

Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ

ΣΧΟΛΗ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ: ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

«ΑΝΑΣΤΗΛΩΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

ΣΤΑ ΜΝΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΑΚΡΟΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΑΘΗΝΩΝ»



ΟΙ ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

ΜΑΡΝΕΡΑΚΗ ΕΜΜΑΝΟΥΕΛΑ

ΒΟΥΤΣΙΝΑΣ ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:

ΒΓΕΝΟΠΟΥΛΟΥ ΕΙΡΗΝΗ

ΑΘΗΝΑ 2009

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|--|----|
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ..... | 5 |
| 1.1. Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΩΝ ΑΚΡΟΠΟΛΕΩΝ..... | 5 |
| 1.2. Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΚΡΟΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΑΘΗΝΩΝ..... | 7 |
| 1.3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΝΗΜΕΙΩΝ..... | 7 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : Η ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΝΟΣ ΑΡΧΑΙΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΝΑΟΥ..... | 19 |
| 2.1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... | 19 |
| 2.2. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ..... | 19 |
| 2.3. Η ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΗ ΤΟΥ ΑΡΧΑΙΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΝΑΟΥ..... | 21 |
| 2.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΩΝ ΜΕΛΩΝ ΤΟΥ ΝΑΟΥ..... | 23 |
| 2.5. ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΣ..... | 25 |
| 2.6. ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΕΙΡΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ..... | 25 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ..... | 29 |
| 3.1.ΔΟΜΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΑ ΜΝΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΑΚΡΟΠΟΛΗΣ..... | 29 |
| 3.2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ-ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΚΡΟΠΟΛΕΩΣ ΑΘΗΝΩΝ..... | 29 |
| 3.3.ΚΑΤΑΧΩΣΗ ΑΡΡΗΦΟΡΙΟΥ ΟΙΚΟΥ..... | 41 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο : Ο ΒΡΑΧΟΣ ΤΗΣ ΑΚΡΟΠΟΛΕΩΣ..... | 64 |
| 4.1. ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΤΕΡΕΩΣΗΣ ΤΟΥ ΒΡΑΧΟΥ ΤΗΣ ΑΚΡΟΠΟΛΕΩΣ..... | 64 |
| 4.2. ΕΛΕΓΧΟΙ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟΥ ΠΡΑΝΟΥΣ..... | 69 |

| | |
|--|-----|
| 4.3. ΕΠΙΣΦΑΛΕΙΣ ΒΡΑΧΟΙ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ "ΑΝΑΦΙΩΤΙΚΑ". ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΔΟΚΩΝ ΑΓΚΥΡΩΣΕΩΣ | 74 |
| 4.4. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΔΟΚΟΥ ΑΓΚΥΡΩΣΕΩΣ | 78 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο : ΠΡΟΠΥΛΑΙΑ. ΑΝΑΣΤΗΛΩΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ..... | 80 |
| 5.1. ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΜΑΡΜΑΡΙΝΩΝ ΔΟΚΩΝ ΤΩΝ ΟΡΟΦΩΝ..... | 80 |
| 5.2. ΔΟΜΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΔΟΚΩΝ | 82 |
| 5.3. ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΑΡΜΑΡΙΝΩΝ ΔΟΚΩΝ | 84 |
| 5.4. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ | 85 |
| 5.5. ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΦΑΤΝΩΜΑΤΙΚΩΝ ΠΛΑΚΩΝ ΤΩΝ ΠΡΟΠΥΛΑΙΩΝ | 87 |
| 5.6. ΔΟΜΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ | 90 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο : ΤΕΙΧΗ: ΑΝΑΣΤΗΛΩΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ | 96 |
| 6.1. ΤΕΙΧΗ- ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ | 96 |
| 6.3. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΕΝΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ- ΕΝΟΡΓΑΝΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ- ΑΠΟΤΥΠΩΣΕΙΣ | 98 |
| 6.4.ΑΥΤΟΨΙΕΣ..... | 102 |
| 6.5.ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ | 103 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο : ΣΕΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΠΑΡΘΕΝΩΝΑΣ..... | 104 |
| 7.1. Ο ΣΚΟΠΟΣ ΤΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ | 104 |
| 7.2. ΣΕΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΠΑΡΘΕΝΩΝΑΣ..... | 105 |
| 7.3. ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΠΑΡΘΕΝΩΝΑ. ΜΕΛΕΤΗ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΟΠΙΣΘΟΝΑΟΥ..... | 110 |
| 7.4. ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΤΩΝ ΑΙΤΙΩΝ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΒΛΑΒΩΝ..... | 114 |

| | |
|---------------------------------|------------|
| 7.5. ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΒΛΑΒΩΝ | 115 |
| 7.6. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ..... | 117 |
| ΕΠΙΛΟΓΟΣ..... | 121 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... | 122 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1° : ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

1.1. Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΩΝ ΑΚΡΟΠΟΛΕΩΝ

Ακρόπολη κατά λέξη σημαίνει το ακραίο σημείο της πόλης όχι κατ' έκταση αλλά κατά ύψος, οχυρό "φύσει και θέσει". Είναι σχεδόν προφανές ότι η καθεμία από τις πόλεις-κράτη της αρχαίας Ελλάδας είχε και τη δική της ακρόπολη, συνήθως ένα λόφο με περιτειχισμένη κορυφή γύρω από ή κοντά στον οποίο απλώνονταν η πόλη και μέσα στα τείχη του οποίου έβρισκαν καταφύγιο σε περιπτώσεις ανάγκης οι κάτοικοι, όχι μόνο της πόλης αλλά γενικότερα της περιοχής. Αναμφισβήτητα η πιο σημαντική από όλες αυτές τις ακρόπολεις ήταν και είναι η Ακρόπολη της Αθήνας.

1.2. Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΚΡΟΠΟΛΗΣ ΤΩΝ ΑΘΗΝΩΝ

Οι πρώτες μαρτυρίες που αποδεικνύουν εγκατάσταση ανθρώπων χρονολογούνται από τη Νεολιθική εποχή. Λίγα θραύσματα αγγείων και μερικά απομεινάρια κατοικιών μαρτυρούν ότι η Ακρόπολη κατοικήθηκε αδιάκοπα από το 5000 π.Χ. και μετά. Γύρω στα 1400 π.Χ. με το 1000 π.Χ. κτίσθηκε ένα ψηλό τείχος, με τεράστιους ογκόλιθους κι ένα παλάτι, στο σημείο όπου αργότερα ανεγέρθη το Ερέχθειο. Μέσα στο τείχος που λεγόταν Πελασγικόν υπήρχαν βωμοί, ιερά και μια πηγή που ονομαζόταν Κλεψύδρα. Οι κάτοικοι της πόλης, που άρχισε να αναπτύσσεται κάτω από την Ακρόπολη, έβρισκαν καταφύγιο μέσα σε αυτήν, όταν αντιμετώπιζαν εχθρικές επιδρομές.

Ο χαρακτήρας της αρχίζει να γίνεται έντονα θρησκευτικός, καθώς οι κάτοικοι των γύρω συνοικισμών θεωρούν πως το κοινό κέντρο της λατρείας πρέπει να τοποθετηθεί σε αυτήν. Έτσι χτίζεται ο πρώτος ναός, αφιερωμένος στο μυθικό βασιλιά Ερεχθέα, το Ερέχθειο. Ο ναός αυτός χρησιμοποιεί τον πωρόλιθο σαν πρώτη ύλη και σήμερα σώζονται τα θεμέλια του.

Κατά τα μέσα του 7ου π.Χ. αιώνα χτίζεται το Εκατόμπεδο που λεγόταν έτσι γιατί είχε μήκος 100 πόδια, στη θέση που αργότερα θα χτιστεί ο Παρθενώνας. Ο τύραννος Πεισίστρατος κτίζει ένα νέο Εκατόμπεδο στη θέση του παλιού, το 530, ενώ δίνει ώθηση και στη διακόσμηση της Ακρόπολης, χτίζοντας ιερά και

βωμούς σε θεούς, ημίθεους και ήρωες. Όταν οι Αθηναίοι εγκαθίδρυσαν το δημοκρατικό πολίτευμα, άρχισαν να χτίζουν καινούργιους ναούς για να λαμπρύνουν την πόλη τους κι έτσι γκρέμισαν το Εκατόμπεδο για να χτίσουν τον πρώτο Παρθενώνα. Ο ναός δεν τελείωσε επειδή το 480 π.Χ. οι Πέρσες κατέλαβαν την Αθήνα και έκαψαν την Ακρόπολη, καταστρέφοντας τα πάντα και λεηλατώντας αξιόλογα έργα τέχνης.

Οι Αθηναίοι, μόλις επέστρεψαν στην πόλη τους, άρχισαν να σχεδιάζουν την ανοικοδόμηση της Ακρόπολης, ενώ παράλληλα για να ασφαλιστούν από μελλοντικές επιδρομές οχύρωσαν τα Προπύλαια. Κατόπιν έθαψαν τα απομεινάρια της καταστρεπτικής μανίας των Περσών, σαν να έθαβαν νεκρούς και χρησιμοποίησαν κομμάτια από τα χαλάσματα σαν υλικό για τα καινούργια οικοδομήματα. Αυτός που σύνδεσε το όνομά του με την κλασική μορφή του βράχου ήταν ο Περικλής, που με τη βοήθεια άξιων αρχιτεκτόνων, όπως του Ικτίνου και του Καλλικράτη και του αξεπέραστου γλύπτη Φειδία, δημιούργησε το σπουδαιότερο μνημείο της αρχαίας εποχής, ένα καλλιτεχνικό σύνολο που προξένησε το θαυμασμό των αρχαίων.

Την εποχή του Μ. Κωνσταντίνου η Ακρόπολη αρχίζει να παρακμάζει, καθώς η παλιά θρησκεία χάνει την αίγλη της. Ο θρησκευτικός της χαρακτήρας παραμένει όμως αναλλοίωτος, ο Παρθενώνας μετατρέπεται σε ναό της Παναγίας, τα Προπύλαια σε ναό των Ταξιαρχών και το Ερέχθειο σε ναό της Θεοτόκου.

Την εποχή της Φραγκοκρατίας ο χώρος γίνεται τόπος κατοικίας των Φράγκων ηγεμόνων, τα Προπύλαια διαμορφώνονται σε ανάκτορα, ενώ σε κάποιο μέρος τους χτίστηκε ένας ψηλός τετράγωνος πύργος. Γενικά όμως η όψη της Ακρόπολης δεν υφίσταται αλλαγές. Κι όταν οι Τούρκοι κατέλαβαν την Αθήνα, ο Παρθενώνας, όπως είναι φυσικό έγινε τζαμί. Οι Τούρκοι έχτισαν σπιτάκια πάνω στην Ακρόπολη και χρησιμοποίησαν διάφορα κτίριά της για αποθήκες πυρομαχικών. Το 1655, ένας κεραυνός τίναξε στον αέρα τα Προπύλαια ενώ λίγο μετά γκρέμισαν το ναό της Απτέρου Νίκης για να φτιάξουν σε αυτόν πολυβολείο.

Η μεγαλύτερη καταστροφή όμως έγινε το 1687, όταν ο βενετσιάνος Μοροζίνι, πολιορκούσε την Ακρόπολη. Μια οβίδα έπεσε στον Παρθενώνα, γκρεμίζοντας ένα μεγάλο μέρος του ναού. Και ύστερα, όταν κατόρθωσε να καταλάβει το βράχο λεηλάτησε τους θησαυρούς, όπως είχαν κάνει πριν από

αυτόν τόσοι άλλοι κατακτητές. Και το Ερέχθειο καταστρέφεται σιγά-σιγά γιατί οι Τούρκοι χρησιμοποιούσαν τα μάρμαρα για να φτιάχνουν ασβέστη, που ήταν πρώτη ύλη στο χτίσιμο.

Οι καταστροφές συνεχίζονται και το 1800 ο άγγλος Έλγιν, δωροδοκώντας τον Τούρκο διοικητή της Ακρόπολης, έκλεψε διάφορα γλυπτά τα οποία και μετέφερε στην πατρίδα του. Ευτυχώς μετά την απελευθέρωση υπήρξε διεθνές ενδιαφέρον για την προστασία και την αναστήλωση αυτού του μνημείου της ανθρωπότητας.

Οι Έλληνες αρχαιολόγοι άρχισαν πρώτοι τις ανασκαφές ενώ παράλληλα ξεκαθάρισαν το τοπίο γκρεμίζοντας ό,τι δεν ανήκε στην κλασική και ύστερη εποχή. Ο Λουδοβίκος Ρος αναστήλωσε την Αθηνά Νίκη και από το 1874 άρχισε ένα ευρύ και αυστηρά επιστημονικό πρόγραμμα αποκατάστασης το οποίο συνεχίζεται μέχρι σήμερα.

1.3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΝΗΜΕΙΩΝ

1.3.1. Προπύλαια

Το συγκρότημα των Προπυλαίων είναι η είσοδος του ιερού χώρου. Μνημειώδης και εντυπωσιακή αποτελεί μια πρόσκληση στον σημερινό επισκέπτη. Επιβάλλοντας την παρουσία του με το λευκό πεντελικό μάρμαρο από το οποίο είναι ολόκληρο κατασκευασμένο, συμπληρώνεται στα δεξιά από το ναΐσκο της Νίκης.

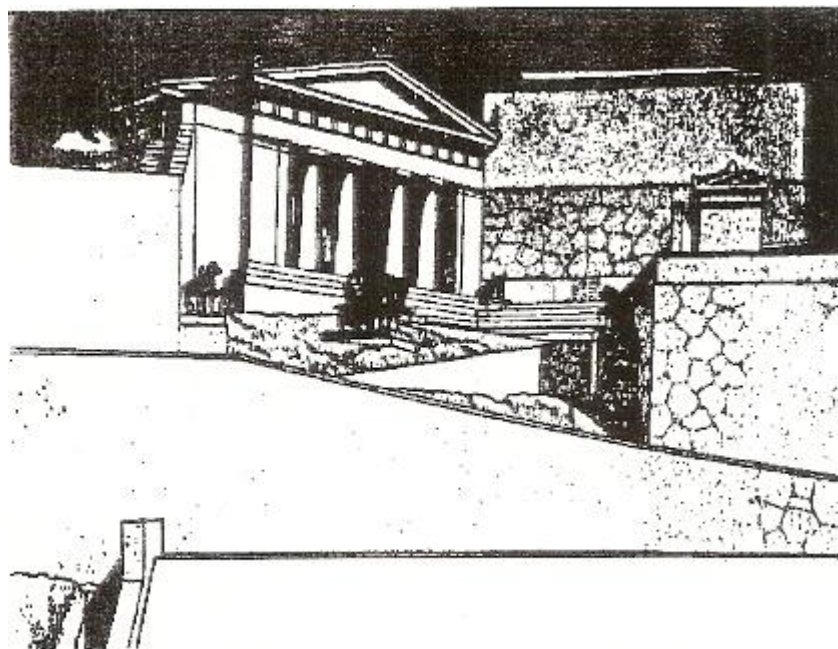
Το συγκρότημα περιλαμβάνει κεντρικό κτίριο και δυο πτέρυγες που προέχουν προς τα δυτικά. Η πρόσβασή του, η οποία δεν σώζεται σήμερα έφτανε συνολικά τα 80 μέτρα.

Οι εργασίες για την κατασκευή του συγκροτήματος, αρχιτέκτονας του οποίου είναι ο Μνησικλής, διήρκεσαν σχετικά λίγα χρόνια. Ξεκίνησαν το 438 π.Χ., μετά την αποπεράτωση του Παρθενώνα και διακόπηκαν το 432 π.Χ., λόγω του επερχόμενου Πελοποννησιακού Πολέμου, ο οποίος όμως τελικά δεν εμπόδισε την ολοκλήρωσή του. Το μόνο που δεν αποπερατώθηκε ήταν η επεξεργασία μερικών από τους λίθους του.

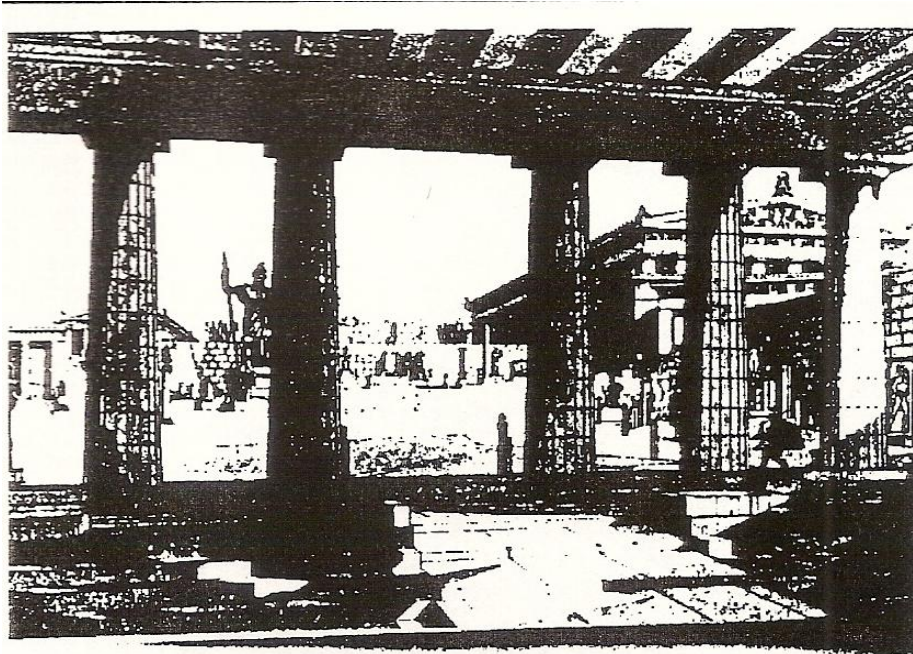
Τόσο ο δωρικός όσο και ο ιωνικός ρυθμός επιβάλλουν την παρουσία τους στο συγκρότημα των Προπυλαίων. Δωρικές στοές κοσμούν τις προσόψεις του κεντρικού κτιρίου, αλλά και των δυο προσόψεων ενώ οι ιωνικοί κίονες βρίσκονται στο εσωτερικό του, σε δυο σειρές από 3 η κάθε μια που χωρίζουν σε τρία κλίτη το δυτικό τμήμα. Ένα σημείο στο οποίο, λόγω του μεγάλου ανοίγματός της, η οροφή χρειαζόταν στηρίγματα για να κρατηθεί.

Ζωγραφικές συνθέσεις στους τοίχους κοσμούν τη Β.Δ. πτέρυγα, τη μεγαλύτερη των Προπυλαίων, με αποτέλεσμα η επικράτηση του ονόματος Πινακοθήκη.

Η Ν.Δ. πτέρυγα, πολύ μικρότερη από την άλλη, αποτελείται μόνο από μια στοά ώστε να αποτελεί το αρχιτεκτονικό αντίγραφο της Β.Δ. πτέρυγας. Η γειννίαση με το τέμενος της Αθηνάς Νίκης είναι από τα πιθανά αίτια της περικοπής των διαστάσεων της πτέρυγας αυτής.



Εικόνα 1 Σχεδιαστική αναπαράσταση των Προπυλαίων



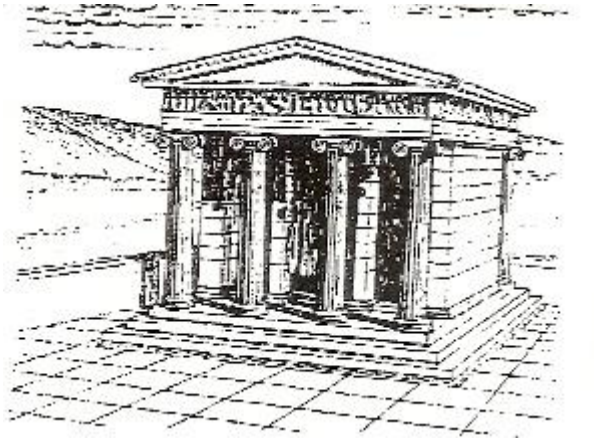
Εικόνα 2 Σχεδιαστική αναπαράσταση της Ακρόπολης μέσα από τα Προπύλαια

1.3.2. Ιερό Αθηνάς Νίκης

Το Ιερό της Αθηνάς Νίκης αποτελούσε την "ασπίδα" του πιο ευαίσθητου σημείου της Ακρόπολης από τους επιδρομείς. Ο ρόλος της αυτός αιτιολογεί και την προϊστορική της ακόμα παρουσία στην είσοδο της Ακρόπολης.

Ο ναός κατασκευάστηκε κατά τη διάρκεια της ειρήνης του Νικία (421-415 π.Χ.) μετά την καταστροφή του μικρού οικισμού με βωμό που υπήρχε στη θέση αυτή στα τέλη του 6^{ου} αιώνα π.Χ. από τους Πέρσες. Ολόγυρα στον πύργο φτιάχτηκε ένα μαρμάρινο στήθαιο με ανάγλυφες παραστάσεις Νικών και Αθηνάς.

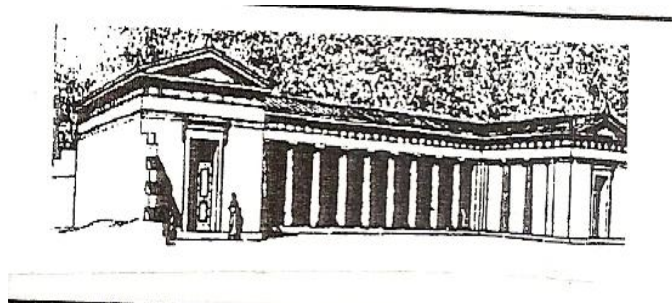
Η αιώνια αντίθεση αλλά και ο μακροχρόνιος πόλεμος με τη δωρική Σπάρτη επέβαλε τον ιωνικό ρυθμό στο ναΐσκο αυτόν με τρόπο τέτοιο ώστε να δηλώνεται η ιωνική καταγωγή των Αθηναίων. Τέσσερις κίονες βρίσκονται στην πρόσοψη και στην πίσω όψη που είναι "τυφλή" αλλά στρέφει προς την είσοδο της Ακρόπολης. Το λατρευτικό άγαλμα ήταν ξύλινο.



Εικόνα 3 Σχεδιαστική αναπαράσταση του ναού της Νίκης

1.3.3. Βραυρώνειο

Ένα από τα κτίρια που δε σώζονται σήμερα είναι και το Βραυρώνειο. Τοποθετημένο στη δεξιά πλευρά της εισόδου των Προπυλαίων, στο εσωτερικό της Ακρόπολης, ήταν το ιερό της Βραυρώνειας Αρτέμιδος προστάτιδας των εγκύων και των λεχώνων. Είχε σχήμα Π και στέγαζε το μαρμάρινο άγαλμα της θεάς, φιλοτεχνημένο από τον Πραξιτέλη. Προς τα ανατολικά υπήρχε η Χαλκοθήκη, ένα κτίριο σε μορφή στοάς, που επίσης δε σώζεται σήμερα.



Εικόνα 4 Σχεδιαστική αναπαράσταση του Βραυρωνείου

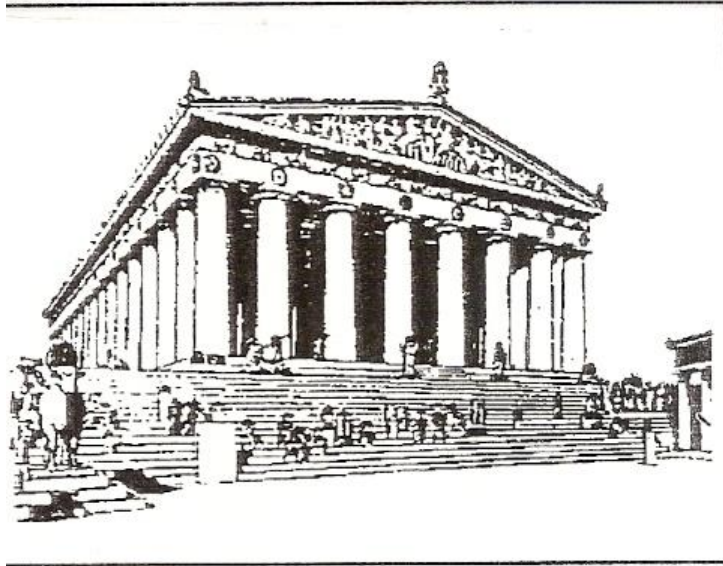
1.3.4. Παρθενώνας

Ο Παρθενώνας κορυφαίο έργο της αττικής αρχιτεκτονικής, είναι αδιαμφισβήτητα το σημαντικότερο κτίριο του ιερού λόφου της Ακρόπολης. Σήμερα επιβάλλει την παρουσία του ανεμπόδιστα, ελεύθερα προς όλες τις κατευθύνσεις εκεί όπου παλαιότερα φάνταζε λιγότερο εντυπωσιακός, αφού περιοριζόταν σημαντικά από τα υπόλοιπα κτίσματα που τον τριγύριζαν. Χτίστηκε ανάμεσα στο 447 και 438 π.Χ., ένα διάστημα πολύ σύντομο αν λάβει κανείς υπόψη του τις διαστάσεις και την ποιότητα κατασκευής του.

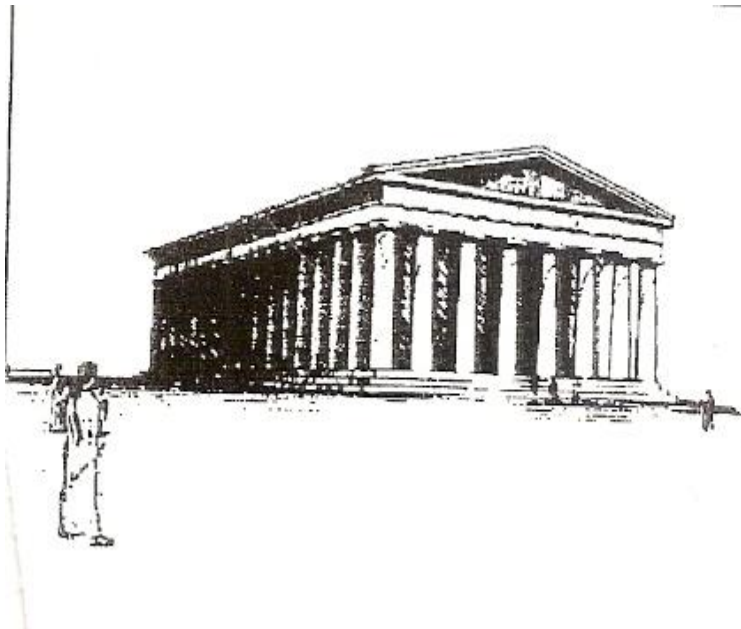
Το όνομά του είναι πιθανό να προέρχεται από την Παρθένο Αθηνά στην οποία ήταν αφιερωμένος ο ναός. Πιθανή επίσης είναι και η εκδοχή της προέλευσης του ονόματος Παρθενών, από το ομώνυμο δωμάτιο που έμεναν οι ιέρειες της Αθηνάς, ενώ δεν αποκλείεται ο συνδυασμός και των δυο εκδοχών.

