

Στερέωση και αποκατάσταση της Πύλης Παντοκράτορα των Ενετικών τειχών του Ηρακλείου Κρήτης

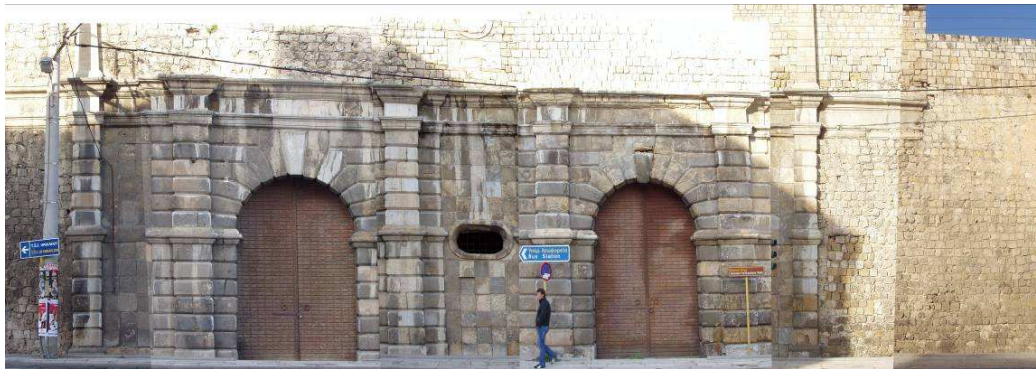
Άννα Αρβανιτάκη
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός.

Σωτήρης Βογιατζής
Δρ. Αρχιτέκτων Μηχανικός,

1. Γενικά

Η φυσικά οχυρή θέση του Ηρακλείου ενισχύθηκε από πολλές κατά καιρούς οχυρωματικές κατασκευές η τελευταία ιστορικά από τις οποίες και η πιο σημαντική ήταν τα τείχη των Ενετών του 15ου και 16ου αιώνα. Το αντικείμενο της παρούσας μελέτης είναι μια από τις κύριες πύλες επικοινωνίας του εσωτερικού της πόλης με την γύρω περιοχή: Η ονομαζόμενη Πύλη Παντοκράτορα ή “Porta di Panigra” όπως είναι γνωστή από τους Ενετούς συγγραφείς. Βασικός στόχος της μελέτης, όπως προκηρύχθηκε είναι «η αναστήλωση της Πύλης Παντοκράτορα, μετώπου προς την πόλη».

Η ιστορία της Πύλης του Παντοκράτορα, παρά το γεγονός ότι πρόκειται για ένα από τα πλέον προβλεβημένα τμήματα των τειχών και μάλιστα σχετικά αυτόνομο, δεν έχει καταγραφεί από τις πηγές. Αναφέρεται σε όλους σχεδόν τους Βενετικούς χάρτες που απεικονίζουν το Ηράκλειο, αλλά ο αρχιτέκτονας που τη σχεδίασε δεν είναι γνωστός. Μόνο από τις συστηματικές μελέτες του Ιορδάνη Δημακόπουλου, η πρόσοψη προς την πόλη, αυτό το θαυμάσιο μνημείο του 16ου αιώνα μαζί με την Πύλη του Ιησού, αποδόθηκαν στον αρχιτέκτονα του Veneto Michele Sanmichelli. Η σημαντική αυτή προσωπικότητα βρέθηκε, σύμφωνα με τις πηγές, στην Κρήτη τα έτη 1538-1540 και είναι εξαιρετικά πιθανό να σχεδίασε τις πύλες αυτές. Ωστόσο η κατασκευή τους φαίνεται έγινε λίγα χρόνια αργότερα, από άλλον Ιταλό μηχανικό τον Gulio Savorgnan.

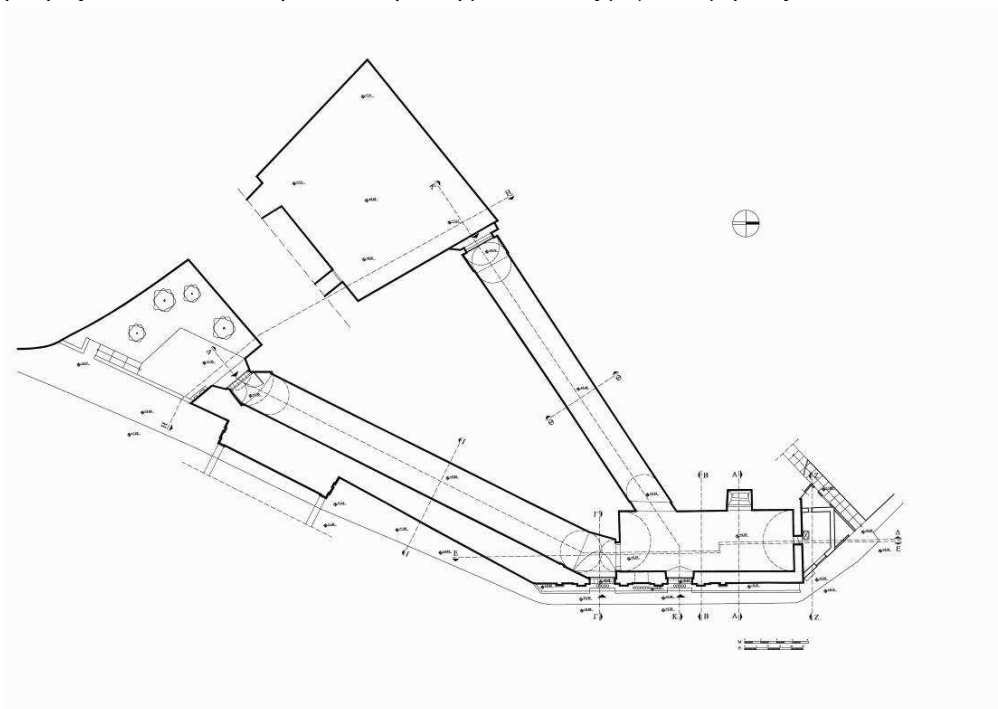


Εικ. 1 Γενική άποψη της μνημειακής πύλης της πόλης.

Ο προμαχώνας Παντοκράτορα βρίσκεται στην δυτική πλευρά των τειχών στο τέλος της λεωφόρου Καλοκαιρινού. Η Πύλη Παντοκράτορα αποτελεί ένα σημαντικό και σχετικά αυτόνομο τμήμα των τειχών του Ηρακλείου, που εξυπηρετούσε την διακίνηση του πληθυσμού προς τις δυτικές επαρχίες. Σύμφωνα με τις πάγιες αρχές της οχυρωματικής η έξοδος προς την εξοχή ανοιγόταν σε προστατευμένο από τα κανόνια της βορειοδυτικής χαμηλής πλατείας σημείο, ενώ το πέρασμα προς την πόλη έχει μνημειακή διάταξη. Παρουσιάζει την ιδιορρυθμία που δεν εμφανίζεται σε καμιά άλλη πύλη του Ηρακλείου, να έχει μια πολιτική και μια απολύτως διαχωρισμένη στρατιωτική διάβαση. Η διάβαση των πολιτών οδηγούσε χάμηλα έξω από τα τείχη, ενώ η στρατιωτική, μέσω ανηφορικής στοάς, στην επιβλέπουσα την πύλη χαμηλή πλατεία (piazza basa).

2. Περιγραφή

Το σύμπλεγμα της πύλης αποτελείται από την μνημειώδη πρόσοψη προς την πόλη, πίσω από την οποία ανοίγεται ευρύχωρη θολωτή αίθουσα, δύο μακρές στοές που οδηγούν στις δύο εξόδους σε διαφορετικές στάθμες, την πρόσοψη της πύλης των πολιτών προς το εξωτερικό των τειχών, την πρόσοψη της πύλης των στρατιωτών και το ευθύγραμμο τμήμα των τειχών ανάμεσα από τις πύλες των εξόδων (Εικ 2). Το σημαντικότερο τμήμα του συνόλου είναι βέβαια η πρόσοψη προς την πόλη. Έχει πλάτος 34,00μ και μέγιστο ύψος 10,70μ, έχει δε σχεδιαστεί με αυστηρούς γεωμετρικούς κανόνες. Αποτελείται από μνημειακή επιφάνεια στην οποία ανοίγονται οι δύο θύρες, η οποία προβάλλεται πάνω σε μια απλή αργολιθοδομή που συμπληρώνει την πρόσοψη. Το μνημειακό τμήμα έχει κατασκευαστεί από λιθοδομή στον τύπο της «αγροτικής λιθοδομής» (*opera rustica*), ένα είδος ισόδομης λιθοδομής με προεξέχοντες δόμους (Εικ 1-10). Το βόρειο άνοιγμα οδηγεί στην ευρεία αίθουσα της φρουράς, ενώ το νότιο στην πολιτική πύλη μέσω στοάς μεγάλου μήκους.



Εικ 2. Γενική διάταξη της Πύλης του Παντοκράτορα.

Όλη η πρόσοψη είναι κατασκευασμένη από μεγάλους πελεκητούς δόμους από πετρώματα διαφορετικής ορυκτολογικής σύστασης όπου συνυπάρχουν πωρόλιθοι μεζ χρώματος, σκούροι γκρίζοι ασβεστόλιθοι κλπ. Περιμετρικά των ανοιγμάτων οι δόμοι έχουν τοποθετηθεί σε ακτινωτή διάταξη εξασφαλίζοντας τη στατική λειτουργία του τόξου, ενώ έντονα προβάλλουν τα κλειδιά. Πιο πάνω υπάρχει τοιχοποιία από ημιπελεκητούς μικρούς λίθους, που σχηματίζει ένα ιδιαίτερα υψηλό στηθαίο το οποίο στο άνω μέρος που στέφεται με λεπτό γείσο. Η τοιχοποιία επεκτείνεται νότια μέχρι την άκρη του γείσου και ενώ βόρεια πέραν αυτού μέχρι την άκρη της αίθουσας της φρουράς. Στο κέντρο υπάρχει εντοιχισμένη ορθογωνική μαρμάρινη πλάκα με τον φερωτό λέοντα, σύμβολο της Βενετίας, που στρέφει προς νότο. Φέρει στέμμα, και κρατάει ανοικτό βιβλίο σύμφωνα με την πάγια πρακτική των Βενετών. Το πρόσωπο του λέοντα είναι αποκεκρουσμένο από τους Οθωμανούς, κατά τα άλλα είναι σε καλή κατάσταση. Η πλάκα του λέοντα αποτελείται από δύο τμήματα συνδεδεμένα με μεγάλη προσοχή (αλλαγή σειράς). Πάνω από την πλάκα με τον λέοντα βρίσκεται μια δεύτερη μαρμάρινη πλάκα από γκρίζο μάρμαρο εντοιχισμένη σε μέταλλο από λίθο.

Απεικονίζει τον Παντοκράτορα, προστάτη της Πύλης. Κρατάει σφαίρα στο αριστερό χέρι και ευλογεί με το δεξί, φέρει δε τριγωνικό φωτοστέφανο. Το πρόσωπό του είναι αποκεκρουσμένο, προφανώς από τους Οθωμανούς, που η θρησκεία τους δεν τους επέτρεπε απεικονίσεις προσώπων.

Πίσω από την μεγαλοπρεπή αυτή πύλη ανοίγονται χρηστικοί χώροι. Μια μεγάλη αίθουσα με γενικές διαστάσεις 21,80X7,55m και ύψος 7,60m, που καλύπτεται με διαμήκη καμάρα, καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος πίσω από την πρόσοψη. Προς τα νότια η αίθουσα επικοινωνεί με τη μακρά στοά που οδηγεί στην πύλη των πολιτών.



Εικ 3. Η εσωτερική αίθουσα.



Εικ. 4. Το μετάλλιο του Παντοκράτορα.

