times \eta \times 2.5$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_e(T) = a_g \times S \times \eta \times 2.5 \left[\frac{T_C}{T} \right]$$

$$T_D \leq T \leq 4s : S_e(T) = a_g \times S \times \eta \times 2.5 \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right]$$

Όπου:

$S_e(T)$: το ελαστικό φάσμα απόκρισης

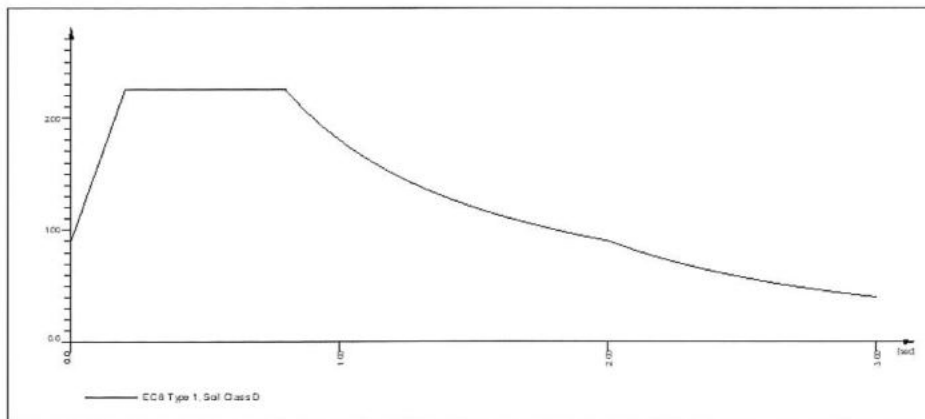
T: η ιδιοπερίοδος της κατασκευής

a_g : η εδαφική επιτάχυνση σχεδιασμού σε έδαφος κατηγορίας A ($a_g = \gamma_i \cdot a_{gR}$)

Συνεπώς, $S_e = 0.24g \cdot 1.4 = 0.336g$

Response spectra EC 8 Type 1, Soil Class D

D[-]	SA[-]	SB[-]	MIN[-]	TB[sec]	TC[sec]	TD[sec]	TE[sec]	K1[-]	K2[-]	A[m/sec ²]
1.5000	0.905	2.250	0.200	0.200	0.800	2.000	0.000	1.000	2.000	3.36
Zone = z2				ah =*	1.000	av =*	0.000			



ΦΑΣΜΑ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ ΚΑΤΑ Χ

Loads acting on Nodes

Node	A-X [m/sec ²]	A-Y [m/sec ²]	A-Z [m/sec ²]	A-RX [1/sec ²]	A-RY [1/sec ²]	A-RZ [1/sec ²]
0	3.36					

4.5 ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ

Μέθοδος ανάλυσης οριζόντιας φόρτισης:

$$Fd(T) = Sd(T1) \times m \times \lambda \quad (\text{σχ. 4.5, EK8-1}), \lambda = 0.85 \dots \dots \dots (\Sigma 1)$$

Επιλέγεται σεισμός σχεδιασμού με πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 25 έτη.

Σύμφωνα με την παράγραφο 2.1.4 (EK8-1) η πιθανότητα υπέρβασης ενός σεισμικού συμβάντος σχετίζεται με τον συντ. Σπουδαιότητας και την επιτάχυνση σχεδιασμού μέσω της κατωτέρω σχέσης, όπου εν γένει $k=3$:

ΣΗΜΕΙΩΣΗ Στις περισσότερες περιοχές το ετήσιο ποσοστό υπέρβασης $H(a_{gR})$, της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης αναφοράς a_{gR} μπορεί να ληφθεί ότι μεταβάλλεται με την a_{gR} ως εξής: $H(a_{gR}) \sim k_0 a_{gR}^{-k}$. Η τιμή του εκθέτη k εξαρτάται από την σεισμικότητα, αλλά εν γένει είναι της τάξεως του 3. Συνεπώς, εάν η σεισμική δράση καθορίζεται από την μέγιστη εδαφική επιτάχυνση αναφοράς a_{gR} , η τιμή του συντελεστή σπουδαιότητας χ που πολλαπλασιάζει τη σεισμική δράση αναφοράς για να επιτευχθεί η ίδια πιθανότητα υπέρβασης σε T_1 έτη όπως στα T_{LR} έτη για τα οποία καθορίζεται η σεισμική δράση αναφοράς, μπορεί να υπολογιστεί ως $\chi \sim (T_{LR}/T_1)^{-1/k}$.

$$\gamma(l) = (50/25)^{-1/3}, \text{ Τροποποιημένος συντ. σπουδαιότητας } \gamma = 0.80$$

Συνεπώς για την Σ1 ισχύει:

$$Sd(T) = 2.5 * (\gamma_i * \alpha_{gr}) * S/q = (2.50 * 1.35/1.50) * 0,19 * g = 4.3 \text{ m/s}^2$$

Οι βασικές φορτίσεις (LC: Load Case) που εφαρμόστηκαν, σε αντιστοιχία με τις προαναφερθείσες τιμές φορτίων, είναι οι κάτωθι:

- Μόνιμα φορτία (G)

LC 1 1 ίδιο βάρος μελών

- Συνδυασμοί οριακής κατάστασης αστοχίας (ULS : $\Sigma \gamma_{gi} G_{ki} + \gamma_{q1} Q_{k1} + \Sigma \gamma_{qi} \cdot \psi_{0i} Q_{ki}$)

LC 1001: 1.35·G + 1.50·S

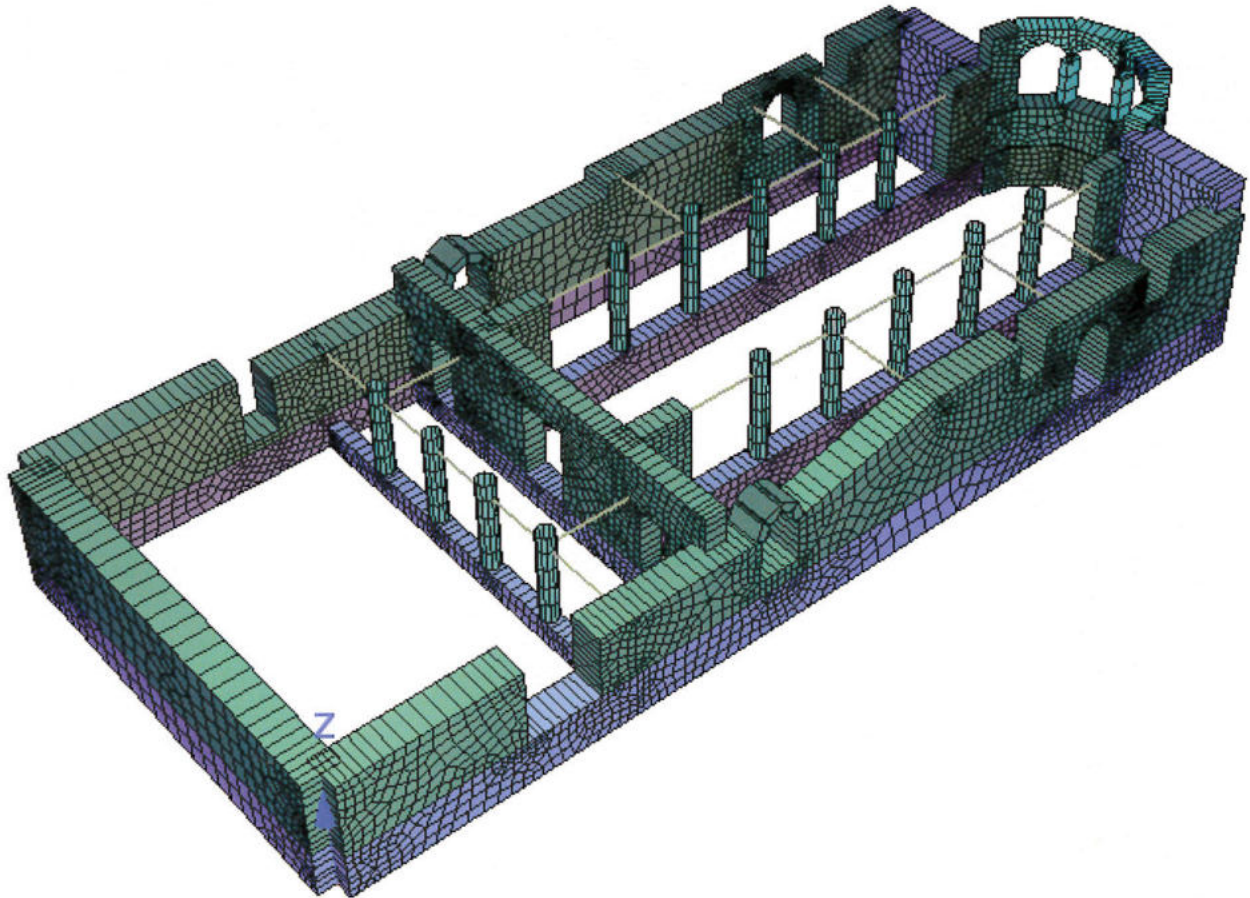
- Συνδυασμοί σεισμού ($\Sigma G_{ki} + \Sigma \psi_{2i} Q_{ki} + E_i$)

Με τη δυναμική φασματική μέθοδο:

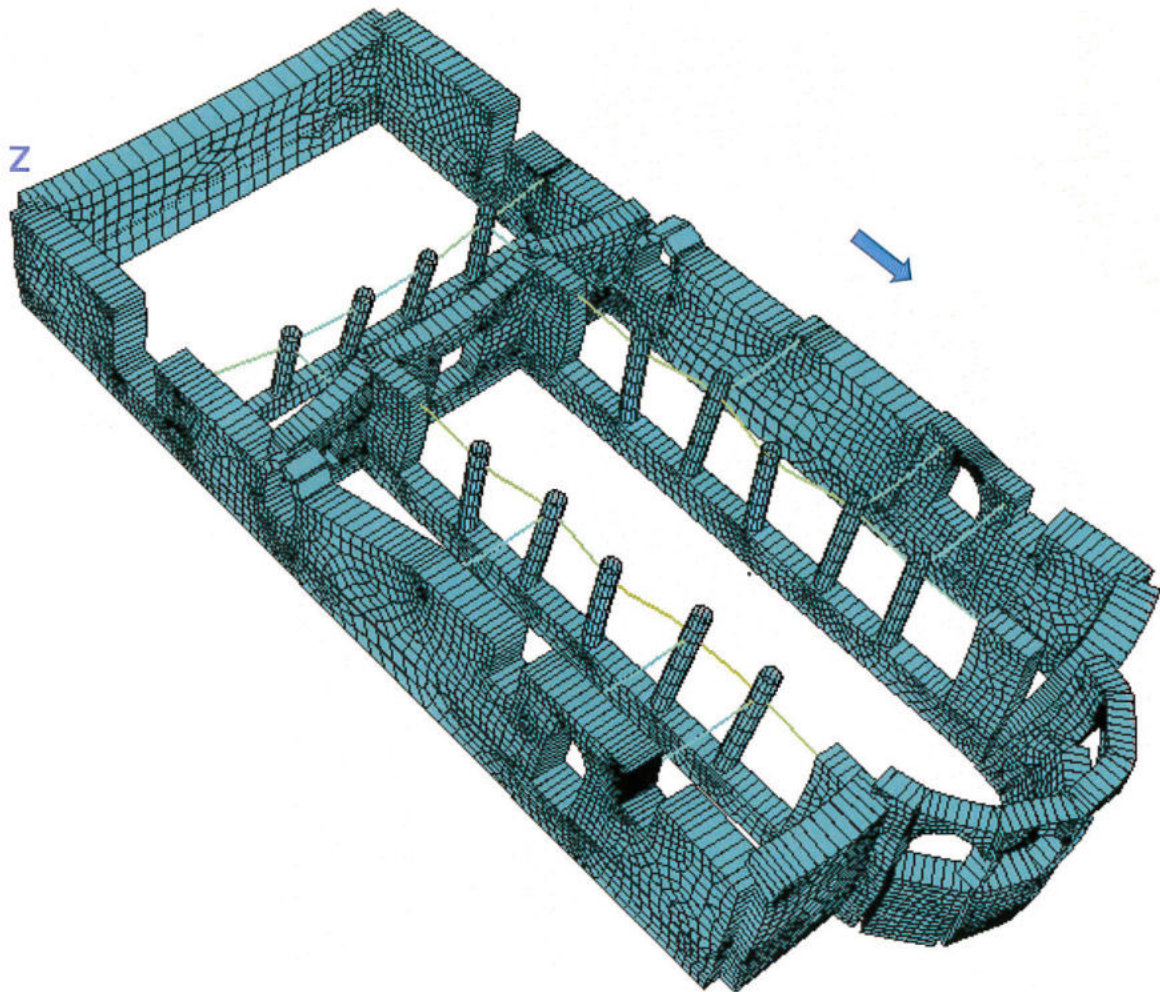
LC 3001:	1.00·G	+ 0.60·Q	+ 1.00·Ex	+ 0.30·Ey	(Κυρίως σεισμός κατά +X)
LC 3002:	1.00·G	+ 0.60·Q	+ 1.00·Ex	- 0.30·Ey	(Κυρίως σεισμός κατά +X)
LC 3003:	1.00·G	+ 0.60·Q	- 1.00·Ex	+ 0.30·Ey	(Κυρίως σεισμός κατά -X)
LC 3004:	1.00·G	+ 0.60·Q	- 1.00·Ex	- 0.30·Ey	(Κυρίως σεισμός κατά -X)
LC 3005:	1.00·G	+ 0.60·Q	+ 0.30·Ex	+ 1.00·Ey	(Κυρίως σεισμός κατά +Y)
LC 3006:	1.00·G	+ 0.60·Q	+ 0.30·Ex	- 1.00·Ey	(Κυρίως σεισμός κατά -Y)
LC 3007:	1.00·G	+ 0.60·Q	- 0.30·Ex	+ 1.00·Ey	(Κυρίως σεισμός κατά +Y)
LC 3008:	1.00·G	+ 0.60·Q	- 0.30·Ex	- 1.00·Ey	(Κυρίως σεισμός κατά -Y)