Ο Ικτίνος και ο Καλλικράτης φέρονται ως οι αρχιτέκτονες του Παρθενώνα και ο Φειδίας ως ο επιστάτης όλων των εργασιών. Οι διαστάσεις του ναού είναι: (Μήκος x Πλάτος x Ύψος) = 72,32 x 33,69 x 19,80m.

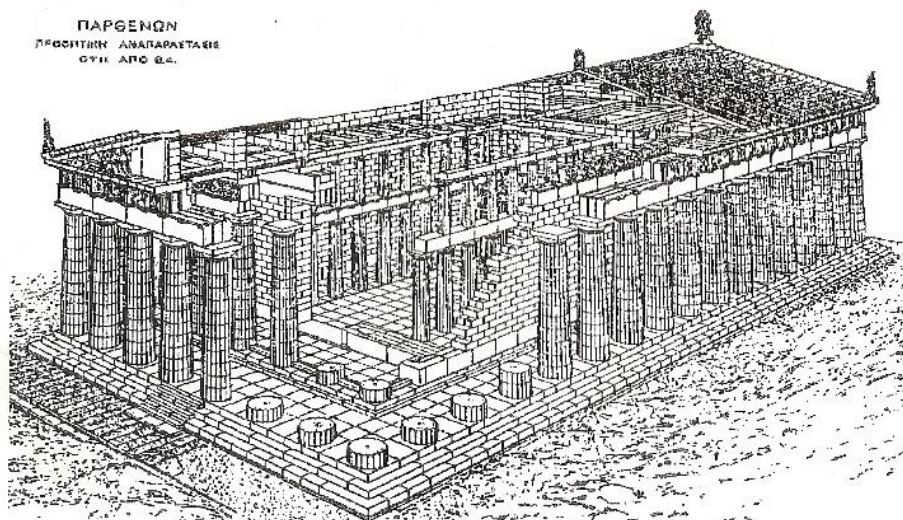
Η περίπτωση, δηλαδή οι εξωτερικές σειρές των κίωνων που περιβάλλουν τον σηκό, αποτελείται από 46 κίονες (7+7+16+16). Το ύψος των κίωνων της περιστάσεως είναι περίπου 10,5 μέτρα.



Εικόνα 5 Η εντύπωση του ύψους και της κατακορυφότητας του Παρθενώνα



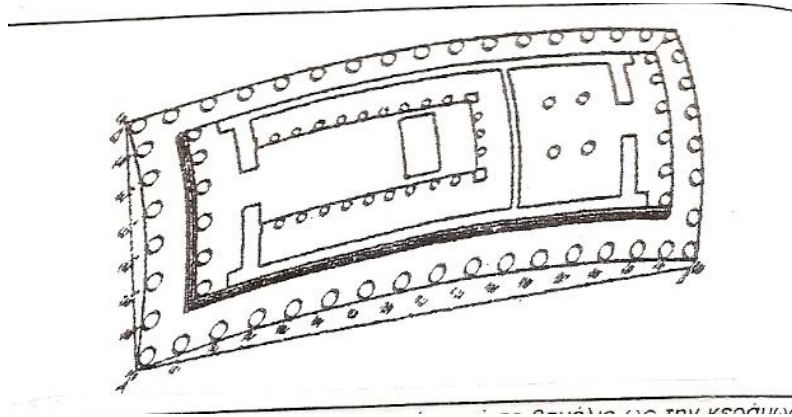
Εικόνα 6 Εντύπωση της έκτασης και της οριζοντιότητας



Εικόνα 7 Αναπαράσταση του ναού (από τον Ακαδημαϊκό Α. Ορλάνδο, Αθήνα 1948)

Το επιβλητικό αρχιτεκτονικό σώμα "λεπτότητες" του Παρθενώνα αντικατοπτρίζει τον παλμό της ζωής της εποχής του, ξεφεύγοντας από τα ψυχρά μαθηματικά σχήματα. Αυτό το επιτυγχάνει με κάποιες αρχιτεκτονικές τεχνικές. Έτσι το βασικό χαρακτηριστικό της μεγαλοφυΐας του δημιουργού του μνημείου είναι το πλήθος των "λεπτοτήτων" οι οποίες συνδυάζονται αρχιτεκτονικά στο όλο κτίριο. Οι πιο σημαντικές από αυτές είναι:

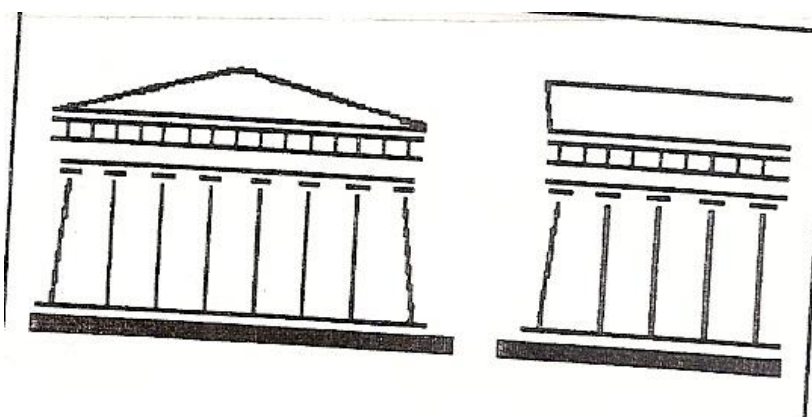
- Οι καμπυλώσεις που παρουσιάζουν όλα τα οριζόντια μέλη του κτιρίου από το θεμέλιο μέχρι το γείσο, που για να πραγματοποιηθούν χρειαζόταν υψηλή στάθμη υπολογισμού. Με αυτές ο δημιουργός "φουσκώνει" το κτήριο προκαλώντας την εντύπωση της ζωντάνιας και της διάρκειας που έχει αυτή η ζωντάνια.



Εικόνα 8 Η καμπύλωση όλων των ευθειών από το θεμέλιο ως την κεράμωση

- Η κλίση των μακρών πλευρών του σηκού, καθώς και των κίωνων της περιστάσεως μαζί με το θριγκό τους προς τα μέσα. Οι γωνιακοί κίονες κλίνουν κατά τη διαγώνιο, δηλαδή συμμετέχουν στην κλίση και των δυο πλευρών.

Υπάρχουν επαρκείς ενδείξεις ότι και οι μακρές πλευρές της δίτονης κινοστοιχίας έκλιναν και αυτές προς τα μέσα.



Εικόνα 9 Η κλίση προς τη διαγώνιο των γωνιακών κίωνων του ναού

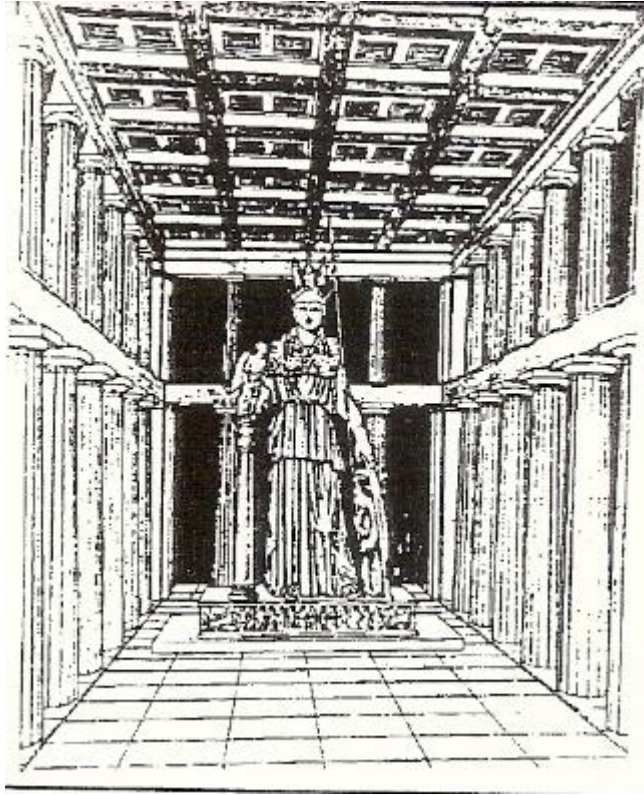
Γιατί αν οι κίονες ήταν εντελώς κατακόρυφοι θα φαίνονταν ότι τα πάνω τμήματα του ναού ανοίγουν προς τα έξω, όπως τόσο συχνά βλέπουμε σε σύγχρονες οικοδομές. Τα αετώματα, οι προστάσεις, οι θυραίοι τοίχοι, ο μεσότοιχος και πολύ πιθανόν η εγκάρσια εσωτερική κιονοστοιχία δεν παρουσιάζουν απόκλιση από την κατακόρυφο.

- Παράλληλα με την πιο πάνω λεπτότητα η εναλλαγή των κίωνων και των διαστημάτων (όπου με ανεπαίσθητες διαφορές αποφεύγεται η μονοτονία της νεκρής επανάληψης) εξασφαλιζόταν η ελευθερία αλλά και η ομορφιά της ρυθμικής αναπνοής.

Για τους κίονες:

- Η μείωση, δηλαδή το αδυνάτισμα που παρουσιάζει κάθε κίονας προς τα πάνω
- Η ένταση, δηλαδή ένα αντίθετο φούσκωμα που παρατηρείται σε κάθε κίονα στο 1/3 περίπου του ύψους του (από πάνω). Απλοϊκά θα μπορούσε να αποκαλέσει κανείς την ένταση σαν μείωση της μείωσης σε ορισμένο τμήμα της διαδρομής. Στη γλώσσα της γεωμετρίας μπορεί να λεχθεί ότι αποτελεί, μαζί με την μείωση, τμήμα της παραβολικής καμπύλης. Για την τέχνη όμως θα πει την δύναμη που αντιστέκεται στο βάρος. Υπάρχουν επίσης και ένα πλήθος ιδιοτυπιών που ξεφεύγουν από τα καθιερωμένα.

Ο γλυπτός διάκοσμος του Παρθενώνα φιλοτεχνήθηκε από τον Φειδία και τους συνεργάτες του και κάλυπτε κάθε επιφάνεια που ήταν ορατή. Παρουσιάζονταν διάφοροι μύθοι και γεγονότα από την λατρευτική ζωή των Αθηναίων όπως η Γιγαντομαχία, η άλωση της Τροίας, η Αμαζονομαχία, η Κενταυρομαχία, η πομπή των Παναθηναίων κ.α. Το κεντρικό, όμως, έργο του Παρθενώνα δεν ήταν τίποτε άλλο παρά το κολοσσιαίο λατρευτικό άγαλμα της Αθηνάς που βρισκόταν στο βάθος του σηκού φτιαγμένο από ελεφαντόδοντο και χρυσό.



Εικόνα 10 Αναπαράσταση του χρυσελεφάντινου αγάλματος της Αθηνάς

Από το έργο αυτό το μόνο που σώζεται σήμερα είναι κάποιες από τις πέτρες της βάσης του, η οποία ήταν επίσης στολισμένη με την ανάγλυφη παράσταση της γεννήσεως της Πανδώρας. Η μεταγενέστερη ιστορία του αγάλματος είναι αβέβαιη. Ίσως να καταστράφηκε από πυρκαγιά από τους Ερούλους, το 267 μ.Χ. ή μπορεί να απομακρύνθηκε στο τέλος της αρχαιότητας τον 5^ο μ.Χ. αιώνα, προφανώς για να μεταφερθεί στην Κωνσταντινούπολη.

1.3.5. Ναός Ρώμης και Αυγούστου

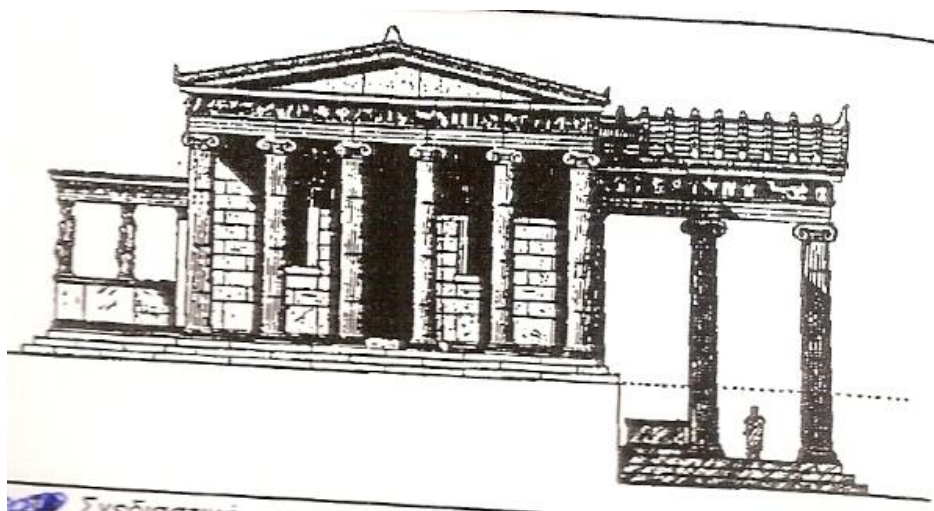
Ένας ναός αφιερωμένος στη θεά Ρώμη και στο θείο αυτοκράτορα Αύγουστο, βρίσκεται στα ανατολικά του Παρθενώνα.

Το στρογγυλό σχήμα και η ιωνική κιονοστοιχία που απλώς στηρίζει την ιωνική στέγη του μαρτυρεί τη Ρωμαϊκή του καταγωγή. Ο μονόπτερος αυτός ναός εγκαινιάστηκε το 27 π.Χ.

1.3.6. Ερέχθειο

Ένας ναός εξαιρετικά πολύπλοκος και ιδιόρρυθμος που ξεφεύγει αρκετά από τους άλλους ναούς. Άρχισε να κτίζεται το 420 π.Χ. και πήρε το όνομά του από τον Ερεχθέα-Ποσειδώνα και την Αθηνά στους οποίους ήταν αφιερωμένος.

Η ανάγκη να κατασκευαστεί το κτίριο σε διαφορετικά επίπεδα και η ύπαρξη πολλών ιερών σημείων περιόριζαν την ελευθερία δικαιολογώντας έτσι τις ιδιορρυθμίες της αρχιτεκτονικής του.



Εικόνα 11 Σχεδιαστική αναπαράσταση της Ανατολικής όψης του Ερεχθείου

Εκτός από το ότι βρίσκεται σε δυο επίπεδα παρουσιάζει δυο προστάσεις στο δυτικό τμήμα, μια στα Β.Δ. και μια στα Ν.Δ. Στα ανατολικά υπάρχουν οι 6 ιωνικοί κίονες, εκ των οποίων η μια βρίσκεται στο Βρετανικό Μουσείο. Το τμήμα αυτό στέγαζε στην αρχαιότητα το "ουρανόπεμπτο", όπως πιστευόταν, ξύλινο άγαλμα της Αθηνάς.

Το ιερό στο δυτικό τμήμα ήταν αφιερωμένο στον Ποσειδώνα, όπου φαίνονται τα σημάδια της φιλονικίας των δυο θεών. Η ελιά που υπάρχει εκεί είναι σύμβολο της νίκης της θεάς Αθηνάς. Μεγάλη εντύπωση προκαλούν οι

πλούσιοι ιωνικοί κίονες που υπερτερούν σε σχέση με κάθε άλλο μνημείο στην Ακρόπολη.

Στα νότια οι Καρυάτιδες, έξι λυγερές κοπέλες, φαίνεται να στηρίζουν με τα κεφάλια τους το γείσο μιας μικρής στοάς, βλέποντας προς το δρόμο που ακολούθησε η πομπή των Παναθηναίων και προς τον Παρθενώνα.

Στο Μουσείο της Ακρόπολης βρίσκονται σήμερα 4 πρωτότυπα από αυτές καθώς η μια βρίσκεται στο Βρετανικό Μουσείο και η τελευταία δεξιά είναι κατά το μεγαλύτερο μέρος ελεύθερη μίμηση της πρωτότυπης, η οποία δεν έχει βρεθεί.

1.3.7. Αρρηφόριον

Στα βορειοδυτικά του Ερεχθείου και σε επαφή με το βόρειο τείχος της Ακρόπολης αποκαλύφθηκαν τα οικοδομικά λείψανα ενός κτιρίου που ταυτίστηκε με το Αρρηφόριον. Μολονότι δεν έχουν διασωθεί παρά μόνον οι υψηλές θεμελιώσεις από ευπαθή πωρόλιθο, συνάγεται ότι το κτίριο συντίθετο από μια τετράγωνης κάτοψης αίθουσα και έναν περίβολο.

Το ιδιαίτερο αυτό αρχιτεκτονικό σύνολο αποτελούσε τον τόπο διαμονής των δύο επιλεγμένων κοριτσιών, ευγενικής καταγωγής, που τελούσαν τη μυστικιστική τελετή των Αρρηφορίων. Η ύπαρξη κλίμακας στο εσωτερικό του βορείου τείχους, η οποία οδηγούσε σε χαμηλότερο επίπεδο έξω από τον περίβολο της Ακρόπολης, ισχυροποιεί την ταύτιση του κτίσματος με το Αρρηφόριον, αφού από τις πηγές παραδίδεται ότι η «κάθοδος των Αρρηφόρων» αποτελούσε μέρος του τελετουργικού του εορτασμού των Αρρηφορίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : Η ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΝΟΣ ΑΡΧΑΙΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΝΑΟΥ

2.1. Η ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΝΟΣ ΑΡΧΑΙΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΝΑΟΥ

Γενικά

Ο αρχαίος ελληνικός ναός δεν ήταν χώρος λατρείας αλλά περισσότερο αφιέρωμα της πόλεως στους Θεούς. Η λατρεία γινόταν γύρω από αυτόν και όχι στο εσωτερικό του. Αποτέλεσμα είναι ότι διαμορφώθηκε σαν κτίσμα στραμμένο προς τα έξω κι όχι σαν έργο με εσωτερικό χώρο.

Η είσοδος των ναών γινόταν κατά κανόνα σχεδόν από την ανατολική πλευρά. Μεταξύ των ειδικών, υφίσταται πάντοτε το πρόβλημα του ακριβούς προσανατολισμού των Ελληνικών ιερών. Είναι πιθανόν να ισχύει η θεωρία ότι οι ναοί ήταν στραμμένοι προς το σημείο της ανατολής του ηλίου κατά την ημέρα εορτής του Θεού.

Μπροστά από την είσοδο στην ανατολική πλευρά του ναού, διαμορφώνεται ο χώρος για τη συγκέντρωση των πιστών, ένας είδος πλατείας με βωμούς για τις θυσίες και διάφορα αφιερώματα, κυρίως γλυπτά.

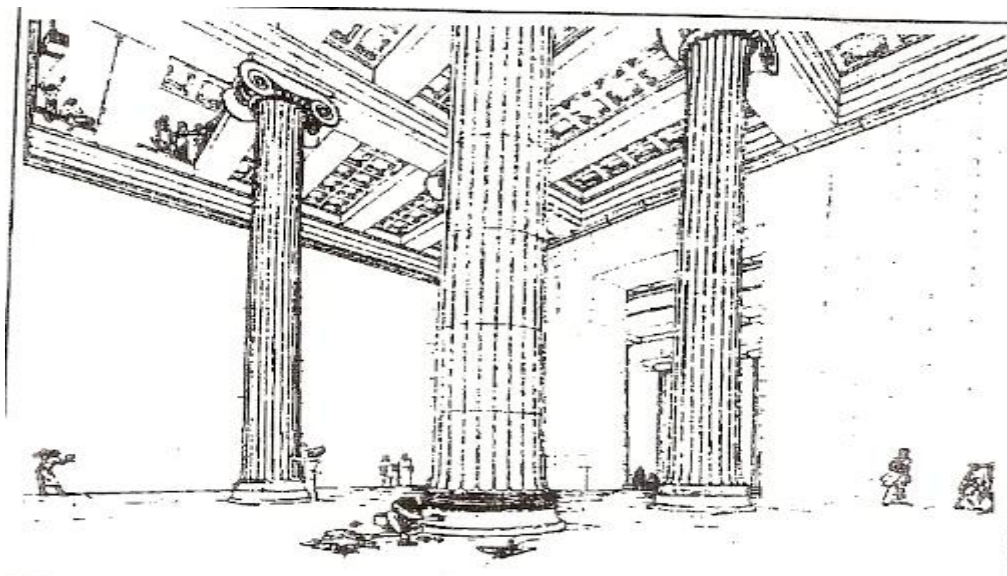
Στη θέση αυτή τοποθετούντο και στήλες με επιγραφές, νόμους και ψηφίσματα της πόλεως και εν γένει κείμενα που έπρεπε να δημοσιευθούν.

2.2. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ

Ο τρόπος με τον οποίο προγραμματίζονταν και στη συνέχεια κατασκευάζονταν στην αρχαία Ελλάδα τα μεγάλα δημόσια έργα μας είναι γνωστά περισσότερο από την Αθήνα. Η εκκλησία του Δήμου όριζε απευθείας τον υπεύθυνο αρχιτέκτονα, καθώς και μια μικρή επιτροπή που θα επιστατούσε στην εργασία. Η επιτροπή στην οποία συμμετείχε και ο αρχιτέκτων είχε στη διάθεσή της έναν γραμματέα και ενίοτε έναν ταμία. Ο αρχιτέκτων ετοίμαζε τα σχέδια καθώς και ακριβείς προδιαγραφές του έργου, μπορούσε όμως να αντικατασταθεί και η επίβλεψη (που διαρκούσε πολλά

χρόνια) να γίνει από άλλους αρχιτέκτονες. Η επιτροπή στη συνέχεια ανέθετε τμήματα του έργου, συνήθως περιορισμένα σε έκταση, σε εργολάβους ή και σε μεμονωμένους τεχνίτες. Οι κατακυρώσεις γίνονταν μπροστά στη Βουλή. Αυτή είχε αρμοδιότητα ελέγχου των λογαριασμών και διώξεως των παραβάσεων. Τις επιτροπές αποτελούσαν Αθηναίοι πολίτες. Είχαν περιορισμένη θητεία και μοίραζαν τις απευθείας αναθέσεις των εργασιών σε ομάδες τεχνικών.

Τον τρόπο της εργασίας τους μπορούμε να τον κατανοήσουμε με τη βοήθεια των κειμένων που μας διέσωσαν οι οικοδομικές επιγραφές. Πρόκειται για κείμενα σχετικά με την ανέγερση ή την επισκευή δημοσίων κτιρίων, τα οποία με μεγάλη λεπτομέρεια καθόριζαν τις υποχρεώσεις των εργολάβων και των τεχνιτών, περιλάμβαναν περιγραφές, προδιαγραφές, λογαριασμούς, εκθέσεις επιτροπών και τα παρόμοια. Τα κείμενα αυτά, χαραγμένα σε μαρμάρινες στήλες, εκθέτονταν σε δημόσιους χώρους, ώστε ο κάθε πολίτης να μπορεί να λάβει γνώση, δεδομένου ότι υπήρχε εξαιρετική ευαισθησία ως προς τα ζητήματα του δημοσίου. Ειδικότερα οι επιγραφές του Ερέχθειου δίνουν πλήθος πληροφοριών με τα ονόματα του εργατοτεχνικού προσωπικού, την συγκεκριμένη δουλειά του καθενός και την σχετική δαπάνη. Μαθαίνουμε έτσι ότι σε 107 τεχνίτες και εργάτες οι 24 ήταν Αθηναίοι πολίτες, οι 42 μέτοικοι, οι 20 δούλοι και οι 21 άγνωστοι.



Εικόνα 12 Οι 4 Ιωνικοί κίονες ύψους 12,49m (Δυτ. διαμέρ. Παρθενώνα)

Πολλοί από τους δούλους ανήκαν σε τεχνίτες και δούλευαν μαζί με τους κυρίους τους στο έργο. Οι αμοιβές τους δεν διέφεραν για το ίδιο είδος δουλείας. Με ετήσιο μισθό προσλαμβάνονταν ο αρχιτέκτων και ο γραμματέας. Όλοι οι υπόλοιποι αμείβονταν με ημερομίσθια ή με το κομμάτι. Για την ομοιομορφία της εργασίας και την συμμόρφωση προς τις προδιαγραφές ήταν υπεύθυνος ο αρχιτέκτονας. Οι αρχιτέκτονες κατασκεύαζαν σχέδια και μακέτες των κτηρίων, καθώς και πρότυπα μέλη τα οποία θα επαναλάμβαναν στη συνέχεια οι τεχνίτες. Δυστυχώς μας είναι γνωστά πολύ λίγα πράγματα για τα αρχιτεκτονικά σχέδια των Ελλήνων. Προβληματικά μένουν άλλωστε τα τεχνικά συστήματα με τα οποία πραγματοποιούσαν στην αρχαιότητα μετρήσεις και χαράξεις μεγάλης ακριβείας, απαραίτητες για το είδος των κατασκευών τους.

2.3. Η ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΗ ΤΟΥ ΑΡΧΑΙΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΝΑΟΥ

Βασικά στοιχεία

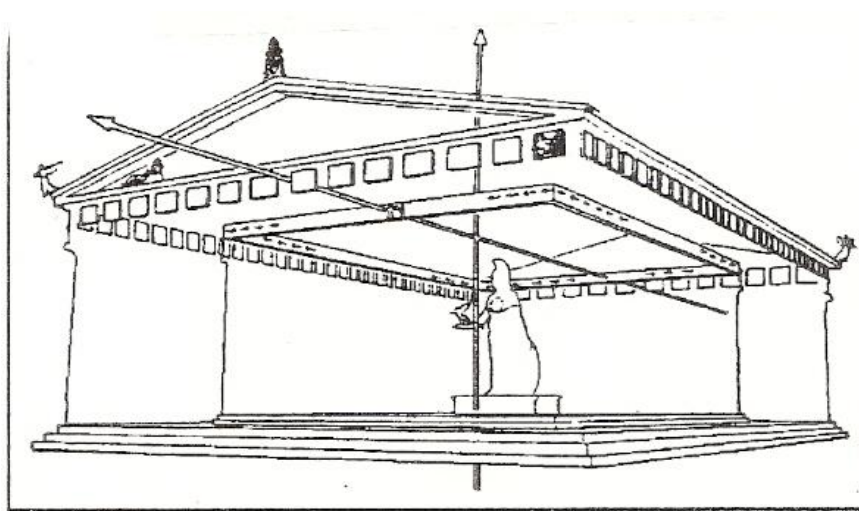
Οι αρχαίοι ελληνικοί ναοί έχουν πολύ μεγάλη ποικιλία μορφών και διαστάσεων. Η αρχιτεκτονική τους ακολουθεί συγκεκριμένους τύπους και ρυθμούς και είναι φανερό ότι υπάρχει αντιστοιχία ανάμεσα στο μέγεθος και στον τύπο του ναού. Ο εσωτερικός χώρος του ναού, η σηκός, είναι κατά κανόνα ορθογώνιος και περιορίζεται από τους τοίχους που είναι και φέροντα στοιχεία της στέγης, συνήθως όχι τα μόνα. Οι κίονες, μερικές φορές πολυάριθμοι, στηρίζουν και αυτοί τη στέγη μέσω ενός συστήματος κυρίων δοκών. Τα μήκη των δοκών κατά οικοδομική παράδοση κυμαίνονται μέσα σε δεσμευτικά όρια και υπαγορεύουν την πυκνότητα και τον αριθμό των κατακόρυφων φερόντων στοιχείων. Στους μικρούς ναούς, μόνο οι τοίχοι αρκούν ως φέροντα στοιχεία. Στους μεγάλους ναούς, ο αριθμός των κίωνων είναι ανάλογος με το μέγεθος του ναού.