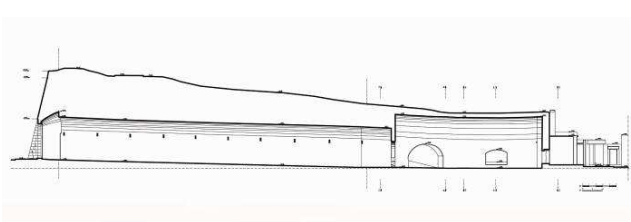
Στο δυτικό τοίχο ανοίγεται αεραγωγός που έχει διαμορφωθεί σε τζάκι και στέφεται με χαμηλωμένο τόξο. Προς τα πάνω καταλήγει σε ανοικτή καπνοδόχο κατασκευασμένη στο πάχος του τοίχου. Στα βόρεια της αίθουσας ανοίγεται μικρή πόρτα ή παράθυρο, κλεισμένο σήμερα με πρόχειρη λιθοδομή. Η μορφή του με πελεκητό πρέκι και χαμηλωμένο τόξο εσωτερικά δεν αφήνει αμφιβολία ότι πρόκειται για άνοιγμα της αρχικής φάσης κατασκευής.

Από το πέρασμα στα δυτικά ξεκινάει ανηφορική στοά με κλίση 15% περίπου και κατεύθυνση Ν-ΝΔ, που οδηγεί στην χαμηλή πλατεία του προμαχώνα (Εικ 5). Εξωτερικά το άνοιγμα βρίσκεται σε ελαφριά εσοχή που σχηματίζεται από την κεκλιμένη επιφάνεια των τειχών όταν συναντά την κατακόρυφη του ανοίγματος. Μεταξύ των εξόδων των διαδρόμων των στοών παρεμβάλλεται προστατευτικό της χαμηλής πλατείας ανάχωμα, επενδεδυμένο με λιθοδομή, διαμορφώνοντας την οχύρωση.

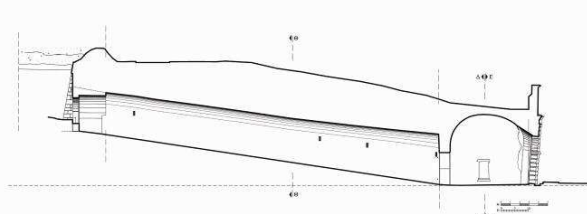
Η νότια θύρα της κεντρικής πρόσοψης ανοίγεται μετά από έντονη στροφή 60° προς τα νότια (Εικ 2), στον επιμήκη διάδρομο που οδηγεί έξω από τα τείχη. Έχει συνολικό μήκος 50m και πλάτος 5,0m. Στη συμβολή του στομίου της νότιας εισόδου με τη στοά των πολιτών και του



Εικ. 6. Πρόσοψη της πύλης των πολιτών.



Εικ.7. Τομή κατά μήκος της πύλης των πολιτών.

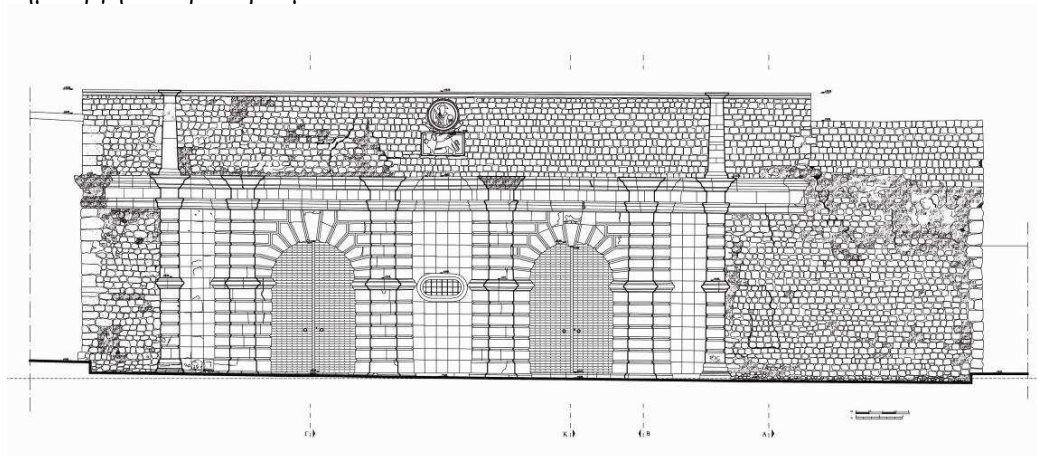


Εικ. 8. Τομή κατά μήκος της πύλης των στρατιωτικών.

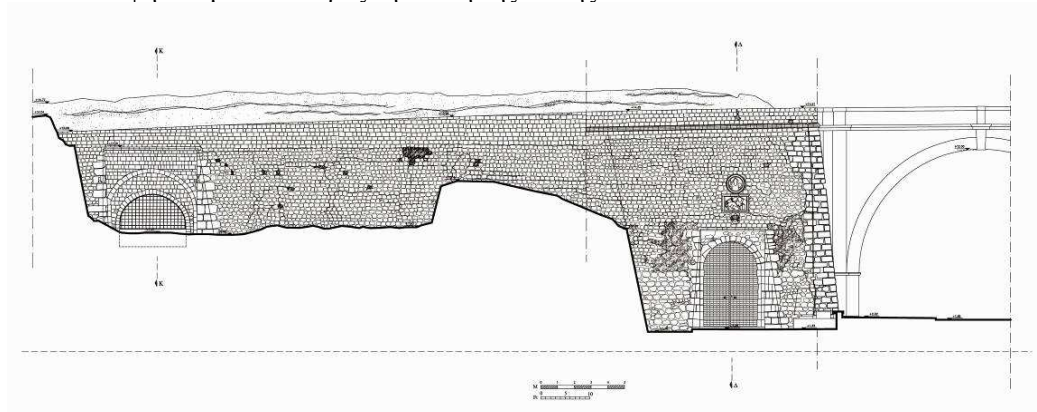
ανοίγματος που οδηγεί στην αίθουσα σχηματίζεται χώρος με κολουροκωνική οροφή.

Η εξωτερική πύλη της στοάς των πολιτών έχει κατασκευαστεί με όλους τους κανόνες της οχυρωματικής, στην κλειστή, προστατευμένη από το ορθογώνιο γωνία, κάτω από τα κανόνια της χαμηλής πλατείας στα δυτικά. Το πέτρινο θύρωμά της παρουσιάζεται συστραμμένο λόγω της στροφής που παρουσιάζει η στοά πριν την έξοδο.

Η εξωτερική όψη της εισόδου της στοάς των πολιτών είναι κατασκευασμένη από λιθοδομή με ημιπελεκητούς λίθους χαρακτηριστική όλων των τμημάτων των τειχών. Το άνοιγμα της πόρτας είναι τοξωτό (εικ 6-9). Σχηματίζεται από τους ίδιους ημιπελεκητούς λίθους, οι οποίοι όμως είναι καλλίτερα επεξεργασμένοι και διαμορφωμένοι ως θολίτες. ΝΑ Δεξιά της Πύλης και σε μικρή απόσταση από αυτήν κατεδαφίστηκε μεγάλο τμήμα του τείχους το 1915 για να δημιουργηθεί ευρύ πέρασμα.



Εικ 9. Η Όψη του μετώπου προς την πόλη της Πύλης.



Εικ. 10. Όψη της Πύλης προς το εξωτερικό των τειχών.

Πάνω από το άνοιγμα της Πύλης υπάρχει μετάλλιο με τη μορφή του Παντοκράτορα, προστάτη της πύλης, ανάγλυφο σε λευκό πορώλιθο, με περιμετρική ταινία, παισιωμένη με κυμμάτια, στην οποία αναγράφεται «ΠΑΝΤΟΚΡΑΤΩΡ» στα ελληνικά. Κάτω από αυτόν έχει εντοιχιστεί πλάκα από το ίδιο υλικό με ανάγλυφο βενετσιάνικο λέοντα που βλέπει ΝΑ δεξιά. Κρατάει ανοικτό βιβλίο με την συνήθη επιγραφή. Τέλος λίγο πιο κάτω υπάρχει το οικόσημο του δόγη Pietro Loredan 1567-1570. Προφανώς την εποχή που κυβερνούσε ο δόγης αυτός κατασκευάστηκε η πλευρά αυτή των τειχών και η πύλη.

3. Τρόπος δομής – Οικοδομικές φάσεις.

Το σύνολο της πύλης είναι κατασκευασμένο από μικρού μεγέθους ημιπελεκητούς λίθους ποικίλων προελεύσεων, εκτός από τα προβεβλημένα στοιχεία του μετώπου προς την πόλη. Αυτά αποτελούνται από διαμορφωμένους μεγάλους δόμους, ώστε να δίνουν την εντύπωση

μονολιθικής κατασκευής. Σε πλησιέστερη παρατήρηση αποδεικνύεται ότι τα στοιχεία αυτά δεν είναι μονολιθικά, αλλά αποτελούνται σε πολλές θέσεις από δύο ή περισσότερους λίθους. Η τελική εμφάνιση επιτυγχάνονταν με προσεκτικό αρμολόγημα των αρμών και επίχρισμα με ένα λεπτόκοκκο κονίαμα πολύ μικρού πάχους, ένα είδος παχύρευστης βαφής, που κάλυπτε τις επιφάνειες δημιουργώντας την εντύπωση των μεγάλων λίθων. Το επίχρισμα αυτό σώζεται σε ορισμένα σημεία, στους μεγάλους παρόλιθους και την αργολιθοδομή, ακόμα και στην πλάκα με τον λέοντα και έχει γκριζωπή εμφάνιση (εικ 11-12). Με τον τρόπο αυτό μπορούσε να δημιουργηθεί η επιθυμητή από τους σχεδιαστές της πύλης εντύπωση των εναλλάξ στρώσεων λίθων με απλή κατασκευή χωρίς πολλά έξοδα.



Εικ. 11-12. Λεπτομέρεια διάταξης λίθων της πύλης.

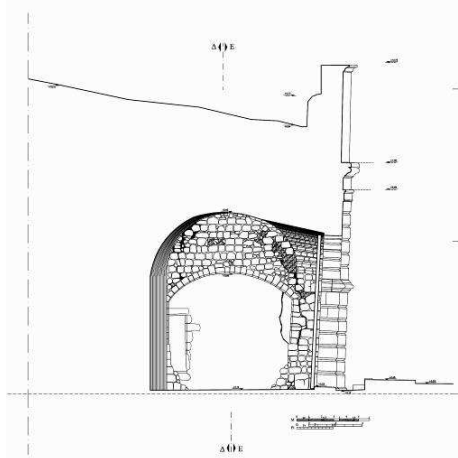


Η υπόλοιπη επιφάνεια της πύλης ήταν απλώς επιχρισμένη με αδρό πεταχτό επίχρισμα που σώζεται σε ορισμένα σημεία του τοίχου. Η εμφάνιση αυτή είναι ασυνήθιστη για ενετικό κάστρο. Μπορεί να έγινε σε μεταγενέστερη φάση ώστε να προστατευτούν οι δόμοι από περαιτέρω διάβρωση και εξαλλοίωση. Ωστόσο πιθανότερη θεωρούμε την περίπτωση η πρόσοψη αυτή να αντιμετωπίστηκε από τους αρχιτέκτονες που την κατασκεύασαν όχι ως απλή ωχυρωματική κατασκευή, αλλά ως αστικό κτήριο μέρος του ιστού της πόλης.

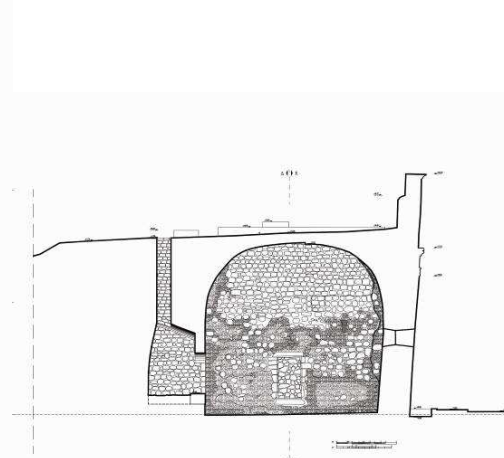
Θεωρούμε ότι το σύνολο της Πύλης με τους εσωτερικούς της χώρους κατασκευάστηκε σε μια κύρια οικοδομική κατά τα μέσα 16ου αιώνα, χωρίς να μπορεί να χρονολογηθεί επακριβώς, ούτε να διαπιστωθεί πόσα χρόνια διήρκεσε η κατασκευή. Μετά την χρονολογία αυτή έγιναν, τοπικής μόνο σημασίας, επεμβάσεις στις φέρουσες λιθοδομές χωρίς την αλλαγή της μορφής του μνημείου.