4.6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

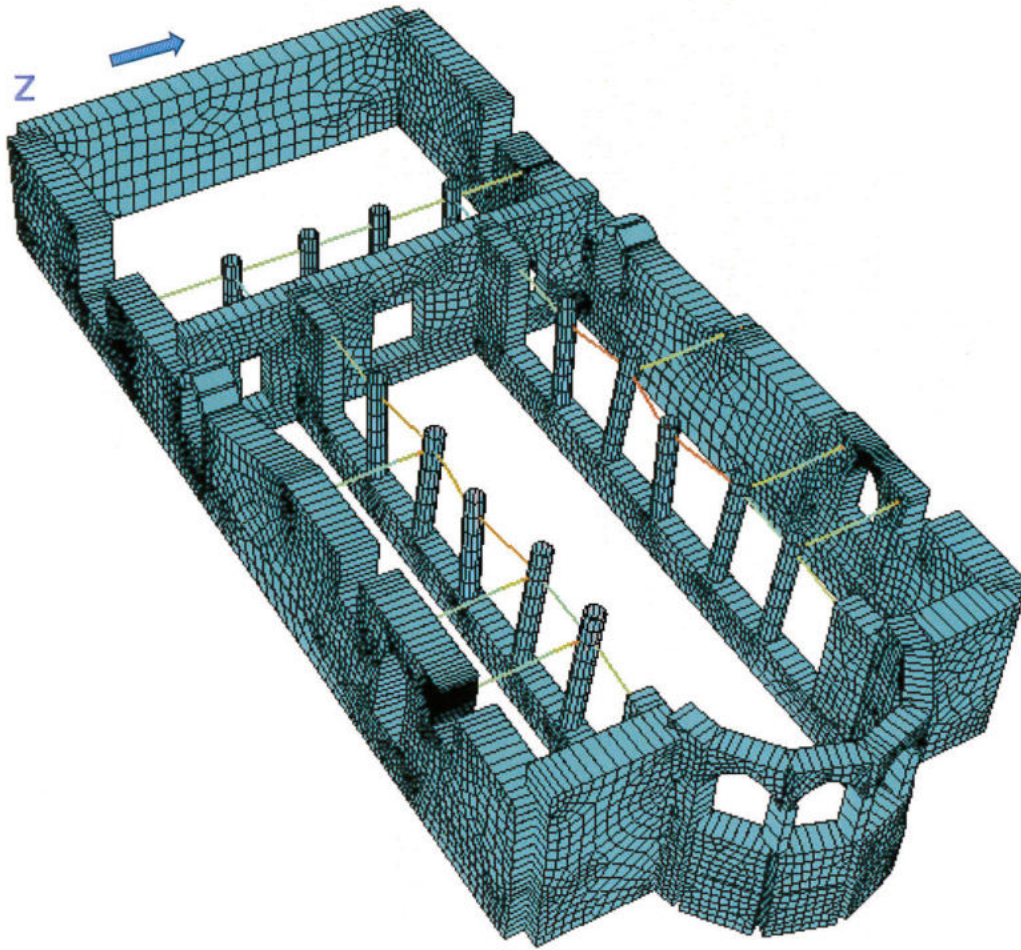
Ακολουθεί η γενική άποψη του αριθμητικού προσομοιώματος του μνημείου.



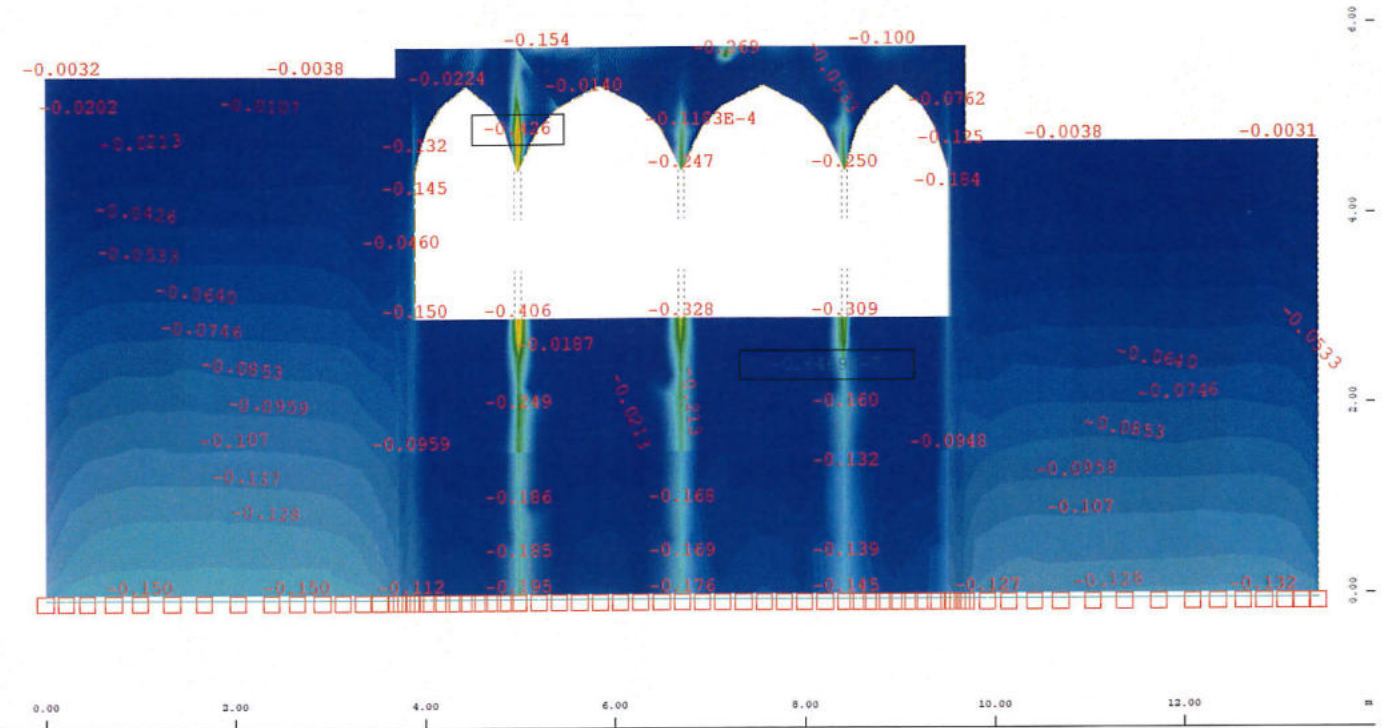
εικ. 4-1 Γενική εικόνα προσομοιώματος



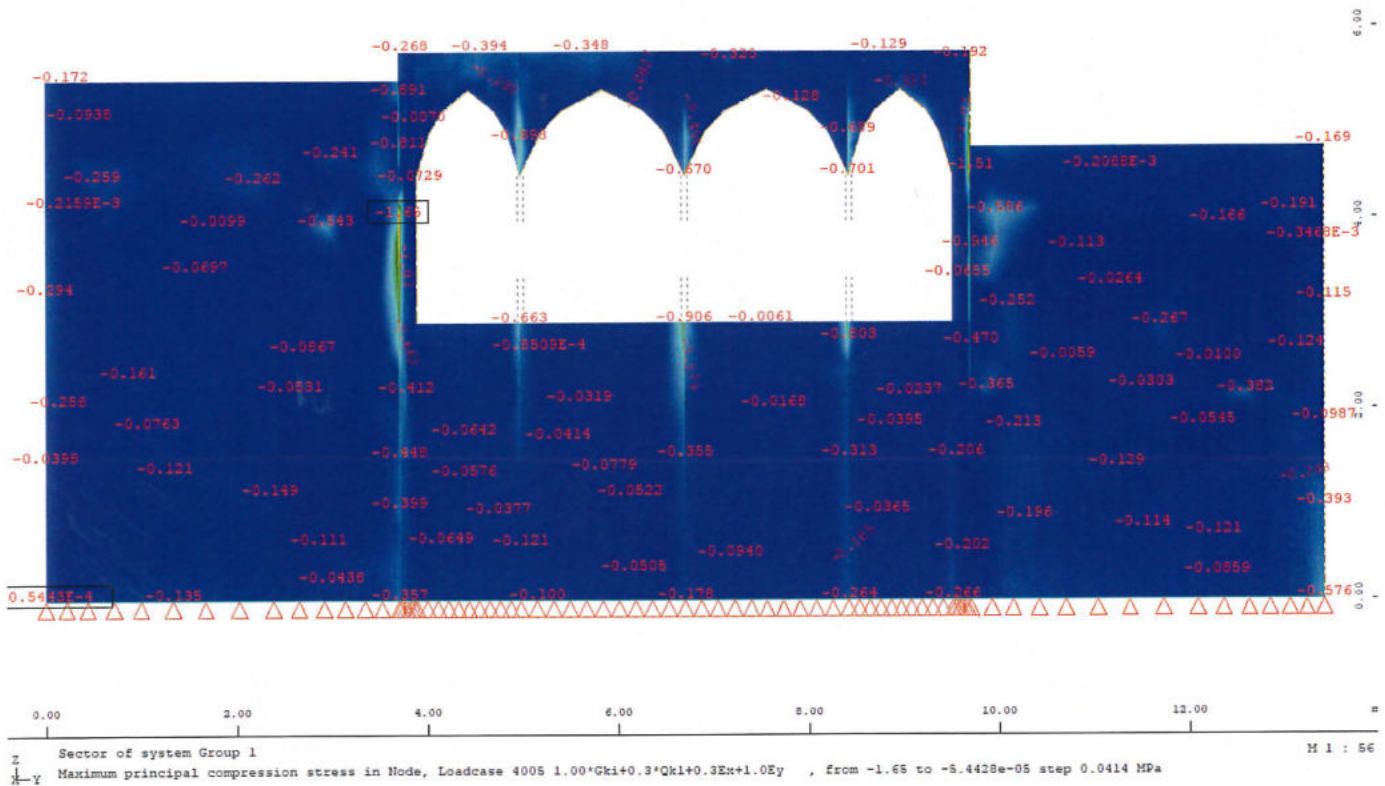
εικ. 4-2 Σεισμική διέγερση κατά X-X (T=0.83sec)



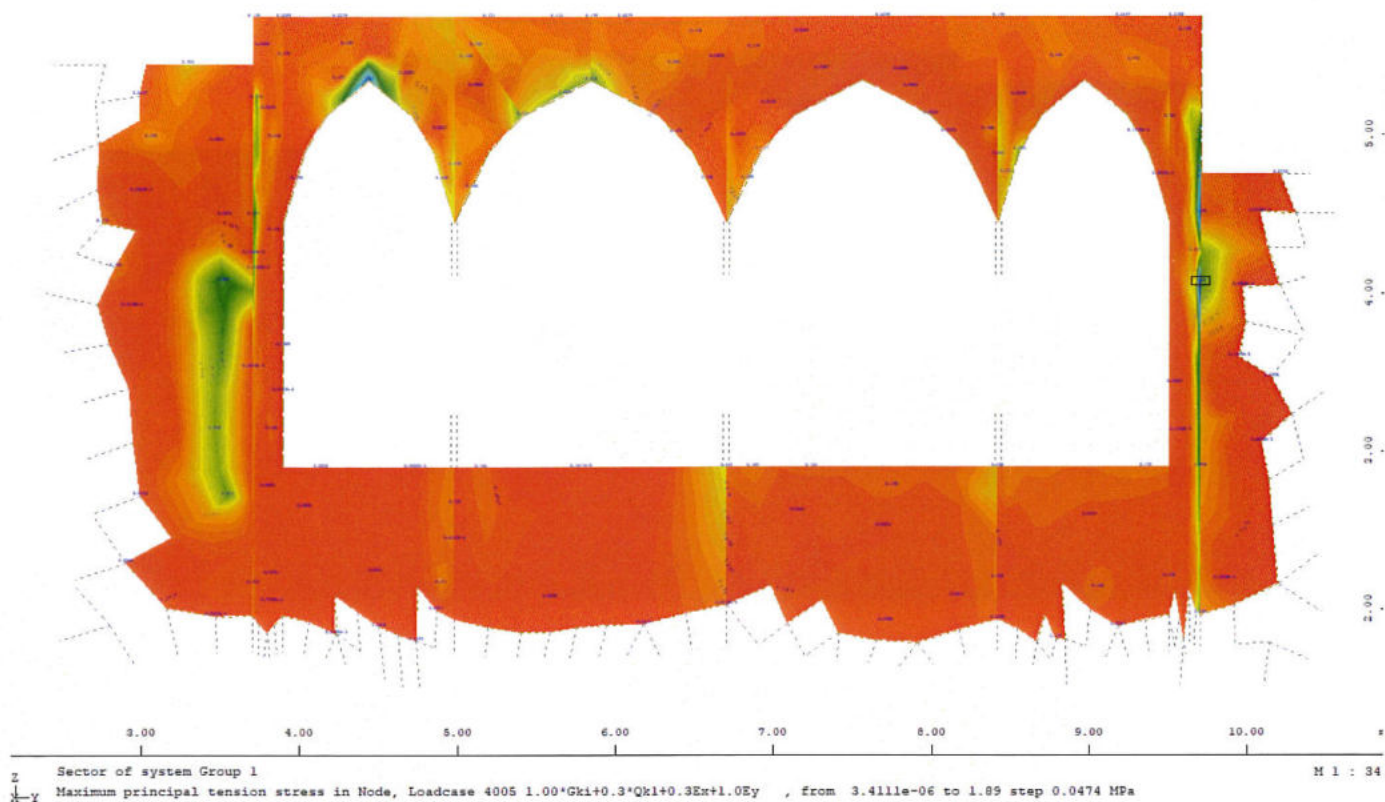
εικ. 4-3 Σεισμική διέγερση κατά Y-Y (T=0.83sec)