Από ένα βαθμό και άνω η αύξηση του μεγέθους του ναού γίνεται με προσθήκη απλής και διπλής κionoστοιχίας γύρω από τον σηκό. Το απλό οικοδομικό σύστημα των ναών εξελίχθηκε, από την αρχική ή αρχέτυπη κατασκευή, σε ένα σύστημα αρχιτεκτονικών μορφών και κανόνων το οποίο

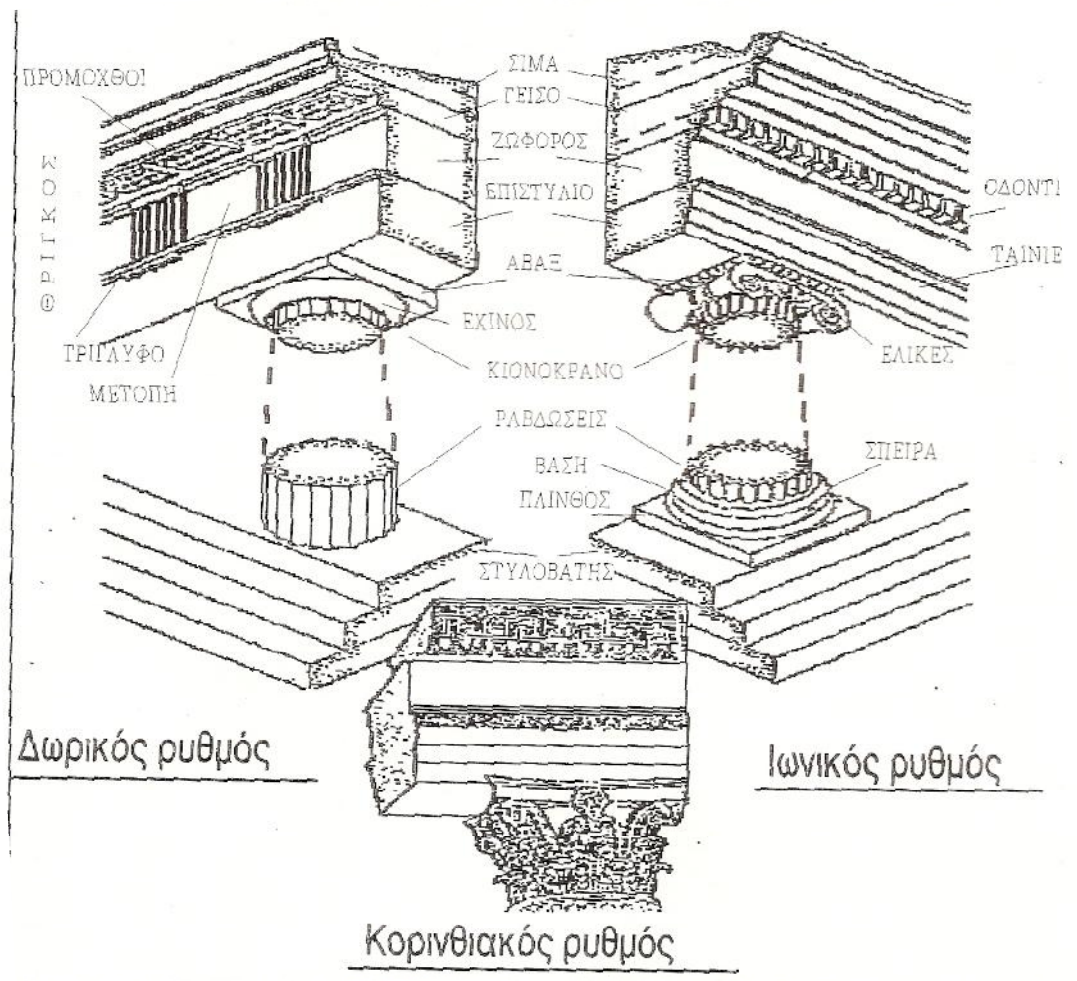
από την πρώιμη αρχαϊκή εποχή, αποδεσμεύεται από τα κατασκευαστικά αρχέτυπα, αποκτά πλήρη καλλιτεχνική αυτονομία και διέπεται από νόμους της τέχνης μάλλον παρά οικοδομικούς ή κτηριολογικούς.

Οι κίονες δεν είναι πλέον απλά στηρίγματα, πολύ περισσότερο, είναι τα κύρια πλαστικά στοιχεία μιας αρχιτεκτονικής συνθέσεως πληρών και κενών, δηλαδή στερεών σωμάτων και χώρου. Είναι σύστημα αναλογιών, ρυθμίζει τις σχέσεις πληρών προς κενά και οριζοντίων μεγεθών προς κατακόρυφα. Κατά κανόνα οι εξωτερικοί κίονες, όταν υπάρχουν, είναι παχύτεροι και σε πυκνότερη διάταξη από τους εσωτερικούς, ώστε εξαιρετικά το κτίριο να διατηρεί σε έναν επιθυμητό βαθμό το βασικό χαρακτήρα του κλειστού στερεού σώματος, ενώ εσωτερικά να επιτυγχάνεται ο χαρακτήρας του ελαφρότερου υπόστεγου χώρου, όπου όμως και εδώ, σε σημαντικό βαθμό, οι κίονες αποτελούν στοιχεία και της αρχιτεκτονικής διαρθρώσεως. Λόγω της διατηρήσεως της δασικής λειτουργίας του σηκού, οι ναοί διατηρούσαν σχεδόν πάντοτε την αρχική επιμήκη ορθογώνια κάτοψη, με τον μεγάλο άξονα προσανατολισμένο στη διεύθυνση Α→Δ.

Στον άξονα του ανατολικού τοίχου μια μεγαλοπρεπής θύρα αποτελούσε συνήθως το μόνο άνοιγμα εισόδου και φωτισμού του χώρου και κυρίως του αγάλματος. Η στέγη ήταν κατά κανόνα απλή δικλινής με άξονα αυτόν του ναού. Τα δυο τριγωνικά μέτωπά της, τα αετώματα, αποτελούσαν πάντοτε τα πιο ιδιαίτερα στοιχεία των δύο αντίθετων προσόψεων κάθε ναού.



Εικόνα 13 Ο διάκοσμος του Παρθενώνα



Εικόνα 14 Οι τρεις ρυθμοί της αρχαίας ελληνικής αρχιτεκτονικής

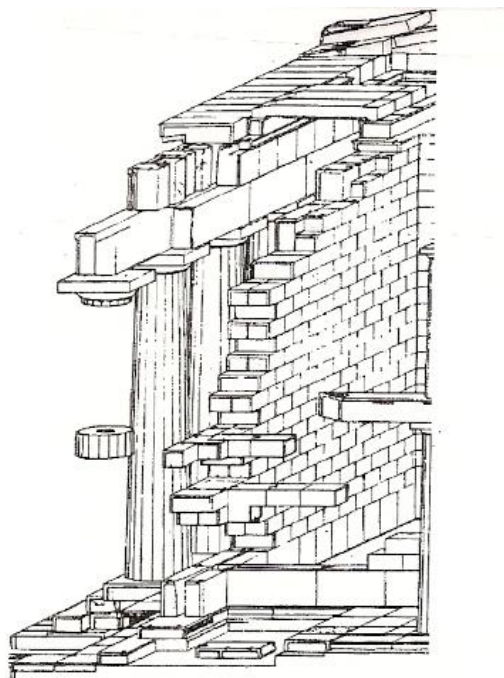
2.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΩΝ ΜΕΛΩΝ ΤΟΥ ΝΑΟΥ

Την κλασική εποχή, η οικοδομική συνίσταται σε συναρμολόγηση του κτιρίου με κατά το δυνατόν μεγάλους λαξευτούς λίθους απλής γεωμετρικής μορφής.

Λίθοι σε επάλληλες οριζόντιες στρώσεις σχηματίζουν τον τοίχο. Η συνέχεια και η στερεότητα της κατασκευής δεν επιτυγχάνεται με συνθετική ύλη (κονίες)

αλλά και μόνο με την τέλεια επαφή των λίθων (έδραση-τριβή) και την κατάλληλη διάταξη, ώστε να μη συμπίπτουν οι κατακόρυφοι αρμοί δυο επάλληλων στρώσεων (πλοκή). Τέλος, το αμετακίνητο των λίθων υπηρετούσαν και οι σύνδεσμοι που συνέδεαν τους λίθους και τις στρώσεις μεταξύ τους (αγκύρωση). Με όμοια αλλά μεγαλύτερου πάχους και μικρότερου ύψους κατασκευή σχηματίζεται ο στερεοβάτης και η κρηπίς.

Οι κορμοί των κίωνων, που στην ιδανική σχέση μορφής και κατασκευής θεωρούνται μονόλιθοι, κατασκευάζονται μονολιθικοί μόνο όταν αυτό είναι τεχνικώς δυνατό ή συμφέρον. Στις άλλες περιπτώσεις συναρμολογούνται κι αυτοί από επάλληλους λίθους, τους σπονδύλους. Αντιθέτως, το κιονόκρανο, αν και στη στερεομετρική του σύλληψη είναι άθροισμα δυο ανεξάρτητων στοιχείων, κατασκευάζεται μονόλιθο και ποτέ σε τεμάχια. Το επιστύλιο κατασκευάζεται μονόλιθο εφόσον αυτό είναι τεχνικώς δυνατό ή συμφέρον. Όταν δεν είναι, αναλύεται σε 2 ή 3 παράλληλα οικοδομικά στοιχεία και μερικές φορές και σε επάλληλα.



Εικόνα 15 Τα οικοδομικά μέλη του ναού του Παρθενώνα

Οι τρίγλυφοι και οι μετόπες είναι στη σύλληψή τους ανεξάρτητα στοιχεία και συνήθως κατασκευάζονται σε ξεχωριστούς λίθους: οι τρίγλυφοι με μεγάλο

βάθος, οι μετόπες ως πλάκες περασμένες μεταξύ των τριγλύφων. Συχνά, όμως, μετόπες και τρίγλυφοι είναι συμφυείς. Καθ' όμοιο τρόπο και τα υπόλοιπα μέρη της κατασκευής είναι μονόλιθα ή πολύλιθα ανεξάρτητα από την αυτοτέλεια ή μη που έχουν στην αρχική τους σύλληψη.

2.5. ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΣ

Ο χρωματισμός και ο γραπτός διάκοσμος, που αποτελούσε πολύ παλιά παράδοση της αρχιτεκτονικής, ολοκλήρωναν την εμφάνιση ενός ναού. Η σημερινή ροδόχρυση απόχρωση του μάρμαρου οφείλεται στο χρόνο. Τα οικοδομήματα της Ακρόπολης όταν ακόμα ήταν υπό κατασκευή παρουσίαζαν μια πολύ διαφορετική εμφάνιση επειδή το φρεσκοκομμένο μάρμαρο Πεντέλης είναι λευκότερο από το χιόνι και ακτινοβολεί εκτυφλωτικά. Αυτό το πρόβλημα υπήρχε φυσικά μόνο κατά τη διάρκεια της κατασκευής διότι αμέσως μετά γινόταν η κάλυψη των λευκών επιφανειών με διάφορα χρώματα. Η ακριβής κατανομή των χρωμάτων δεν είναι γνωστή. Φαίνεται πάντως πως χρησιμοποιούσαν τα εξής χρώματα:

Κρηπίδα, κίονες και επιστύλιο: ωχρόλευκο

Ταινία: κόκκινο με χρυσό μαϊάνδρο

Κανόνες: βαθύ κυανό με χρυσά ανθέμια

Πρόμοχθοι: κυανό

Τρίγλυφα και βάθος μετόπης: εναλλάξ κυανό και κόκκινο

Τύμπανο αετώματος και βάθος ζωφόρου: κυανό

Κομμάτια, αστράγαλοι, ανθέμια, φατνώματα, ακροκέραμοι: συνδυασμός κόκκινου, κυανού, κίτρινου, πράσινου και χρυσού

Πλαστικός διάκοσμος: πολυχρωμία και χρήση επιχρυσωμένων εξαρτημάτων από ορείχαλκο.

2.6. ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΕΙΡΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Η μελέτη των αρχαίων ελληνικών ναών δίνει πολλές πληροφορίες και για τη χρονική σειρά των εργασιών της κατασκευής. Σε πολλές περιπτώσεις η

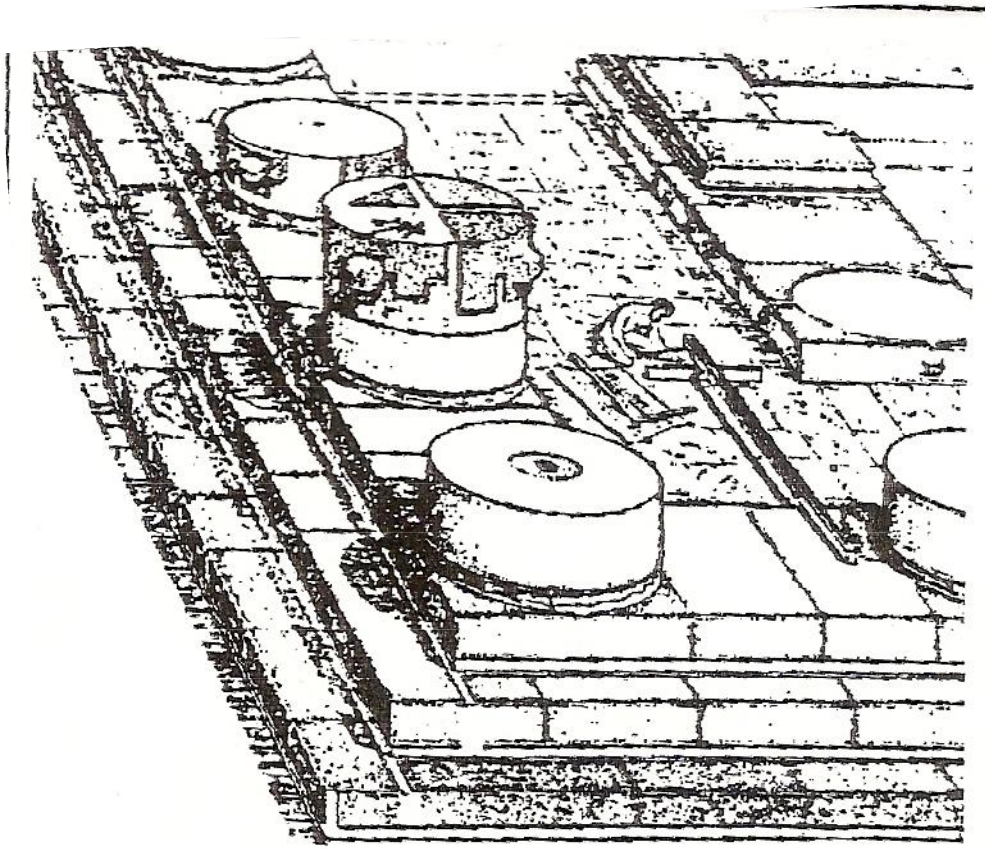
διάρκεια της κατασκευής υπήρξε πολλή μεγάλη εξαιτίας διαφόρων δυσμενών παραγόντων. Σε τέτοιες περιπτώσεις φρόντισαν πρώτα να τελειώνουν τουλάχιστον το λειτουργικά χρησιμότερο μέρος ενός ναού, δηλαδή το σηκό. Αργότερα προσέθεταν τους εξωτερικούς κίονες αρχίζοντας από την κύρια πλευρά. Σε άλλες περιπτώσεις και εφόσον υπήρχε προοπτική, για σύντομη εκτέλεση του έργου ή κατασκευή άρχιζε με την περίσταση και μετά προχωρούσε στο σηκό. Το γεγονός ότι ο Παρθενώνας χτίστηκε μέσα σε οκτώ χρόνια μόνο κάνει βέβαιο ότι η περίσταση και ο σηκός χτίζονταν συγχρόνως με μικρή μόνο διαφορά ως προς την πρόοδο του ύψους. Το ίδιο άλλωστε έχει διαπιστωθεί και για τον πρώτο μαρμάρινο Παρθενώνα, τον Προπαρθενώνα. Ο τοιχοβάτης του σηκού του ήταν ήδη τοποθετημένος ενώ η κατασκευή των κιόνων δεν είχε ακόμα προχωρήσει υψηλότερα από τον δεύτερο ή τρίτο σπονδύλο. Το ίδιο ίσχυε και για την κατασκευή των εσωτερικών κιόνων του. Η χρονική σειρά των εργασιών κατασκευής του Παρθενώνα έχει ως εξής:

- Εξόρυξη Πειραϊκών λίθων για το συμπαγές θεμέλιο.
- Λάξευση οριζόντιων επιφανειών επάνω στον επικλινή βράχο (βαθμίδες) και οικοδόμηση του θεμελίου (μέγιστο ύψος περίπου 11 μέτρα)

Συγχρόνως εξόρυξη πεντελικού μάρμαρου για την κρηπίδα, τους κίονες και τους τοίχους

- Μεταφορά, προετοιμασία και τοποθέτηση των μαρμάρων της κρηπίδος
- Προμήθεια ογκώδους ξυλείας και κατασκευή των υψηλών ικριωμάτων για την ανέγερση των κιόνων
- Τοποθέτηση των πρώτων σπονδύλων
- Διακοπή και καταστροφή του έργου από τους Πέρσες (480 π.Χ.)
- Νέα αρχή των εργασιών (447 π.Χ.) μετά από τροποποίηση του παλαιότερου σχεδίου. Προμήθεια νέου πωρολίθου για τη διεύρυνση του παλαιού θεμελίου. Διάλυση των ήδη κτισμένων μαρμάρινων μερών. Απομάκρυνση των κατεστραμμένων μαρμάρων.
- Συμπλήρωση των διαφόρων ποσοτήτων με νέα μάρμαρα από τα λατομεία της Πεντέλης
- Οικοδόμηση της νέας κρηπίδος. Οικοδόμηση της κρηπίδος του σηκού.

- Προμήθεια ξυλείας και κατασκευή βοηθητικών ικριωμάτων και ισχυρών γερανών.
- Ανέγερση κίωνων και τοίχων. Οι σπόνδυλοι τοποθετούνται αρράβδωτοι, εφοδιασμένοι με παχύ άπεργο. Οι τοίχοι κτίζονται με άπεργα.
- Προετοιμασία μετόπων και κιονοκράνων αμέσως μετά την έναρξη των κίωνων, τοποθέτηση κιονοκράνων, επιστυλίων, τριγλύφων και μετόπων. Παράλληλη ετοιμασία φατνωματικών πλακών μαρμάρινων κεραμίδων.
- Τοποθέτηση των γείσων. Τοποθέτηση των λίθων της ιωνικής ζωφόρου υπό μορφήν απλών ορθογώνιων πρισμάτων. Τοποθέτηση υποδοκιών.
- Έναρξη της λαξεύσεως της ζωφόρου επάνω στο κτίριο.
- Τοποθέτηση των φατνωματικών ορόφων.
- Κατασκευή της στέγης και χρωματισμός της οροφής.
- Εκτέλεση των ραβδώσεων των κίωνων, αφαίρεση των απέργων των οθροστατών, των δαπέδων της κρηπίδος.
- Ολοκλήρωση των εργασιών για το μεγάλο άγαλμα της Παρθένου.
- Εγκαίνια του ναού (438 π.Χ.)
- Πρόοδος της ετοιμασίας των εναετιών γλυπτών.
- Τοποθέτηση των εναετιών και των ακρωτηρίων.



Κατασκευή

Εικόνα 16 Κατασκευή των κίωνων της εξωτερικής περίστασης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

3.1.ΔΟΜΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΑ ΜΝΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΑΚΡΟΠΟΛΗΣ

Τα μνημεία της Ακρόπολης, ανεκτίμητοι μάρτυρες του παρελθόντος αποτελούν πολιτιστική κληρονομιά καθώς και κοινό αγαθό, όχι μόνο για τους πολίτες της Ελλάδας αλλά και ολόκληρης της υφηλίου.

Ήδη από το 1975 τέθηκε ο θεμέλιος λίθος της νεότερης στη σύγχρονη ιστορία περιόδου των αποκαταστάσεων. Η πρόοδος που επιτεύχθηκε από τότε μέχρι σήμερα είναι αποτέλεσμα της σκληρής προσπάθειας ενός συνόλου ανθρώπων, ποικίλων αρμοδιοτήτων, οι οποίοι μόχθησαν και εξακολουθούν να εργάζονται σκληρά, χρησιμοποιώντας τόσο τις επιστημονικές τους γνώσεις όσο και τις τεχνικές τους δεξιότητες. Η αποκατάσταση των μνημείων είναι γι' αυτούς έργο-δημιουργία, που απαιτεί κατάθεση ψυχής και σώματος, και το επιτελούν καθοδηγούμενοι από σεβασμό και αγάπη γι' αυτά.

Ανάμεσα στις απασχολούμενες ειδικότητες η δομοστατική μηχανική είναι ο κλάδος της επιστήμης που κατεξοχήν είναι υπεύθυνος για την επίτευξη της ενίσχυσης και της αποκατάστασης των μνημείων, ώστε να εξασφαλιστεί η διαφύλαξή τους για τις επόμενες γενιές. Η αποκατάσταση των μνημείων περιλαμβάνει ένα πλήθος εξειδικευμένων εργασιών, που οφείλουν να συνυπολογίσουν πολλαπλές παραμέτρους, ώστε να επιλυθεί μια σωρεία προβλημάτων πριν ληφθούν οι τελικές αποφάσεις.

3.2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ-ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΚΡΟΠΟΛΕΩΣ ΑΘΗΝΩΝ

Στο πλαίσιο του έργου συντηρήσεως των μνημείων της Ακρόπολης έγινε η γεωλογική-γεωτεχνική μελέτη της περιοχής του λόφου Ακροπόλεως των Β. Ανδρονόπουλο και Γ. Κούκη το 1976. Στη μελέτη αυτή εξετάστηκε η

γεωλογική δομή και η λιθολογική σύσταση της περιοχής και η θέση των γεωλογικών σχηματισμών στον ευρύτερο χώρο. Εξετάστηκαν περαιτέρω ειδικότερα θέματα Τεχνικής Γεωλογίας, δηλαδή οι υδρογεωλογικές συνθήκες και η μικροτεκτονική του λόφου της Ακρόπολης, η σεισμικότητα της ευρύτερης περιοχής και οι συνθήκες στον χώρο των Αθηνών. Επίσης διευρύνθηκε η επίδραση των παραγόντων αποσαθρώσεως-διαβρώσεως επί των λιθολογικών σχηματισμών της Ακρόπολης, ο ρόλος του υπόγειου ύδατος, ως παράγοντας που επηρεάζει τις συνθήκες ευστάθειας και η φυσική κατάσταση του πετρώματος από την πλευρά των συνθηκών διαρρήξεως και χαλάρωσης. Ο σκοπός της γεωλογικής μελέτης είναι:

- α) Η διερεύνηση των γεωλογικών και υδρογεωλογικών συνθηκών στην περιοχή της Ακρόπολης .
- β) η επισήμανση τυχόν κινδύνων τοπικής ή γενικότερης σημασία που οφείλονται στις γεωλογικές συνθήκες της περιοχής,
- γ) η διατύπωση προτάσεων για την εκτέλεση συμπληρωματικών ερευνητικών εργασιών και για τη λήψη κατάλληλων μέτρων προστασίας.

Οι σκοποί που αναφέραμε επέβαλλαν την εκτέλεση των παρακάτω εργασιών:

- Ø Λεπτομερής γεωλογική χαρτογράφηση της περιοχής υπό κλίμακα 1:500 κατά την οποία αποτυπώθηκαν επακριβώς οι λιθολογικοί σχηματισμοί του υπόβαθρου και του καλύμματος των νεότερων χαλαρών αποθέσεων και συντάχτηκαν γεωλογικές τομές σε καίριες θέσεις και σε επαρκή αριθμό.
- Ø Μελέτη της τεκτονικής και αποτύπωσης των κύριων και δευτερευόντων ρηγμάτων.
- Ø Εξέταση των υδρογεωλογικών συνθηκών και σύνταξη υδρολιθολογικού χάρτη.
- Ø Μελέτη της φυσικής κατάστασης των πετρωμάτων και εκτίμηση της δράσης των αποσαθρωτικών-διαβρωτικών παραγόντων και του ρόλου του ύδατος.
- Ø Συγκέντρωση και μελέτη των στοιχείων της σεισμικότητας της περιοχής.

- Ø Δειγματοληψία των κύριων λιθολογικών σχηματισμών και εκτέλεση εργαστηριακών δοκιμών για την εκτίμηση ορισμένων μηχανικών χαρακτηριστικών.
- Ø Επισημάνση των επισφαλών θέσεων.

3.2.1. Γεωλογική δομή της περιοχής

Διάφορες απόψεις έχουν διατυπωθεί, διαφορετικές μεταξύ τους, κυρίως ως προς την ηλικία των διαφόρων σχηματισμών και την ερμηνεία των τεκτονικών σχέσεων. Διαφορετικές απόψεις υπάρχουν και μεταξύ των νεότερων ερευνητών.

Πράγματι έχουν διαπιστωθεί ποικίλες φάσεις ιζηματογενών σχηματισμών, εκρηξιγενή πετρώματα μεγάλου φάσματος ως προς τον μαγνητικό τύπο και την πετρογένεση, διαδικασία μεταμορφώσεως ποικίλης έντασης, που επηρεάζουν την αρχική δομή του πετρώματος και τέλος, ισχυρή πτύχωση και έντονος εν γένει τεκτονισμός.

Στο χώρο της Αθήνας το γεωλογικό υπόβαθρο συγκροτείται από μια σειρά γνωστή ως σχιστόλιθοι των Αθηνών, φλυσχοειδούς τύπου. Διαπιστώθηκε ότι η διάπλαση των σχιστόλιθων των Αθηνών περιλαμβάνει αργιλικούς σχιστόλιθους, ψαμμίτες, πυριτιόλιθους, μάργα και ασβεστόλιθους.

Η ιζηματογενής σειρά των σχιστόλιθων των Αθηνών συνοδεύεται από μικρές εμφανίσεις εκρηξιγενών πετρωμάτων είτε διαβασικού τύπου είτε υπερβασικού τύπου.

Ο ΧΑΡΤΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΑΙ ΤΟΜΑΙ ΛΟΦΟΥ(στο παράρτημα)

3.2.2. Τεκτονική

Η περιοχή της Ακρόπολης των Αθηνών εντάσσεται σε έναν ευρύτερο χώρο, για την δομή του οποίου και την τεκτονική θέση των γεωλογικών σχηματισμών, έχουν διατυπωθεί ποικίλες διαμετρικώς αντίθετες απόψεις. Βασικό στοιχείο της τεκτονικής του λόφου είναι η συμπτώχωση και ομόφωνη

δομή των ασβεστολίθων και των υποκείμενων σχιστοψαμμίτων. Τα στρώματα κατά κανόνα κλίνουν προς το εσωτερικό του λόφου με ασθενή έως μέτρια κλίση. Οι πτυχές των ασβεστολίθων είναι ασαφείς, μεγάλης ακτίνας ενώ στους σχιστοψαμμίτες είναι σαφώς πτυχωμένη ή και μικροπτυχωμένη δομή.