4. Παθολογία.

Το σύμπλεγμα της Πύλης του Παντοκράτορα παρουσίαζε σημαντικά στατικά προβλήματα με υψηλό κίνδυνο κατάρρευσης. Το μέτωπο προς την πόλη έχει απόκλιση από την κατακόρυφο, ενώ παράλληλες ρηγματώσεις προς την πρόσοψη τέμνουν την οροφή της αίθουσας. Η απόκλιση από την κατακόρυφο παρουσιάζεται μέγιστη περίπου στο κέντρο της καμάρας και είναι της τάξεως των 38cm σύμφωνα με την τοπογραφική μελέτη (εικ 13-14). Στο κλειδί δε της καμάρας εμφανίζεται βύθιση της τάξεως των 10εκ, ενώ η διατομή της καμάρας είναι πλήρως παραμορφωμένη. Το φαινόμενο της απόκλισης της πρόσοψης από την κατακόρυφο βρισκόταν σε εξέλιξη, όπως φαίνεται στην εξωτερικά επισκευασμένη ΒΑ γωνία της Πύλης που παρουσιάζει ανοιχτές ρηγματώσεις εύρους άνω των 10cm και πιστοποίησαν επαναλαμβανόμενες γεωδαιτικές μετρήσεις που πραγματοποιήσαν οι μελετητές.



Εικ. 13. Τομή στην πύλη των πολιτών.

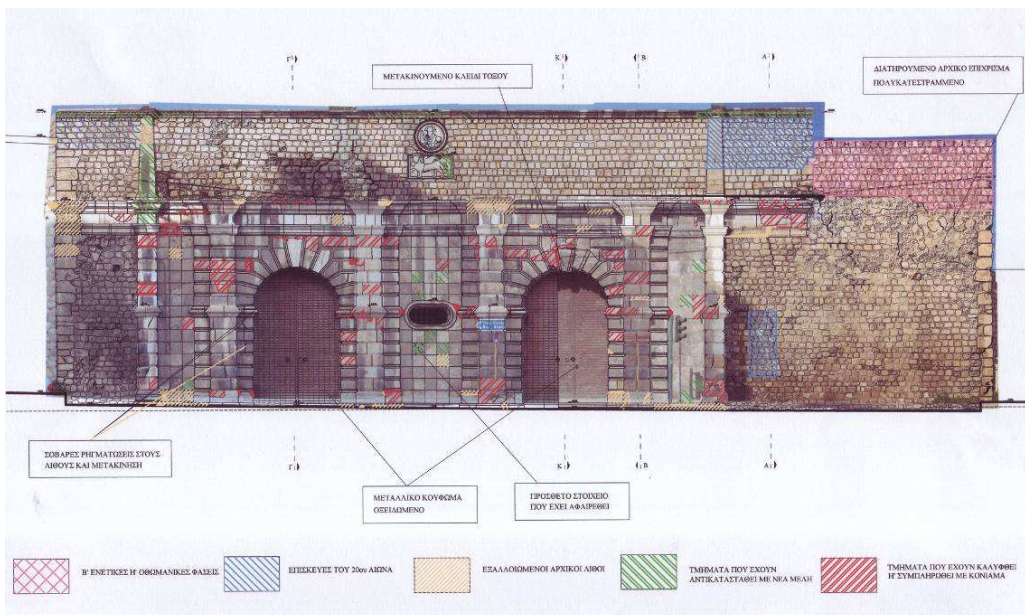


Εικ. 14 Τομή στην κεντρική αίθουσα.

Στην εξωτερική μνημειακή πρόσοψη της Πύλης παρατηρήθηκαν, εκτός του φαινομένου της απόκλισης, σημαντικά, τοπικής φύσεως όμως, προβλήματα. Κατ αρχήν το εξωτερικό επίχρισμα έχει καταστραφεί με αποτέλεσμα οι πωρόλιθοι να βρίσκονται εκτεθειμένοι στη δράση φυσικοχημικών παραγόντων και να αποσθρώνονται. Πολλοί λίθοι, λόγω των δυνάμεων που αναπτύσσονται από την απόκλιση από την κατακόρυφο του μετώπου, έχουν ρηγματωθεί. Ακόμα το κλειδί της δεξιάς θύρας έχει μετακινηθεί από τη θέση του και κινδυνεύει να καταπέσει. Τέλος επιφανειακή εξαλλοίωση παρουσιάζουν ο Παντοκράτωρ και η πλάκα με τον Ενετικό λέοντα (εικ 15).

Οι γύρω περιοχές της Πύλης λόγω των επιχώσεων και της κατασκευής των περιμετρικών οδών έχουν βρεθεί σε στάθμη ψηλότερη από την αρχική στάθμη έδρασης της Πύλης κατά περίπου 40cm με αποτέλεσμα τα όμβρια να εισέρχονται στο διαμορφωμένο χαντάκι κατά μήκος της πρόσοψης κατεισδύοντας στα θεμέλια, επιτείνοντας το φαινόμενο της διάβρωσης και τελικά της ανατροπής. Ακόμα την εξωτερική εμφάνιση του μνημείου παραμορφώνουν τα δίκτυα της πόλης, οι φωτεινοί σηματοδότες και οι επιγραφές που βρίσκονται σε επαφή σχεδόν με την Πύλη. Τέλος πλήρως οξειδωμένα είναι τα μεταλλικά κουφώματα που κλείνουν τις τρεις πύλες.

Κατά θέσεις στο εσωτερικό της Πύλης εμφανίζεται έντονη υγρασία που οφείλεται στην ανεξέλεγκτη κατείσδυση των ομβρίων από το υπερκείμενο πλάτωμα.

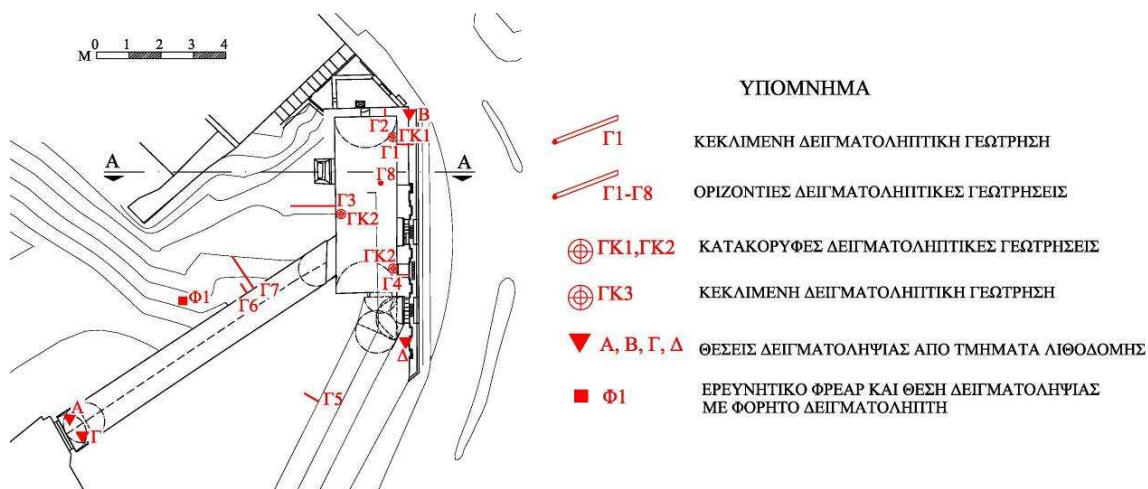


Εικ. 15. Παθολογία της εξωτερικής επιφανείας της Πύλης.

5. Ερευνητικές εργασίες.

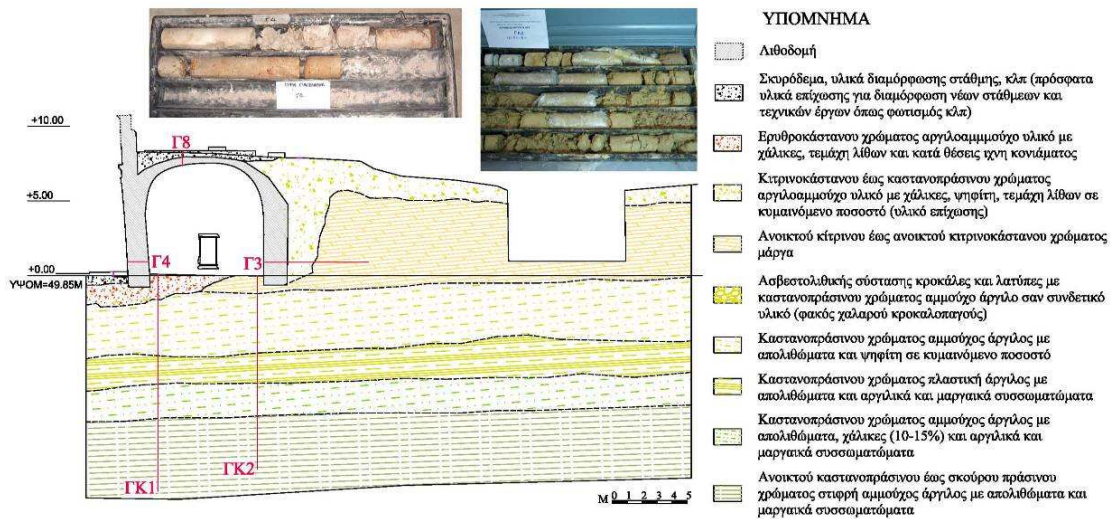
Απαιτήθηκε άμεση στερέωση του μετώπου της Πύλης προς αποφυγή της κατάρρευσης του, ακολούθως λήψη μέτρων για την αντισεισμική του θωράκιση κατά ΕΑΚ2003 και στη συνέχεια απαιτήθηκαν επεμβάσεις για την ανάδειξη του σημαντικού αυτού μνημείου του 16ου αιώνα, από τα λίγα που σώζονται ακόμα στην πόλη του Ηρακλείου.

Για το σκοπό αυτό εκτελέστηκε άμεσα γεωτεχνικό ερευνητικό πρόγραμμα για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων, των λιθοδομών της Πύλης, του υπεδάφους και της γεωμετρίας της θεμελίωσής της και των υλικών επίχωσης του πλατώματος. Με βάση τις ιδιότητες αυτές υπολογίστηκαν οι σταθερές των λιθοδομών και του εδάφους που υπεισέρχονται στους στατικούς και εδαφοστατικούς υπολογισμούς. Στα πλαίσια του προγράμματος αυτού έγιναν επίσης επιτόπου δοκιμές καθαρισμού της ορατής επιφάνειας δόμων από μαύρη κρούστα που έχει δημιουργηθεί από ατμοσφαιρικούς ρύπους και δοκιμές εξόλκευσης αγκυρίου πακτωμένου στις μάργες που δομούν το υπεδάφος δυτικά της κεντρικής αίθουσας.



Εικ. 16: Θέσεις δειγματοληψιών.

Εκτελέστηκαν συνολικά έντεκα γεωτρήσεις στο υπέδαφος και στις λιθοδομές που περιελάμβαναν, δειγματοληψίες τεμαχίων δόμων και κονιαμάτων και δειγματοληψίες εδαφικού υλικού. (βλέπε εικ. 16). Με βάση τα στοιχεία των γεωτρήσεων συντάχθηκε η στρωματογραφική τομή A-A, βλέπε εικ.17. Τα μηχανικά χαρακτηριστικά των λιθοδομών για τις στατικές επιλύσεις εκτιμήθηκαν κατά EC6.