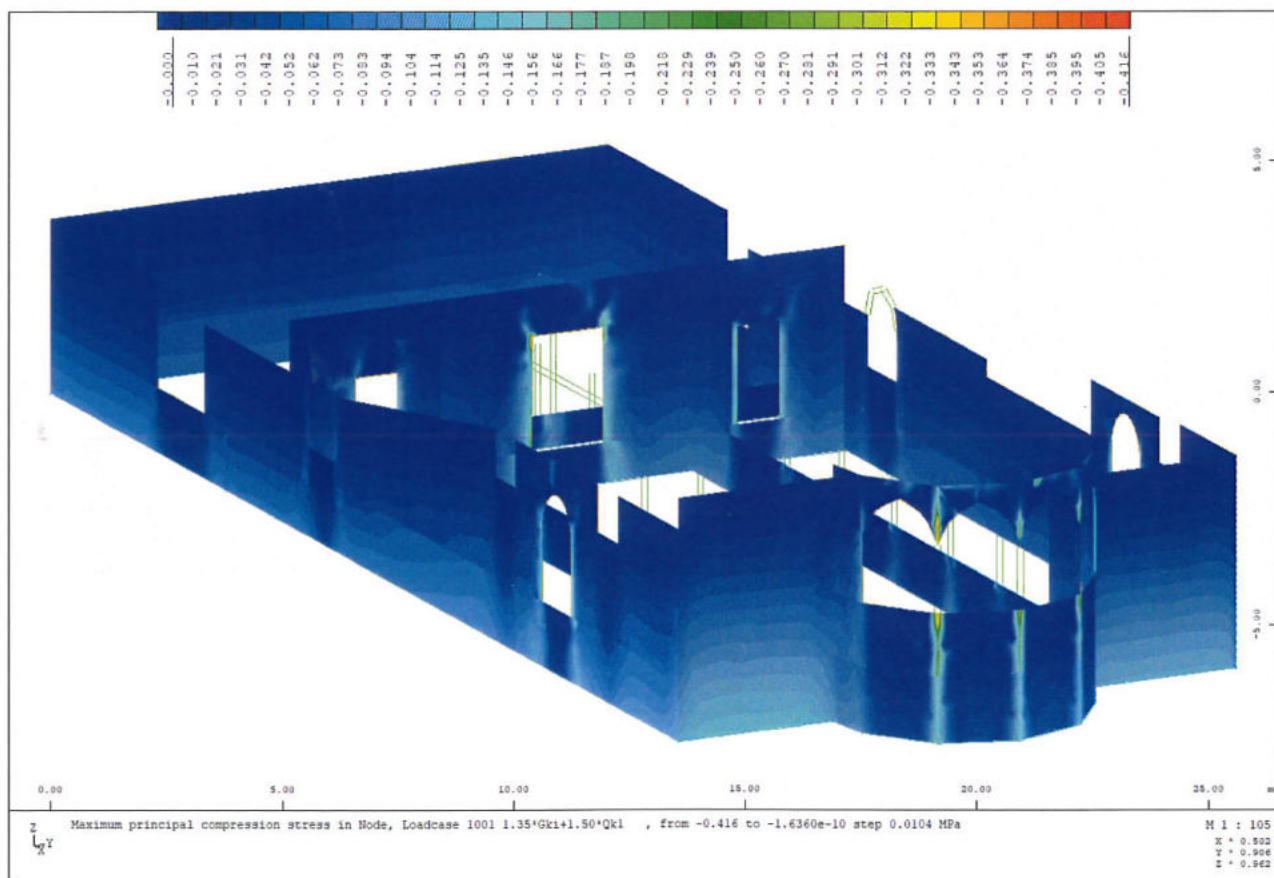
εικ. 4-4 κύριες θλιπτικές τάσεις υπό στατικά φορτία (μέγιστη τάση 0.42MPα)



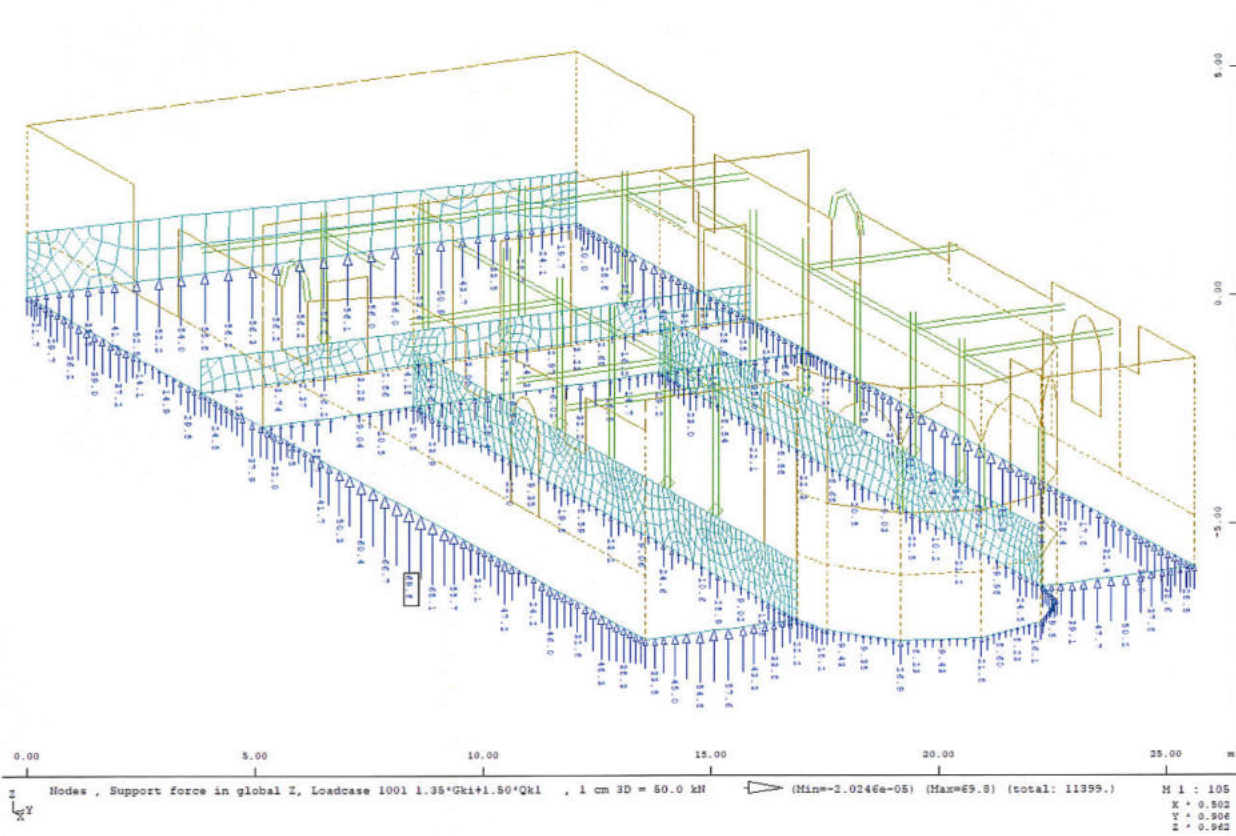
εικ. 4-5 κύριες θλιπτικές τάσεις υπό σεισμικά φορτία - (μέγιστη τάση 1.65MPα)



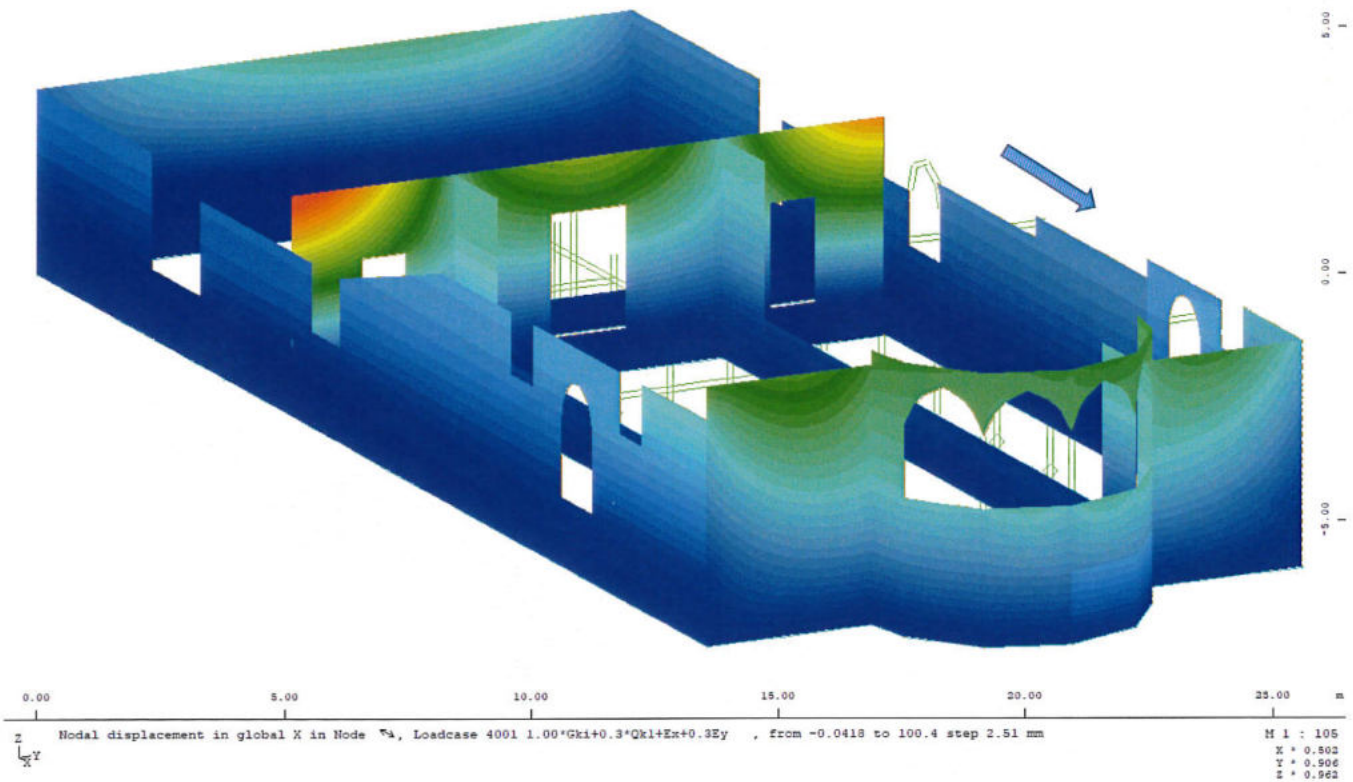
εικ. 4-6 κύριες εφελκυστικές τάσεις υπό σεισμικά φορτία - (μέση τιμή τάσης 0.80MPα) εντός επιπέδου