Αξιοσημείωτο είναι ότι στην άνω επιφάνεια της Ακρόπολης παρατηρούνται ως επί το πλείστον τα ίχνη ασημαντων μάλλον διαρρήξεων, κυρίως κατά την διεύθυνση Α-Δ, χωρίς κατακλαστικά φαινόμενα του περιβάλλοντος πετρώματος. Τέλος, σε τελευταία φάση θραύσεων και μετακινήσεων ασβεστολιθικών μαζών πρέπει να αποδοθούν ορισμένες λείες και ανώμαλες επιφάνειες ασυνέχειας στην βόρεια, ανατολική και νότια πλευρά της Ακρόπολης.

3.2.3. Υδρογεωλογικές συνθήκες

Οι υδρογεωλογικές συνθήκες στον λόφο καθορίζονται από την υδρογεωλογική συμπεριφορά των λιθολογικών σχηματισμών, εκ των οποίων δομείται η περιοχή. Οι ασβεστόλιθοι οι οποίοι συνιστούν το μέγιστο τμήμα χαρακτηρίζονται ως υδατοπερατός καρστικός σχηματισμός, η περατότητα του οποίου οφείλεται στον έντονο τεκτονισμό (δίκτυο διαρρήξεων) των ασβεστολιθικών στρωμάτων. Από το νερό των βροχοπτώσεων ένα ποσοστό ρέει επιφανειακά ή εξατμίζεται, το υπόλοιπο 1/3 περίπου της συνολικής βροχοπτώσεως, εισχωρεί εντός του υδατοπερατού σχηματισμού. Ο συντελεστής εισχώρησης δεν είναι ο ίδιος σε όλη την επιφάνεια του λόφου της Ακρόπολης. Σημαντικό τμήμα της άνω επιφάνειας καλύπτεται από τεχνητά επιχώματα λεπτομερούς αργιλομαργαϊκού υλικού μειωμένης υδατοπερατότητας. Η ύπαρξη αντιθέσεως, τάφρων και άλλων τεχνητών κοιλοτήτων διευκολύνει σε ορισμένες θέσεις την προνομιακή εισχώρηση του ύδατος.

Επισημαίνεται εξάλλου το γεγονός ότι στην άνω επιφάνεια του ασβεστολιθικού λόφου οι διαρρήξεις και διακλάσεις πληρούνται από ασβεστολιθικό ή αργιλομαργαϊκό υλικό και επομένως ο συντελεστής κατείσδυσης εμφανίζεται εκεί μειωμένος. Αντίθετα, στα πρανή η ισχυρή

διάρρηξη και οι ανοικτές ρωγμές διευκολύνουν την κατείσδυση εκεί όπου η κλίση του πρηνούς είναι ηπιότερη.

Ο υδροφόρος ορίζοντας εκφορτίζεται από τρεις μικροπηγές, δηλαδή:

- της πηγής Κλεψύδρας, στην ΒΔ πλευρά του λόφου
- της πηγής Κρήνη, στο ανατολικό τμήμα της νότιας βάσεως της Ακρόπολης
- μιας μικροπηγής δίπλα της δεξαμενής της νότιας πλευράς.

Η ύπαρξη των πηγών αυτών είναι ενδεικτική της διαμόρφωσης υπογείων υδροκριτών, οφειλομένων στην μορφολογία της επαφής των σχιστόλιθων προς τους ασβεστόλιθους, η οποία παρουσιάζει κάμψεις κυρίως λόγω πτυχών. Η διαμορφούμενη υπόγεια μορφολογία της επαφής επιτρέπει την εκφόρτιση του υδροφόρου ορίζοντος από τρία εμφανή σημεία, παρά την μικρή έκταση της επιφάνειας των σχιστολίθων. Σημειωτέον ότι είναι πολύ πιθανόν να υπάρχουν και άλλα σημεία εκφόρτισης, κυρίως στο Ανατολικό τμήμα του λόφου.

3.2.4. Η μικροτεκτονική του λόφου της Ακρόπολης

Γενικά

Για την μελέτη ειδικότερα του μηχανισμού διαρρήξεως και τον προσδιορισμό των προτιμώμενων επιπέδων ασυνέχειας έγινε μικροτεκτονική ανάλυση των ασβεστόλιθων της Ακρόπολης δεδομένου ότι η πιθανή παρουσία επιπέδων ασυνέχειας με δυσμενή προσανατολισμό αποτελεί σοβαρό παράγοντα χαλάρωσης και αστάθειας των πρηνών. Για τον σκοπό αυτό έγινε λεπτομερής αποτύπωση των διακλάσεων και λεπτών διαρρήξεων. Συγκεκριμένα επιλέχθηκαν 11 θέσεις στην άνω επιφάνεια και 12 στα πρηνή και η κάθε περίπτωση συμπεριέλαβε μετρήσεις 80-150 τεκτονικών στοιχείων.

Σαν συνέχεια τα δεδομένα των διευθύνσεων και κλίσεων των επιπέδων ασυνέχειας, προβλήθηκαν σε δίκτυο Schmindt και έγινε στατιστική ανάλυση αυτών για τον προσδιορισμό των προτιμώμενων επιπέδων διάρρηξης.

3.2.5. Η αξιολόγηση των μικροτεκτονικών διαγραμμάτων

(Τα διαγράμματα που ακολουθούν βρίσκονται στον μικροτεκτονικό χάρτη)

Στο διάγραμμα 2 (πάνω από το ναό της Θέμιδος) εκτός της μείζονος διαρρήξεως με διεύθυνση B45° και κλίση 35° NA, τα τεκτονικά στοιχεία δεν φαίνονται να επηρεάζουν δυσμενώς την ευστάθεια του πρανούς, δεδομένης της σχετικής αραιής πυκνότητας των διακλάσεων και του προσανατολισμού των δυο κύριων επιπέδων.

Στο διάγραμμα 6 (στο πρανές ανατολικά του μουσείου) διαγράφεται ένα κύριο επίπεδο με ισχυρή κλίση παράλληλα προς το πρανές. Παρά της ισχυρής κλίσης αυτά τα επίπεδα δεν είναι ιδιαίτερος δυσμενής για την ευστάθεια του πρανούς, όμως σε συνδυασμό με την παρουσία αραιών δευτερευόντων οριζοντίων είναι δυνατόν να δημιουργηθούν δυσμενείς συνθήκες που οδηγούν σε αυξημένη χαλάρωση της ασβεστολιθικής μάζας.

Στο διάγραμμα 7 (ανατολικά του πυργίσκου της σημαίας) διαγράφεται σαφώς ότι τα κύρια επίπεδα ασυνέχειας έχουν ποικίλο προσανατολισμό, τόσο ως προς τη διεύθυνση όσο και τον βαθμό της κλίσεως. Αντικατοπτρίζεται συνεπώς ο εμφανής πυκνός και κατά ποικίλες διευθύνσεις κερματισμός της περιοχής, στην οποία εξάλλου εντοπίζεται και των σημαντικών διαστάσεων στο σπήλαιο της ανατολικής πλευράς.

Στο διάγραμμα 11 διαγράφονται δυο κύριες διευθύνσεις επιπέδων, παράλληλες και διαγώνιες προς το πρανές με μέτριες κλίσεις προς το εσωτερικό του πρανούς. Αυτά τα επίπεδα ασυνέχειας δεν χαρακτηρίζονται ως δυσμενή για την ευστάθεια του πρανούς.

Στο διάγραμμα 12 διαγράφεται ένα κύριο επίπεδο διευθυμένο διαγώνιο προς τις υψομετρικές καμπύλες με κλίση 60°-65° προς το εσωτερικό του πρανούς. Συγχρόνως εντοπίζεται η παρουσία σχετικώς αραιότερων επιπέδων ασυνέχειας, περίπου εγκάρσιων προς την διεύθυνση του κυρίου επιπέδου και με κλίση ομόρροπη προς το πρανές. Ο συνδυασμός αυτών δημιουργεί δυνητικές συνθήκες θραύσεως και αποκολλήσεως ασβεστολιθικών μαζών με μια περιοχή όπου η παρουσία των μεγάλων σπηλαίων Απόλλωνος και Πανός επιτείνει τον βαθμό επικινδυνότητας του πρανούς.

Στο διάγραμμα 1 (κάτωθεν του ναού της Απτέρου Νίκης) έχουν προβληθεί μετρήσεις επί μιας στενής, μικρού πάχους ασβεστολιθικής ζώνης. Τα τεκτονικά στοιχεία εμφανίζουν σχετική διασπορά ως προς τη διεύθυνση και κλίση αυτών, τέμνοντας διαγώνια το πρηνές με κλίση 50° - 60° προς Α και ΝΑ. Οι μικροτεχνικές συνθήκες στη θέση αυτή δεν εμπνέουν ιδιαίτερη ανησυχία. Στα διαγράμματα 4 και 5 (νότια πλευρά, πλησίον του χριστιανικού ναΐσκου) διαγράφεται ένα κύριο επίπεδο ασυνέχειας με διεύθυνση εγκάρσιας προς τις υψομετρικές καμπύλες και κλίση 45° - 50° προς Α. Τα στοιχεία αυτά δεν διαμορφώνουν γενικώς δυσμενείς συνθήκες, εφόσον η πυκνότητα των διακλάσεων δεν είναι αυξημένη.

Στο διάγραμμα 3 (άνωθεν του Ασκληπιείου) δεν υπάρχει τίποτα το δυσμενές. Στα διαγράμματα 8 και 9 ο προσανατολισμός των επιπέδων ασυνέχειας και η μικρή τους πυκνότητα δεν δικαιολογούν καμία ανησυχία. Τονίζουμε όμως ότι η θέση του διαγράμματος 9 είναι δίπλα σε πυκνά διαρρηγμένη (κερματισμένη) περιοχή.

Στο διάγραμμα 13 (περιοχή Προπυλαίων) παρατηρείται μια υψηλή διασπορά και ποικίλος προσανατολισμός των τεκτονικών στοιχείων σε βαθμό ο οποίος δεν επέτρεψε την στατιστική επεξεργασία αυτών.

Τα διαγράμματα 14-17 (στο δυτικό τμήμα της άνω επιφάνειας του λόφου) συνιστούν ομάδα με κοινό χαρακτηριστικό τον σαφή διασκορπισμό των πόλων των επιπέδων ασυνέχειας με διαφαινόμενη ελαφρά τάση προσανατολισμού στα διαγράμματα 15 και 16. Αξιοσημείωτο είναι επίσης η επικράτηση μέτριων έως ισχυρών κλίσεων στα επίπεδα διακλάσεως. Ίδια περίπου εικόνα στα διαγράμματα 18-19 (δυτικά του Παρθενώνα).

Στο διάγραμμα 20 διαγράφονται δυο κύριες διευθύνσεις επιπέδων ασυνέχειας. Η περιοχή, με ηπιότατο πάντως κλίμα βρίσκεται σε απόσταση 30-40μ. από μια σημαντική διάρρηξη του βόρειου πρηνούς, η διεύθυνση της οποίας συμπίπτει με έναν από τους δυο άξονες των κύριων επιπέδων ασυνέχειας. Στα διαγράμματα 21-22 (ανατολικά του Παρθενώνα και βόρεια του Μουσείου) δεν προκύπτει ιδιαίτερο πρόβλημα (διασπορά των τεκτονικών στοιχείων, αραιές διαρρήξεις. Στο διάγραμμα 23 (βόρεια του Μουσείου) διαφαίνεται αυξημένη συγκέντρωση των επιπέδων ασυνέχειας κατά την διεύθυνση Β-Ν με ισχυρή κλίση προς Δ. Η περιοχή που παρουσιάζει μέτρια κλίση προς ΝΑ και είναι κοντά με την απόκρημνη ανατολική πλευρά του

λόφου. Οι διακλάσεις και οι λεπτές διαρρήξεις εμφανίζουν ενίοτε μικρές κατακόρυφες μετατοπίσεις και είναι συχνά ανοικτές λόγω διαβρωτικής δράσεως του νερού. Πιθανώς είναι σκόπιμη η λήψη προστατευτικών μέτρων για την πρόληψη της χαλάρωσης της ασβεστολιθικής μάζας.

3.2.6. Σεισμικότητα ευρύτερης περιοχής

Η ευρύτερη περιοχή της Αττικής χαρακτηρίζεται από συνθήκες ασθενούς σεισμικής δράσεως. Οι συνθήκες αυτές ρυθμίζονται κυρίως από δυο σεισμικά τόξα του χώρου, της νοτιοανατολικής Ελλάδας, εκ των οποίων το ένα διευθύνεται κατά τον επιμήκη άξονα των στενών Αταλάντης-Ευρίπου, το άλλο εντοπίζεται κατά μήκος των ΒΑ ακτών της Πελοποννήσου και των ακτών του Κορινθιακού Κόλπου. Από την οριζόντια και κατακόρυφη κατανομή των σεισμικών επικέντρων προκύπτει ότι οι περισσότεροι σεισμοί είναι επιφανειακοί και μικρού μεγέθους. Οι μετρίου βάθους και οι μεγάλου μεγέθους επιφανειακοί δεν υπερβαίνουν τους 25.

3.2.7. Φυσική κατάσταση των πετρωμάτων

Η επίδραση των παραγόντων αποσαθρώσεως-διαβρώσεως

Είναι γνωστό ότι οι διαδικασίες της αποσαθρώσεως-διαβρώσεως των λιθολογικών σχηματισμών επηρεάζουν σοβαρά τις μηχανικές αντοχές των στρωμάτων και την ευστάθεια αυτών.

Στην περίπτωση του λόφου της Ακρόπολης τα πρηνή αποτελούνται κατά το μεγαλύτερο τμήμα από ασβεστολιθικά και ασβεστομαργαϊκά στρώματα. Ο βαθμός διαρρήξεως των στρωμάτων αυτών ποικίλλει, εντοπίσθηκαν και θέσεις κυρίως στη βόρεια και ανατολική πλευρά του λόφου οι οποίες χαρακτηρίζονται από πυκνό δίκτυο διακλάσεων. Σε αυτές τις θέσεις εμφανίζεται εντονότερα η δράση των αποσαθρωτικών παραγόντων.



Εικόνα 17 Βόρεια πλευρά της Ακρόπολης. Αστρωτος, συμπαγής ασβεστόλιθος, ασθενώς διερρηγμένος αλλά με σαφή τα ίχνη της διαβρώσεως και με διεύρυνση των ρωγμών κατά μήκος των επιφανειών ασυνεχίας.

Οι κλιματικές και λιθολογικές συνθήκες της περιοχής ευνοούν την συνδυασμένη δράση φυσικών και χημικών αποσαθρωτικών παραγόντων όπως είναι το επιφανειακό νερό, ο ατμοσφαιρικός αέρας, οι περιοδικές μεταβολές της θερμοκρασίας και ο άνεμος. Αποτέλεσμα είναι η βαθμιαία χαλάρωση και ο αποχωρισμός του πετρώματος σε μικρότερα ή μεγαλύτερα τεμάχια (ανάλογα της πυκνότητας της διαρρήξεως) με ανάλογη μείωση της διατμητικής αντοχής.

3.2.8. Συνθήκες διαρρήξεως

Στο μεγαλύτερο τμήμα της δυτικής και νότιας πλευράς του λόφου το ασβεστολιθικό πέτρωμα είναι συνεκτικό και συμπαγές και υπάρχει ένα αραιό σχετικά δίκτυο διαρρήξεων, ενώ στην άνω επιφάνεια οι σχετικά πυκνές διακλάσεις πληρούνται από ασβεστολιθικό υλικό. Στη βόρεια όμως και την ανατολική πλευρά οι συνθήκες είναι δυσμενέστερες. Το πέτρωμα είναι συνήθως πολλαπλώς διερρηγμένο και σε πολλές θέσεις σημαντικά χαλαρωμένο.



Εικόνα 18 Ζώνη χαλαρώσεως και κερματισμού του ασβεστολιθικού πετρώματος λόγω της έντονης διάρρηξης και της ισχυρής δράσης των αποσαθρωτικών παραγόντων.



Εικόνα 19 Ν.Α. πλευρά της Ακροπόλεως. Τεφρός, άστρωτος ασβεστόλιθος, κερματισμένος λόγω πυκνού δικτύου διαρρήξεων και ισχυρής διαβρώσεως.

Οι συνθήκες οι οποίες οδήγησαν στην υποβάθμιση του πετρώματος αναλύονται παρακάτω:

- a. Πυκνότητα των διακλάσεων, υψηλή ανά μονάδα επιφάνειας και σημαντικό μήκος των γραμμών διαρρήξεως του πετρώματος
- b. Δυσμενής προσανατολισμός των επιπέδων διακλάσεων
- c. Παρουσίαση επιπέδων ασυνέχειας σημαντικού μήκους, με μικρή κλίση ή και οριζόντιες με αποτέλεσμα να διευκολύνεται ο αποχωρισμός του πετρώματος και η εξασθένηση της στήριξης
- d. Ανοικτές ρωγμές στα επίπεδα ασυνέχειας (απουσία υλικού πληρώσεως)
- e. Παρουσία στα πρηνή επίπεδων διαρρήξεως με κλίση παράλληλη προς το πρηνές ή μικρότερη και παρουσία διακλάσεων προσανατολισμένων όμως σε πυκνό δίκτυο παράλληλο προς το πρηνές, με αποτέλεσμα τη χαλάρωση του πετρώματος.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι σε ορισμένες θέσεις των ασβεστολιθικών πρηνών, οι αρχικά υψηλές μηχανικές αντοχές του ασβεστολιθικού υλικού έχουν μειωθεί σοβαρά, λόγω της πυκνής κατατμήσεως του πετρώματος και της δράσης των αποσαθρωτικών παραγόντων. Σε ακραίες περιπτώσεις ολικής απώλειας στηρίξεως οφείλεται και η απόσταση και ελεύθερη πτώση ασβεστολιθικών όγκων στα πρηνή. Είναι προφανές ότι στο εσωτερικό του λόφου, όσο απομακρυνόμαστε από το πρηνές, οι συνθήκες βελτιώνονται όσον αφορά το βαθμό διαρρήξεως και αποσαθρώσεως των στρωμάτων. Εξάλλου οι τάσεις εκεί (κατακόρυφες και οριζόντιες) είναι θλιπτικές και επομένως ανέχονται ευχερέστερα τα ασβεστολιθικά στρώματα.

3.3.ΚΑΤΑΧΩΣΗ ΑΡΡΗΦΟΡΙΟΥ ΟΙΚΟΥ

Αντικείμενο αυτής της γεωτεχνικής μελέτης, που έγινε από τον Δρ. Πολιτικό Μηχανικό Δ. Εγγλέζο το 2006, είναι η κατάχωση των θεμελιότοιχων του Αρρηφορίου καθώς και των άμορφων σωρρευμένων μαρμάρων στην περιοχή. Τα σωζόμενα τμήματα του Αρρηφορίου οίκου περιλαμβάνουν τους θεμελιότοιχους του κτιρίου, οι οποίοι μετά την αποχωμάτωση του χώρου δημιουργούν δυο υπόγειες αίθουσες. Οι αίθουσες αυτές παρουσιάζονται σε

κάτοψη και ονομάζονται ΥΠ1 και ΥΠ2. Η ΥΠ1 έχει διαστάσεις 8,30 x 4,30 m² και μέγιστο ύψος θεμελιότοιχου 4,90 m. Η ΥΠ2 έχει διαστάσεις 8,30 x 2,30 m² και μέγιστο ύψος θεμελιότοιχου 3,00 m. Το πάχος των θεμελιότοιχων, που αποτελούνται από ορθογωνικούς δόμους από πωρόλιθο, κυμαίνεται από 1,40 m έως 2,00 m.

3.3.1. Σκοπός της κατάχωσης

- § Προστασία των δομικών στοιχείων των θεμελιότοιχων από τη δυσμενή επίδραση του περιβάλλοντος.
- § Προστασία των άμορφων μαρμάρων τα οποία θα καταχωθούν εντός των υπόγειων περιοχών.
- § Προστασία των θεμελιότοιχων από αρχαία τεχνητή επίχωση.
- § Εξασφάλιση του τμήματος του βόρειου τείχους της Ακρόπολης, το οποίο βρίσκεται σε επαφή με το βόρειο θεμελιότοιχο της ΥΠ1, από τυχόν επιβαρυντικές δράσεις της κατάχωσης.

Η επίτευξη των ανωτέρω προϋποθέτει την εξασφάλιση σταθερών -κατά το δυνατόν- μηχανικών και φυσικοχημικών ιδιοτήτων (θερμοκρασία-υγρασία) εντός της επίχωσης.

3.3.2. Αρχές της μελέτης

- Αναστρεψιμότητα της κατάχωσης: Η κατάχωση πρέπει να μπορεί να αφαιρεθεί ευχερώς χωρίς βλάβη του μνημείου.
- Διατήρηση της υφιστάμενης στατικής λειτουργίας των μελών του μνημείου: Η κατάχωση δεν πρέπει να τροποποιεί τη στατική λειτουργία των δομικών μελών του προς κατάχωση μνημείου.
- Ελαχιστοποίηση των αλλαγών στην εμφάνιση των τοιχοποιιών: Η κατάχωση δεν πρέπει να αλλοιώνει τα τεχνολογικά και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των τοιχοποιιών.
- Ικανότητα ανάληψης φορτίων: Η κατάχωση πρέπει να είναι σε θέση να αναλάβει ασφαλώς φορτία προερχόμενα από το ίδιο βάρος αλλά και από

τυχόν υπερκείμενα φορτία που προέρχονται από τη χρήση της επιφάνειάς της (π.χ. διέλευση μηχανημάτων).

- Επιβάρυνση των δομικών μελών του μνημείου: Η κατάχωση πρέπει να γίνεται με τρόπο τέτοιο ώστε να ελαχιστοποιείται η επίδρασή της επί των δομικών μελών του μνημείου.
- Διάρκεια ζωής της κατάχωσης: Η μέθοδος κατάχωσης θα πρέπει να εξασφαλίζει τη μέγιστη διάρκεια στο έργο.

3.3.3. Σεισμική επικινδυνότητα του εδάφους

- Επιφανειακή σεισμική επιτάχυνση εδάφους

Σύμφωνα με τον ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό, η περιοχή κατασκευής του εξεταζόμενου τεχνικού έργου υπάγεται στη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας "I" με σεισμική επιτάχυνση $A=a \cdot g= 0,16 g$. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε έργα συνήθους σπουδαιότητας ($\Sigma= 1,0$) σε περίοδο επαναφοράς της σεισμικής δράσης σχεδιασμού ($T_{επ} = 50$ έτη), ενώ επιπλέον δεν λαμβάνεται υπόψιν τυχόν επιρροή της γεωμορφολογίας.

Ειδικότερα στην μελετώμενη περίπτωση, λαμβάνοντας υπόψιν τη σημασία του ως μνημειακό χώρο, υιοθετείται συντελεστής σπουδαιότητας $\gamma_1=1,3$. Επίσης επειδή το έργο σχεδιάζεται για διάρκεια ζωής τουλάχιστον 120 ετών, προσαυξάνουμε την σεισμική επιτάχυνση σχεδιασμού κατά 20%. Τέλος, η επίδραση της γεωμορφολογίας αναμένεται να οδηγήσει σε ενίσχυση της επιφανειακής επιτάχυνσης σε ποσοστό μεγαλύτερο του 10%. Λαμβάνοντας υπόψιν τη δυσμενή επιρροή της γεωμορφίας στην εκδήλωση επιφανειακών επιταχύνσεων προτείνεται συντηρητικά η προσαύξηση της επιφανειακής σεισμικής επιτάχυνσης σχεδιασμού κατά 20%.

Επομένως: $A = a \cdot g = 0,16 \cdot 1,3 \cdot 1,2 = 0,30 g$

Εδώ θα πρέπει να αναφέρουμε ότι η γεωτεχνική ενότητα επί της οποίας εδράζονται οι θεμελιότοιχοι, αποτελείται από ασβεστολιθικό πέτρωμα (βράχος) και κατατάσσεται στην κατηγορία "Α" εδάφους.

3.3.4. Επιλογή μεθόδου κατάχωσης

Προκειμένου να ικανοποιούνται οι γενικές αρχές για την κατάχωση εξετάστηκαν εναλλακτικές μέθοδοι κατάχωσης. Ο μελετητής ύστερα από ποιοτική ανάλυση των μεθόδων κατάχωσης κατέληξε σε συνδυασμό επίχωσης με δημιουργία οπλισμένης γης για την ΥΠ1 και απλή επίχωση με σώρευση των άμορφων μαρμάρων και συμπλήρωση με κατάλληλο εδαφικό υλικό για την ΥΠ2. Με την επιλογή αυτής της μεθόδου εξασφάλισε:

- α) την ελάχιστη επιβάρυνση των θεμελιότοιχων και την εν επαφή τμήματος του βόρειου τείχους από την επίδραση των οριζόντιων ωθήσεων της επίχωσης υπό στατικές και σεισμικές συνθήκες,
- β) την ευχέρεια μελλοντικής καθαίρεσης της επίχωσης,
- γ) μείωση των ωθήσεων,
- δ) υψηλή διάρκεια ζωής του έργου (τουλάχιστον 120 χρόνια),
- ε) πλήρη υπολογιστική τεκμηρίωση της λύσης υπό στατικές και σεισμικές συνθήκες,
- στ) μικρό χρόνο κατασκευής του έργου,
- ζ) ευκολία κατασκευαστικής υλοποίησης και
- η) λογικό κόστος κατασκευής.

3.3.5. Γεωτεχνικοί υπολογισμοί

Στην συγκεκριμένη μελέτη πραγματοποιήθηκαν γεωτεχνικοί υπολογισμοί για:

- 1) την επιλογή γεωπέλατος κατάλληλης αξονικής αντοχής για την υλοποίηση της οπλισμένης επίχωσης,
- 2) την επιλογή κατάλληλων σεισμικών δράσεων σχεδιασμού,
- 3) την μετακίνηση του τεμάχους της οπλισμένης γης υπό την σεισμική δράση σχεδιασμού.

Επίσης εξετάστηκαν θέματα όπως η επαρκής στράγγιση των υπόγειων χώρων, η επιφανειακή προστασία από κατείσδυση ομβρίων, η επιλογή των γεωυφασμάτων για την υλοποίηση των ανωτέρω καθώς και έγιναν όλοι οι γεωτεχνικοί υπολογισμοί υπό στατικές συνθήκες.