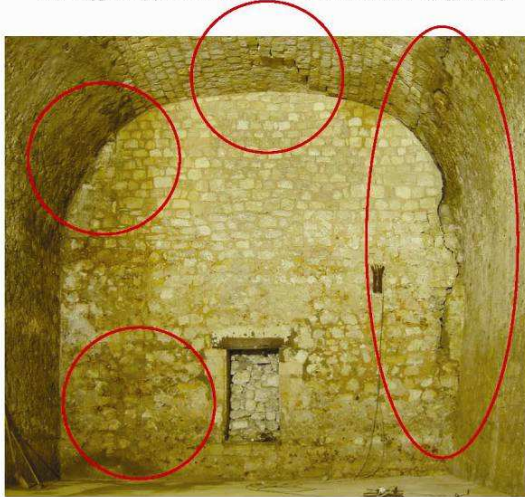
Εικ.17: Γεωτεχνική τομή A-A

Ο αρμός στην οροφή της αίθουσας, έχει σαν αποτέλεσμα σε περίπτωση σεισμού κάθετα στο επίπεδο του μετώπου με διεύθυνση προς ανατολάς, το μέτωπο και το σκέλος του τόξου (τμήμα της οροφής) που είναι προσαρτημένο σε αυτή να λειτουργούν σαν ανεξάρτητος φορέας με λειτουργία προβόλου ενώ τα αδρανειακά φορτία και οι ωθήσεις γαιών δεν μεταφέρονται από το δυτικό τοίχο της αίθουσας στον ανεξάρτητο φορέα. Για σεισμό προς δυσμάς η λιθοδομή του μετώπου μέσω του αρμού (άρθρωση) του τόξου μεταφέρει τα φορτία στο δυτικό τοίχο της αίθουσας γεγονός που καθιστούσε το τμήμα αυτό του μετώπου άκρως επικίνδυνο να ανατραπεί. Όπως αποδείχθηκε από τις έρευνες οι αποκλίσεις αυτές δημιουργήθηκαν από σεισμική καταπόνηση, όπου ο φορέας της πρόσοψης με τη δημιουργία του διαμήκη αρμού στην οροφή της κεντρικής αίθουσας σε συνδυασμό με ανεπαρκή θεμελίωση, άλλαξε στατική λειτουργία συμπεριφερόμενος πλέον ως πρόβολος. Λόγω της λειτουργίας του προβόλου παρουσιάζονται διαμήκεις ρηγματώσεις στην εσωτερική παρειά της λιθοδομής της πρόσοψης. (εικ. 18)

6. Εναλλακτικές προτάσεις.

Σχεδιάστηκαν, προδιαστασιολογήθηκαν και υποβλήθηκαν στην αναστήλωση μια σειρά εναλλακτικών λύσεων. Ενδεικτικά αναφέρεται η λύση που αφορούσε την εξασφάλιση της πύλης με την κατασκευή γραμμικών μεταλλικών στοιχείων που θα προεξέχουν του μετώπου της λιθοδομής. Θα πακτώνονταν στη βάση και θα αναρτιόνταν μέσω τενόντων που θα διαπερνούσαν τη λιθοδομή σε πασσαλοστοιχία πίσω από την καμάρα της αίθουσας. (εικ. 19)

Εσωτερικό αίθουσας, βόρειος εγκάρσιος τοίχος
εγγεγραμμένος εντός του τόξου. Διακρίνονται οι
ρηγματώσεις που δημιουργήθηκαν με την αποκόλληση
του μετώπου, η συνακόλουθη μετακίνηση του θόλου με
ταυτόχρονη μετάπτωση του ανατολικού τμήματος.



Άνοψη εσωτερικό αίθουσας - Διακρίνεται η
μετάπτωση μεταξύ των δύο τμημάτων (μέγιστου
άλματος 15cm). Το άλμα ευρίσκεται σε περιοχή
κατάπτωσης και πρόσφατης αποκατάστασης.

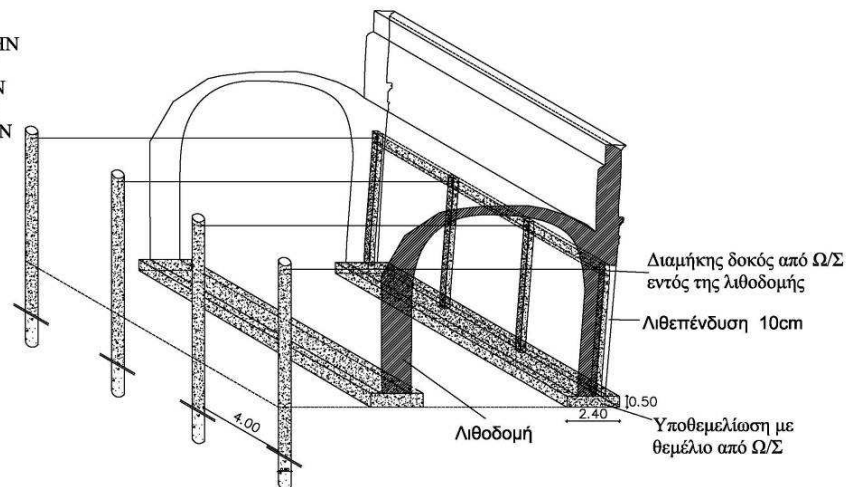


Ρηγμάτωση αποκόλλησης μετώπου



Εικ.18: Προβλήματα μετώπου πύλης πριν την εφαρμογή των μέτρων στερέωσης - λήψεις από την κεντρική αίθουσα

ΕΞΑΣΦΑΛΙΣΗ ΜΕΤΩΠΟΥ ΠΥΛΗΣ ΜΕ ΤΗΝ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ
ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΟΥ ΣΤΗΝ
ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΠΑΡΕΙΑ ΤΩΝ ΛΙΘΟΔΟΜΩΝ
ΚΑΙ ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥΣ ΜΕΣΩ ΤΕΝΟΝΤΩΝ
ΠΟΥ ΔΙΑΠΕΡΝΟΥΝ ΤΟ ΜΝΗΜΕΙΟ ΣΕ
ΠΑΣΣΑΛΟΣΤΟΙΧΕΙΑ



Εικ. 19. Εναλλακτική λύση

Η λύση αυτή, παρά το γεγονός ότι εξασφαλίζει την απόλυτη αντιστρεπτότητα, παρουσιάζει σοβαρά μειονεκτήματα ως προς την τελική εμφάνιση του μνημείου, αφού τα στοιχεία αντιστήριξης και οι τένοντες θα ήταν εμφανείς παραμορφώνοντας την όψη του μνημείου και απορρίφθηκε.

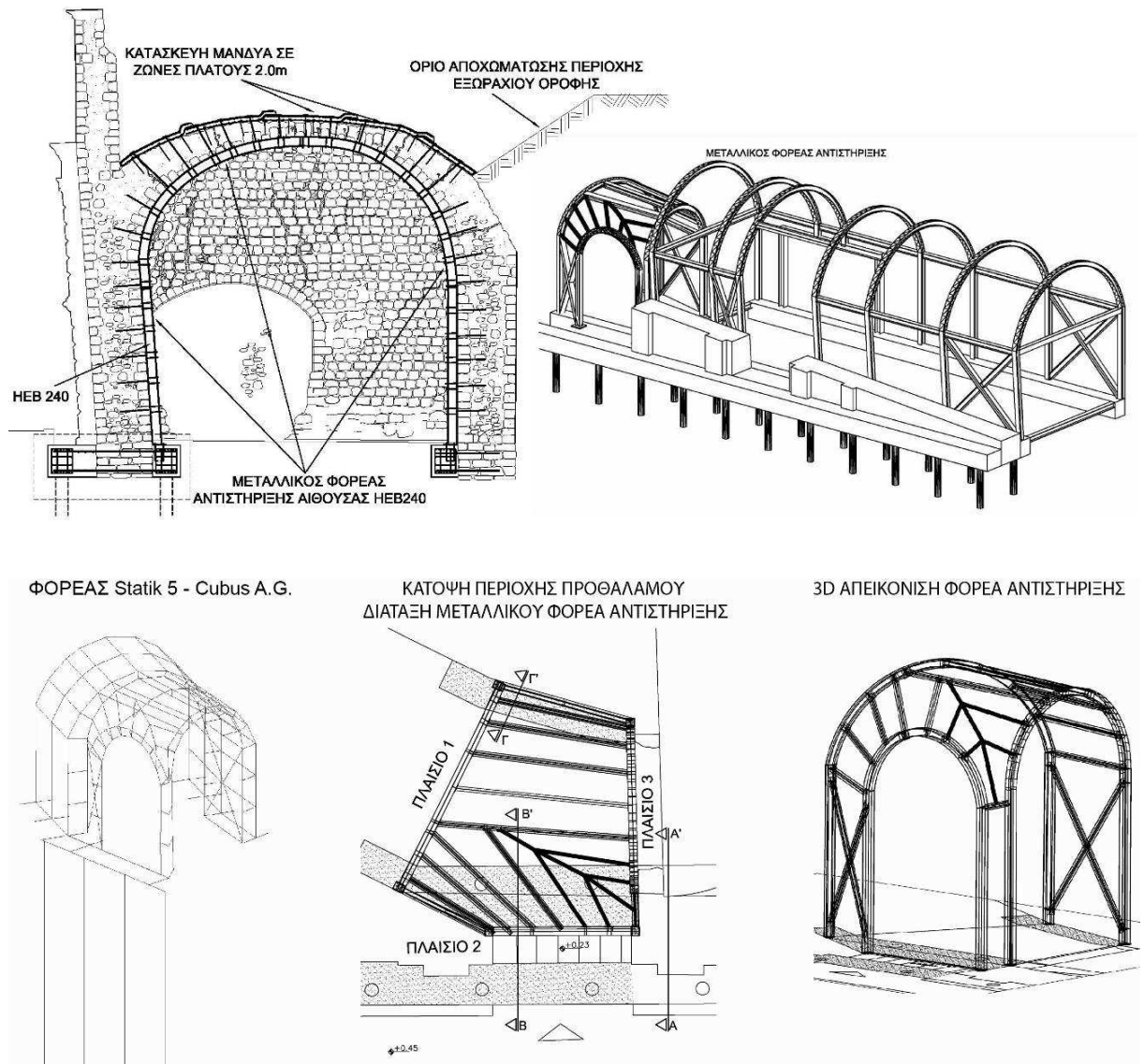
7. Τελικές προτάσεις

α. Στερεωτικές εργασίες

Σε συνεργασία με τη Διεύθυνση Αναστήλωσης Βυζαντινών και Μεταβυζαντινών Μνημείων του Υπουργείου Πολιτισμού επιλέχθηκε η εξασφάλιση του μετώπου της Πύλης με την κατασκευή μεταλλικών γραμμικών στοιχείων ενίσχυσης (πλαισίων) που εγκαταστάθηκαν στην εσωτερική πλευρά της αίθουσας σε επαφή με τις λιθοδομές. Τα μεταλλικά αυτά

στοιχεία συνδέθηκαν μέσω βλήτρων με τις λιθοδομές. Οι παρεμβάσεις αυτές συνδυάστηκαν με διαπλάτυνση του θεμελίου της λιθοδομής της πρόσοψης με χαλινούς και σύστημα ριζοπασάλων, περιορισμένη αντικατάσταση εξαλλοιωμένων δόμων με συμπαγείς δόμους ασβεστολιθικής σύστασης και εφαρμογή αρμολογημάτων, ενεμάτων στο σύνολο των λιθοδομών της πύλης.

Η λύση αυτή προκρίθηκε γιατί, ενώ εξασφαλίζει πλήρως το σημαντικό αυτό μνημείο από κατάρρευση, είναι συγχρόνως η πλέον αντιστρεπτή λύση από όσες προτάθηκαν. Σε περίπτωση μελλοντικής τροποποίησης τα μεταλλικά στοιχεία είναι δυνατόν να αφαιρεθούν χωρίς τραυματισμό της λιθοδομής. Μόνο τα βλήτρα θα ενσωματωθούν στη λιθοδομή. Παράλληλα είναι μια λύση κομψή, αφού αφήνει την εξωτερική επιφάνεια της Πύλης που είναι και το πιο σημαντικό τμήμα του μνημείου, απολύτως ελεύθερη από πρόσθετες κατασκευές και ορατή στον επισκέπτη.