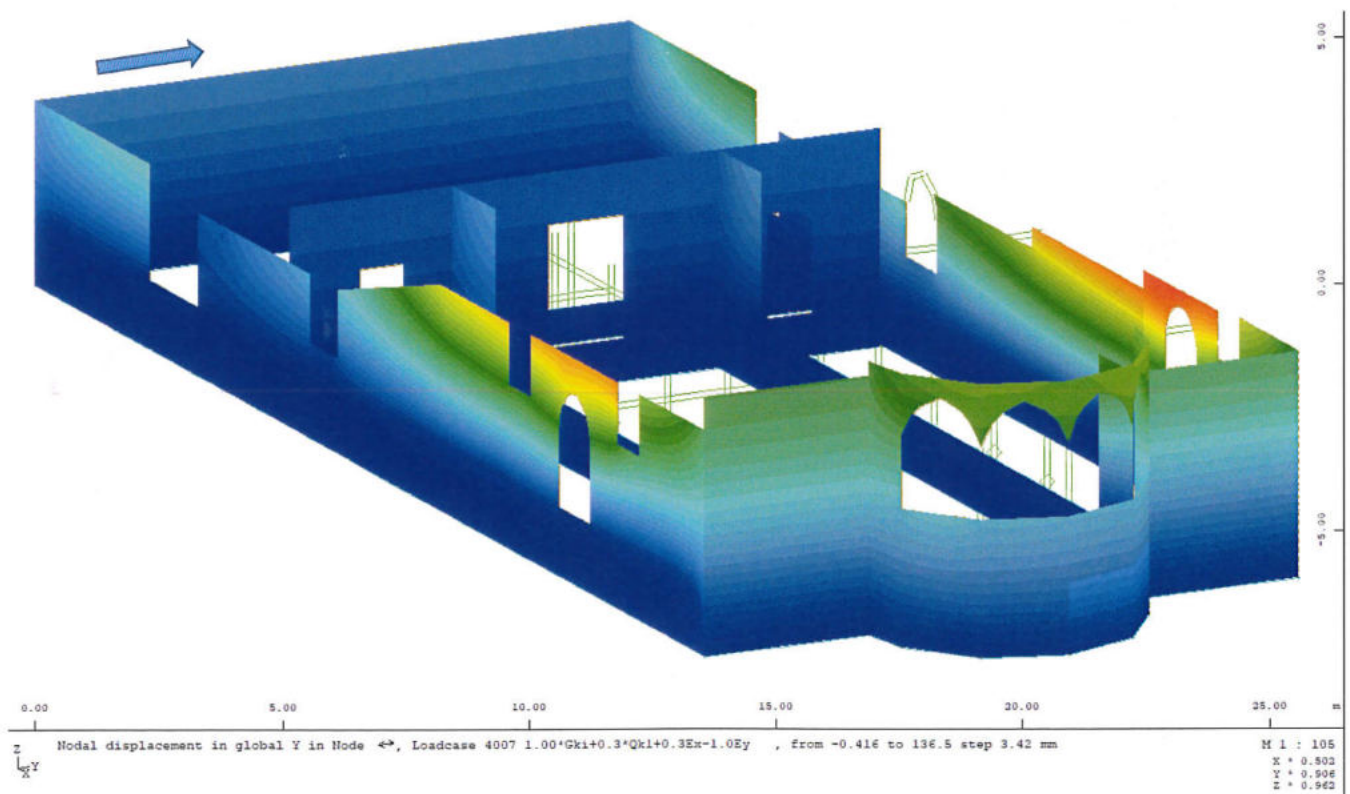
εικ. 4-7 κύριες θλιπτικές τάσεις υπό στατικά φορτία (μέγιστη τιμή τάσης 0.42MPα)



εικ. 4-8 Αναπτυσσόμενες τάσεις εδάφους υπό το ίδιο βάρος 0.07MPa

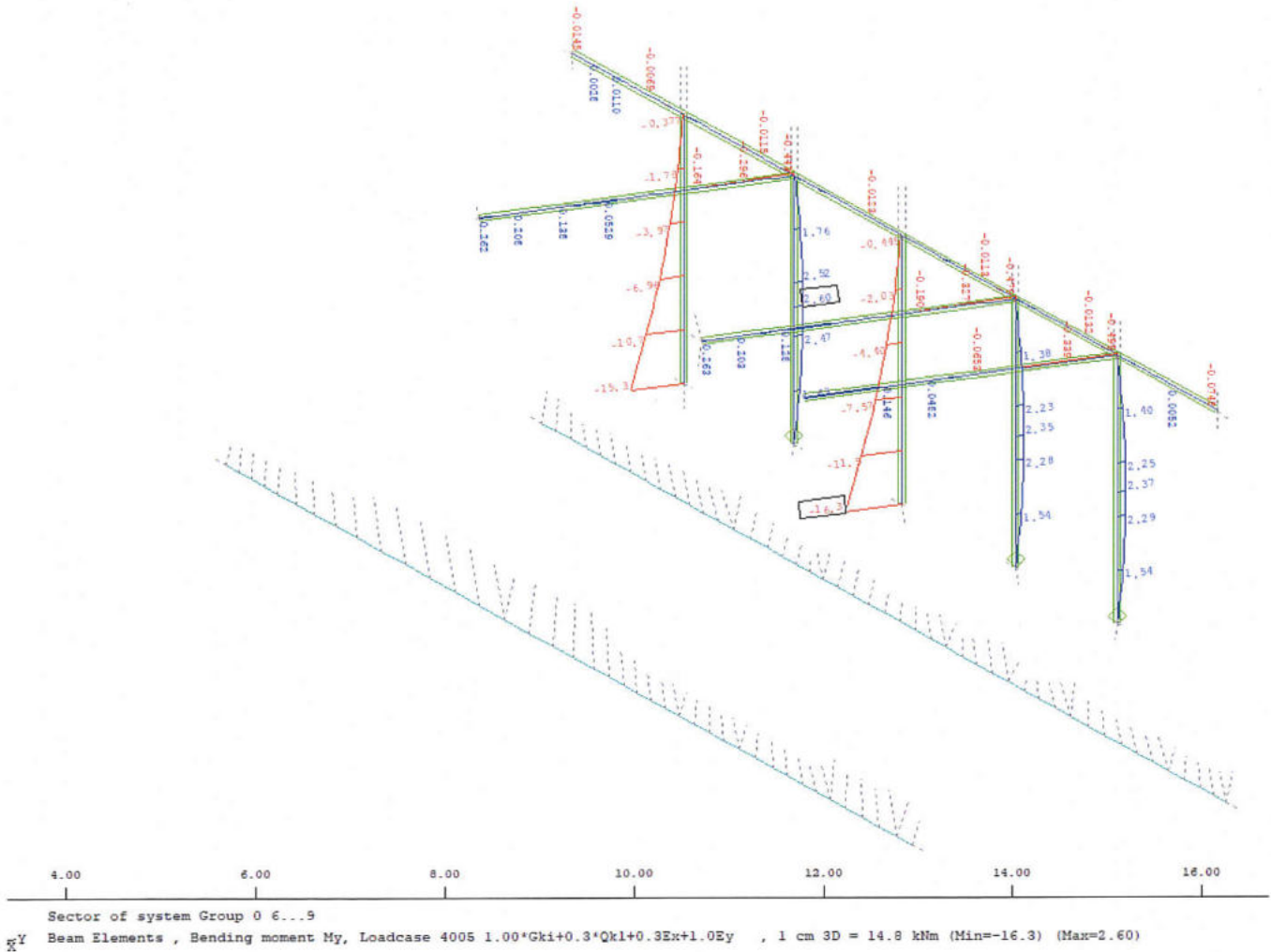


Εικ. 4-9 Παραμορφώσεις κατά X-X – Σεισμική φόρτιση – max. Displacement 50mm στην κόγχη του Ιερού

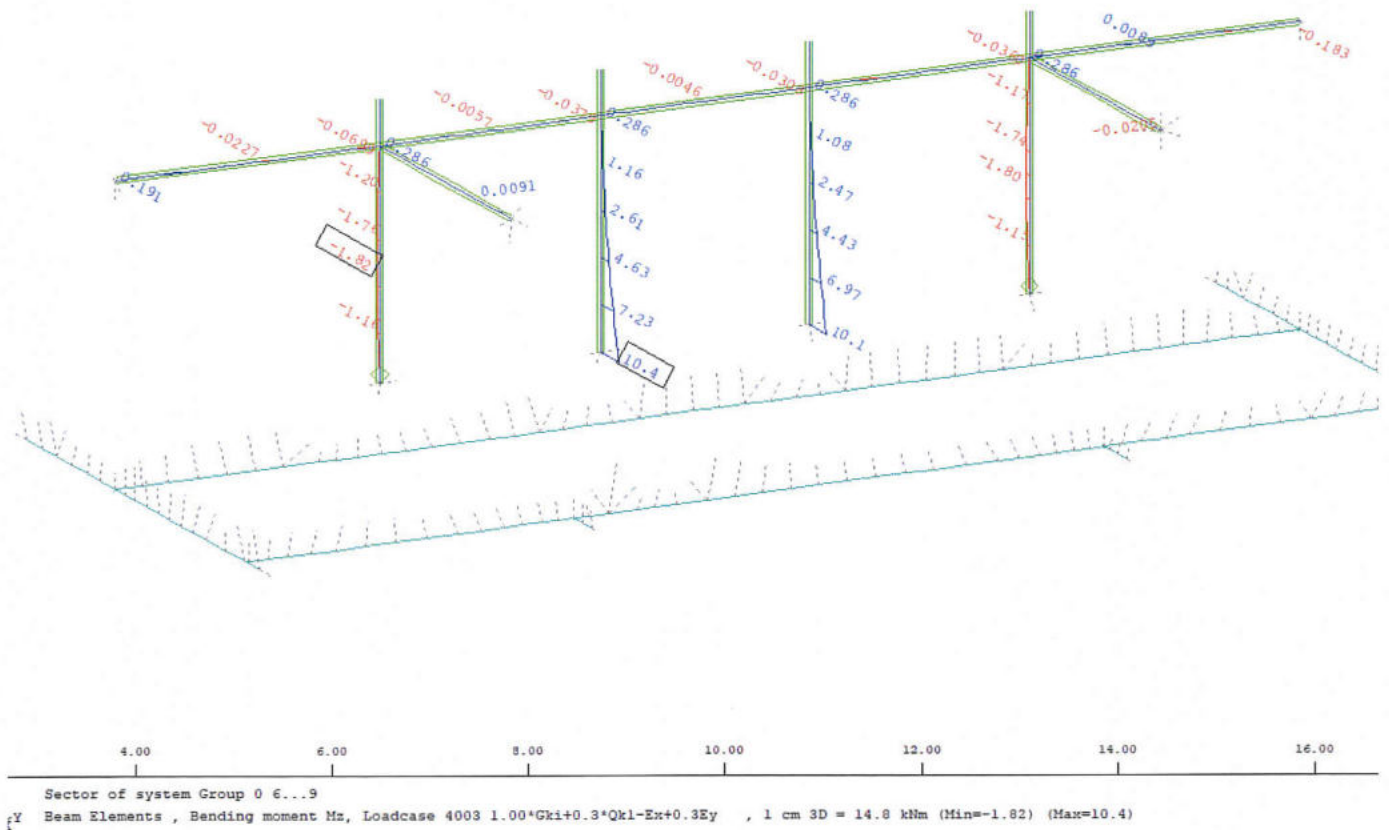


Εικ. 4-10 Παραμορφώσεις κατά Y-Y – Σεισμική φόρτιση – max. Displacement 70mm στην κόγχη του Ιερού

Μέγιστη γωνιακή παραμόρφωση ανατολικού τοίχου $u/H = 70\text{mm}/3600\text{mm} = 1.9\%$



εικ. 4-12 Ροπή στη βάση των κίονων 16.03 ΚNm της Β, Ν κιονοστοιχίας



εικ. 4-13 Ροπή στη βάση των κίονων 10.4 ΚNm της δυτικής κιονοστοιχίας

4.7 ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ ΠΕΡΙΔΕΣΗΣ

Η διατομή των συνδέσμων είναι τετραγωνική 20x20mm, AISI 2205

A. Έλεγχος ράβδου σε εφελκυσμό

Η μέγιστη δρώσα εφελκυστική δύναμη των ελκυστήρων φαίνεται στην εικ.5 :

$$N_{sd} = 15,4 \text{ kN} < N_{rd} = 400 \text{ (mm}^2\text{)} * 510 \text{ (N/mm}^2\text{)} / 1100 = 185.45 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK}$$