3.3.6. Έλεγχος εξωτερικής ευστάθειας

Ο έλεγχος εξωτερικής ευστάθειας οπλισμένου επιχώματος περιλαμβάνει τον έλεγχο σε ολίσθηση, τον έλεγχο σε ανατροπή και τον έλεγχο φέρουσας ικανότητας εδάφους θεμελίωσης σε θραύση.

i) Έλεγχος σε ολίσθηση:

Για τον υπολογισμό του πρίσματος οπλισμένης επίχωσης σε ολίσθηση λήφθηκαν υπόψιν τα ακόλουθα μεγέθη: Βάρος πρίσματος W (KN), επιφόρτιση λόγω αργιλικής κάλυψης πάχους 30cm και φορτίου ανθρωποσυνωστισμού. $q = 0,30 \times 20 + 10 = 16 \text{ KPa}$, κλίση της επιφάνειας έδρασης του πρίσματος $\beta = 20^\circ$. Η γωνία τριβής δ μεταξύ του πρίσματος και του υποκείμενου διαχωριστικού γεωυφάσματος $\delta = 2/3\Phi'_r$

όπου : $\Phi'_r =$ παραμένουσα γωνία διατμητικής αντοχής

$$\tan(\Phi'_r) = \tan(\Phi'_{\max})/1,30$$

$$\Phi'_r = \arctan[\tan(38^\circ/1.30)] = 31^\circ$$

συντηρητικά λαμβάνεται $\Phi'_r = 30^\circ$

Ο συντελεστής ασφαλείας σε ολίσθηση :

$$F_s = (W \cos \beta \cdot \tan \delta) / W \sin \beta = \tan \delta / \tan \beta$$

Ως γωνία δ λαμβάνεται η γωνία τριβής οπλισμένης επίχωσης (κοκκώδες υλικό) με το γεώφασμα διαχωρισμού $\delta = 30^\circ$

$$F_s = \tan 30 / \tan 20 = 1,59 > 1,50, \text{ άρα επαρκής.}$$

Το γεώφασμα θεωρείται ακλόνητο λόγω του τρόπου τοποθέτησής του.

ii) Έλεγχος σε ανατροπή:

Ο έλεγχος σε ανατροπή παρέλκει δεδομένου ότι η εξεταζόμενη περίπτωση οπλισμένης επίχωσης έχει συμπεριφορά ενιαίου τεμάχους, μεγάλου πλάτους έδρασης και δεν υπόκειται πρακτικά σε ενεργητικές οριζόντιες ωθήσεις.

iii) Έλεγχος φέρουσας ικανότητας εδάφους θεμελίωσης σε θραύση:

Ο έλεγχος φέρουσας ικανότητας εδάφους θεμελίωσης σε θραύση είναι περιττός, αφού το πέτρωμα επί του οποίου εδράζεται η οπλισμένη επίχωση (βράχος ασβεστολιθικής σύστασης) έχει πολύ υψηλές αντοχές διατμητικής αντοχής εν συγκρίσει με τα φορτία που επιβάλλει η οπλισμένη επίχωση.

3.3.7. Έλεγχος εσωτερικής ευστάθειας

Με τον έλεγχο εσωτερικής ευστάθειας, καθορίζεται η απαιτούμενη εφελκυστική αντοχή κάθε στρώσης όπλισης, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της όπλισης καθώς και η διάταξή της. Η όπλιση πρέπει να περιλαμβάνει ασφαλώς τα οριζόντια φορτία από την ενεργητική ώθηση της εδαφικής σφήνας στην όψη της οπλισμένης επίχωσης.

Τα εν λόγω οριζόντια φορτία (σ_h) οφείλονται στις ωθήσεις του εδαφικού υλικού της οπλισμένης επίχωσης (σ_{hs}) και στις ωθήσεις λόγω επιφόρτισης (σ_{hq})

$$\sigma_h = \sigma_{hs} + \sigma_{hq} = \gamma \cdot z \cdot ka + q \cdot ka$$

Όπου: γ : το φαινόμενο βάρος της επίχωσης (20KN/m³)
 z : το βάθος από την επιφάνεια της επίχωσης (0-5m)
 Ka : ο συντελεστής ενεργητικής ώθησης κατά Rankine.

$Ka = \tan^2 (45 - \Phi'_r / 2) = 0,333$ όπου Φ'_r = παραμένουσα γωνία διατμητικής αντοχής:

$$\tan (\Phi'_r) = \tan (\Phi'_{max}) / 130$$

$$\Phi'_r = \arctan [\tan (38^\circ / 1.30)] = 31^\circ$$

Συντηρητικά λαμβάνεται $\Phi'_r = 30^\circ$ $q =$ κατακόρυφη τάση από την επιφόρτιση (στην συγκεκριμένη περίπτωση από την αργιλική στεγανωτική στρώση πάχους 30cm και από (κινητό) φορτίο ανθρωποσυνωστισμού ίσο με 10 KPa)

$q = 0,30 \times 20 + 10 = 16$ Kpa συντηρητικά λαμβάνεται $q = 20$ Kpa

Έτσι προκύπτει $\sigma_h = (20 \times z \times 0,333) + (20 \times 0,333) = 6,66 \times z + 6,67$

Υπολογισμός του επιτρεπόμενου αξονικού φορτίου γεωπλέγματος
Το επιτρεπόμενο αξονικό φορτίο Tall, υπολογίζεται:

$$Tall = Sv \cdot \sigma_h$$

όπου Sv = η κατακόρυφη απόσταση διαχρονικών φύλλων γεωπλέγματος

Sv = 0,50 ώστε να μην απαιτείται δευτερεύουσα στρώση όπλισης.

Άρα, αναλόγως του βάθους προκύπτει Tall = 3,33 z + 3,33

Για βάθη από 0-5m Tall = 3,33 έως 19,98 kN/m

- Υπολογισμός απαιτούμενου μήκους αγκύρωσης γεωπλέγματος

1) υπολογισμός μήκους αγκύρωσης Le στη σταθερή εδαφική μάζα

$$Le = [Sv \cdot \sigma_h \cdot F \cdot sp \cdot out] / [2 \cdot Ci \cdot \sigma'_v \cdot \tan \Phi'_r]$$

όπου Ci = ο συντελεστής αλληλεπίδρασης εδαφικού υλικού επίχωσης και γεωπλέγματος. Λαμβάνεται συντηρητικά Ci = 0,80

$\sigma'_v =$ η κατακόρυφος ενεργός τάση ($\sigma'_v = 20 \times z + 6$)

F-sp-out : ο συντελεστής ασφαλείας σε εξόλκευση του οπλισμού.

$$F \cdot sp \cdot out = 1,50$$

$$\text{Επομένως } Le = [0,5 \times (6,66z + 6,67) \times 1,50 / [2 \times 0,80 \times (20z + 6) \cdot 0,577]] = [5,00z + 5,00] / [18,82 + 5,54]$$

2) Ο υπολογισμός παθητικού μήκους γεωπλέγματος (LR)

Ως παθητικό μήκος γεωπλέγματος εννοούμε το τμήμα του γεωπλέγματος εντός της εσωτερικής σφήνας και υπολογίζεται ως ακολούθως:

$$L_R = (H - z) \cdot \tan (45 - \Phi'_r / 2)$$

όπου: H = το ύψος της οπλισμένης επίχωσης (H = 5,00m)

άρα $L_R = (5 - z) \times 0,577$

3) Υπολογισμός συνολικού απαιτούμενου μήκους γεωπλέγματος (L)

$$L_{\text{ΥΠ}} = L_{e,\text{min}} + L_R$$

$$\text{Όπου: } L_{e,\text{min}} = \min (1,0, L_e)$$

4) Υπολογισμός μήκους αναδίπλωσης γεωπλέγματος (L_0)

Ως μήκος αναδίπλωσης γεωπλέγματος εννοούμε το μήκος του γεωπλέγματος που αναδιπλώνεται ανάντι του επιπέδου της κύριας διάστρωσης ώστε να προκύψει επαρκής αγκύρωση της όψης.

$$L_0 = \min \{ (S_v \cdot \sigma_h \cdot f_s) / [4 \cdot (C_a + \gamma \cdot z \cdot \tan \delta)], 1\text{m} \}$$

Όπου:

F_s : συντελεστής ασφαλείας ($F_s = 1,50$)

δ : η γωνία τριβής εδαφικού υλικού επίχωσης και γεωπλέγματος $\delta = 2/3\Phi'_r$

C_a : συνάφεια εδαφικού υλικού επίχωσης και γεωπλέγματος $C_a = 0$

Από την εφαρμογή της εξίσωσης, για κάθε βάθος, προκύπτει ότι απαιτείται η ελάχιστη τιμή μήκους αναδίπλωσης $L_0 = 1\text{m}$

Πίνακας 3.1. Γεωμετρικά στοιχεία του γεωπλέγματος όπλισης της επίχωσης

| Αριθμός στρώση | Βάθος* (m) | Απόστασ η | L_0 (m) | $L_{0, \text{min}}$ (m) | L_R (m) | $L_{\text{ΥΠ}}$ (m) | L_0 (M) | $L_{\text{ΤΕΛΙΚΟ}}$ (m) |
|----------------|------------|-----------|-----------|-------------------------|-----------|---------------------|-----------|-------------------------|
| 1 | 0.25 | 0.5 | 0.6148 | 1 | 2.74 | 3.74 | 1 | Πλάτος διατομής |
| 2 | 0.75 | 0.5 | 0.4508 | 1 | 2.45 | 3.45 | 1 | >> |
| 3 | 1.25 | 0.5 | 0.3927 | 1 | 2.16 | 3.16 | 1 | >> |
| 4 | 1.75 | 0.5 | 0.3629 | 1 | 1.88 | 2.88 | 1 | >> |
| 5 | 2.25 | 0.5 | 0.34479 | 1 | 1.59 | 2.59 | 1 | >> |
| 6 | 2.75 | 0.5 | 0.3326 | 1 | 1.30 | 2.30 | 1 | >> |
| 7 | 3.25 | 0.5 | 0.3238 | 1 | 1.01 | 2.01 | 1 | >> |

| | | | | | | | | |
|----|------|-----|--------|---|------|------|---|----|
| 8 | 3.75 | 0.5 | 0.3172 | 1 | 0.72 | 1.72 | 1 | >> |
| 9 | 4.25 | 0.5 | 0.3121 | 1 | 0.43 | 1.43 | 1 | >> |
| 10 | 4.75 | 0.5 | 0.3080 | 1 | 0.14 | 1.14 | 1 | >> |

* Από την στέψη της οπλισμένης επίχωσης

** Το τελικό μήκος θα περιλαμβάνει όλο το διαθέσιμο πλάτος από τη διατομή (μείον δηλαδή το πλάτος επικάλυψης των θεμελιότοιχων και του αντισεισμικού αρμού προς τη βόρεια πλευρά) προκειμένου να δημιουργηθεί ένα συμπαγές εδαφικό τέμαχος με ομοιόμορφη συμπεριφορά κατά τη διάρκεια σεισμικής φόρτισης. Εν προκειμένω, το μέγιστο πλάτος της διατομής, στη βάση της επίχωσης, ανέρχεται σε $L = 4.3\text{m}$.

Από τις τιμές του ανωτέρω πίνακα φαίνεται ότι πληρούται και το κριτήριο για κατασκευή οπλισμένης επίχωσης $L_{\text{τελικό}} > 0,7H = 0,7 \times 5,0 = 3,50 \text{ m}$.

3.3.8. Γεωτεχνικοί υπολογισμοί υπό σεισμικές συνθήκες

Ο σεισμικός υπολογισμός της οπλισμένης επίχωσης περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια:

1) Ψευδοστατικός υπολογισμός οπλισμένης επίχωσης

Κατά τον ψευδοστατικό υπολογισμό της οπλισμένης επίχωσης ελέγχεται η επάρκεια του γεωπλέγματος της επίχωσης στις μέγιστες δυναμικές δράσεις που αναπτύσσονται στην διάρκεια της σεισμικής φόρτισης σχεδιασμού του έργου.

(Α) Έλεγχος της εξωτερικής ευστάθειας

Στην περίπτωση εξωτερικής ευστάθειας πραγματοποιούνται οι: έλεγχος σε ολίσθηση, έλεγχος σε ανατροπή και υπολογισμός φέρουσας ικανότητας γεωτεχνικής ενότητας θεμελίωσης. Όλοι οι έλεγχοι όμως δεν κρίνονται απαραίτητοι.

(B) Έλεγχος της εσωτερικής ευστάθειας

Για τον έλεγχο της εσωτερικής ευστάθειας υπό σεισμική φόρτιση κατά την ψευδοστατική ανάλυση γίνονται οι ακόλουθες απλοποιητικές παραδοχές:

- Η οπλισμένη επίχωση προσομοιώνεται με τοίχο από οπλισμένη γη, ο οποίος αντιστηρίζει άοπλη, εδαφική μάζα.
- Δεν λαμβάνεται υπόψιν η αδρανειακή συμπεριφορά του τοίχου από οπλισμένη γη (δηλαδή του τμήματος από την οπλισμένη επίχωση που κατ' ελάχιστο απαιτείται για τη δημιουργία οπλισμένου τοίχου). Η εν λόγω παραδοχή επιτρέπει την απλοποίηση των υπολογισμών.
- Ως ψευδοστατική δράση επί του τοίχου λαμβάνεται υπόψιν απλοποιητικά η συνολική ενεργητική ώθηση που ασκεί η ενεργητική σφήνα της εδαφικής μάζας που αντιστηρίζεται από τον οπλισμένο τοίχο. Ο υπολογισμός της συνολικής ώθησης (στατικής και δυναμικής) γίνεται σύμφωνα με τη μέθοδο Mononobe-Okabe.
- Η επιρροή της κατακόρυφης συνιστώσας της σεισμικής επιτάχυνσης παραλείπεται κατά τους υπολογισμούς, δεδομένης της μικρής επίδρασής επί των αποτελεσμάτων.

Με τον έλεγχο εσωτερικής ευστάθειας, ελέγχονται η διατιθέμενη εφελκυστική αντοχή κάθε στρώσης όπλισης, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, καθώς και η διάταξή τους.

Από τον έλεγχο εξετάζεται εάν η όπλιση παραλαμβάνει ασφαλώς τα οριζόντια φορτία από την δυναμική ενεργητική ώθηση της εδαφικής σφήνας στην όψη της οπλισμένης επίχωσης.

Κατά την ψευδοστατική ανάλυση πραγματοποιήθηκαν υπολογισμοί αντίστοιχα με την περίπτωση στατικών συνθηκών.

Τα εν λόγω οριζόντια φορτία (σ_h) οφείλονται στις δυναμικές ωθήσεις α) του εδαφικού υλικού της οπλισμένης επίχωσης (σ_{hs}) και β) της επιφόρτισης (σ_{hq})

$$\sigma_h = \sigma_{hs} + \sigma_{hq} = \gamma \cdot z \cdot ka + q \quad \text{Kae}$$

όπου: γ = το φαινόμενο βάρος της επίχωσης (20 kN/m^3)

z : το βάθος από την επιφάνεια της επίχωσης (0-5m)

Kae : ο συντελεστής δυναμικής ενεργητικής ώθησης κατά M-O.

$$k_{ae} = \frac{\cos^2(\phi - \beta - \alpha)}{\cos \alpha \cos^2 \beta \cos(\alpha + \beta + \gamma) \left[\frac{\sin(\alpha + \beta) \sin(\beta - \alpha - \gamma)}{\cos(\alpha + \beta) \cos(\beta - \alpha)} \right]^2}$$

όπου: $\phi = \phi'$: η μέγιστη γωνία διατμητικής αντοχής του εδαφικού υλικού

θ : η κλίση της έσω παρειάς του τοίχου $\theta=0^\circ$

β : η κλίση της επιφάνειας της επίχωσης $\beta=0^\circ$

$\psi = \tan^{-1} (a_n/1 - a_v) = \tan^{-1} (0,30) = 16,7^\circ$

δ = η γωνία τριβής οπλισμένης επίχωσης με αντιστηριζόμενη εδαφική μάζα $\delta = \phi'_r = 30^\circ$

άρα $K_{ae} = 0,460$

q : η κατακόρυφη τάση από την επιφορτίση (συγκεκριμένα από την αργιλική στεγανωτική στρώση πάχους 30cm και από το 30% του (κινητού) φορτίου ανθρωποσυνωστισμού ίσο με 10 kPa)

$q = 0,30 \times 20 + 0,30 \times 10 = 9$ kPa συντηρητικά λαμβάνεται 10 kPa.

Επομένως προκύπτει: $\sigma_h = (20 \cdot z \cdot 0,460) + (10 \times 0,460) = 9,20z + 4,60$.

Υπολογισμός του επιτρεπόμενου αξονικού φορτίου γεωπλέγματος.

$T_{alleq} = S_v \cdot \sigma_h$

όπου S_v : η κατακόρυφη απόσταση διαδοχικών φύλλων γεωπλέγματος:

$S_v = 0,50$ m

άρα, αναλόγως του βάθους: $T_{alleq} = 4,60 \cdot z + 2,30$

$T_{alleq} = 2,30$ έως $25,3$ kN/m³

Υπολογισμός απαιτούμενου μήκους αγκύρωσης γεωπλέγματος υπό σεισμικές συνθήκες

i) Υπολογισμός μήκους αγκύρωσης L_e στη σταθερή εδαφική μάζα

$L_e = [\sigma_v \sigma_h \cdot F \cdot sp \cdot out, eq] / [2 \cdot C_j \cdot \sigma'_v \cdot \tan \phi']$

όπου C_j : ο συντελεστής αλληλεπίδρασης εδαφικού υλικού επίχωσης και γεωπλέγματος $C_j = 1,00$

σ'_v : η κατακόρυφη ενεργός τάση ($\sigma'_v = 20 \cdot z + 6$)

$F \cdot sp \cdot out$: ο συντελεστής ασφάλειας σε εξόλκευση του οπλισμού υπό σεισμό λαμβάνεται $F \cdot sp \cdot out, eq = 1,00$

$$L_e = [0,5x (9,20-z+4,60)x1,00] / [2x1,00x (20-z+6)x0,781x1,00] = [4,60z+2,30] / [31,20z+9,36]$$

Υπολογισμός παθητικού μήκους γεωπλέγματος (L_R)

$$L_R = (H-z) \cdot \tan(90-\alpha_{AE}) = (H-z) \cdot \tan(90-43,2) = (H-z) \cdot 1,065$$

Όπου H: το ύψος της σπλισμένης επίχωσης ($H = 5,00m$)

α_{AE} = η γωνία του ενεργητικού πρίσματος υπό σεισμικές συνθήκες ως προς την οριζόντιο ($\alpha_{AE} = 43,2^\circ$)

$$\text{Άρα } L_R = (5-z) \times 1,065$$

Υπολογισμός συνολικού απαιτούμενου μήκους γεωπλέγματος (L)

Το συνολικό υπολογιστικό απαιτούμενο μήκος γεωπλέγματος (με ελάχιστο αποδεκτό μήκος αγκύρωσης) προκύπτει ως: $L_{\text{υπ}} = L_e + L_R$

Αναλόγως του βάθους το απαιτούμενο συνολικό μήκος γεωπλέγματος παρουσιάζεται στον πίνακα 3.2.

Πίνακας 3.2: Έλεγχος γεωμετρικών χαρακτηριστικών των γεωπλεγμάτων όπλισης υπό σεισμικές συνθήκες

| Αριθμός στρώση | Βάθος* (m) | Απόστασ η | L_0 (m) | L_R (m) | $L_{\text{υπ}}$ (m) | $L_{\text{τελικό}}$ (m) |
|----------------|------------|-----------|-----------|--------------------|---------------------|-------------------------|
| 1 | 0.25 | 0.5 | 0.250198 | 5.06 > 4.30* ** | 5.31 | Πλάτος διατοιμάς** |
| 2 | 0.75 | 0.5 | 0.218427 | 4.53 > 4.30 | 4.74 | >> |
| 3 | 1.25 | 0.5 | 0.207153 | 3.99 | 4.20 | >> |
| 4 | 1.75 | 0.5 | 0.201379 | 3.46 | 3.66 | >> |
| 5 | 2.25 | 0.5 | 0.197869 | 2.93 | 3.13 | >> |
| 6 | 2.75 | 0.5 | 0.19551 | 2.40 | 2.59 | >> |
| 7 | 3.25 | 0.5 | 0.193816 | 1.86 | 2.06 | >> |
| 8 | 3.75 | 0.5 | 0.192539 | 1.33 | 1.52 | >> |

| | | | | | | |
|----|------|-----|----------|------|------|----|
| 9 | 4.25 | 0.5 | 0.191544 | 0.80 | 0.99 | >> |
| 10 | 4.75 | 0.5 | 0.190745 | 0.27 | 0.46 | >> |

* Από τη στέψη της οπλισμένης επίχωσης

** Το τελικό μήκος θα περιλαμβάνει όλο το διαθέσιμο πλάτος από τη διατομή (μείον δηλαδή το πλάτος επικάλυψης των θεμελιότοιχων και του αντισεισμικού αρμού προς τη βόρεια πλευρά) προκειμένου να δημιουργηθεί ένα συμπαγές εδαφικό τέμαχος με ομοιόμορφη συμπεριφορά κατά τη διάρκεια σεισμικής φόρτισης. Εν προκειμένω, το μέγιστο πλάτος της διατομής, στη βάση της επίχωσης, ανέρχεται σε $L=4.3m$.

*** Το απαιτούμενο μήκος υπολογισμού υπό σεισμικές συνθήκες για τις δύο ανώτερες στρώσεις όπλισης από γεώπλεγμα βάσει των ψευδοστατικών υπολογισμών απαιτεί μεγαλύτερο μήκος από το πλάτος της διαθέσιμης διατομής. Εν τούτοις επειδή η ανωτέρω προσέγγιση είναι συντηρητική, πραγματοποιήθηκαν επιπλέον υπολογισμοί του απαιτούμενου μήκους αγκύρωσης υπό σεισμικές συνθήκες (ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ FORSLOPE 1.2 της εταιρείας HUESKER SYNTHETIC) λαμβάνοντας υπόψιν συνθετότερες καταστάσεις αστοχίας από την εορτασθείσα (συνδυασμοί κύκλων ολίσθησης και αστοχίας περιορισμένης ενεργητικής σφήνας). Τα αποτελέσματα των υπολογισμών, οι παραδοχές, καθώς και οι γενικές αρχές της ανάλυσης "παρουσιάζονται στο Παράρτημα Δ της παρούσης μελέτης. Από τους εν λόγω υπολογισμούς προκύπτει απαίτηση για μέγιστο μήκος αγκύρωσης ίσο με 4.30m. ΚΑΤΑ ΣΥΝΕΠΕΙΑ ΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΘΕΝΤΑ ΣΤΑΤΙΚΩΣ ΜΗΚΗ ΕΙΝΑΙ ΕΠΑΡΚΗ ΣΕ ΚΑΘΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ.

3.3.9. Υπολογισμός μόνιμων μετακινήσεων λόγω σεισμού

Για τον υπολογισμό των μόνιμων μετακινήσεων της οπλισμένης επίχωσης εφαρμόζεται η μέθοδος Ambraseys et Menu, η οποία υπολογίζει μετακινήσεις πρηνών υπό σεισμική δράση. Η εν λόγω μέθοδος χρησιμοποιεί ως βασική παράμετρο την οριακή επιτάχυνση μετακίνησης a_y , όπως καθορίζεται κατά τον υπολογισμό μετακίνησης τεμάχους κατά Newmark.

Υπολογισμός της οριακής επιτάχυνσης μετακίνησης a_y

$A_y = k_y \cdot g$ όπου: $k_y = \tan(\varphi - \beta)$

β : η γωνία της κεκλιμένης επιφάνειας έδρασης της οπλισμένης επίχωσης.

φ : η γωνία διατμητικής αντοχής του εδαφικού υλικού της οπλισμένης επίχωσης.

Για την μελετώμενη περίπτωση λαμβάνεται συντηρητικά η μέγιστη κλίση που παρουσιάζει το βραχώδες πραινές έδρασης της οπλισμένης επίχωσης στη δυσμενή διατομή (ΤΟΜΗ Α-Α) $\beta = 20^\circ$.

Επίσης η γωνία διατμητικής αντοχής του εδαφικού υλικού της οπλισμένης επίχωσης λαμβάνεται ίση με $\Phi' = 30^\circ$.

Επομένως $a_y = k_y \cdot g = \tan(\varphi - \beta) \cdot g = \tan(30 - 20)g = 0,176g$

- Σεισμικές δράσεις σχεδιασμού

Η σεισμική δράση εισάγεται στον υπολογισμό του συντελεστή ασφαλείας με την ισοδύναμη στατική μέθοδο ως στατικό φορτίο επί των λωρίδων. Η ισοδύναμη στατική φόρτιση εξαρτάται από την επιφάνεια (όγκο) της λωρίδας και εφαρμόζεται στο κέντρο της μάζας της. Η ισοδύναμη τιμή του φορτίου προκύπτει από την τιμή της σεισμικής επιτάχυνσης a , το φαινόμενο βάρος του εδάφους γ , και την επιφάνεια της λωρίδας.

Η οριζόντια σεισμική φόρτιση λαμβάνεται υπόψη όταν η φορά της είναι εκτός του πραινούς. Τότε έχει καθαρά δυσμενή επίδραση στον συντελεστή ασφαλείας και η τιμή του φορτίου εισάγεται στον παρονομαστή των σχέσεων με τις οποίες γίνεται ο υπολογισμός.

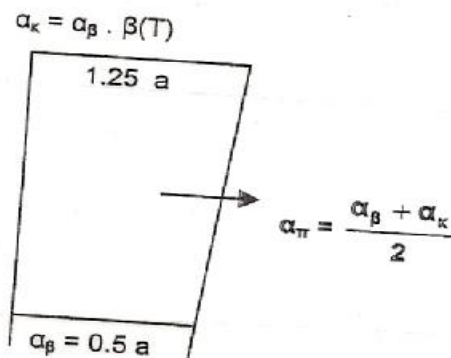
Η κατακόρυφη σεισμική δράση a_v , όπως και στα φορτία προσαυξάνει ή μειώνει το βάρος της λωρίδας. Ανάλογα με τη φορά της κατακόρυφης συνιστώσας, η επίδραση στον συντελεστή ασφαλείας μπορεί να γίνει δυσμενέστερη. Γενικώς πάντως εξετάζεται η δυσμενέστερη περίπτωση a_v προς τα άνω. Σχετικά με τη μεθοδολογία που θα πρέπει να ακολουθείται, για τον αντισεισμικό σχεδιασμό επιχωμάτων, αναφέρονται στον ΕΑΚ τα ακόλουθα:

- Ορίζεται η ευστάθεια φυσικών ή τεχνητών πραινών κατά τον σεισμικό κραδασμό θα ελέγχεται με θεώρηση των ακόλουθων πρόσθετων ενεργών επιταχύνσεων που δρουν στην εδαφική μάζα.

| | |
|------------|--------------------------|
| Οριζόντια | $a_h = a_{\pi}$ |
| Κατακόρυφη | $A_v = \pm 0,50 a_{\pi}$ |

Όπου a_{π} : η σεισμική επιτάχυνση σχεδιασμού του πρηνούς ή του επιχώματος, που λαμβάνεται ίση με $0,50a$ για φυσικά πρηνή ή ίση με $(\alpha_{\beta} + \alpha_{\kappa})/2$ για πρηνή αναχωμάτων. Η ευστάθεια αναχωμάτων ελέγχεται με θεώρηση πρόσθετων οριζόντιων ενεργών επιταχύνσεων της μάζας τους, που μεταβάλλονται από $\alpha_{\beta} = 0,5a$ στην βάση μέχρι $\alpha_{\kappa} = \alpha_{\beta} \cdot \beta$ (τ) στην κορυφή αναχώματος.