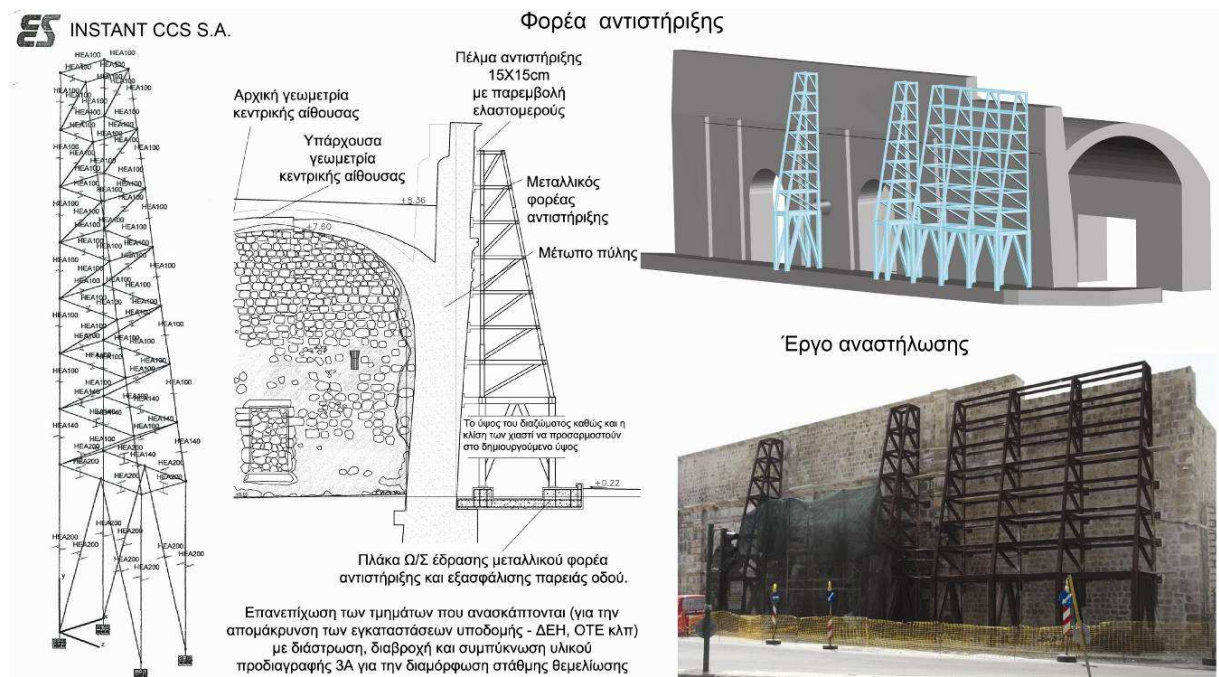
Εικ. 20. Επιλεγείσα λύση

Επίσης έγινε αποχωμάτωση της οροφής της αίθουσας και κατασκευάστηκε εύκαμπτος οπλισμένος μανδύας ο οποίος ενώνει τα επιμέρους τμήματα. Στη θέση της εγκάρσιας κεντρικής ρηγμάτωσης ο μανδύας διαμορφώθηκε με λειτουργία άρθρωσης ώστε να μην αλλάξει η στατική λειτουργία του φορέα και σε περίπτωση σεισμού τα φορτία από τη δυτική λιθοδομή της αίθουσας να μην μεταφέρονται στην ανατολική.

Η κολουροκωνική οροφή σύγκλισης των διακένων στην είσοδο των πολιτών ενισχύθηκε με την κατασκευή μεταλλικών στοιχείων ενίσχυσης στο εσωτερικό της. Λόγω του μεγάλου όγκου χωμάτων στο άνω μέρος δεν προτάθηκε αποχωμάτωση του τμήματος αυτού και κατασκευή μανδύα. (εικ. 20)

Για την εξασφάλιση του φορέα έναντι ανατροπής, στη φάση εφαρμογής των μέτρων στερέωσης, διαστασιολογήθηκε ως μέτρο ασφαλείας μεταλλικό χωροδικτύωμα αντιστήριξης. Ο μεταλλικός φορέας επιλύεται στηριζόμενος στη βάση του και καταπονούμενος από τις αντιδράσεις της λιθοδομής στους κόμβους του. Η λιθοδομή επιλύεται καταπονούμενη από σεισμό κατά ΕΑΚ2003 στηριζόμενη σε επιλεγμένα σημεία του χωροδικτύωματος (κόμβοι) και προσδιορίζονται οι αντιδράσεις οι οποίες και αποτελούν τα φορτία καταπόνησης του. (εικ. 21)

Ο μεταλλικός φορέας στηρίζεται σε πλάκα από Ω/Σ η οποία συνδέεται με τη λιθοδομή μέσω βλήτρων.



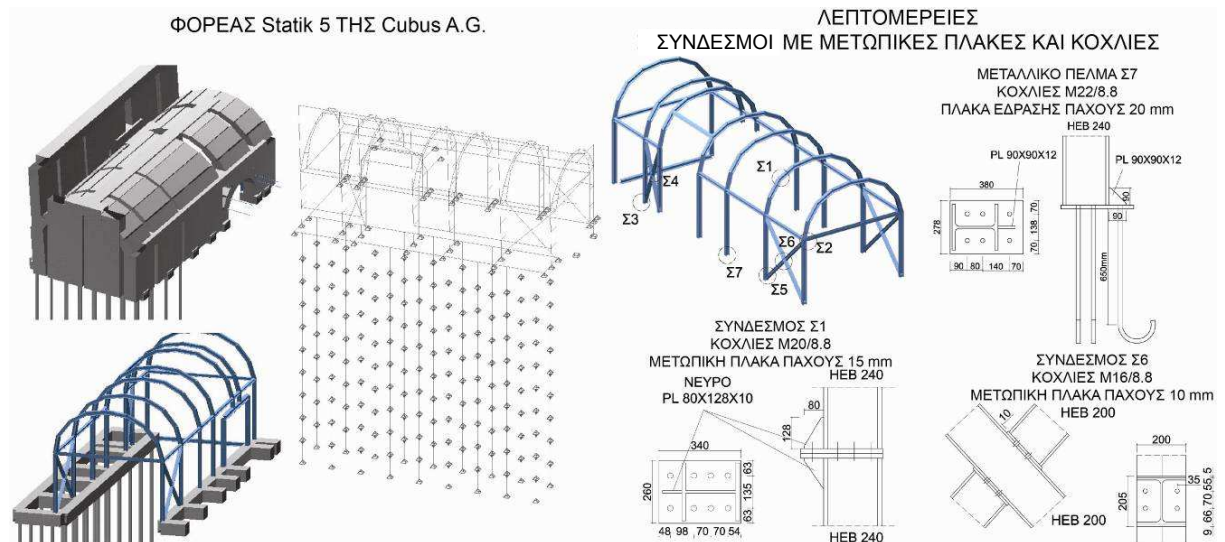
Εικ.21: Αντιστήριξη του μετώπου στη φάση εφαρμογής των μέτρων στερέωσης

Στη διαστασιολόγηση της επιλεγείσας λύσης στερέωσης η λιθοδομή προσομοιάζεται με κεντροβαρικά γραμμικά στοιχεία. Τα γραμμικά στοιχεία της λιθοδομής συνδέονται μεταξύ τους με δεσμικές ράβδους μηδενικού βάρους που εξασφαλίζουν την ακαμψία του φορέα αλλά δεν μεταφέρουν επιπρόσθετα αδρανειακά φορτία. Ο φορέας εδράζεται επί μη γραμμικών ελατηρίων με δυνατότητα απώλειας επαφής μέχρι το όριο ισορροπίας του. Στη θέση της υπάρχουσας ρηγμάτωσης του τόξου, που παρουσιάζει άλμα 10cm περίπου, λαμβάνεται κόμβος με ελεύθερους το στροφικό και τον κατακόρυφο μετατοπισιακό βαθμό ελευθερίας. Ο μεταλλικός φορέας ακολουθεί τη γεωμετρία των λιθοδομών της αίθουσας και συνδέεται με αυτές μέσω βλήτρων. Στηρίζεται επί αρθρωτών ελατηριωτών στηρίξεων στη βάση του, εδραζόμενος στη διαπλάτυση των θεμελίων που αποτελείται από χαλινούς. Οι χαλινοί της

λιθοδομής του μετώπου εδράζονται σε πασσάλους τριβής. Ο φορέας της λιθοδομής καταπονείται από το ίδιο βάρος του, από τα υλικά επίχωσης και τα αδρανειακά του φορτία λόγω σεισμού με διευθύνσεις οριζόντιας σεισμικής φόρτισης προς Β-Ν και Α-Δ. Η επίλυση γίνεται με την παραδοχή ότι οι φορείς της λιθοδομής και του μεταλλικού πλαισίου συνδέονται στους κόμβους που έχουν επιλεγεί και ότι οι κόμβοι εξακολουθούν παραμορφούμενοι να αποτελούν θέσεις σύνδεσης των δυο επιμέρους φορέων. Οι μετατοπίσεις των κόμβων του προσομοιώματος που λαμβάνονται εισάγονται ως εξωτερική φόρτιση σε αντίστοιχο προσομοίωμα. Επιλέγεται διατομή για όλα τα κύρια μέλη και τα χιαστί. Όλες οι συνδέσεις λαμβάνονται με μετωπικές πλάκες και κοχλίες.

Διαστασιολογήθηκαν τα βλήτρα σύνδεσης-ανάρτησης της λιθοδομής στο μεταλλικό φορέα και τα ακύρια σύνδεσης της λιθοδομής της αίθουσας με τη λιθοδομή του στομίου της κεκλιμένης στοάς.

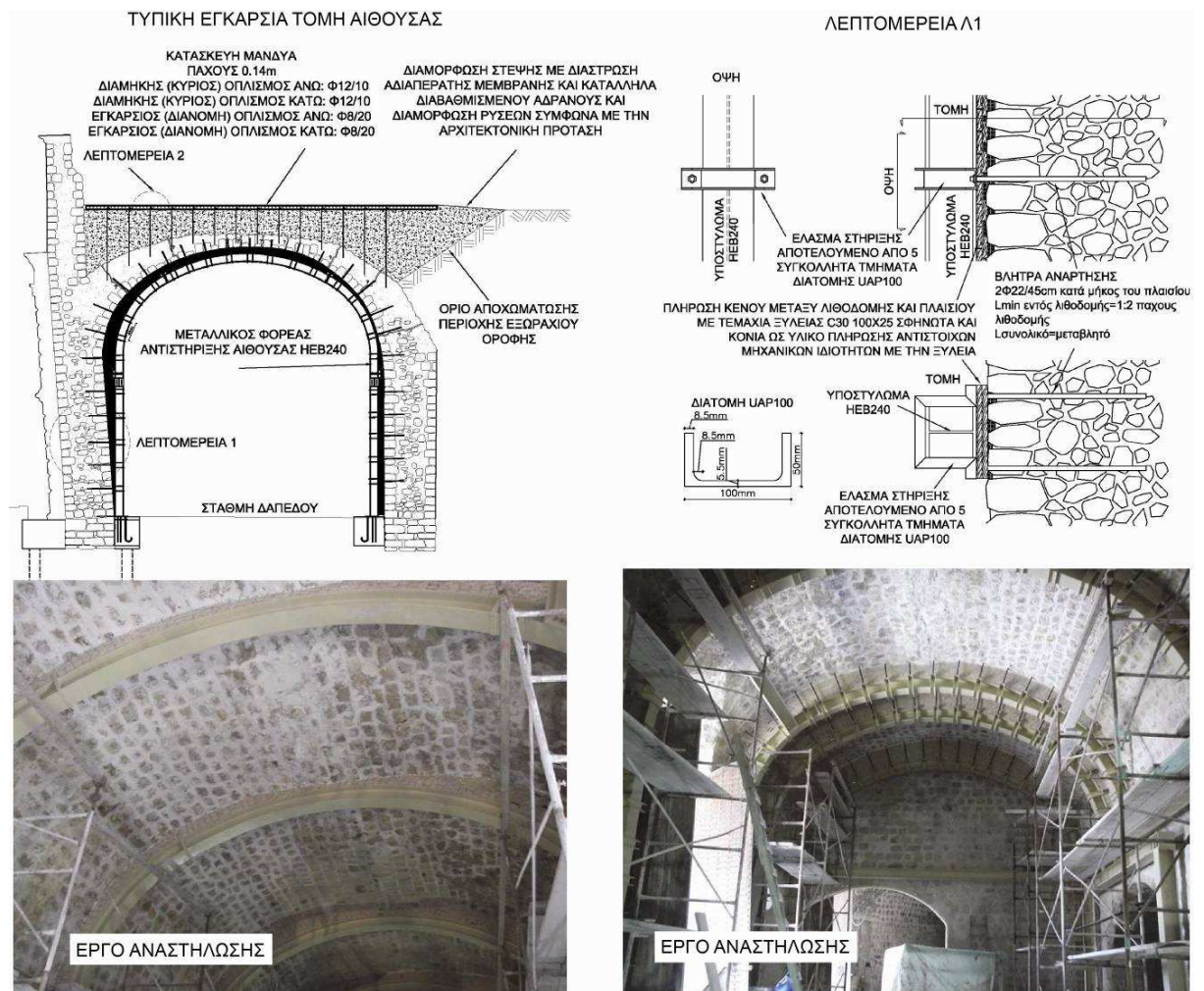
Τα βλήτρα εφαρμόζονται στα άκρα διαμορφωμένου με πτερύγια ελάσματος διατομής UAP. Τα φορτία παραλαμβάνονται μέσω ξυλείας και μεταφέρονται από τις λιθοδομές στα μεταλλικά τόξα. (εικ 22-23)