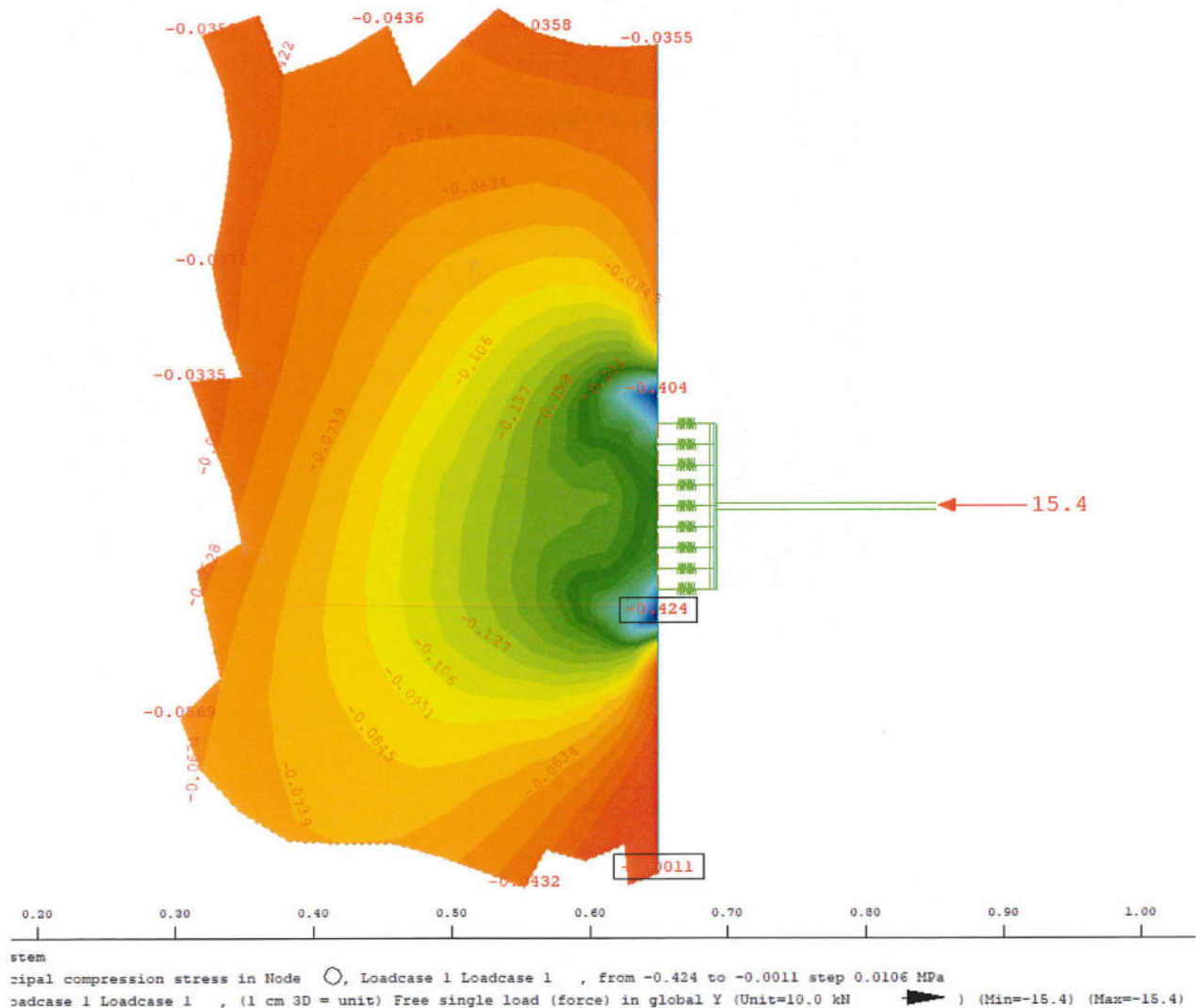
B. Έλεγχος Αγκύρωσης Ελκυστήρα

- B1. Έλεγχος τοπικής θλίψης

Δρώσα δύναμη αγκύρωσης 15.4kN

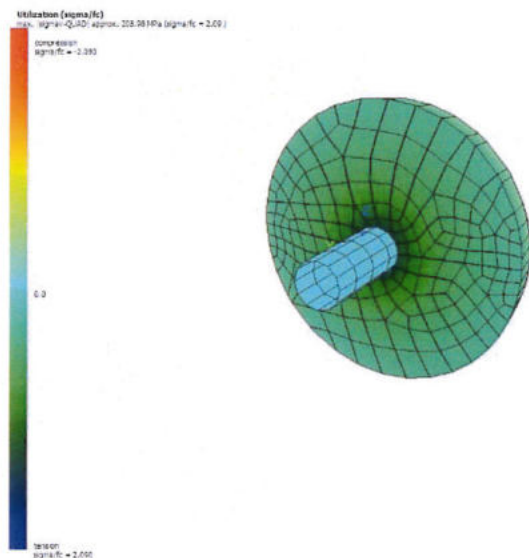
$$A = \pi * d^2 / 4 = \pi * 20^2 / 4 = 314 \text{ mm}^2$$

$$\text{Τοπική θλιπτική τάση: } 1,80 \text{ N/mm}^2 < 0.42 \text{ N/mm}^2 \dots\dots\dots \text{ok}$$

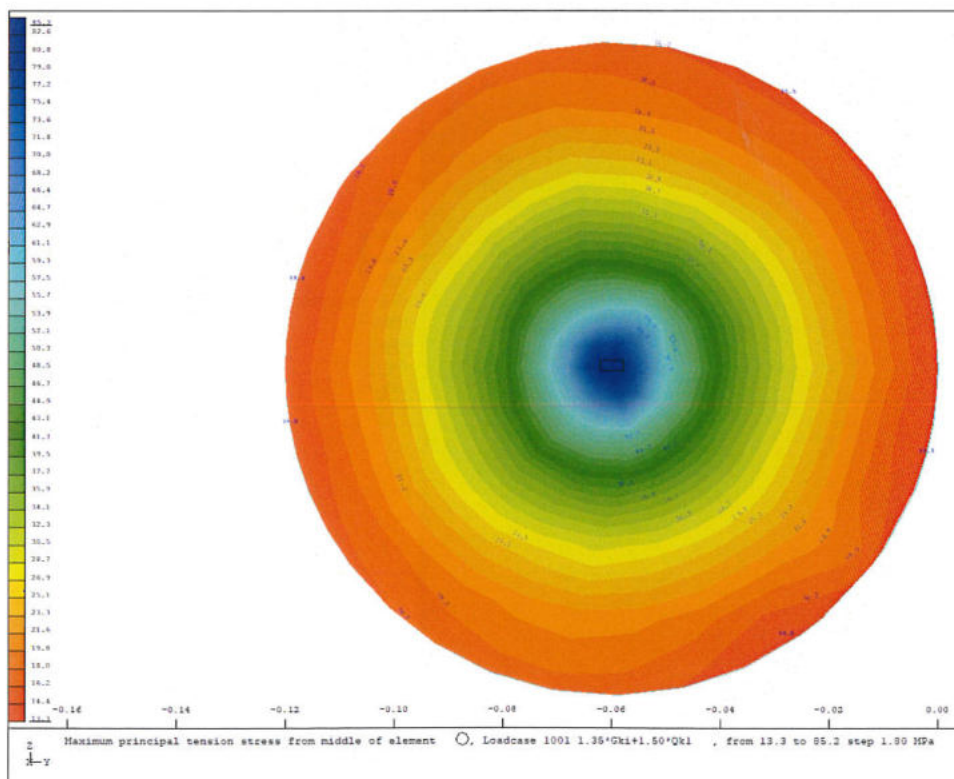


ΕΙΚ. 4-15

- Β2. Έλεγχος θολοειδούς πλάκας αγκύρωσης PL diam.120x12mm, AISI 2205



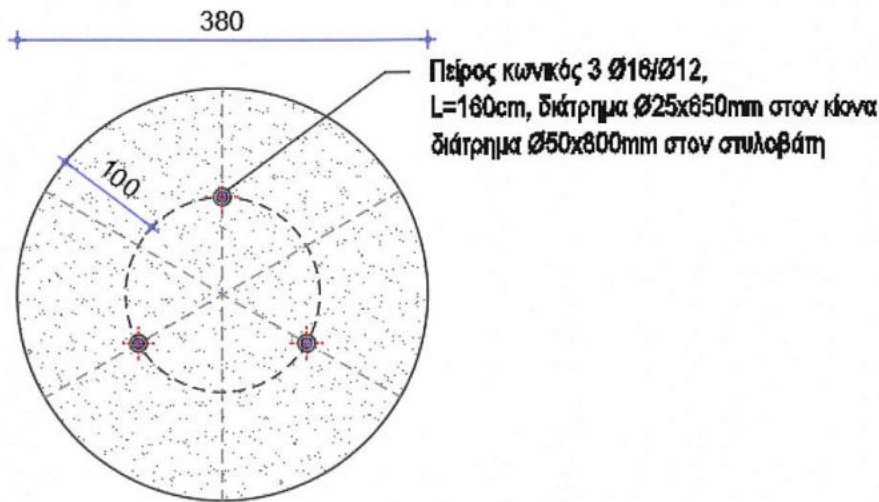
εικ. 4-16 Αγκύρωση άκρου ελκυστήρα



εικ. 4-17 max κύρια εφελκυστική τάση 220 MPα <510 MPαok

4.8 ΕΛΕΓΧΟΣ ΓΟΜΦΩΣΕΩΝ

Περίπτωση Α – κίονες χωρίς εγκάρσιο σύνδεσμο



Γομφώσεις κίωνων στη βάση τους
- Κάτοψη, κλ. 1:10

Αστοχία τύπου Α – επικρατέστερος μηχανισμός

Έλεγχος δράσης βλήτρου

Η τέμνουσα που αναπτύσσεται στους γόμφους υπολογίζεται ως εξής:

$M_{sd} = F_{sd} \times L$, όπου $L=80\text{cm}$, το μήκος έμπηξης της ράβδου εντός του κίονα,

Συνεπώς, $F_{sd} = 16.30/0.80 = 20.38 \text{ KN}$ συνολικά,

Έχουμε συνολικά 3 ράβδους συνεπώς $20.38/3 = 6.80\text{KN}$ για κάθε ράβδο

Από τη σχέση 6.8

α) Αντοχή βλήτρου

Η τιμή σχεδιασμού της μέγιστης τέμνουσας, F_{ud} , που μπορεί να μεταφερθεί από μια ράβδο με διάμετρο d_b , με επαρκές μήκος (§6.1.2.2.γ) και επαρκείς επικαλύψεις (§6.1.2.2β), μπορεί να υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$F_{ud} = \frac{1,30d_b^2}{\gamma_{Rd}} \sqrt{f_{cd}f_{yd}} \leq \frac{A_s f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad (6.8)$$

όπου: A_s : η διατομή της ράβδου

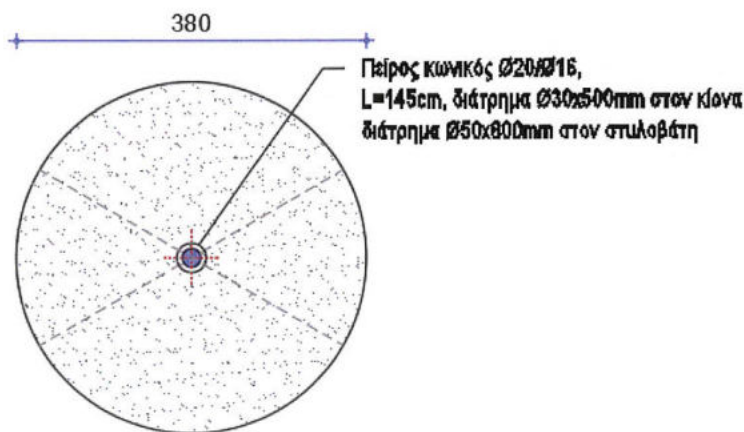
f_{cd} : η τιμή σχεδιασμού της θλιπτικής αντοχής του ασθενέστερου σκυροδέματος

f_{yd} : η τιμή σχεδιασμού του ορίου διαρροής της ράβδου, και το γ_{Rd} λαμβάνεται ίσο με 1,3.