Η μεταβολή των οριζόντιων ενεργών επιταχύνσεων καθ' ύψος της μάζας του επιχώματος λαμβάνεται:



Για την περιοχή του υπό μελέτη επιχώματος όπως καθορίστηκε ανωτέρω προτάθηκε επιφανειακή επιτάχυνση σχεδιασμού $A = a \cdot g = 0,30 g$ και επομένως ισχύουν τα παρακάτω:

$$\alpha_{\beta} = 0,5a = 0,15 \text{ στη βάση της επίχωσης}$$

$$\alpha_{\kappa} = \alpha_{\beta} \cdot \beta (\tau) = 0,15 \cdot 2,50 = 0,375 \text{ στην κορυφή του επιχώματος}$$

όπου $\beta(\tau) = 2.50$ ο συντελεστής φασματικής ενίσχυσης από ΕΑΚ 2000.

$$\text{Εκ των ανωτέρω } \alpha_{\pi} = \frac{\alpha_{\beta} + \alpha_{\kappa}}{2} = \frac{0,15 + 0,375}{2} \Rightarrow \alpha_{\pi} = 0,263$$

(μέση οριζόντια συνιστώσα)

Τα μεγέθη των σεισμικών επιταχύνσεων που τελικώς λαμβάνονται υπόψη στους σεισμικούς υπολογισμούς των διατομών είναι τα εξής:

| | |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| Οριζόντια σεισμική επιτάχυνση | $\alpha_n = \alpha_{\pi} = 0,263g$ |
| Κατακόρυφη σεισμική επιτάχυνση | $\alpha_v = 0,50 \alpha_{\pi}, 132g$ |

- Υπολογισμός της μετακίνησης U λόγω σεισμικής δράσης σχεδιασμού

Ο υπολογισμός της μετακίνησης U του τεμάχους οπλισμένης επίχωσης λόγω της σεισμικής δράσης σχεδιασμού, υπολογίζεται κατά Ambraseyes et Menu, ως ακολούθως:

$$\log u \text{ (cm)} = 0,90 + \log \left[\left(\frac{1 - a_y}{a_{\max}} \right)^{2,53} \left(\frac{a_y}{a_{\max}} \right)^{-1,09} \right] \quad 6 \log u = 0,30$$

όπου: $a_y = 0,176g$,

$a_{\max} = 0,263g$

$\sigma \log u$ = η τιμή τυπικής απόκλισης.

Από την εφαρμογή της παραπάνω σχέσης προκύπτει $\log u = -0,125$. Λαμβάνοντας συντηρητικά τιμή σχεδιασμού $\log u_d = \log u + 2 \cdot \sigma \log u = 0,475$ προκύπτει τιμή μόνιμης μετακίνησης $U_d \text{ (cm)} = 2,98 \text{ cm}$.

Επιπλέον, λήφθηκε υπόψιν αντίστοιχη ίση μετακίνηση από την πλευρά του θεμελιότοιχου προς την οπλισμένη επίχωση. Επομένως προκειμένου να μην αναπτυχθούν ωθήσεις επί του βορείου θεμελιότοιχου του Αρρηφορίου απαιτείται η δημιουργία αντισεισμικού αρμού μεγαλύτερου των 6,0cm.

- Αντισεισμικός αρμός

Για λόγους αβεβαιοτήτων στην κατασκευή της οπλισμένης επίχωσης, προτάθηκε αντισεισμικός αρμός πλάτους 6,0cm με πλήρωση από ιδιαίτερα παραμορφωτό συνθετικό υλικό.

Ο αρμός αυτός πρέπει να προσαυξηθεί κατά το μήκος που αντιστοιχεί στην παραμόρφωση της όψης του πρίσματος λόγω της αξονικής έντασης σχεδιασμού σε μακροχρόνιες συνθήκες.

Για το επιτρεπόμενο αξονικό φορτίο λειτουργίας του γεωπλέγματος αντιστοιχεί μακροχρόνια παραμόρφωση της τάξης 2-3% που αντιστοιχεί για συμβατικό μήκος αγκύρωσης 2m σε επιμήκυνση 4-6cm. Έτσι προκύπτει απαίτηση για αρμό με ελάχιστο πλάτος $b=10\text{cm}$.

Προκειμένου να ληφθεί τυχόν πρόσθετη κίνηση στην στέψη της επίχωσης λόγω ταλάντωσης, προτείνεται ο αρμός να προσαυξηθεί κατά 50% στο ανώτερο τμήμα της επίχωσης και να κλιμακωθεί σε 2 επίπεδα.

Συγκεκριμένα: α) από τη στέψη της επίχωσης και έως βάθους 2m προτείνεται αρμός $b=15\text{cm}$ και β) από βάθους 2m από τη στέψη της επίχωσης έως την έδραση της επίχωσης προτείνεται αρμός $b=10\text{cm}$.

3.3.10. Επιλογή υλικών-περιγραφή εργασιών

ΕΠΙΛΟΓΗ ΓΕΩΠΛΕΓΜΑΤΟΣ: Από τα παραπάνω προέκυψε απαίτηση για γεώπλεγμα με επιτρεπόμενη αξονική φόρτιση $t_{all} > 19,98 \text{ kN/m}$. Επομένως πρέπει να χρησιμοποιηθεί γεώπλεγμα μέγιστης αξονικής αντοχής.

$T_{ult} = T_{all} \cdot PRF$ όπου:

PRF = ο συνολικός συντελεστής ασφαλείας έναντι δράσεων απομείωσης της αντοχής του γεωπλέγματος.

Ειδικότερα: $PRF = R_{FID} \cdot R_{FCD} \cdot R_{FBD} \cdot R_{FCR} \cdot R_{FSS} \cdot R_{FCI}$

R_{FID} = ο συντελεστής ασφαλείας έναντι καταστροφής κατά την τοποθέτηση
 $R_{FID} = 1,40$ για στατικές συνθήκες και $R_{Fi} = 1,30$ για σεισμική δράση.

R_{FCD} : ο συντελεστής ασφαλείας έναντι περιβαλλοντικής δυσμενούς χημικής δράσης $R_{Fi} = 1,05$ για στατικές συνθήκες και $R_{Ci} = 1,05$ για σεισμική δράση

R_{FBD} : ο συντελεστής ασφαλείας έναντι περιβαλλοντικής δυσμενούς βιολογικής δράσης $R_{Fi} = 1,05$ για στατικές συνθήκες και $R_{Fi} = 1,05$ για σεισμική δράση.

R_{FCR} : ο συντελεστής ασφαλείας έναντι ερπυσμού $R_{Fi} = 1,80$ για στατικές συνθήκες και $R_{Fi} = 1,60$ για σεισμική δράση.

RFss: ο συντελεστής ασφαλείας έναντι απότομης κλίσης πρσανούς $R_{Fi} = 1,20$ για στατικές συνθήκες και $R_{Fi} = 1,05$ για σεισμική δράση.

R_{FCi} : ο συντελεστής ασφαλείας έναντι σημασίας κατασκευής R_{Fi} : 1,20 για στατικές συνθήκες και $R_{Fi} = 1,05$ για σεισμική δράση.

Από τους επιμέρους συντελεστές ασφαλείας προκύπτει συνολικός συντελεστής ασφαλείας $PRF_{st} = 4,00$ για στατικές συνθήκες και $PRF_{eq} = 2,53$ για σεισμικές συνθήκες.

Άρα, για την εφαρμογή της επίχωσης απαιτήθηκε γεώπλεγμα αξονικής αντοχής $T_{ult} = PRF_{st} \cdot T_{all} = 4,00 \cdot 19,98 = 80 \text{ kN/m}$.

Επίσης, υπό σεισμικές συνθήκες προκύπτει επάρκεια αφού $T_{alleq} = 80/2,53 = 31,62 \text{ kN/m} > 25,6 \text{ kN/m}$.

Άρα προτάθηκε γεώπλεγμα τύπου FORTRA C80/30 ή ισοδύναμο με τις ακόλουθες συνθήκες:

Κύρια αξονική αντοχή: 80 kN/m

Δευτερεύουσα αξονική αντοχή: 30kN/m

Παραμόρφωση αστοχίας: <13%

Παραμόρφωση στο αξονικό φορτίο λειτουργίας <4%.

Άνοιγμα οπής: 20x20mm

Εγκεκριμένα πιστοποιητικά ελέγχου προϊόντος: BBA ή ισοδύναμο.

3.3.1.1. Γεωφάσμα διαχωρισμού

Ως γεωφάσμα διαχωρισμού για την επένδυση των δομικών μελών του Αρρηφορίου και τον διαχωρισμό της οπλισμένης επίχωσης, απαιτείται μη υφαντό γεωφάσμα, βελονωτό, βάρους μεγαλύτερου των 285 gr/m^2 , εφελκυστικής αντοχής μεγαλύτερης ή ίσης των 7 kN/m ή 350 N/cm , αντοχής σε διάτρηση ίσης των 1000 N , με επιμήκυνση στη θραύση $E_{\Delta} > 60\%$ και με εγκάρσια διαπερατότητα κατ' ελάχιστον $k = 10 \text{ l/m}^2 \cdot \text{s}$.

3.3.1.2. Εδαφικό υλικό επίχωσης

Η αποτελεσματικότερη απόδοση της όπλισης και η καλύτερη συνεργασία γεωπέλατος και εδαφικού υλικού επίχωσης εξασφαλίζεται με τη χρήση κοκκώδους εδαφικού πλήρωσης με επαρκή ικανότητα στράγγισης. Επιπλέον, η επιλογή κοκκώδους υλικού για την επίχωση επιτρέπει σχετικά καλές τιμές διατμητικής αντοχής και σε περιοχές με χαμηλή συμπύκνωση.

Συνιστάται η χρήση κοκκώδους υλικού με την ακόλουθη διαβάθμιση

| Αριθμός κοσκίνου | Μέγεθος κόκκου | Ποσοστό διερχόμενου % |
|------------------|----------------|-----------------------|
| 4 | 4,76 | 100 |
| 10 | 2,0 | 90-100 |
| 40 | 0,42 | 0-60 |
| 100 | 0,15 | 0-5 |
| 200 | 0,075 | 0 |

Το εδαφικό υλικό της επίχωσης συμπυκνώθηκε σε στρώσεις πάχους 250m, με ελαφρά μέσα συμπύκνωσης, σε ποσοστό 95% της τροποποιημένης δοκιμής PROCTOR.

3.3.1.3. Στραγγιστική στρώση

Η στραγγιστική στρώση κατασκευάστηκε από το ίδιο υλικό που προβλέφθηκε για την κατασκευή της επίχωσης από οπλισμένη γη. Συνολικά το πάχος της στραγγιστικής στρώσης κυμάνθηκε από 20-60cm και λειτουργεί επιπλέον ως ισοπεδωτική στρώση για την κατασκευή της οπλισμένης επίχωσης. Η στραγγιστική στρώση συμπυκνώθηκε σε στρώσεις πάχους 25cm, με ελαφρά μέσα συμπύκνωσης, σε ποσοστό 95% της τροποποιημένης δοκιμής PROCTOR.

3.3.1.4. Στραγγιστήριο

Το στραγγιστήριο διαμέτρου 20cm, κατασκευάστηκε κατά μήκος του βόρειου θεμελιότοιχου της ΥΠ1. Η κατασκευή του στραγγιστηρίου έγινε με χάλικες υψηλής διαπερατότητας, οι οποίοι περιβάλλονται από γεώφασμα στραγγιστηρίου TS30. Στην κατάληξη του στραγγιστηρίου τοποθετήθηκε διάτρητος τσιμεντένιος σωλήνας, διαμέτρου 20cm και μήκους 1m, ο οποίος περιβάλλεται από το γεώφασμα στραγγιστηρίου. Ειδικότερα, το ανάντι άνοιγμα του σωλήνα φράχτηκε από το γεώφασμα στραγγιστηρίου, προκειμένου να αποφευχθεί η είσοδος των χαλικών του στραγγιστηρίου.

3.3.1.5. Γεώφασμα στραγγιστηρίου

Ως γεώφασμα για την επένδυση του στραγγιστηρίου, απαιτήθηκε μη υφαντό, βελονωτό, γεώφασμα βάρους μεγαλύτερου των 135 gr/m², εφελκυστικής αντοχής μεγαλύτερης ή ίσης των 7kN/m, αντοχής σε διάτρηση ίσης των 1000N, με επιμήκυνση σε θραύση $E_v > 60\%$ χαρακτηριστικού ανοίγματος πόρων O95 <200μm και με εγκάρσια διαπερατότητα κατ' ελάχιστον $k=70l/cm^2 \cdot s$. (Βάσει των ανωτέρω χρησιμοποιήθηκε γεώφασμα Polyfelt TS30.

3.3.1.6. Άμμος προστασίας

Προ της εφαρμογής των γεωφασμάτων διαχωρισμού, οι θεμελιότοιχοι επικαλύφθηκαν με άμμο προστασίας σε πάχος κατ' ελάχιστο ίσο με 5cm. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκε ουδέτερο φυσικοχημικό περιβάλλον, ενώ αποφεύχθηκε και η απευθείας επαφή του γεωφάσματος με τους αρχαίους πωρόλιθους.

3.3.1.7. Πλάτος αρμού-Συμπιεστό παρέμβλημα

Από τον υπολογισμό μετακινήσεων της οπλισμένης επίχωσης υπό την σεισμική δράση σχεδιασμού προέκυψε απαίτηση για αντισεισμικό αρμό

πλάτους 5cm. Ο αρμός αυτός έπρεπε να προσαυξηθεί κατά το μήκος που αντιστοιχεί στην παραμόρφωση της όψης του πρίσματος λόγω της αξονικής έντασης σχεδιασμού σε μακροχρόνιες συνθήκες.

Για το επιτρεπόμενο αξονικό φορτίο λειτουργίας του γεωπλέγματος αντιστοιχεί μακροχρόνια παραμόρφωση της τάξης 2-3%, που αντιστοιχεί για συμβατικό μήκος αγκύρωσης 2m σε επιμήκυνση 4-6cm. Από τα ανωτέρω προέκυψε απαίτηση για αρμό συνολικού πλάτους $B = 10\text{cm}$. Έτσι προκειμένου να ληφθεί τυχόν πρόσθετη κίνηση στην στέψη της επίχωσης λόγω ταλάντωσης (εφόσον δηλαδή η οπλισμένη επίχωση δεν λειτουργούσε ως στερεό σώμα) προτάθηκε ο αρμός να προσαυξηθεί κατά 50% στο ανώτερο τμήμα της επίχωσης και να κλιμακωθεί σε 2 επίπεδα. Από τη στέψη της επίχωσης και έως βάθους 2m προτάθηκε αρμός $b = 15\text{cm}$, και από βάθους 2m από τη στέψη της επίχωσης έως την έδραση της επίχωσης προτάθηκε αρμός $b = 10\text{cm}$.

Ο αρμός μεταξύ της οπλισμένης επίχωσης και του γεωφάσματος διαχωρισμού που περιβάλλει την εσωτερική πλευρά του βόρειου θεμελιότοιχου της ΥΠ1, πληρώθηκε με κατάλληλο συμπιεστό παρέμβλημα από διογκωμένη πολυστερίνη πάχους 10cm ή 15cm σύμφωνα με τα ανωτέρω προκειμένου να λειτουργεί ως αντιστήριξη στην κατακόρυφη παρεία του γεωφάσματος διαχωρισμού και να μην επιτρέπει την παραμόρφωσή του με επακόλουθο την κάθιση της άμμου προστασίας του θεμελιότοιχου και να αποτρέπει την μεταφορά οριζοντίων δράσεων επί του θεμελιότοιχου και κατά συνέπεια, στο εν επαφή τμήμα του βόρειου τείχους σε περίπτωση μετακίνησης της επίχωσης λόγω σεισμού.

3.3.1.8. Καλύπτρα του αντισεισμικού αρμού

Ο αρμός μεταξύ της οπλισμένης επίχωσης και του γεωφάσματος διαχωρισμού που περιβάλλει την εσωτερική πλευρά του βόρειου θεμελιότοιχου της ΥΠ1, καλύφθηκε επιφανειακά με καλύπτρα από ανοξειδωτη λαμαρίνα, ελάχιστου πάχους 2mm και πλάτους 45cm η οποία τοποθετήθηκε με απλή έδραση, συμμετρικά ως προς τον αρμό. Η καλύπτρα χρησιμεύει για

την παρεμπόδιση διαρροής της επιφανειακής αργιλικής κάλυψης προς τον αρμό.

3.3.1.9. Προστασία τμημάτων εγκάρσιων θεμελιότοιχων εντός της ΥΠ1

Ειδική μέριμνα λήφθηκε κατά την πλήρη αποχωμάτωση της ΥΠ1 ώστε να προστατευθούν τα σωζόμενα τμήματα των εγκάρσιων εσωτερικών θεμελιότοιχων. Ειδικότερα μετά την απομάκρυνση των λιθοσωρών της αντιστήριξης (αρχαία επίχωση) της έδρασης των εγκάρσιων θεμελιότοιχων κατασκευάστηκε αντιστήριξη από ξυλόζευγμα περιμετρικά της επίχωσης έδρασης. Το κενό μεταξύ της εσωτερικής παρειάς της αντιστήριξης και της αρχαίας επίχωσης πληρώθηκε με το κοκκώδες υλικό. Ακολουθως, οι εγκάρσιοι τοίχοι επικαλύφθηκαν με γεωύφασμα διαχωρισμού μη υφαντό, βελονωτό, βάρους 285 gr/m². Κατά την πρόοδο των εργασιών κατασκευής της επίχωσης καθ' ύψος, απομακρύνθηκε η προσωρινή αντιστήριξη και το τυχόν κενό μεταξύ οπλισμένης επίχωσης και γεωυφάσματος διαχωρισμού πληρώθηκε με κοκκώδες υλικό (άμμο προστασίας).

3.3.20. Σφράγιση της κατάχωσης

Για την επιφανειακή σφράγιση της κατάχωσης χρησιμοποιήθηκε αργιλικό υλικό, χαμηλής πλαστικότητας ($15 < p_l < 30$). Το πάχος της αργιλικής στρώσης είναι 30cm και συμπυκνώθηκε κατάλληλα (τουλάχιστον στο 90% της μέγιστης πυκνότητας βάσει τροποποιημένης δοκιμής Proctor. Η επιφάνεια της αργιλικής κάλυψης διαμορφώθηκε με κατάλληλες ρύσεις ώστε να εξασφαλιστεί η απορροή των ομβρίων.

ΚΑΤΑΧΩΣΗ ΑΡΡΗΦΟΡΙΟΥ ΤΟΜΗ Α-Α

3.3.2.1. Διαμόρφωση των πρανών περιμετρικά του Αρρηφορίου

Για την εξωτερική διαμόρφωση της περιοχής κατάχωσης, η επίχωση επεκτάθηκε πέρα των ορίων του Αρρηφορίου Οικου με τη δημιουργία πρανούς κλίσης 1:2 (ύψος-πλάτος) από το ίδιο υλικό που προβλέπεται για την οπλισμένη επίχωση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: Ο ΒΡΑΧΟΣ ΤΗΣ ΑΚΡΟΠΟΛΕΩΣ

4.1. ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΤΕΡΕΩΣΗΣ ΤΟΥ ΒΡΑΧΟΥ ΤΗΣ ΑΚΡΟΠΟΛΕΩΣ

Με δεδομένη την ιστορική και αρχαιολογική αξία του ίδιου του Βράχου της Ακροπόλεως, οποιαδήποτε μόνιμη επέμβαση για την στερέωσή του έπρεπε να εξασφαλίζει την διατήρηση της υπάρχουσας μορφής του βράχου καθώς και των μνημείων που είναι διαμορφωμένα σ' αυτόν.

Ο Βράχος περιμετρικά του πρανούς παρουσιάζει προβλήματα ευστάθειας (χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι στην περιοχή Αναφιώτικα όπου τα αποκολλημένα τμήματα εδράζονταν επισφαλώς σχηματίζοντας πύργο).

Οι φθορές του βράχου οφείλονται στη διάβρωση τόσο του υλικού πλήρωσης των ασυνεχειών του ασβεστόλιθου, όσο και του υποκειμένου λατυποκροκαλοπαγούς πετρώματος που έχει την ιδιότητα να διαβρώνεται και να αποσαθρώνεται ταχύτερα από τον ασβεστόλιθο. Το υλικό πλήρωσης των ρωγμών διαβρώνεται επίσης ταχύτερα από τον ασβεστόλιθο με αποτέλεσμα να αποσπώνται τμήματα βράχου διαφόρων μεγεθών τα οποία κινδύνευαν να κατακρημνισθούν. Η πυκνή βλάστηση στα πρανά της Ακρόπολης επιτάχυνε το φαινόμενο της αποσάθρωσης. Τα δέντρα ασκούσαν με τις ρίζες τους καταστρεπτικές πιέσεις στο βράχο. Οι ρίζες ακόμα και των πιο μικρών φυτών θρυμμάτιζαν το βράχο. Το υπάρχον αποστραγγιστικό και αποχετευτικό σύστημα ήταν ανεπαρκές. Τα νερά από το πλάτωμα της Ακρόπολης έρρεαν ανεξέλεγκτα στα πρανά με καταστροφικά αποτελέσματα.

Το 1930 ο Ν. Μπαλάνος κυρίως στο βόρειο πρανές για την αύξηση του συντελεστή ασφαλείας των πρανών και την παραλαβή φορτίων υπερκρεμάμενων βραχωδών μαζών κατασκεύασε τοίχους από λιθοδομή. Την ίδια περίοδο στο βορεινό επίσης πρανές τμήματα που κινδύνευαν με ανατροπή εξασφαλίστηκαν, συνδεδεμένα με τα υγιή με σιδηρούς ράβδους. Οι σιδηροί ράβδοι πακτώθηκαν μέσα σε τρύπες που ανοίχτηκαν ενώ σαν υλικό πλήρωσης του διατρήματος χρησιμοποιήθηκε το μολύβι.

Το 1950 έγινε αύξηση της έδρασης επισφαλών τμημάτων με χρήση άοπλου σκυροδέματος. Αργότερα στην βορεινή πλευρά του Αρείου Πάγου για την εξασφάλιση υπερκρεμάμενων βράχων, κατασκευάστηκε από άοπλο

σκυρόδεμα ένας τοίχος για την στερέωση των βράχων. Γενικά οι παλαιότερες στερεωτικές εργασίες εξασφάλιζαν μεμονωμένες ασβεστολιθικές μάζες που κινδύνευαν να αποσπασθούν.

Τα προβλήματα ευστάθειας που παρουσίαζε ο βράχος εκτιμήθηκαν αμέσως από επιτροπή, η οποία προχώρησε στην εφαρμογή άμεσων μέτρων στερέωσης αρχικά στην περιοχή Αναφιώτικα όπου παρατηρήθηκαν πτώσεις βράχων. Επισημάνθηκαν παράλληλα σαν επισφαλείς περιοχές η νοτιοανατολική γωνία του πρανούς, η περιοχή της Μυκηναϊκής εισόδου με τα σπήλαια, η περιοχή του Ασκληπιείου κλπ.

Οι στερεωτικές εργασίες βασίστηκαν στις αρχές της βραχομηχανικής. Η μεθοδολογία διερεύνησης των προβλημάτων ευστάθειας και του τρόπου αντιμετώπισης περιελάμβανε τα παρακάτω:

- Μετά από καταγραφή των φθορών, στατιστική αξιολόγηση των τεκτονικών δεδομένων, πρώτη αποτύπωση των γεωμετρικών στοιχείων του πρανούς και εκτέλεση εργαστηριακών δοκιμών προσδιορισμού των ιδιοτήτων του υλικού πλήρωσης των ασυνεχειών, διεξήχθησαν οι αρχικές στατικές διερευνήσεις και διαπιστώθηκαν τα βασικά προβλήματα ευστάθειας των μονωμένων επισφαλών βράχων και ολόκληρων περιοχών του πρανούς.

Οι αρχικές στατικές διερευνήσεις για τον έλεγχο της ευστάθειας του πρανούς και η διαστασιολόγηση των μέτρων στερέωσης έγιναν με απλές υπολογιστικές μεθόδους και με την παραδοχή ότι ισχύει η συνθήκη Mohr-Coulomb και ότι ο υπάρχων συντελεστής ασφαλείας είναι ένα(οριακή κατάσταση ισορροπίας).

Μετά την ολοκλήρωση των παραπάνω διερευνήσεων εφαρμόστηκαν προσωρινά μέτρα εξασφάλισης. Για την πρόσβαση στους επισφαλείς βράχους κατασκευάσθηκε ξύλινη κλιμακωτή σκαλωσιά, προσαρμοσμένη στην μορφή του πρανούς, της οποίας τα κατακόρυφα στοιχεία εδράζονταν σε πέλματα από οπλισμένο σκυρόδεμα. Οι κόμβοι της σκαλωσιάς πακτώνονταν στο βράχο με ανοξειδωτους γάντζους.

Για την προσωρινή εξασφάλιση κατακερματισμένων επισφαλών βράχων τοποθετήθηκαν εύκαμπτα δίκτυα ενισχυμένα με συρματόσχοινα. Με τα δίκτυα επιτυγχάνεται κατανομή των δυνάμεων στην επιφάνεια του κατακερματισμένου βράχου και συγκρατούν τα τμήματα που κινδυνεύουν με

απόσπαση, ενώ τα συρματόσχοινα χρησιμοποιούνται για τις περιπτώσεις συμπαγών επισφαλών βράχων.

Όλα τα προσωρινά μέτρα εξασφάλισης καθώς και οι σκαλωσιές μετά την ολοκλήρωση των μέτρων στερέωσης αφαιρέθηκαν χωρίς ν' αφήσουν ίχνη. Αφού εξασφαλίστηκε η πρόσβαση στο πρανές έγιναν δειγματοληπτικές γεωτρήσεις σε επιλεγμένες θέσεις και στην συνέχεια τα εξής:

- ✓ Γεωλογική μελέτη που περιελάμβανε σύνταξη γεωλογικού χάρτη και γεωλογικών τομών, ορυκτολογική ανάλυση των υλικών που δομούν την περιοχή και προσδιορισμός του μηχανισμού φθοράς.
- ✓ Συλλογή και επεξεργασία τεκτονικών δεδομένων με ειδική αναφορά στην κατάσταση των διακλάσεων, στην κατάσταση του υλικού πλήρωσης των ασυνεχειών και στη θέση στο χώρο των ασυνεχειών.
- ✓ Σύνταξη τεκτονικού χάρτη και οι απαιτούμενες τομές για τις βραχομηχανικές διερευνήσεις.
- ✓ Λήψη δοκιμίων συμπαγούς πετρώματος από πυρήνες γεώτρησης και προσδιορισμός σε διάφορα βάθη της αντοχής σε μονοαξονική θλίψη του λόγου εφελκυστικής προς θλιπτική αντοχή, της γωνίας εσωτερικής τριβής και της συνοχής.
- ✓ Προσδιορισμός της γωνίας εσωτερικής τριβής και της συνοχής υλικών πλήρωσης ασυνεχειών και της βραχόμαζας.