Εικ.22: Φορέας διαστασιολόγησης μεταλλικών μελών

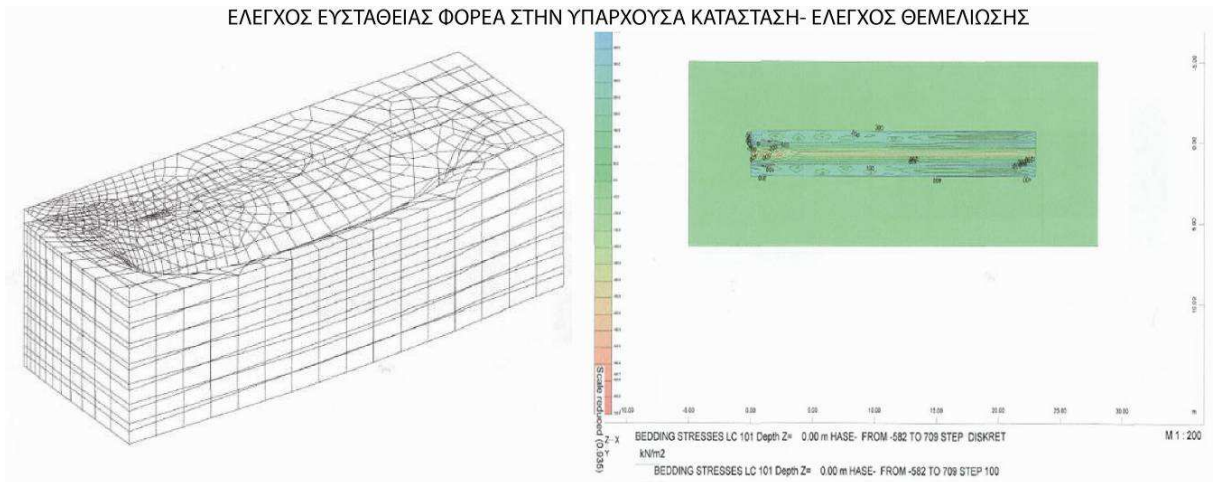
ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ
ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ (ΕΤΕΠΑΜ)

Πρακτικά 3^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Αναστηλώσεων, Αθήνα 1-3 Νοεμβρίου 2012



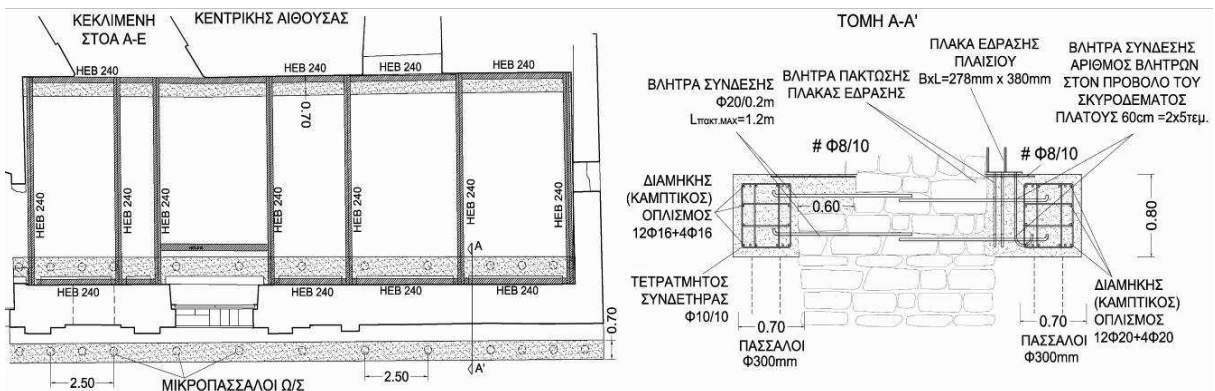
Εικ.23: Μεταλλικές φορέας εξασφάλισης (ενίσχυσης) μετώπου και κεντρικής αίθουσας με ΗΕΒ240– κατασκευαστικές λεπτομέρειες – φωτογραφίες από τη φάση εκτέλεσης του έργου

Έγινε έλεγχος της στατικής επάρκειας της θεμελίωσης με τη θεωρία του ελαστικού ημιχώρου. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της επίλυσης η θεμελίωση στην υπάρχουσα κατάσταση χωρίς σεισμό βρίσκεται σε οριακή κατάσταση ισορροπίας και με σεισμό αστοχεί, εικ. 24.



Εικ.24: Έλεγχος θεμελίωσης πριν την εφαρμογή των μήτρων ενίσχυσης

Σαν μέτρο ενίσχυσης επιλέγεται και διαστασιολογείται η αμφίπλευρη διαπλάτυνση του θεμελίου σε όλο του το μήκος με χαλινούς και με την εφαρμογή ριζοπασσάλων. (εικ. 25).



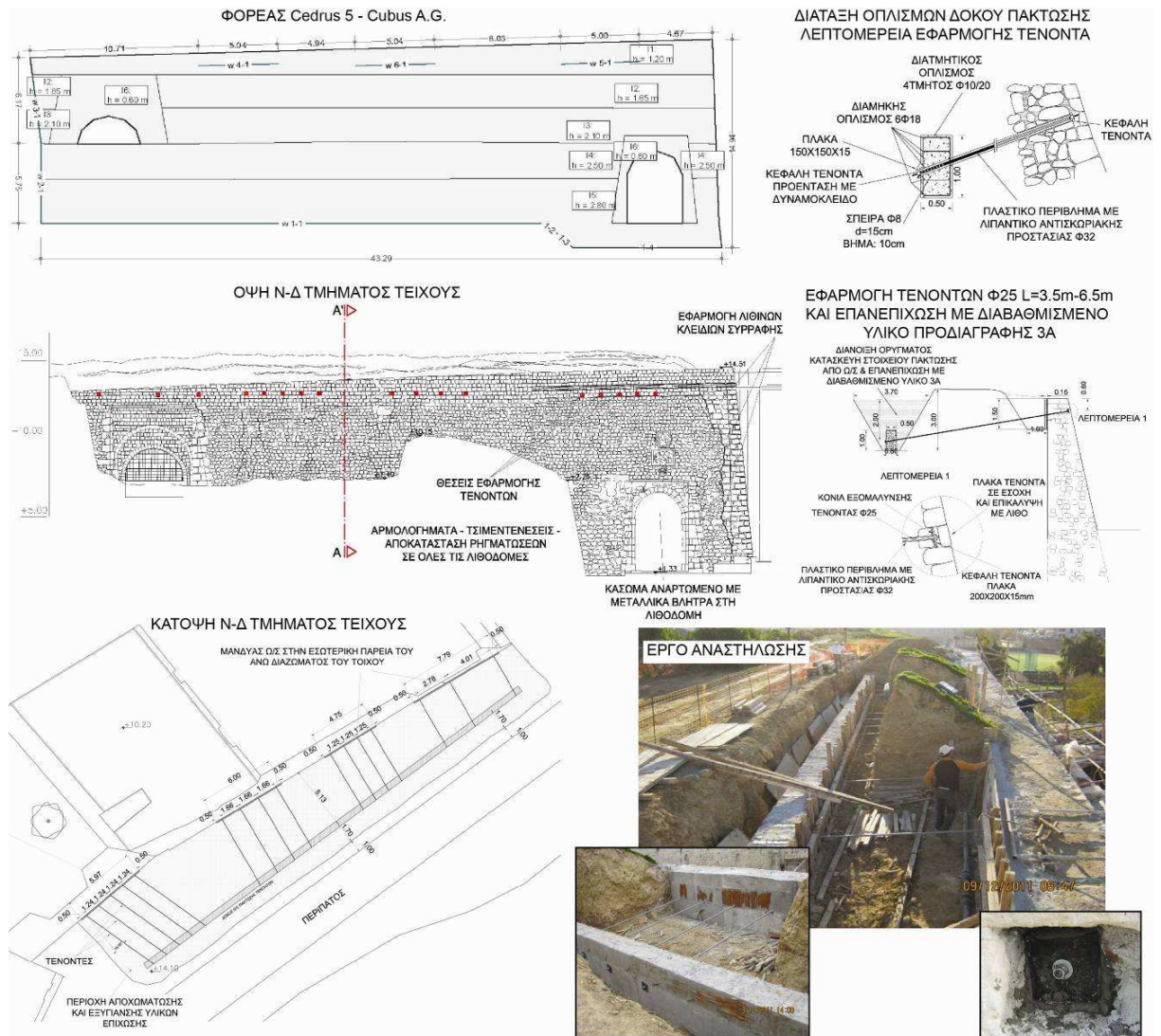
Εικ.25: Διαπλάτυνση θεμελίωσης και εφαρμογή ριζοπασσάλων

Για την ισότροπη και ομοιογενή συμπεριφορά των λιθοδομών και τις απαιτήσεις σε μηχανικές αντοχές της μελέτης εφαρμόστηκαν τσιμεντενέσεις. (εικ. 26)



Εικ. 26. Εφαρμογή τσιμεντενέσεων

Εκτός από το μέτωπο της κεντρικής Πύλης στατικά προβλήματα παρουσίαζε και ο Ν-Δ τοίχος της Πύλης ο οποίος αναπτύσσεται μεταξύ των εξόδων των δύο στοών. Λόγω της ύπαρξης της χαμηλής πλατείας αποτελείται από τμήματα με διαφορετικό ύψος (6-13m). Σ' όλη του την όψη παρουσιάζει έντονες κατακόρυφες ρηγματώσεις. Με την παραδοχή ότι θα αποκατασταθούν οι ρηγματώσεις με την εφαρμογή ενεμάτων ο ΝΔ τοίχος λαμβάνεται ως επίπεδος φορέας (πλάκα) μεταβλητού πάχους στηριζόμενος ελατηριωτά στους εγκάρσιους τοίχους, στα υλικά επίχωσης που έχουν εναποτεθεί και στο άνω διάζωμα. Ο φορέας του Ν-Δ τοίχου της Πύλης διαστασιολογείται για φορτία από ίδιο βάρος, ωθήσεις γαιών και αδρανειακά φορτία λόγω σεισμού. Γίνεται η παραδοχή ότι στην άνω στάθμη του ΝΔ τοίχου θα γίνει εξυγίανση των υλικών επίχωσης με υλικά υψηλών μηχανικών χαρακτηριστικών και ότι στη στάθμη αυτή θα εφαρμοστούν τένοντες ανάρτησης. Οι ωθήσεις γαιών λαμβάνονται με ορθογωνική κατανομή. Με βάση τις αντιδράσεις των στηρίξεων του άνω διαζώματος διαστασιολογούνται οι τένοντες ανάρτησης, κατανεμημένοι στις θέσεις των στηρίξεων. Η πάκτωση των τενόντων εξασφαλίζεται με την κατασκευή δοκού σκυροδέματος διατομής θεμελιωμένη στη στάθμη -2m από τη διαμορφωμένη στάθμη του πλατώματος, εικ. 27.