ΑΝΤΟΧΗ ΒΛΗΤΡΟΥ	d (mm) (διάμ. ράβδου)	Fcd (Mpa)	f _{yd} (Mpa)	γ _{rd}	F _{ud} (kN)
	12	3	300	1,3	4,32
	16	2,5	300	1,3	7,01

Συντ. ασφαλείας $F_{ud}/F_{sd} = 7.01/6.80 = 1.03$

Περίπτωση Β – κίονες με εγκάρσιο σύνδεσμο



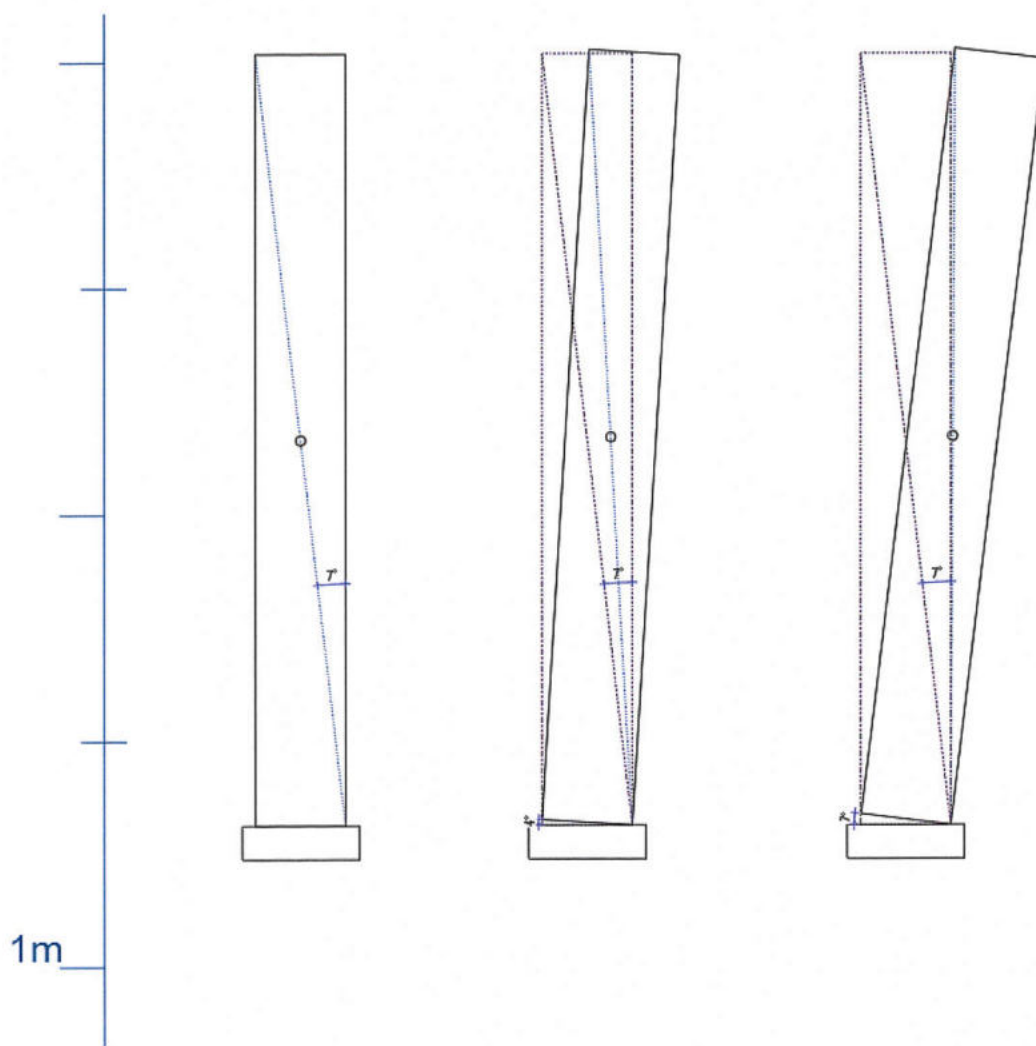
Γομφώσεις κίονων με εγκάρσιο σύνδεσμο - Κάτοψη, κλ. 1:10

Στην εικ. 4-17 παρουσιάζεται η προοδευτική αύξηση του λόγου στροφή έδρας/λυγηρότητα σύλου (θ/α) από αριστερά προς τα δεξιά – $\theta/\alpha=0$, $\theta/\alpha=0.5$ (ασταθές σύστημα), $\theta/\alpha=1$ (κατάρρευση), όπως ορίζεται στη δημοσίευση του Ν. Μακρή – Μ. Βασιλείου με τίτλο «Planar rocking response and stability analysis of an array of free-standing columns capped with a freely supported rigid beam» *Earthquake Engng Struct. Dyn.* (2012).

Η ελάχιστη επιτάχυνση έναρξης λικνισμού ορίζεται γεωμετρικώς ως ο λόγος βάσης προς ύψος $\sim 0.12g$.

Στην οριακή κατάσταση όπου $\theta/\alpha=0.5$, η οριζόντια παραμόρφωση στο άκρο του πείρου θα είναι:

$$u = 0.50 \cdot \tan 3.5 = 30 \text{ mm}$$



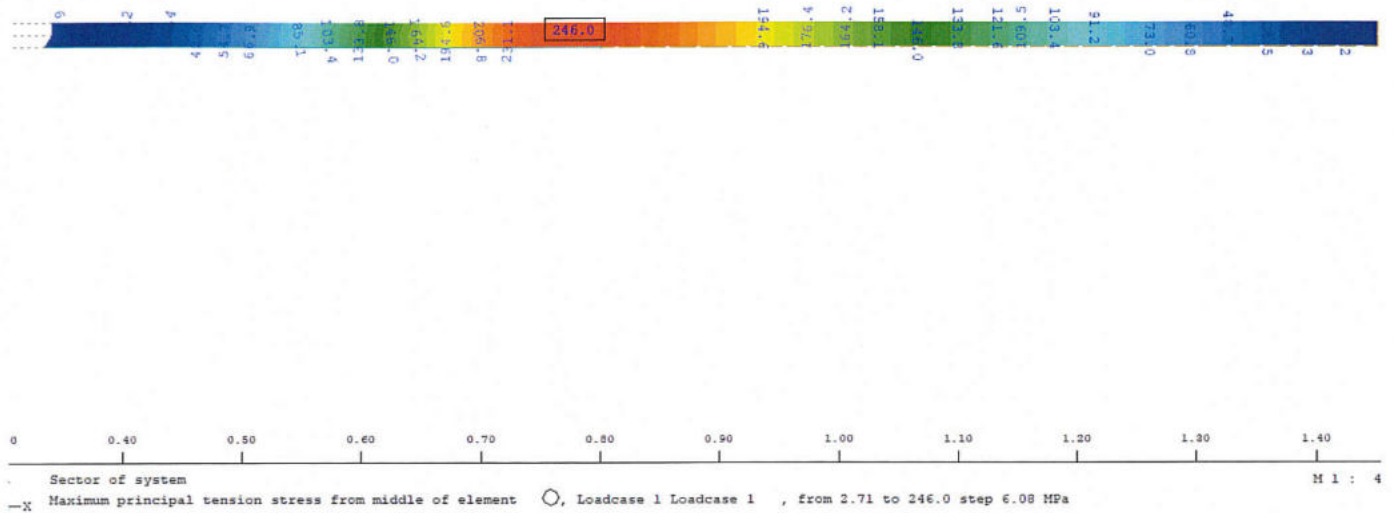
Εικ. 4-18 Χαρακτηριστικός μονολιθικός κίονας διάμετρος βάσης 40εκ., ύψος 3.40μ.

Utilization (sigma/fc)
 max. |sigma|v-QUAD| approx. 248.05 MPa (sigma/fc = 2.48)

compression
 sigma/fc = -2.480



εικ. 4-19 Γενική εικόνα προσομοιώματος πείρου, L=1.45m



εικ. 4-20 Εφελκυστικές τάσεις στην οριακή κατάσταση στροφής του κίονα $\theta/\alpha=0.5$

Οι εφελκυστικές τάσεις του υλικού θα είναι: $245\text{MPa} < f_y=300\text{MPa} \dots \text{ok}$

ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗΣ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ ΔΙΑ ΤΡΙΒΗΣ

Δρώσα εντατικά μεγέθη:

$N_{sd}=36.5 \text{ kNm}$ (εικ. 4-13)

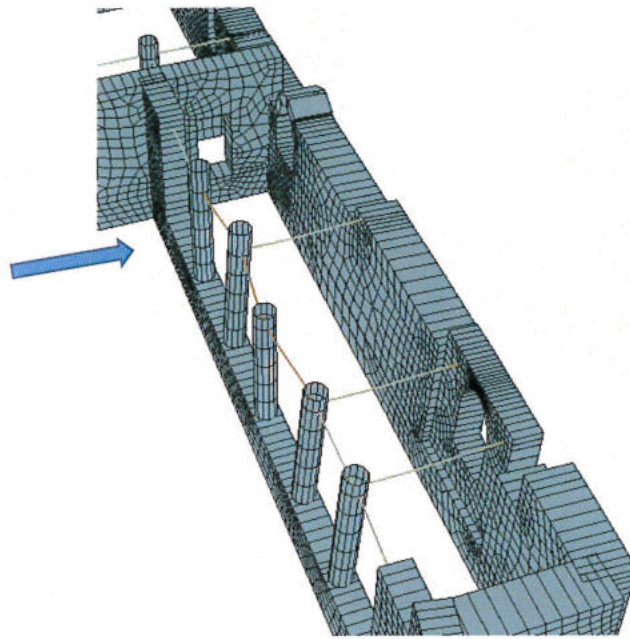
Λειτουργία αγκυρίου ολόσωμης πάκτωσης:

- μήκος έμπηξης $L=200\text{εκ.}$,
- εφελκυστική αντοχή τοιχοδομής στυλοβάτη $f_t = 0.20 \text{ MPa}$
- διάμετρος διατρήματος $d=30\text{mm}$

$N_{ud} = \rho_i \times d \times L \times f_t = 37.68 \text{ kN}$

Συνολική δύναμη εξόλκευσης $N_{ud} = 36.5 \text{ kN} < 37.68 \text{ kN} \dots \text{ok}$

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΓΚΑΡΣΙΩΝ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ ΩΣ ΘΛΙΠΤΗΡΩΝ



εικ. 4-21 Σεισμική φόρτιση E (+Y)

Κατά την περίπτωση σεισμικής φόρτισης στην οποία οι εγκάρσιοι σύνδεσμοι λειτουργούν θλιπτικά πρέπει να ελεγχθεί η αγκύρωση του άκρου τους εντός της λιθοδομής δια συνάφειας και η αντοχή του μέλους διατομής 20x20mm σε θλίψη. Συνεπώς, ισχύουν τα εξής:

A. Δρώσα θλιπτική δύναμη $N_{sd}=4.03\text{KN}$

Μήκος εγκάρσιου συνδέσμου $L=2.80\text{m} = L_{cr}$

Διατομή 20x20mm ($A=4\text{cm}^2$, $I=1.33\text{cm}^4$)

Καμπύλη λυγισμού a , μειωτικός συντελεστής $\chi=0.065$

$N_{b,rd} = \chi * A * f_y / \gamma_{M,1} = 6.10 \text{ KN} > N_{sd}=4.03\text{KN} \dots\dots\dots \text{ok}$

B. Έλεγχος Αγκύρωσης άκρου ($N_{ud} = \rho_i * d * L * f_t$)

Βάθος έμπηξης εντός λιθοδομής: $L=550\text{mm}$, διάμετρος διατρήματος $d=24\text{mm}$,

Εφελκυστική αντοχή λιθοδομής $f_t=0.10\text{MPa}$

$N_{ud} = 4.15\text{KN} > N_{sd}=4.03 \text{ KN} \dots\dots\dots \text{ok}$

5 ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στην παρούσα έκθεση αντιμετωπίζονται οι εργασίες πολιτικού μηχανικού που απαιτούνται σύμφωνα με το αναστηλωτικό πρόγραμμα τις αρχιτεκτονικής μελέτης. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην αριθμητική ανάλυση και την διαστασιολόγηση της συνδεσμολογίας των κιόνων, γομφώσεις, συρραφές με ράβδους τιτανίου θραυσμένων μελών και περιδέσεις με ανοξειδωτες ράβδους και ελάσματα. Οι υπάρχοντες τοίχοι του μνημείου θα αντιμετωπιστούν με συντηρησιακές μεθόδους βασικός στόχος των οποίων θα είναι η συμπλήρωση των υλικών δομής σε επιφάνειες που παρουσιάζουν εκτεταμένη απώλεια του αυθεντικού υλικού. Οι περιπτώσεις αυτές παρουσιάζονται αναλυτικά στην παράγραφο 3.2.

Δεν προτείνονται επεμβάσεις με στόχο την σεισμική αναβάθμιση των υπάρχοντων δομών, καθώς αυτές θα αλλοίωναν σημαντικά την αρχιτεκτονική, ιστορική και αρχαιολογική αξία του μνημείου. Η ανάκτηση της κόγχης του ιερού που προτείνεται για αναστηλωτικούς λόγους, συγχρόνως υπηρετεί και την ευστάθεια των δομών, καθώς εξασφαλίζει τα ελεύθερα άκρα του ανατολικού τοίχου, τα οποία είναι πιθανόν να ανατραπούν σε περίπτωση ενός ισχυρού σεισμού.

Οι σεισμικές αναλύσεις έχουν γίνει για φασματική επιτάχυνση 0.43g, που εκτιμάται πως αντιστοιχεί σε σεισμικό γεγονός με πιθανότητα υπέρβασης 10% σε ονομαστική περίοδο ζωής τα 25 έτη. Στην περίπτωση αυτή εξασφαλίζονται οι κιονοστοιχίες και η κόγχη του ιερού μαζί με τον ανατολικό τοίχο από οποιαδήποτε κατάρρευση, ωστόσο είναι πιθανόν να συμβούν σημαντικές βλάβες σε επιμέρους τμήματα του βόρειου και νότιου τοίχου του μνημείου, κυρίως λόγω ανεπάρκειας σε ροπή εκτός επιπέδου περί οριζόντιο αρμό. Η ανεπάρκεια αυτή δεν είναι δυνατόν να αρθεί, εξ' αιτίας της ολοκληρωτικής απώλειας της στέγασης του μνημείου.