Από τα στοιχεία των εργαστηριακών δοκιμών και από τις επί τόπου μετρήσεις και αξιολογήσεις προέκυψαν οι παράμετροι ταξινόμησης (με την ανάλογη βαθμολόγησή του κατά Bieniawski) και εκτιμήθηκε η συνοχή και η γωνία εσωτερικής τριβής της βραχόμαζας.

Οι βραχομηχανικές διερευνήσεις έγιναν αρχικά με την παραδοχή ότι ο συντελεστής ασφαλείας είναι ένα και προσδιορίστηκαν οι σταθερές της βραχόμαζας. Με την ίδια παραδοχή σε συμπαγή επισφαλή τμήματα τα οποία οριοθετήθηκαν από ασυνέχειες προσδιορίστηκαν οι σταθερές του υλικού πλήρωσης. Προσδιορίστηκε ο συντελεστής ασφαλείας σε περίπτωση σεισμικής καταπόνησης. Έγινε παραμετρική διερεύνηση συνοχής και γωνίας εσωτερικής τριβής για τον προσδιορισμό της επιρροής του στις συνθήκες ευστάθειας του πρανούς. Τέλος για αύξηση του συντελεστή ασφαλείας σε 1,20 και περίπτωση σεισμικής καταπόνησης προσδιορίστηκαν τα μεγέθη των αναγκαίων μέτρων στερέωσης.

Μετά την προσωρινή εξασφάλιση των βράχων με δίκτυα και συρματόσχοινα εφαρμόστηκαν τα μόνιμα μέτρα στερέωσης.

Κατασκευάστηκαν κατά θέσεις παρεμβλήματα από ανοξείδωτα μεταλλικά στοιχεία ή από οπλισμένο σκυρόδεμα που είχαν διάστασιολογηθεί. Στις θέσεις που δεν ήταν κατασκευαστικά δυνατή η εφαρμογή παρεμβλημάτων έγινε αύξηση των μηχανικών αντοχών του υλικού πλήρωσης των διακλάσεων με ενέματα, ώστε να δημιουργηθούν γέφυρες σύνδεσης των επισφαλών βράχων με το μητρικό πέτρωμα.

Τα χώματα, τα υλικά αποσάθρωσης του βράχου, οι ρίζες φυτών και δέντρων τα οποία προκαλούσαν ανεξέλεγκτες σφηνοειδείς επενέργειες στο βράχο καθώς και η θραύση και θρυμματισμός του, απομακρύνθηκαν από την περιοχή των βράχων με ταυτόχρονη αρχαιολογική έρευνα που έγινε, με τη μέριμνα της Εφορείας Ακροπόλεως. Οι διακλάσεις και η επιφάνεια του βράχου καθαρίστηκαν με πίεση νερού.

Μετά τον καθαρισμό αυτόν έγινε η πλήρωση των ασυνεχειών με κατάλληλα ενέματα. Με την εφαρμογή των κονιαμάτων και ενεμάτων επετεύχθει εκτός από τη συγκόλληση των βράχων και η διευθέτηση των επιφανειακών ομβρίων, ενώ για την αποφυγή υδροστατικών πιέσεων τοποθετήθηκαν στις διακλάσεις αποστραγγιστικοί σωλήνες κυρίως πήλινοι. Η τελική επιφάνεια των κονιαμάτων παρέμεινε βαθύτερα από εξωτερικό χείλος των διακλάσεων ώστε να μην είναι κατά το δυνατόν ορατή.

Για την διάνοιξη των διατρημάτων αγκύρωσης τοποθετήθηκαν πάνω στη σκαλωσιά γεωτρύπανο, το οποίο πακτώθηκε με σύστημα πάκτωσης από μεταλλικά στοιχεία και αγκυρώθηκε στο βράχο. Όλες οι γεωτρήσεις ήταν δειγματοληπτικές. Στους πυρήνες των γεωτρήσεων έγιναν εργαστηριακοί έλεγχοι.

Εάν κατά την γεώτρηση διαπιστωνόταν σημαντική απώλεια νερού, τότε το διάτρημα πληρωνόταν με διογκούμενα χημικά ενέματα και γινόταν επαναδιάτρηση. Τα διατρήματα μετά την τοποθέτηση των αγκυρίων πληρώθηκαν με κονίαμα αγκύρωσης. Πριν από την πήξη του κονιάματος γινόταν η προένταση του αγκυρίου.

Για τα ασβεστολιθικά πετρώματα της Ακρόπολης σαν πλέον κατάλληλο μέτρο στερέωσης επελέγη ο συνδυασμός σημειακής με ολόσωμη αγκύρωση. Οι ράβδοι αγκύρωσης προεντείνονται με αποτέλεσμα η αγκύρωση να δρα

ενεργητικά από την αρχή και όχι μετά από μετακίνηση των βραχωδών μαζών. Τα αγκύρια που χρησιμοποιήθηκαν είναι από ανοξείδωτο χάλυβα. Οι πλάκες αγκύρωσης μετά την εφαρμογή της προέντασης καλύπτονται, ώστε να μην είναι ορατή η μεταλλική επιφάνεια.

Η αγκύρωση γίνεται με προέκταση με αποτέλεσμα η στερέωση να δρα ενεργητικά από την αρχή και όχι μετά από μετακίνηση των βραχωδών μαζών. Το σπείρωμα των αγκυρίων έχει κατασκευαστεί με ψυχρή έλαση χωρίς ελάττωση της διατομής της ράβδου. Ο βράχος επειδή παρουσιάζει κατά θέσεις μεγάλη καρστικότητα μπορεί να χαρακτηριστεί σαν κατά θέσεις μαλακό πέτρωμα. Έτσι χρησιμοποιούνται αγκυροκεφαλές οι οποίες μπορούν να ανοίγουν μέχρι 60mm χωρίς να ολισθαίνει ο κώνος πάνω στα πτερύγια. Είναι δυνατό να γίνουν σημειακές αγκυρώσεις και να ακολουθήσει η προένταση.

Ο χάλυβας που εκλέχτηκε έχει υψηλή αντοχή και έτσι μας επιτρέπει να χρησιμοποιήσουμε μικρές διατομές σε σχέση με τις διατομές που θα χρησιμοποιούσαμε στον κοινό χάλυβα. Οι πλάκες αγκυρώσεως είναι κωνικές και οι κοχλίες ημισφαιρικοί.

Οι βράχοι υπολογίζονται τόσο μεμονωμένα όσο και σε συνάρτηση με την όλη ευστάθεια του πρανούς. Η θέση, ο αριθμός, η διατομή και το μήκος των αγκυρίων υπολογίζεται έτσι ώστε να εμποδίζουν μια ολίσθηση του πρανούς. Από το σύνολο των ασυνεχειών του βράχου μετά από στατιστική αξιολόγηση προσδιορίζεται η κύρια επιφάνεια διακλάσεως επί της οποίας θεωρείται ότι ολισθαίνει ο βράχος. Η θέση της διακλάσεως στο χώρο μετράται με την γεωλογική πυξίδα και αποτυπώνεται στερεογραφικά. Η γωνία εσωτερικής τριβής του υλικού πληρώσεως της διακλάσεως και η συνοχή προσδιορίζονται από επί τόπου δοκιμές με την παραδοχή ότι ο συντελεστής ασφαλείας είναι 1. Το εύρος της διακλάσεως και το υλικό πληρώσεως καθορίζουν την δυνατότητα ολίσθησης.

Επειδή οι βραχώδεις μάζες τέμνονται από σύμπλεγμα διακλάσεων δεν μπορεί να προσδιοριστεί ακριβώς η γεωμετρία των διακλάσεων που γίνεται κατά προσέγγιση. Ο πρωταρχικός στόχος μιας βραχομηχανικής διερεύνησης είναι να προσδιοριστεί η επίδραση των διαφόρων παραμέτρων στον συντελεστή ασφαλείας.

Στις διερευνήσεις λαμβάνεται υπόψη ότι εκτός από την δυνατότητα ολίσθησης υπάρχει δυνατότητα ανατροπής, στροφής κλπ.

Για την κατασκευή δοκών ή κατακόρυφων στοιχείων υπολογίζεται ο σπλισμός των στοιχείων αυτών καθώς και ο ειδικός σπλισμός που τοποθετείται για την παραλαβή των εφελκυστικών δυνάμεων που δημιουργούν οι φορτίσεις από τις αγκυρώσεις.

4.2. ΕΛΕΓΧΟΙ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟΥ ΠΡΑΝΟΥΣ

Στην περιοχή της νοτιοανατολικής γωνίας που έχει την πλέον δυσμενή γεωμετρία έγινε εκ νέου έλεγχος ευστάθειας του πρανούς με κριτήριο αστοχίας MOHR-COULOMB, λαμβάνοντας υπόψη τα φορτία του τείχους καθώς και του γερανού και των φορτίων που ανυψώνει και με την παραδοχή ότι η βροχομάζα μετά την εφαρμογή των μέτρων στερέωσης έχει συμπεριφορά ισότροπου υλικού.

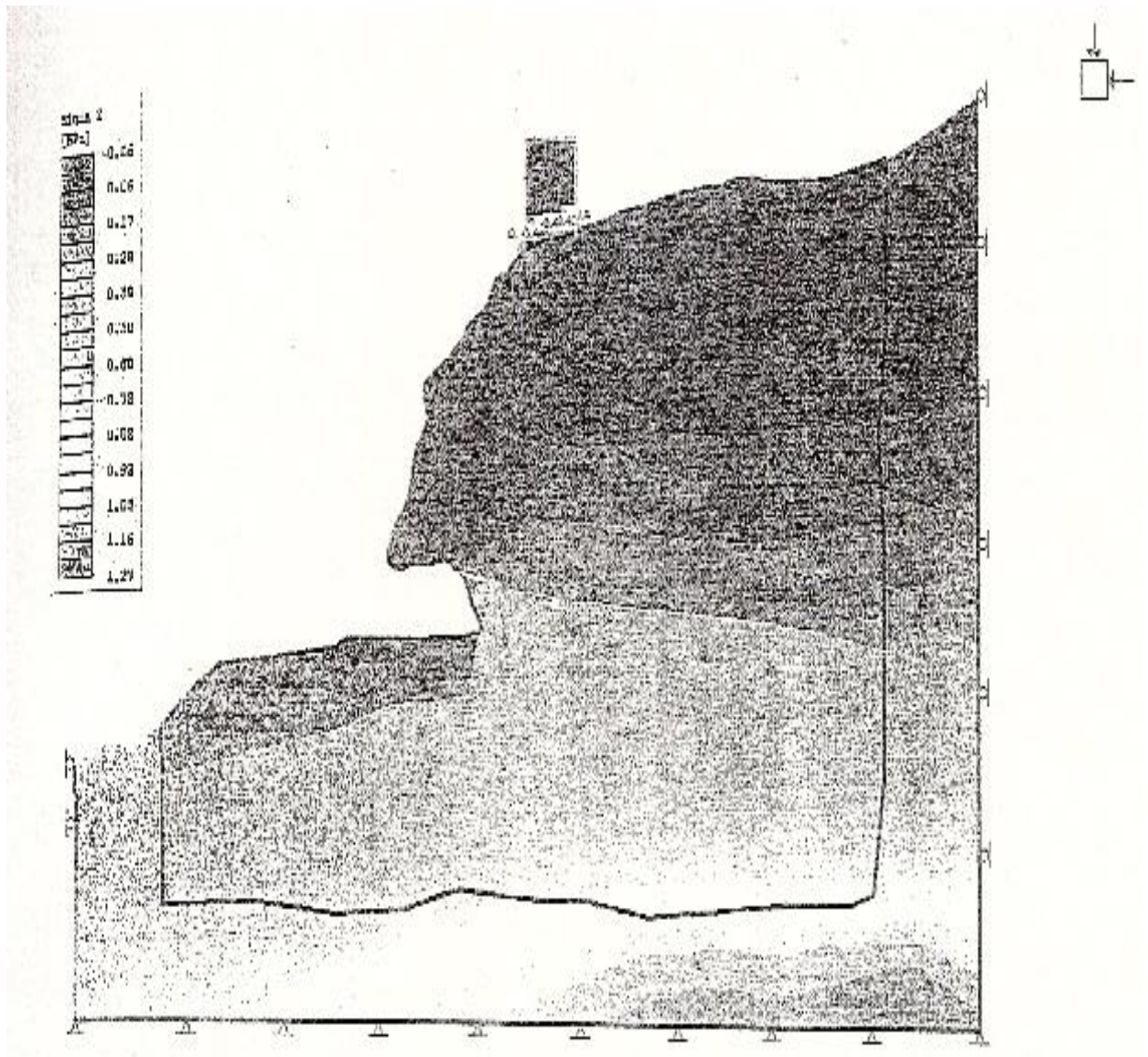
Η ασβεστολιθική βραχώμαζα παρουσιάζει μέση τιμή γωνίας εσωτερικής τριβής $\varphi=30^\circ$, συνοχή $C= 1,00\text{Mpa}$, εφελκυστική αντοχή $1,15\text{ Mpa}$, λόγο POISSON $\nu=0,18$, φαινόμενο βάρος $\gamma= 24\text{kN/m}^3$ και μέτρο ελαστικότητας $1,73\text{Gpa}$.

Ο σχιστόλιθος παρουσιάζει μέση τιμή γωνίας εσωτερικής τριβής $\varphi=20^\circ$, συνοχή $C= 0,75\text{Mpa}$, εφελκυστική αντοχή $1,05\text{ Mpa}$, λόγο POISSON $\nu=0,20$, φαινόμενο βάρος $\gamma= 22\text{kN/m}^3$ και μέτρο ελαστικότητας $1,07\text{Gpa}$.

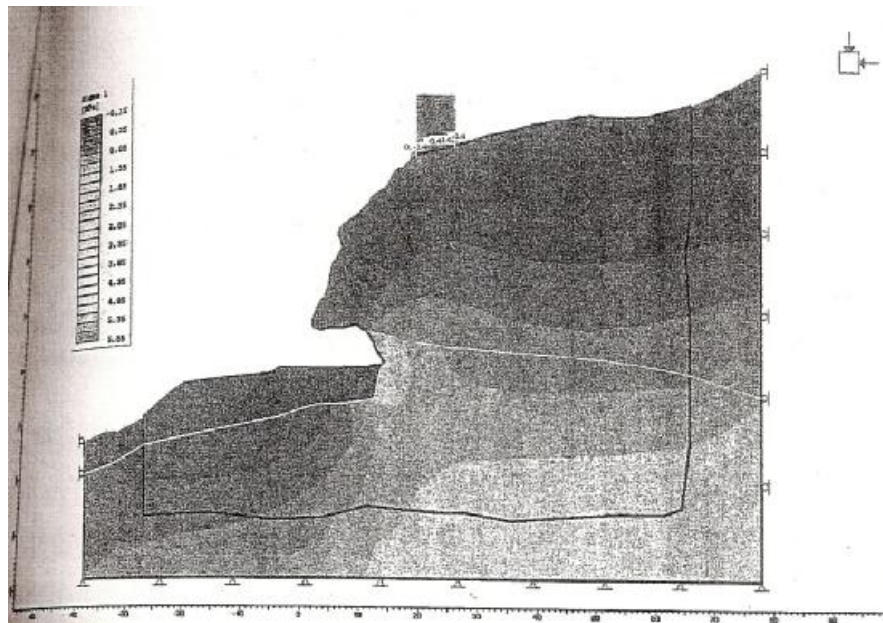
Τα υλικά επίχωσης παρουσιάζουν μέση τιμή γωνίας εσωτερικής τριβής $\varphi=26^\circ$, συνοχή $C= 0,05\text{Mpa}$, εφελκυστική αντοχή $0,062\text{ Mpa}$, λόγο POISSON $\nu=0,25$, φαινόμενο βάρος $\gamma= 18\text{kN/m}^3$ και μέτρο ελαστικότητας 80Mpa .

Στα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζεται η υπάρχουσα γεωμετρία του πρανούς, ο κάρναβος των πεπερασμένων στοιχείων, οι ιδιότητες των υλικών και τα φορτία.

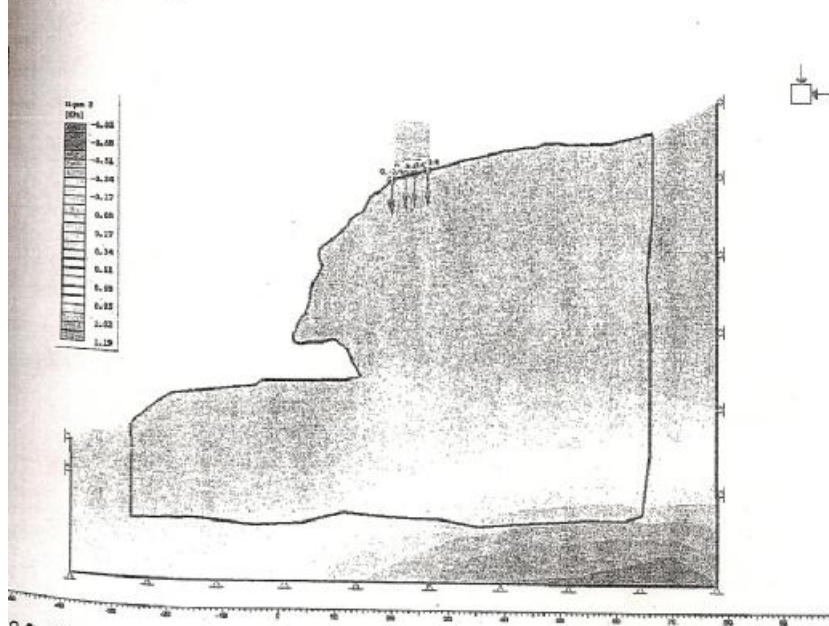
Ο έλεγχος στην υπάρχουσα κατάσταση χωρίς σεισμό έδειξε ότι η βραχομάζα συμπεριφέρεται σαν ελαστικό μέσο με τον μικρότερο συντελεστή ασφαλείας στην υποσκαφή που είναι 1.20, ο δε ασβεστόλιθος παρουσιάζει συντελεστή ασφαλείας 3,00.



Εικόνα 18 Συντελεστής ασφάλειας με κριτήριο αστοχίας



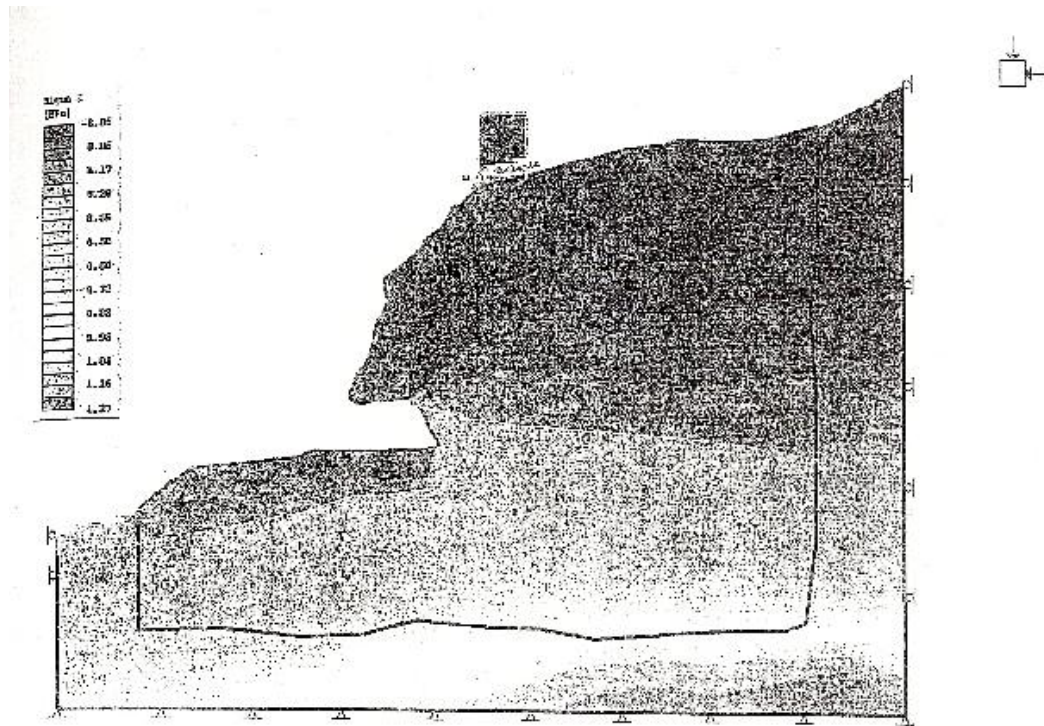
Εκ. 2.2. Κύριες τάσεις σ_1



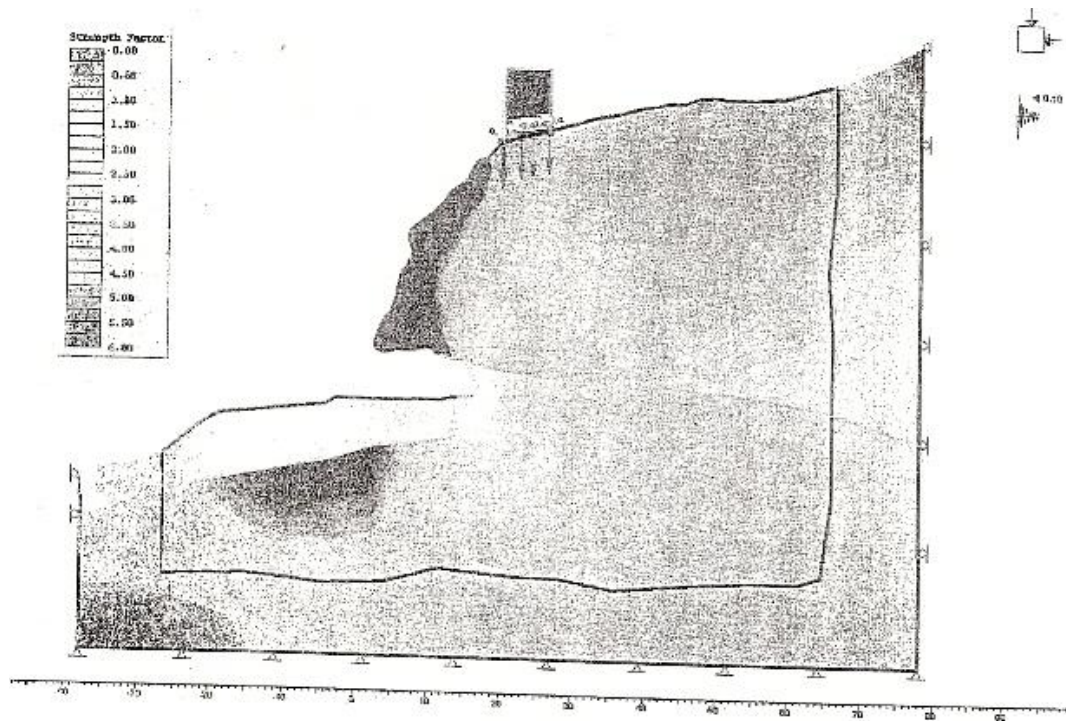
2.3 Κύριες τάσεις σ_3

Εικόνα 19 Κύριες τάσεις σ_1 και σ_3

Στην περίπτωση σεισμού η ασβεστολιθική βραχομάζα λειτουργεί σαν πρόβολος στηριζόμενη επί ελαστικού μέσου. Ο σχιστόλιθος στην περιοχή της υποσκαφής καταπονούμενος απολεπίζεται, ο δε συντελεστής ασφαλείας της ασβεστολιθικής βραχομάζας είναι μεγαλύτερος του 2.

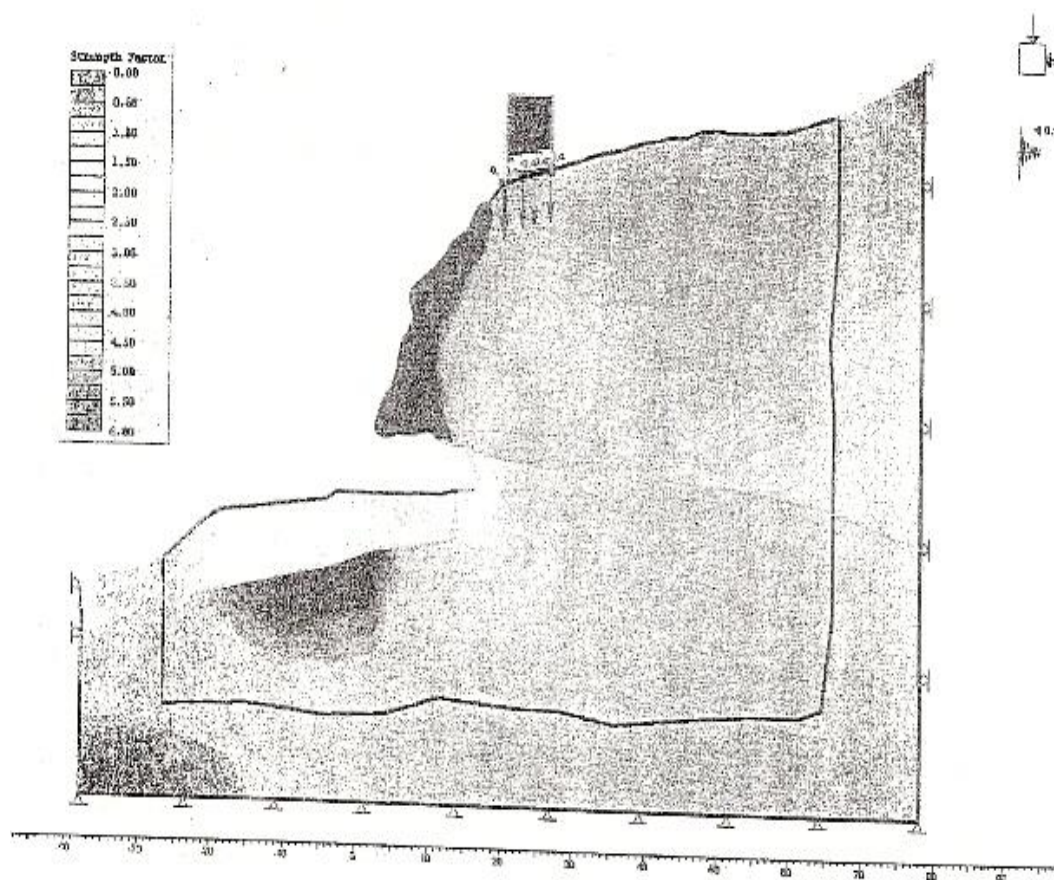


Εικόνα 20 Κύριες τάσεις σ_1



Εικόνα 21 Συντελεστής ασφαλείας με κριτήριο αστοχίας

Με την υπόθεση ακόμα και η υποσκαφή να μεγαλώνει κατά 3,00m σε περίπτωση σεισμού ο συντελεστής ασφαλείας της ασβεστολιθικής βραχομάζας είναι μεγαλύτερος του 1,50 και δεν αστοχεί.



Εικόνα 22 Διερεύνηση στην περίπτωση αύξησης της υποσκαφής και σεισμό

Έγινε διερεύνηση της επίδρασης των αγκυρώσεων σαν γραμμικό στοιχείο στην πλέον δυσμενή περίπτωση αύξησης της υποσκαφής και σεισμό, όπου διαπιστώθηκε ότι στην περιοχή απόληξης των αγκυρίων δεν επηρεάζονται δυσμενώς τα εντατικά μεγέθη.