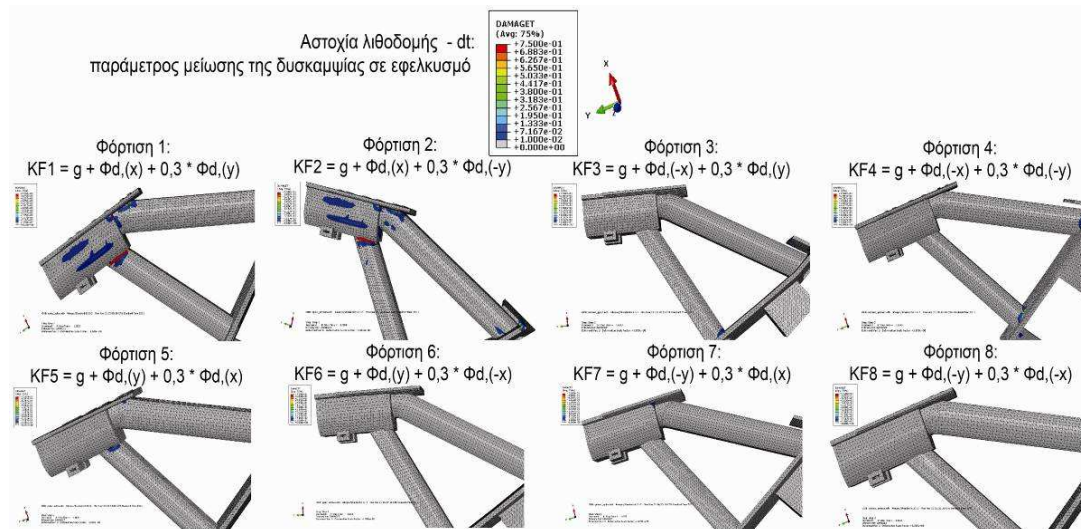
Εικ.27: Ν-Δ τοίχος - μέτρα στερέωσης

Προκειμένου να δοθεί χρήση στο μνημείο ελέγχεται στατικά ο φορέας της Πύλης στο σύνολό του, με ελαστοπλαστική ανάλυση (concrete damaged plasticity model). Οι έλεγχοι έγιναν με το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων ABAQUS/CAE 6.11-2, με αριθμό στοιχείων του συνεχούς μέσου είναι 93400, και στοιχεία μορφής πυραμίδας C3D4 (A 4-node linear tetrahedron). Στη βάση του προσομοιώματος ελήφθησαν στηρίξεις με δέσμευση κατακόρυφων και οριζόντιων μετακινήσεων, εικ. 28. Οι ιδιότητες των λιθοδομών ελήφθησαν σύμφωνα με τα αποτελέσματα του ερευνητικού προγράμματος. Με τη φασματική επιτάχυνσης σχεδιασμού $\Phi_d(T) = 0,39g$ διερευνήθηκαν οκτώ συνδυασμοί σεισμικών φορτίσεων κατά ΕΑΚ2003. Από τις επιλύσεις αυτές προέκυψαν περιοχές αστοχίας, που ταυτίζονται με τις αστοχίες στις περιοχές της κεντρικής αίθουσας, με την απόκλιση του μετώπου από την κατακόρυφο, με την οροφή του προθαλάμου, με τις περιοχές συμβολής των αιθουσών με τις στοές και με τις περιοχές αστοχίας του ΝΔ τοίχου ενώ οι λιθοδομές των στοών δεν αστοχούν. εικ 29.

Για να μη δημιουργούνται περιοχές αστοχίας απαιτείται αύξηση της εφελκυστικής αντοχής των λιθοδομών σε $f_{mtl}=400kN/m^2$. Η αντοχή αυτή δεν είναι δυνατόν να επιτευχθεί με εφαρμογή τοπικών επεμβάσεων όπως βλήτρα, κλειδιά συρραφής, αρμολογήματα και ενέματα. Ως εκ τούτου τεκμηριώνεται η επιλογή εφαρμογής ανεξάρτητου μεταλλικού φορέα υποστύλωσης.



Εικ.28: Προσομοίωμα, κάνναβος πεπερασμένων στοιχείων και στηρίξεις



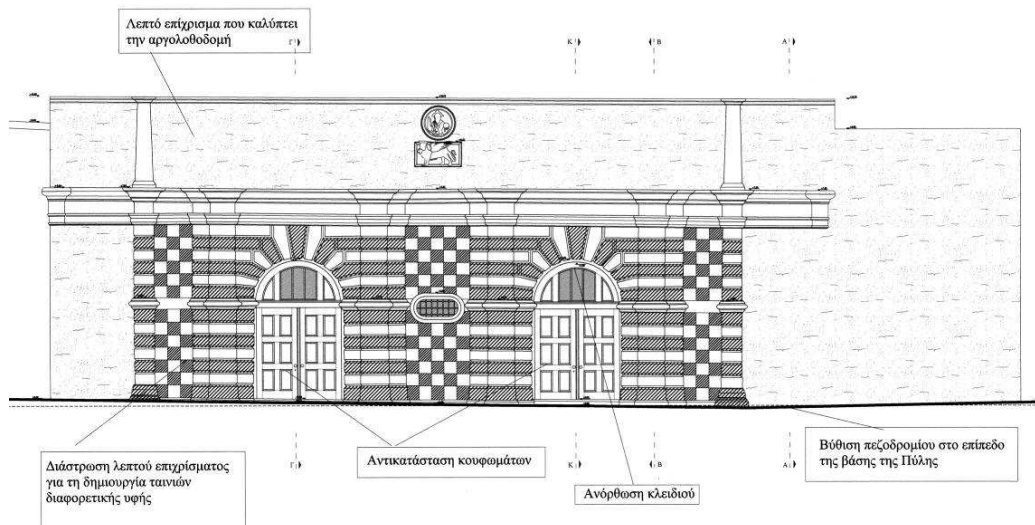
Εικ.29: Περιοχές αστοχίας του φορέα της πύλης

β. Εργασίες αποκατάστασης

Πρόκειται για εργασίες που δεν επηρεάζουν δυναμικά τη στατική επάρκεια του φορέα, αλλά συμβάλλουν στη στερέωση του καθώς και τη διατήρηση και ανάδειξη του αυθεντικού υλικού του μνημείου.

Κατ αρχήν στερεώθηκαν οι δόμοι στις αργολιθοδομές με βαθιά αρμολογήματα. Ωστόσο δεν αφαιρέθηκαν πλήρως τα υπάρχοντα αρμολογήματα παρά μόνον τα μεταγενέστερα, πρόχειρα και ευτελή. Τα αυθεντικά, όπου σώζονται, στερεώθηκαν με προσοχή. Το νέο αυτό κονίαμα παρουσιάζει τα απαιτούμενα μηχανικά χαρακτηριστικά για την αύξηση της

φέρουσας ικανότητας των λιθοδομών. Στη συνέχεια μετά την εφαρμογή των αρμολογημάτων και ενεμάτων επιχρίονται οι περιοχές αυτές με λεπτό επίχρισμα πάχους όχι πάνω από 1cm που θα αφήνει τους λίθους να διαγράφονται. Η σύνθεση και η επεξεργασία του επιχρίσματος αυτού ήταν δύσκολη, αφού με τέτοιο λεπτό πάχος το επίχρισμα θα έχει την τάση να ρηγματώνεται. Συνεπώς έγιναν επανειλημμένες δοκιμές πριν επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα (εικ 30).



Εικ. 30. Τελική εμφάνιση της πύλης

Στην περιοχή με τους μεγάλους δόμους η προσέγγιση ήταν διαφορετική. Κατ αρχήν στερεώθηκαν με λεπτόρρευστα ενέματα οι ρηγματωμένοι δόμοι και οι μαρμαρίνες επενδύσεις. Στη συνέχεια ανορθώθηκε και στερεώθηκε το μετακινημένο κλειδί. Επίσης δεν έγιναν καθαιρέσεις των προσθέτων στοιχείων που επισημάναμε εκτός ελαχίστων, γιατί οι προσθήκες είναι καλόγουστες και μπορούν να ενσωματωθούν στις επεμβάσεις. Σε ορισμένες θέσεις που λείπουν στοιχεία συμπληρώθηκαν με κατάλληλο κονίαμα. Ακόμα θα αρμολογηθούν με προσοχή οι θέσεις που το αρχικό αρμολόγημα έχει καταπέσει ή έχει πρόχειρα αντικατασταθεί.

Καίριο και σημαντικό θέμα αποτελεί η τελική εμφάνιση της οψης. Οπως διαπιστώθηκε η τελική επιφάνεια *απαρτιζόταν από πληθώρα λίθων διαφορετικής ορυκτολογικής σύστασης*. Προτάθηκαν δύο εναλλακτικές λύσεις:

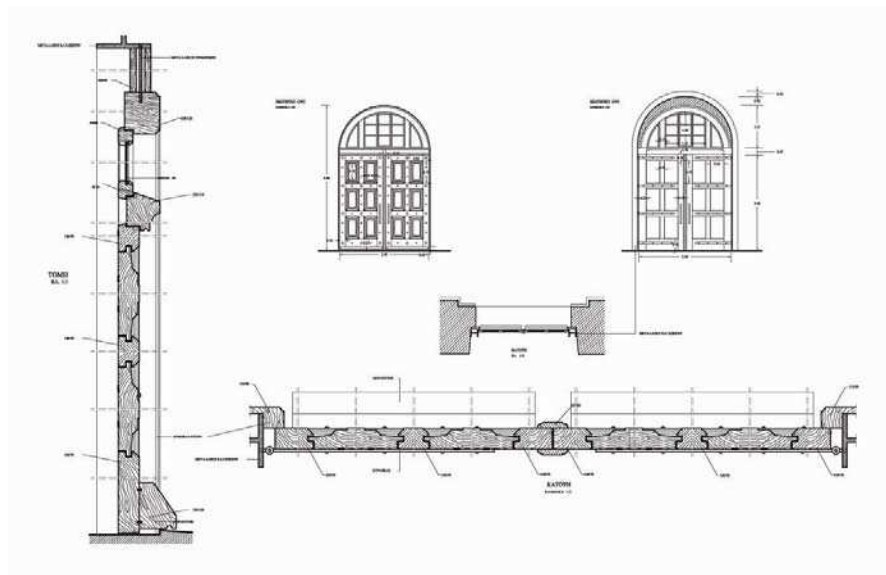
1. Στερέωση, πλήρωση ρηγματώσεων, αντικατάσταση αποσπασμένων – εξαλλοιωμένων λίθων με λίθους ασβεστολιθικής σύστασης (ορισμένων), αρμολόγημα, καθαρισμός από ρύπους, συντήρηση του αρχικού επιχρίσματος όπου σώζεται.
2. Αποκατάσταση της αρχικής μορφής, η οποία και εγκρίθηκε, ήτοι, πέραν των ανωτέρω, διάστρωση λεπτού επιχρίσματος για τη δημιουργία ταινιών διαφορετικής υφής. Η σύνθεση του επιχρίσματος και ο τρόπος διάστρωσης καθορίστηκε μετά από ενδελεχείς έρευνες και μετά από επί τόπου δοκιμές. Η δεύτερη λύση, παρά τις σημαντικές δυσκολίες στην εφαρμογή και το υπό αίρεση τελικό αποτέλεσμα, αφού δεν είναι εξ αρχής γνωστός ο τρόπος εφαρμογής, αναδεικνύει καλλίτερα το μοναδικό αυτό και ασυνήθιστο μνημείο προσεγγίζοντας την αρχική του μορφή.