Οι Συντάξαντες,

Π. Παναγιωτόπουλος

Β. Κασίμης

Πολιτικός μηχανικός

Πολιτικός μηχανικός

ΕΛΕΓΧΘΗΚΕ

Αθήνα 11/1/2022

Ο ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΟΣ
ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΜΕΛΕΤΩΝ ΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ
ΜΝΗΜΕΙΩΝ ΤΗΣ ΔΑΒΜΜ

Ελέγξας

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΜΠΙΡΤΑΧΑΣ
ΑΡΧΙΤΕΚΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΧΑΡ. ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΣ
ΔΙΠΛΩΜΑΤ. ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ
ΕΘΝΙΚΟΥ ΜΕΤΣΟΒΙΟΥ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ
ΜΕΛΟΣ Τ.Ε.Ε. ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΟΥ 29876
Κ. ΠΑΠΑΡΡΗΓΟΠΟΥΛΟΥ 18 - ΑΘΗΝΑ 11473, ΤΗΛ: 210 6469575
ΑΦΜ: 020860642 - ΔΟΥ: ΙΓ' ΑΘΗΝΩΝ

ΒΑΣΙΛΗΣ ΚΑΣΙΜΗΣ
ΔΙΠΛ. ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Μ.Π.
ΜΕΛΟΣ Τ.Ε.Ε. ΑΡ. ΜΗΤΡΟΥ 101956
ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΕΟΥΣ 66 - 15451 Ν. ΨΥΧΙΚΟ
ΑΦΜ: 104350203 - ΔΟΥ: ΨΥΧΙΚΟΥ
ΤΗΛ. 6909736710

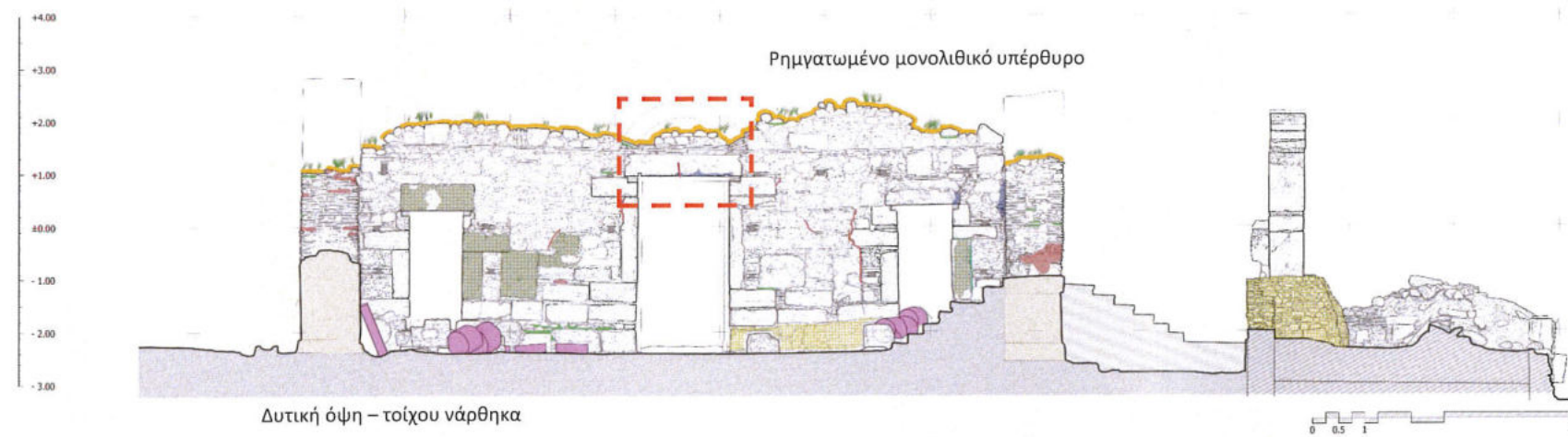
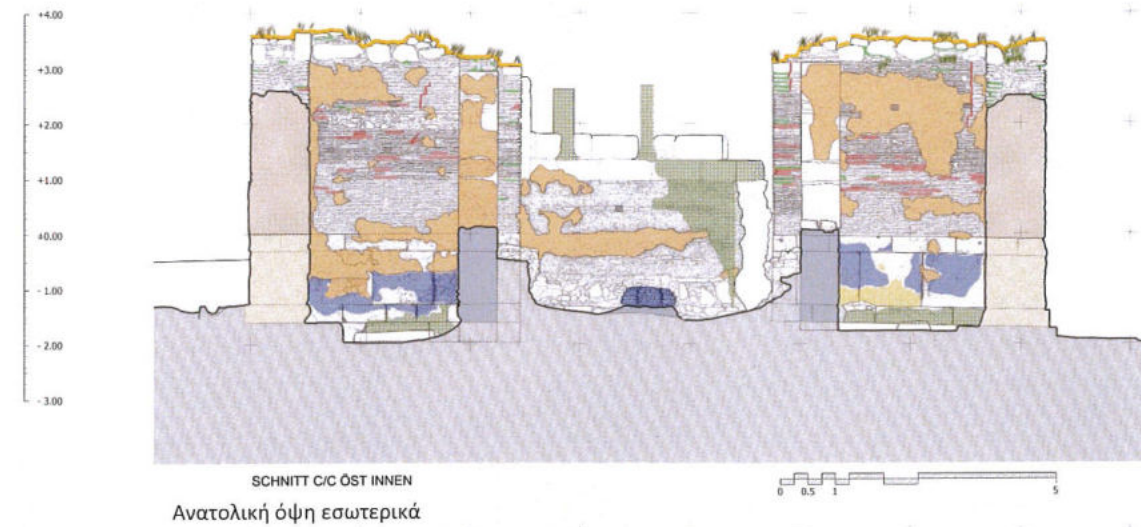
ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ

Σύμφωνα με τους όρους της
απόφασης ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ
ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ / ΓΔΑΜΤΕ / ΔΑΒΜΜ

..... 260562/7-6κ-2021



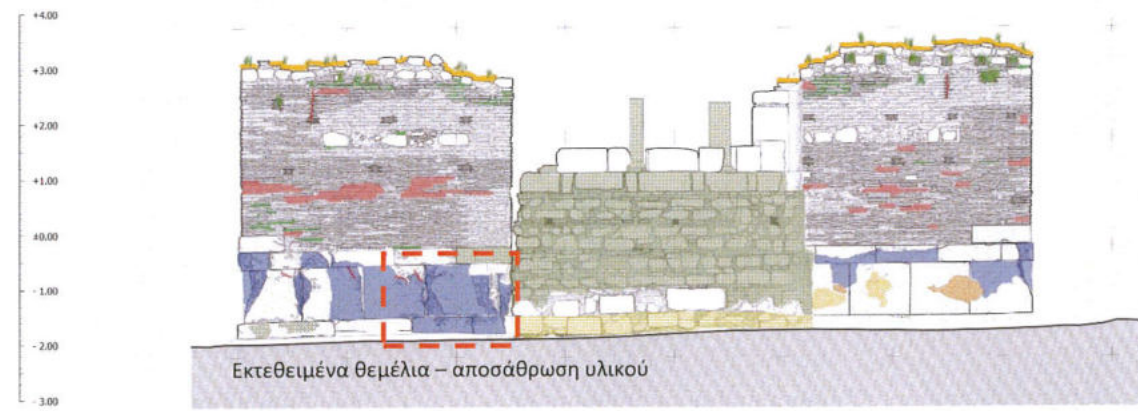
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΔΟΜΙΚΗΣ ΠΑΘΟΛΟΓΙΑΣ



Υπόμνημα / Legende	
Φθορές / Schäden	
	Ρωγμή / Riss
	Απώλεια μάζας τοιχοποιίας / Verlust der Struktur des Mauerwerks
	Αποσπασματική διατήρηση ιστορικών επιχρισμάτων / Teilweise Erhaltung des originalen Mörtels
	Αποσάθρωση δομικού υλικού / Verwitterung oder Zerfall des Baumaterialies
	Κατακερματισμός παλαιότερου κονιάματος επίστεψης / Zerstörung des Putzes der Mauerkronen
	Ανεπιθύμητη βλάστηση / Schädlicher Pflanzenbewuchs
	Απώλεια αυθεντικού κονιάματος αρμολόγησης / Verlust des originalen Verbundmörtels
	Βιολογικές επικαθήσεις / Biologische Flecken
	Θερμική θραύση / Thermischer Bruch
	Συμπληρώσεις με τσιμεντοκονίαμα / Füllung mit Zementmörtel



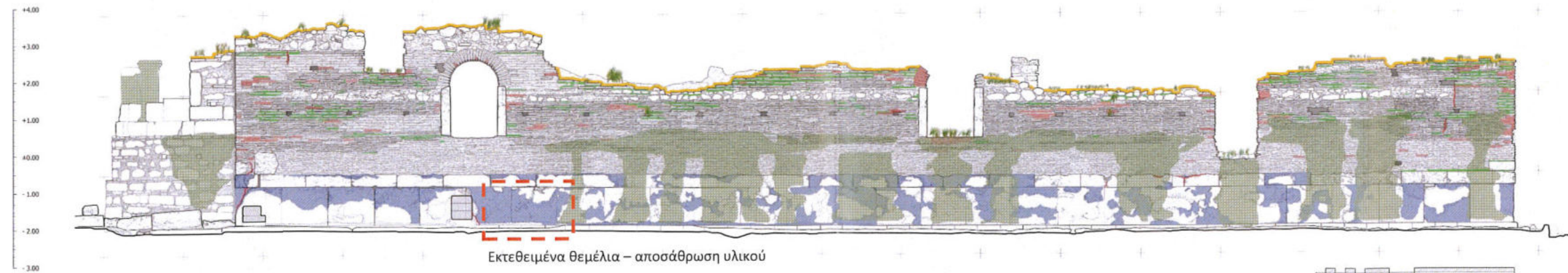
Ρηγματωμένο μονολιθικό υπέρθυρο



ÖSTLICHE AUSSICHT F/F



Ανατολική όψη εξωτερικά



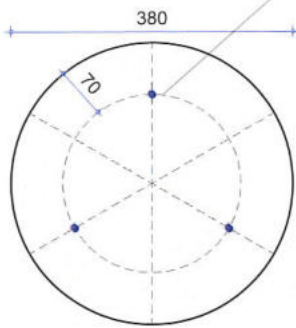
NORDLICHE AUSSICHT III



Βόρεια όψη εξωτερικά

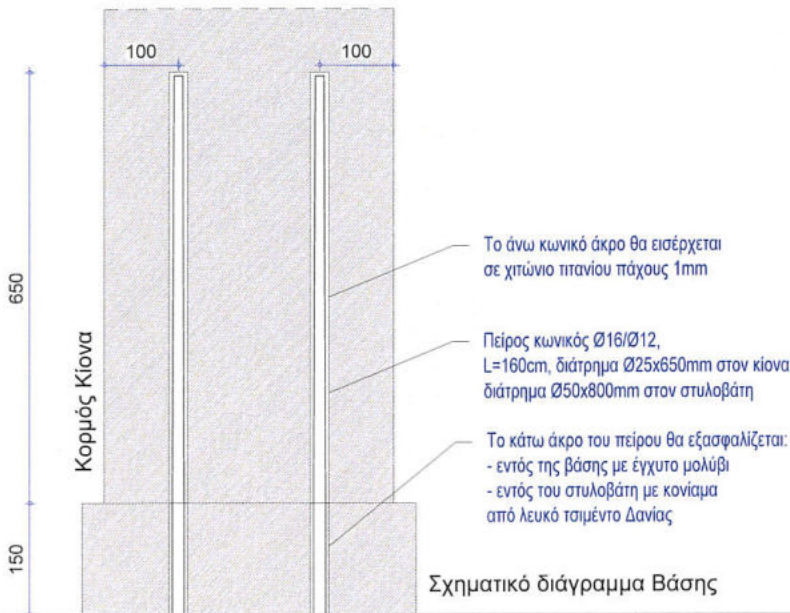
Υπόμνημα / Legende	
Φθορές / Schäden	
	Ρωγμή / Riss
	Απώλεια μάζας τοιχοποιίας / Verlust der Struktur des Mauerwerks
	Αποσπασματική διατήρηση ιστορικών επιχρισμάτων / Teilweise Erhaltung des originalen Mörtels
	Αποσάθρωση δομικού υλικού / Verwitterung oder Zerfall des Baumaterials
	Κατακερματισμός παλαιότερου κονιάματος επίστεψης / Zerstörung des Putzes der Mauerkronen
	Ανεπιθύμητη βλάστηση / Schädlicher Pflanzenbewuchs
	Απώλεια αυθεντικού κονιάματος αρμολόγησης / Verlust des originalen Verbundmörtels
	Βιολογικές επικαθήσεις / Biologische Flecken
	Θερμική θραύση / Thermischer Bruch
	Συμπληρώσεις με τσιμεντοκονίαμα / Füllung mit Zementmörtel

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ



Ράβδοι συρραφής από πιάνο $\varnothing 12 \times 600$, πλήρωση οπής με κονίαμα λευκού τσιμέντου, διάτρημα $\varnothing 16 \text{mm}$

Επιφάνεια θραύσης 94-95 κλ. 1:10



Το άνω κωνικό άκρο θα εισέρχεται σε χιτώνιο πιτανίου πάχους 1mm

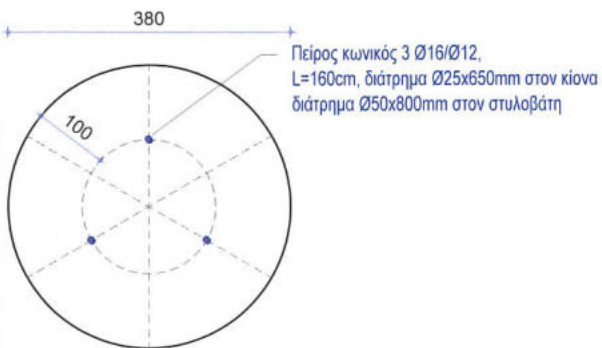
Πείρος κωνικός $\varnothing 16/\varnothing 12$, $L=160 \text{cm}$, διάτρημα $\varnothing 25 \times 650 \text{mm}$ στον κίονα διάτρημα $\varnothing 50 \times 800 \text{mm}$ στον στυλοβάτη

Το κάτω άκρο του πείρου θα εξασφαλίζεται:
- εντός της βάσης με έγχυτο μολύβι
- εντός του στυλοβάτη με κονίαμα από λευκό τσιμέντο Δανίας

Σχηματικό διάγραμμα Βάσης

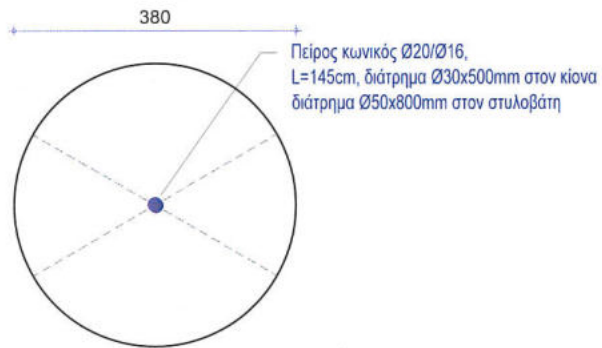
Στυλοβάτης

Γομφώσεις κίωνων στη βάση τους - Τομή, κλ. 1:10



Πείρος κωνικός 3 $\varnothing 16/\varnothing 12$, $L=160 \text{cm}$, διάτρημα $\varnothing 25 \times 650 \text{mm}$ στον κίονα διάτρημα $\varnothing 50 \times 800 \text{mm}$ στον στυλοβάτη

Γομφώσεις κίωνων στη βάση τους - Κάτοψη, κλ. 1:10



Πείρος κωνικός $\varnothing 20/\varnothing 16$, $L=145 \text{cm}$, διάτρημα $\varnothing 30 \times 500 \text{mm}$ στον κίονα διάτρημα $\varnothing 50 \times 800 \text{mm}$ στον στυλοβάτη

Γομφώσεις κίωνων με εγκάρσιο σύνδεσμο - Κάτοψη, κλ. 1:10

title of drawing

ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΣΥΡΡΑΦΗΣ ΚΙΟΝΩΝ

date

15/10/2021

client - code

ΓΕΡΜΑΝΙΚΟ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Π. Παναγιωτόπουλος και Συνεργάτες Πολιτικός Μηχανικός

Β. Κασίλης Πολιτικός Μηχανικός MSc
Κ. Παπαρηγοπούλου 18, Τ.Κ. 11473, Αθήνα
Τ: +30 210 6469575 E: bk@ppastructuralis.gr



PPA STRUCTURALIS

revision

00

number

Σ1

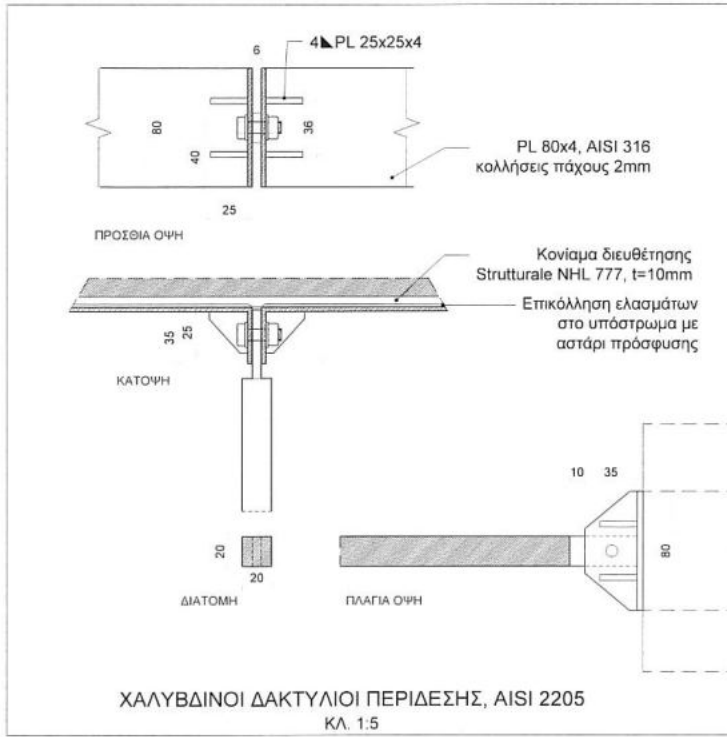
phase

Εφαρμογή

code

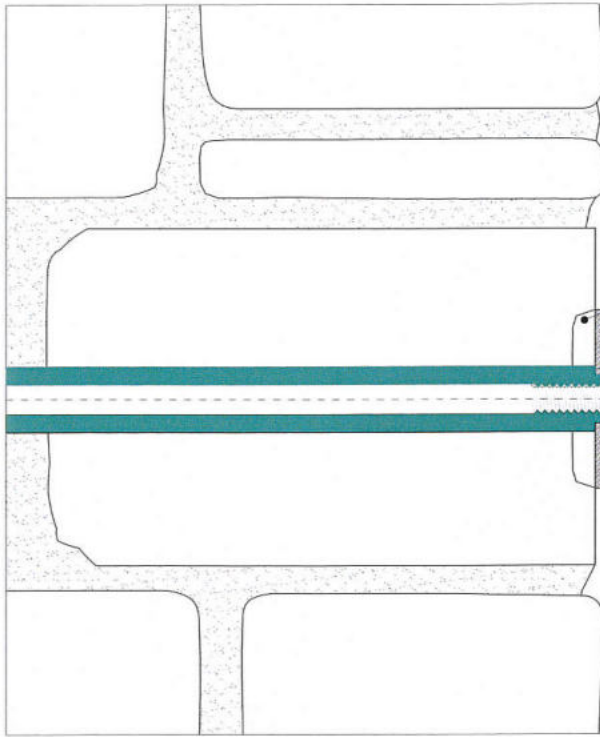
scale

1:10



revision	00
number	Σ2
phase	Εφαρμογή
code	
scale	1:10
title of drawing	ΠΕΡΙΔΕΣΗ ΚΙΟΝΩΝ
date	15/10/2021
client - code	ΓΕΡΜΑΝΙΚΟ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ
client - name	Π. Παναγιωτόπουλος και Συνεργάτες Πολιτικός Γ.Κ. Β. Κασμίης Πολιτικός Μηχανικός Μ.Ε.Κ. Κ. Παπαργυροπούλου 18, Τ.Κ. 11473, Αθήνα Τ: +30 210 6469575 Ε: bk@ppastruclurals.gr





ΤΟΜΗ

Εξισωτική στρώση $\varnothing 120 \times 15$
από κονία σταθερού όγκου
strutturale NHL 777

PL $\varnothing 120 \times 12$

Διάτρημα $\varnothing 28$
πλήρωση κενού με ισχυρό ένεμα

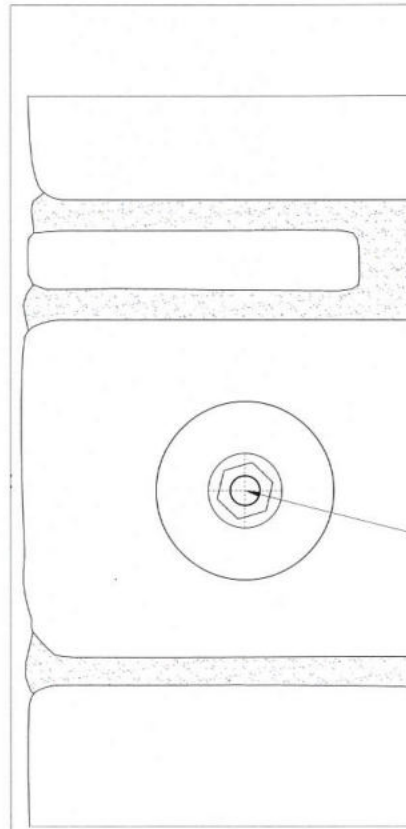
Τένοντας τετραγωνικής διατομής
πλευράς $a=20\text{mm}$
από ανοξείδωτο χάλυβα
(AISI 2205)

Περικόχλιο

Ροδέλα 2mm

ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΑΚΡΟΥ
ΑΓΚΥΡΩΣΗΣ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ

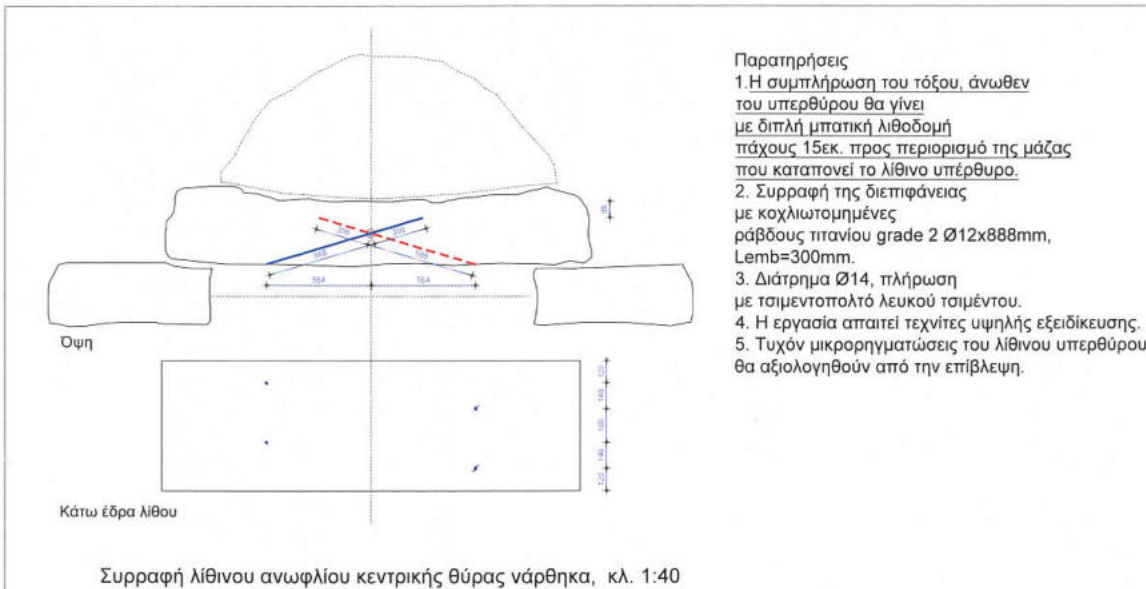
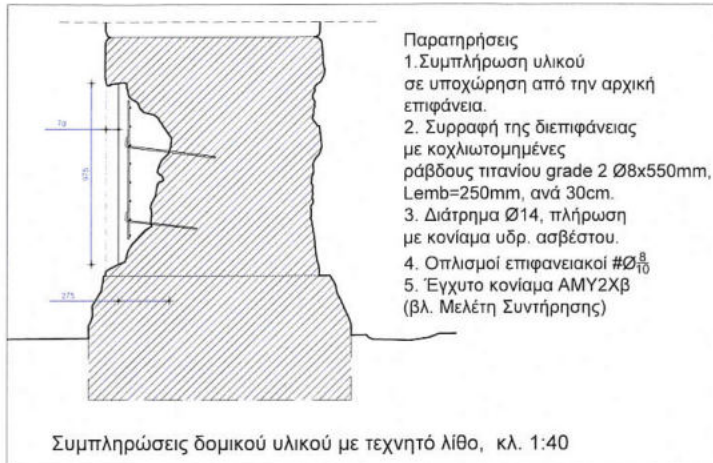
κλ. 1:5



ΠΡΟΣΘΙΑ ΟΨΗ

revision	00
number	Σ3
phase	Εφαρμογή
code	
scale	1:10
title of drawing	ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ
date	15/10/2021
client - code	ΓΕΡΜΑΝΙΚΟ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ
client - name	Π. Παναγιωτόπουλος και Συνεργάτες πολιτικοί μηχανικοί μετ. Β. Κοσίμης πολιτικός μηχανικός μετ. Κ. Παπαρηγοπούλου 18, Τ.Κ. 11473, Αθήνα Τ: +30 210 6469575 Ε: bk@ppoststructuralis.gr





title of drawing

ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΣΥΡΡΑΦΩΝ

date

15/10/2021

client - code

ΓΕΡΜΑΝΙΚΟ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Π. Παναγιωτόπουλος και Συνεργάτες

Β. Κασίλης
Κ. Παπαρρηγοπούλου 18, ΤΚ 11473, Αθήνα
Τ: +30 210 6469575 Ε: bk@pprastudicals.gr



number

Σ4

phase

Εφαρμογή

code

scale

1:40

revision

00