Τέλος διαμορφώνεται ελαφριά ρύση από κουρασάνι στο άνω μέρος του στήθαιου για την απομάκρυνση των ομβρίων.

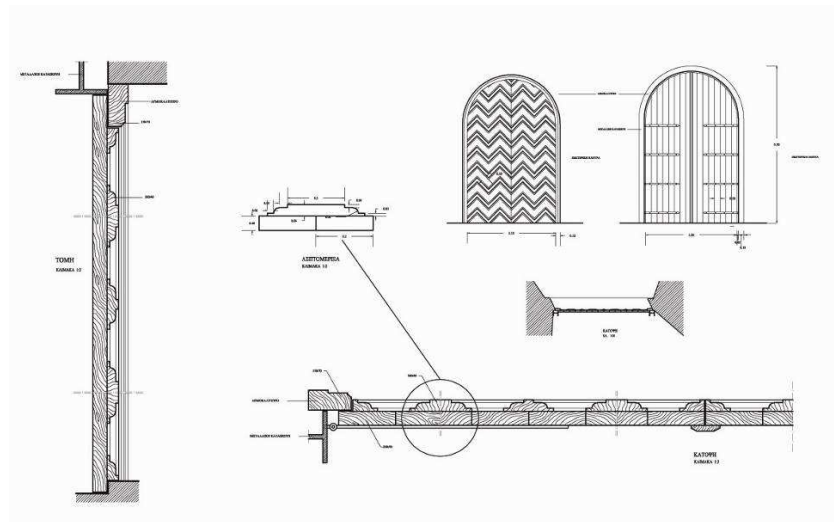
Οι εργασίες συνδυάστηκαν με την επέμβαση άρσης της ετοιμορροπίας στο εσωτερικό της αίθουσας. Προηγήθηκε βαθύ αρμολόγημα και εφαρμογή ενεμάτων στην καμάρα και τους

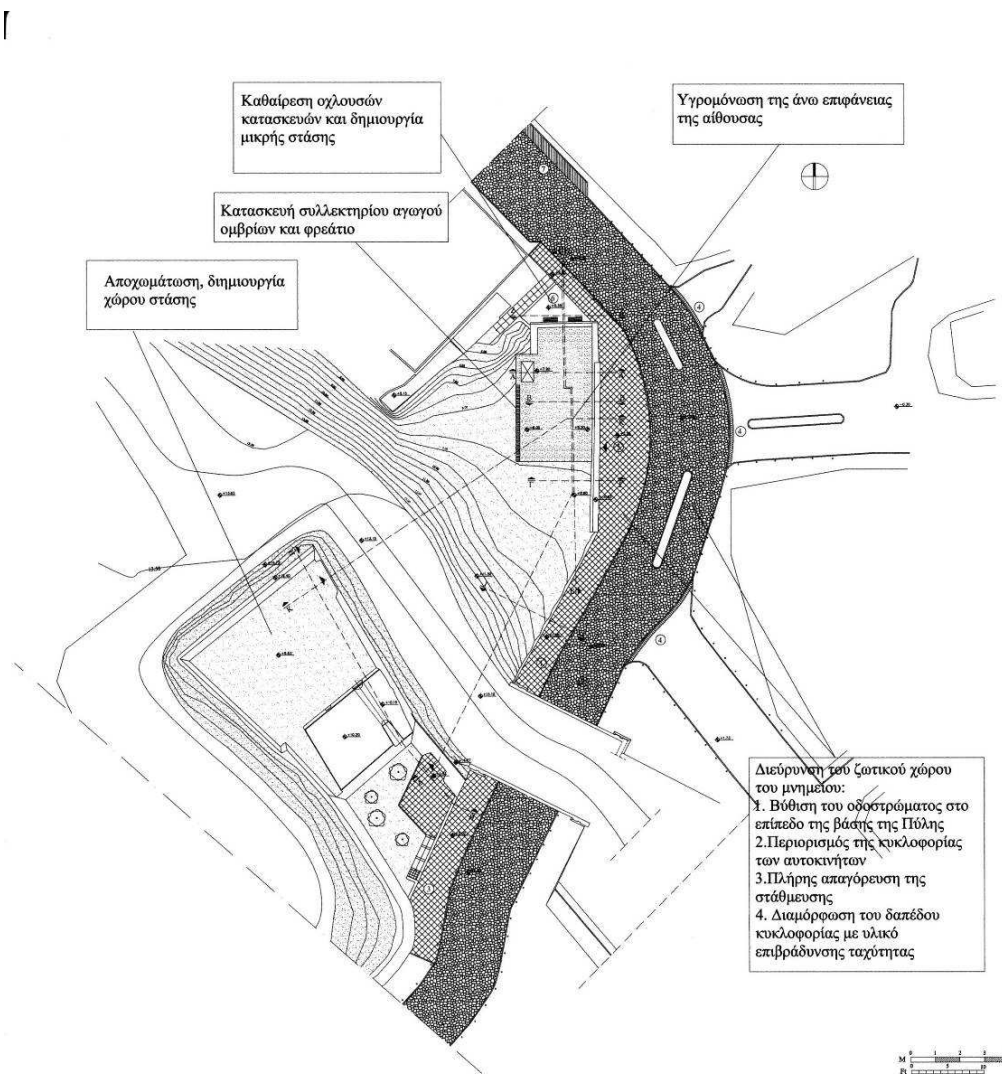
τοιίχους και στη συνέχεια η κατασκευή των εσωτερικών ενισχύσεων και της διαπλάτυνσης της θεμελίωσης. Όταν εξασφαλίστηκε η επάρκεια του φορέα καθαιρέθηκαν οι επιχωματώσεις πάνω από την αίθουσα, καθώς και η επικάλυψη από σκυρόδεμα. Στη συνέχεια σφραγίστηκε προσεκτικά η οροφή εκ των άνω με αρμολόγημα και κατασκευάστηκε οπλισμένος μανδύας μικρού πάχους με διαμορφωμένη άρθρωση κατά μήκος της ανοιχτής ρηγμάτωσης της οροφής. Πάνω σε αυτήν διαστρώθηκε γεώφασμα, ελαφρομετόν ρύσεων και ισχυρή τσιμεντοκονία μικρού πάχους για την υγρομόνωση. Η τελική επιφάνεια θα διαμορφωθεί από τον Δήμο σε συνάρτηση με την διαμόρφωση της υπόλοιπης περιοχής.

Τέλος κατασκευάστηκαν ξύλινες πόρτες για τα δύο μεγάλα ανοίγματα. Δεν επαναλήφθηκαν οι μεγάλες τοξωτές θύρες, γιατί δυσκολεύεται το άνοιγμά τους, αλλά ορθογωνικά κουφώματα με φεγγίτη (εικ 31-32). Επειδή δεν γνωρίζουμε την μορφή των αρχικών θυρών, ούτε έχει σωθεί πουθενά κούφωμα του 16ου αιώνα, επελέγη η μορφή τους να είναι ταμπλαδοτή με διάταξη που προσεγγίζει ανάλογες μορφές του 18ου αιώνα που έχουν χρησιμοποιηθεί σε έργα του Sanmichelli και στην Ιταλία. Λόγω της μεγάλης απόκλισης του τοίχου οι πόρτες στερεώθηκαν σε ανεξάρτητες μεταλλικές κάσες.



Εικ.31-32. Αντικατάσταση των μεγάλων θυρών.





Εικ. 33. Πρόταση για διευθετήσεις του ευρύτερου περιβάλλοντος χώρου της πύλης.

Ευχαριστούμε πολύ το Δήμο Ηρακλείου και την ανάδοχο κοινοπραξία Κ/Ξ ΕΥ. ΦΩΤΕΙΝΑΚΗΣ ΑΤΕΕ – ΒΚΜ WORKS ΑΕ του έργου «Αναστήλωση Πύλης Παντοκράτορα μετώπου προς την Πόλη» που έθεσαν στη διάθεσή μας φωτογραφίες από το έργο αναστήλωσης της Πύλης Παντοκράτορα μετώπου προς την Πόλη.

8. Βιβλιογραφία.

- I. Δημακόπουλος, The Gesu and Pantocrator gates and a proposal for their sympathetic use, *EN Bulletin* 56-57, 97-106.
I. Δημακόπουλος, Η Πύλη του Ιησού των Βενετικών Οχυρώσεων του Χάνδακα, ..175-211.
I. Στεριώτου, *Οι βενετικές οχυρώσεις του Χάνδακα*, Αθήνα 1974.
I. Στεριώτου, Ο Χάνδακας πριν από τη μεγάλη πολιορκία σε σχέδιο του Μανέα Κλόντζα, *Θησαυρίσματα* 26 (1996) 225-240.
Χρ. Τζομπανάκη, *Χάνδακας. Η πόλη και τα τείχη*, Ηράκλειο 1966.
Χρ. Τζομπανάκη, Η οχύρωση του Χάνδακα, *Το Ηράκλειο και η εποχή του*, 313-347.

The Pantokrator Gate of the Venetian Walls of Heracleion, Krete.

Anna Arwanitaki,
Civil Engineer, PhD.

Sotiris Voyadjis,
Architect, PhD.

The object of the present study is the consolidation and conservation of one of the main wall gates linking the city with the countryside in Venetian times: The Pantokrator Gate or “Porta di Panigra” as it is known through Venetian writers. The gate complex is located on the western side of the walls at the end of Kalokairinou Avenue. It consists of the monumental façade of the city, behind which a spacious vaulted hall is found, two long galleries that lead to the two openings at different levels; the Citizens’ Gate leading towards the outside of the walls, the Soldiers’ Gate leading to the fortifications and the segment of the wall between them. The monumental façade is built of stone in the style of “rural masonry” (opera rustica), a kind of construction with prominent ashlar blocks. The whole facade is made of large blocks of hewn stones of different mineralogical composition rich with beige, dark gray limestone.

The whole Pantokrator Gate structure showed considerable domical problems with a high risk of collapse. The façade wall of the Gate leaned significantly in its entire length and with a high risk of overturning. The arched roof of the central hall showed an open crack at center of the arc, parallel to the façade wall that divided it into two parts. The eastern part had a relative vertical displacement of 10 cm. The façade wall was supported against the risk of overturning through a steel structure in the central hall. The steel structure geometry is adapted to fit to the masonry geometry. The entire masonry is attached to the steel frame through bolts. In addition to that, the bearing capacity of the façade wall was increased by replacing weathered masonry stones with new unweathered limestone stones, and by grouting and cement injections. The steel frame support measures were selected not only because they were the most suitable to insure the monument’s safety, but also because are reversible compared to other proposed measures. During the construction phase a steel retaining structure was placed at the façade wall in order to prevent it from overturning. The bearing capacity of the foundation of the central hall was examined based on the elastic half space theory. This calculation showed that in case of an earthquake load the foundation would collapse. To prevent this, a widening on both sides of the foundations was selected by means of reinforced concrete beams and root piles (micropiles).

Moreover to already mentioned measures all weathered stones were substituted with new limestone stones, grouting was carried out and cement suspensions were injected to the rest masonry. Thereby, the homogeneous and isotropic behavior of the entire masonry of the whole structure was secured and its bearing capacity was increased.

As regards the external appearance of the Gate, after securing the structure with deep pointing, all the areas were coated a thin film, its thickness of not more than 1cm which leaves the stones showing. The composition and processing of the coating was difficult, since in such a thickness, the coating will have a tendency to crack. Therefore repeated tests were executed before reaching the desired result. The composition of the coating and paving the way determined after thorough investigations and repeated field trials. This solution was decided to be implemented, despite the considerable difficulties in the application and questionable final result, since it was known from the outset how to apply it, because it better highlights the unique and unusual original appearance of the monument.

Finally thick wooden doors were constructed to close the large openings. However the arched doorways were not imitated, since their opening is problematic, but rectangular frames with skylight were introduced. Because we do not know the form of the original doors, no doorway of the 16th century has survived anywhere, paneled doors similar to 18th century ones were chosen like the ones that have been used in Sanmichelli projects in Italy.