4.3. ΕΠΙΣΦΑΛΕΙΣ ΒΡΑΧΟΙ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ "ΑΝΑΦΙΩΤΙΚΑ". ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΔΟΚΩΝ ΑΓΚΥΡΩΣΕΩΣ

Μετά την εξασφάλιση του συνόλου των βράχων με συρματόσχοινα και δίκτυα ενισχυμένα με συρματόσχοινα, καθορίστηκαν όλες οι ρωγμές και τα τμήματα συνδέθηκαν μεταξύ τους (με πλήρωση των ρωγμών σε συνδυασμό με παρεμβλήματα). Στο κάτω μέρος των ρωγμών αφέθηκε ικανός αριθμός αποστραγγιστικών σωλήνων, για την αποφυγή υδροστατικών πιέσεων. Επίσης κατασκευάστηκαν τα υποστηλώματα Π1, Π2, Π3 από οπλισμένο σκυρόδεμα. Μετά τις επεμβάσεις αυτές δημιουργήθηκε ένα ενιαίο σύνολο βράχων με υπάρχοντα συντελεστή ασφαλείας (1) και με μια κύρια επιφάνεια ολίσθησης. Ο υπάρχων συντελεστής ασφαλείας του συνόλου θα αυξηθεί με αγκυρώσεις. Με τη γεωλογική πυξίδα βρέθηκε η θέση της επιφάνειας ολίσθησης στο χώρο.

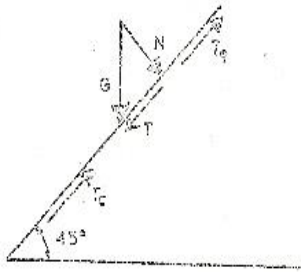
Κ- 380⁹/50⁹

Υπολογίζονται οι σταθερές του βράχου, συνοχή και γωνία εσωτερικής τριβής (c και φ) με τρεις διαφορετικές μεθόδους.

1. Υπολογισμός των σταθερών με τις δυνάμεις ολίσθησης

Από τον τύπο $C = \frac{7 - 7\phi}{F_{0\Lambda}}$ προκύπτει το διάγραμμα του σχήματος

6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΤΟΥ ΒΡΑΧΟΥ



$$N = G \cos \alpha = 1302 \cos 45^\circ = 977 \text{ Mp}$$

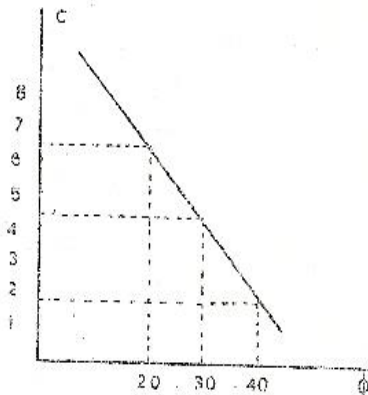
$$T = G \sin \alpha = 1302 \sin 45^\circ = 977 \text{ Mp}$$

$T_c =$ ΑΝΑΣΤΑΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ ΛΟΓΩ ΣΥΝΟΧΗΣ $= c \cdot F = c \cdot 95$

$T_\phi =$ " " " ΤΡΙΒΗΣ $= k \cdot T_c$

συντ. ασφαλ. $s = \frac{T - T_\phi}{F} = 1$

$$c = \frac{T - T_\phi}{F} = \frac{977 - 977 \cdot \tan \phi}{95} = \frac{977}{95} (1 - \tan \phi)$$



Σημείωση: $\phi = 20^\circ \rightarrow c = 6.47$

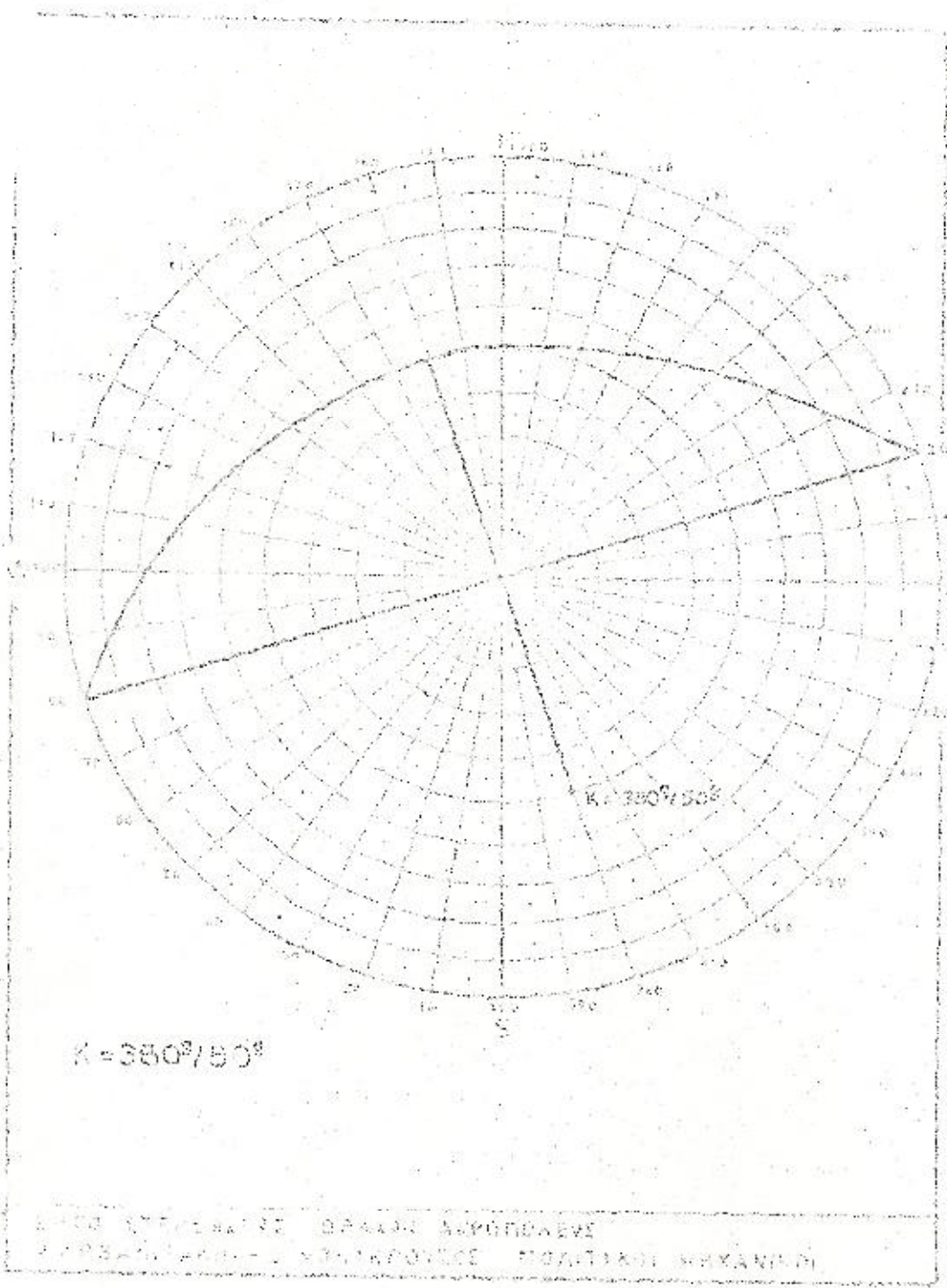
$\phi = 30^\circ \rightarrow c = 4.30$

$\phi = 40^\circ \rightarrow c = 1.64$

2. Υπολογισμός των σταθερών με τη βοήθεια του κύκλου ολίσθησης

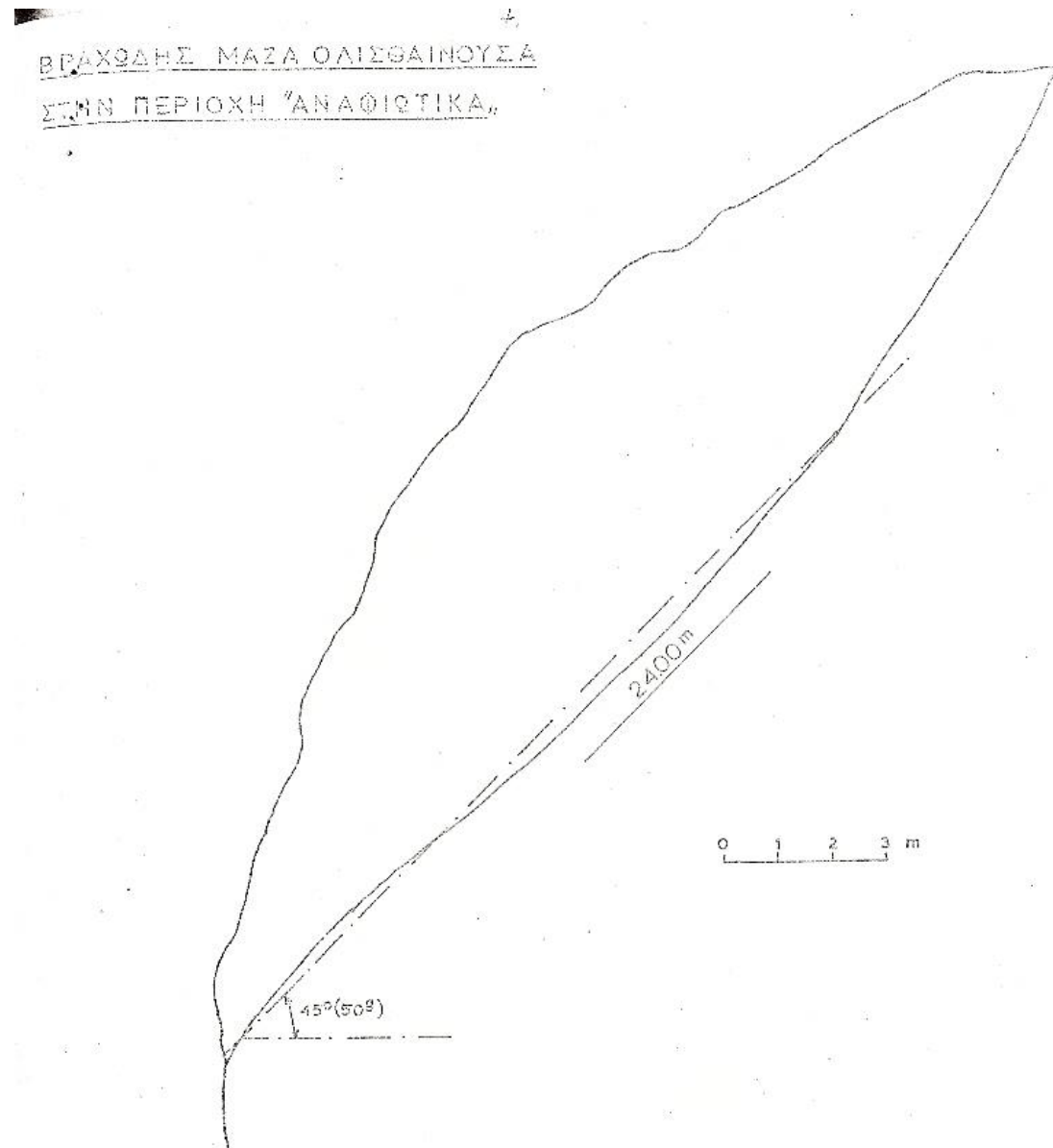
Υπολογίστηκε ο συντελεστής ασφαλείας με βάση τους τύπους του καθηγητή O.K. FROHLICH.

Λήφθηκαν διάφοροι που περνούν από τη βάση του πρανούς και εξετάστηκε με ποιες τιμές των ϕ και c ο συντελεστής ασφαλείας γίνεται $s=1$. Στο σχήμα έχουν επιλεγεί 3 κύκλοι που έχουν σχεδιαστεί και έχει υπολογιστεί για διάφορα ϕ και c ο συντελεστής ασφαλείας.



Από τον πίνακα προκύπτει ότι $s=1$ για $\phi=30^\circ$ και $c=2$.

Με τα φορτία αυτά προκύπτουν οι ροπές προβολής στις εδράσεις και τα ανοίγματα και προσδιορίζεται ο σπλισμός.



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΒΑΡΟΥΣ

ΟΓΚΟΣ $V=24 \times 6 \times 4=576 \text{ m}^3$

ΕΠΙΦ. ΟΛΙΣΘ. $F=24 \times 4=96 \text{ m}^2$ $f=2.0 \text{ Mp/m}^2$

ΒΑΡΟΣ $G=1332 \text{ Mp}$

3. Υπολογισμός των σταθερών βάσει του διαγράμματος των Taylor-Fellenius για το ελεύθερο ύψος πρανούς.

Από τις διερευνήσεις για τις 3 διαφορετικές μεθόδους, συμπεραίνεται ότι για την παραδοχή ο υπάρχων συντελεστής ασφαλείας είναι 1 οι ελάχιστες τιμές των σταθερών βραχώδων μαζών είναι $\varphi=35^\circ$ και $c=2$.

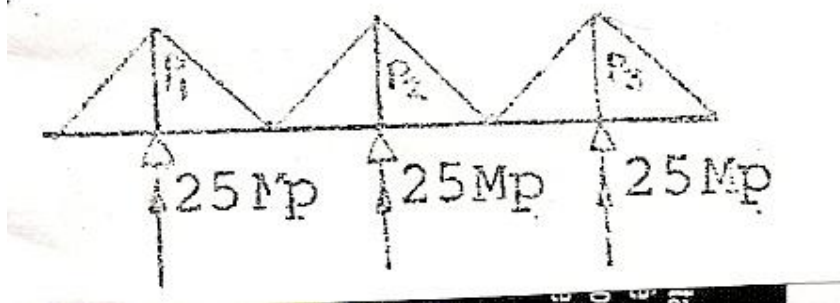
Αύξηση του συντελεστή ασφαλείας με αγκυρώσεις

Ως σταθερές της βραχώδους μάζας λαμβάνουμε $\varphi=35^\circ$, $c=2$ και $\gamma=2,4$. Υπολογίζεται ο συντελεστής ασφαλείας, για δύναμη αγκυρώσεως 25Mr/m και για δύναμη 50Mr/m. Από τον πίνακα του σχήματος προκύπτει ότι για μια δύναμη αγκυρώσεως 25Mr/m, ο συντελεστής ασφαλείας αυξάνει άνω του 1,2.

4.4. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΔΟΚΟΥ ΑΓΚΥΡΩΣΕΩΣ

Για την σύνδεση και κοινή λειτουργία των μεμονωμένων αγκυρώσεων κατασκευάζεται δοκός αγκυρώσεως. Η δοκός παραλαμβάνει και κατανέμει τα φορτία των αγκυρώσεων. Τοποθετείται πρόσθετος οπλισμός για την παραλαβή εφελκυστικής δύναμης κατά μήκος της δοκού 25Mr. Η μορφή της δοκού που φαίνεται στην κάτοψη, στην πραγματικότητα θα προσαρμοστεί στην μορφή του πρανούς. Επειδή μεταξύ θεωρητικής γραμμής της δοκού και αυτής που θα εφαρμοστεί υπάρχουν διαφορές, ο οπλισμός που εκλέχτηκε είναι μεγαλύτερος του απαιτούμενου για περισσότερη ασφάλεια. Επίσης η δοκός θα διαμορφωθεί εξωτερικά και θα προσαρμοστεί στο βράχο.

Στατικό σύστημα



$$P_1 = 1 + \frac{25}{2} = 22,22 \text{ Mp/m}$$

$$P_2 = \frac{25}{2} = 20 \text{ Mp/m}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο : ΠΡΟΠΥΛΑΙΑ. ΑΝΑΣΤΗΛΩΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

5.1. ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΜΑΡΜΑΡΙΝΩΝ ΔΟΚΩΝ ΤΩΝ ΟΡΟΦΩΝ

Περιγραφή αρχικής κατάστασης

Η κάλυψη των ορόφων στα Προπύλαια πραγματοποιούνταν με μαρμάρινες δοκούς που εδράζονταν αμφιέριστα στους τοίχους του μνημείου και στα επιστύλια που γεφύρωναν τα ανοίγματα μεταξύ των κίωνων.



Τα μήκη των δοκών ποικίλλαν ανάλογα με το άνοιγμα. Οι δοκοί που έχουν αναστηλωθεί και καλύπτουν το βόρειο τμήμα στους Ανατολικής κιονοστοιχίας και το βορειοανατολικό τμήμα στους Δυτικής αίθουσας έχουν μήκη που κυμαίνονται από 6.30-6.35μ. Τα ανοίγματα μεταξύ των δοκών καλύπτονταν με στους φατνωματικές πλάκες που εδράζονταν αμφιέριστα πάνω σ' αυτές. Οι δοκοί έφεραν εκτός από το βάρος στους τα φορτία από την ξύλινη στέγη και τα βάρη των φατνωματικών πλακών τα οποία μετέφεραν στους τοίχους και

στους κίονες του μνημείου μέσω των επιστυλίων. Οι μεγάλες διατομές των δοκών εξασφάλιζαν πολύ μικρές τάσεις εφελκυσμού στο μάρμαρο. Η μέγιστη εφελκυστική τάση του μαρμάρου στο μέσο του ανοίγματος υπολογίστηκε ίση με 1,7 Μρα , ενώ το μέγιστο βέλος κάμψης στο μέσο του ανοίγματος των δοκών ίσο με 7 χιλιοστά.

5.1.1. Δομικές βλάβες των φατνωματικών ορόφων

Κατά τις αναστηλωτικές επεμβάσεις των ετών 1909-1917 ανακατασκευάστηκαν τμήματα των οροφών του κεντρικού κτιρίου. Η μονολιθικότητα των έξι δοκών που αποκαταστάθηκαν εξασφαλίστηκε με την συνένωση θραυσμάτων που δεν συνανήκαν απαραίτητα.

Για την σύνθεση των θραυσμάτων των δοκών χρησιμοποιήθηκαν σιδηροδοκοί μέσα σε αυλάκι που λαξεύτηκε κατά μήκος των άνω επιφανειών των θραυσμάτων τους. Το αυλάκι αυτό δείκτε σε όλο το μήκος των δοκών μέχρι σχεδόν τα άκρα τους. Η ανάρτηση των κομματιών των μαρμάρινων δοκών από την σιδηροδοκό έγινε με σιδερένιους αναρτήρες που στο κάτω μέρος τους είχαν τραπεζοειδή διατομή και ήταν σφηνωμένοι με μολύβι και τσιμεντοκονίαμα σε φωλιές που είχαν λαξευτεί στο βάθος του αυλακιού. Η συγκόλληση των θραυσμάτων των δοκών πραγματοποιήθηκε με την ανάρτησή τους από σύστημα τριών παράλληλων σιδηροδοκών ανά μαρμάρινη δοκό. Κατά την αναστήλωση των Προπυλαίων, επιδιώχθηκε να εξασφαλιστεί κάποια συνεργασία της μαρμάρινης δοκού με την σιδερένια, ενώ ταυτόχρονα οι σιδηροδοκοί να είναι αφανείς. Η μέθοδος αυτή όμως αποδείχθηκε καταστροφική. Εκτός από μεγάλης έκτασης φθορά του αρχαίου υλικού που προήλθε από τις απολαξεύσεις, ο τρόπος ανάρτησης των δοκών ευνόησε τη συγκέντρωση υγρασίας, γεγονός που οδήγησε στην οξειδωση και διόγκωσή τους με ανεπανόρθωτες συνέπειες για τις μαρμάρινες δοκούς.



Έτσι ενώ οι αρμοί μεταξύ των θραυσμάτων ήταν στις περισσότερες περιπτώσεις αδιατάρακτοι, γεγονός που αποδεικνύει ότι οι συνδέσεις λειτουργούσαν ικανοποιητικά, παρατηρήθηκαν ρηγματώσεις σε όλα τα άκρα των μαρμάρινων δοκών.

Οι ρωγμές είχαν κατεύθυνση παράλληλη προς τον άξονα των δοκών και σε δυο από αυτές προκάλεσαν την αποκόλληση των εκατέρωθεν της ρωγμής τμημάτων.

Η απομάκρυνση των σιδερένιων στοιχείων των δοκών ήταν μια εξαιρετικά επίπονη εργασία κατά τη διάρκεια της οποίας επιδιώχθηκε να μην προκληθεί καμία επιπλέον φθορά του αρχαίου υλικού. Η αφαίρεση των σιδηροδοκών έγινε τμηματικά με το κόψιμο των άνω πελμάτων τους και τη σταδιακή απελευθέρωσή τους από τα κονιάματα.

5.2. ΔΟΜΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΔΟΚΩΝ

5.2.1. Επιλογή της μορφής αποκατάστασης:

Κατά την αναστήλωση των ετών 1909-1917 για την σύνδεση των αρχιτεκτονικών μελετών "πριονίστηκαν" οι επιφάνειες επαφής των

θραυσμάτων που δεν συνανήκαν ώστε να προσαρμοστούν οι επιφάνειες θραύσης τους. Σήμερα αντιμετωπίζοντας τη δεδομένη αυτή κατάσταση παρέχεται η δυνατότητα αποκατάστασης των δοκών με συμπλήρωσή τους με τμήματα από νέο μάρμαρο.

5.2.2. Ιδιότητες των υλικών αποκατάστασης

1. ΜΑΡΜΑΡΟ: Για το μάρμαρο έχουν γίνει δοκιμές αντοχής σε θλίψη οι οποίες έδωσαν μέση τιμή θλιπτικής αντοχής ίση με 77.8 MPa. Η εφελκυστική αντοχή προσδιορίστηκε με σειρά δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο του Παρθενώνα από τον κ. Ζάμπα. Το στατικό μέτρο ελαστικότητας προσδιορίστηκε μετά από εργαστηριακές δοκιμές. Οι τιμές που έχουν προκύψει από τις δοκιμές αυτές είναι :

Μέση τιμή θλιπτικής αντοχής = 77.8 Mpa

Μέση τιμή εφελκυστικής αντοχής, στρώσεις παράλληλες προς τον άξονα = 19.4 Mpa

Χαρακτηριστική τιμή εφελκυστικής αντοχής, στρώσεις κάθετες προς τον άξονα = 14.4 MPa.

Μέτρο ελαστικότητας = 23.000 Mpa.

2. ΤΙΤΑΝΙΟ: Το τιτάνιο χρησιμοποιείται ως το αποκλειστικό μέταλλο κατασκευής συνδετήριων στοιχείων για τις αποκαταστάσεις στα μνημεία της Ακρόπολης. Οι φυσικές και μηχανικές ιδιότητες του εμπορικά καθαρού τιτανίου είναι: Πυκνότητα (gr/dm^3) = 4510

Μέτρο ελαστικότητας (MPa) = 105000

Εφελκυστική αντοχή (MPa) = 420

Όριο διαρροής (MPa) = 300

Συντελεστής θερμικής διαστολής = 9

3. ΤΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΚΟΝΙΑΜΑΤΑ: Τα τσιμεντοκονιάματα που χρησιμοποιούνται για τις συγκολλήσεις που αποτελούνται από λευκό τσιμέντο και χαλαζιακή άμμο σε διάφορες αναλογίες.

5.3. ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΑΡΜΑΡΙΝΩΝ ΔΟΚΩΝ

Μέχρι σήμερα οι συνδέσεις των θραυσμάτων των αρχιτεκτονικών μελών στα μνημεία της Ακρόπολης έχουν γίνει με λευκό τσιμέντο Portland και οπλισμό τιτανίου. Οι οπλισμοί τιτανίου είναι ράβδοι κυκλικής διατομής στις οποίες έχει διαμορφωθεί σπείρωμα και εμφυτεύονται με τσιμεντοπολτό σε διατρήματα στη μάζα του μαρμάρου.

Μέχρι σήμερα στα Προπύλαια με τη μέθοδο αυτή έχει συγκολληθεί το δεύτερο από το νότιο επιστύλιο της Ανατολικής κιονοστοιχίας και τα θραύσματα των φατνωματικών πλακών που συνανήκουν από τις αποξηλωμένες φατνωματικές οροφές και τα θραύσματα φατνωματικών πλακών.

5.3.1. Σύνδεση των θραυσμάτων

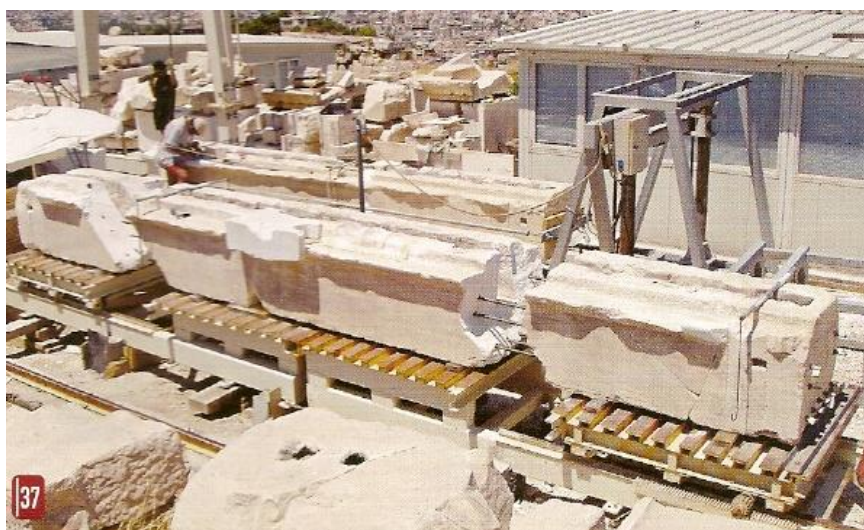
Η σύνδεση των θραυσμάτων των αποξηλωμένων μαρμαρίνων δοκών των οροφών των Προπυλαίων αποτέλεσε αντικείμενο προβληματισμού των μελετητών του μνημείου και αυτό εξαιτίας του μεγάλου μήκους του (6.30-6.40m) και της σχετικά τολμηρής για τα δεδομένα των ελληνικών κλασικών μνημείων αναλογίας διαστάσεων της διατομής προς το μήκος των δοκών. Για τη σύνδεση των δοκών μελετήθηκαν δύο εναλλακτικές προτάσεις. Η πρώτη αποτελεί επανάληψη της λύσης που είχε εφαρμοστεί κατά την προηγούμενη αναστηλωτική επέμβαση με τα υλικά που χρησιμοποιούμε σήμερα, δηλαδή ανάρτηση των θραυσμάτων των δοκών από δοκούς τιτανίου και πλήρωση των κενών με τσιμεντοπολτό. Η δεύτερη πρόταση περιλαμβάνει την σύνδεση των δοκών με οπλισμό τιτανίου και τσιμεντοπολτό.

5.3.2. Σύνδεση των μαρμαρίνων δοκών με δοκό τιτανίου

Η διατομή τιτανίου που έχει επιλεγεί είναι διατομή μορφής διπλού ταυ, με διαστάσεις πελμάτων 140x20mm και κορμού 12x300mm και τα θραύσματα αναρτώνται από αυτήν με αντίστοιχους αναρτήρες με αυτούς της προηγούμενης αναστήλωσης στα ίδια σημεία ανάρτησης ώστε να αποφευχθεί οποιαδήποτε επιπλέον φθορά του αυθεντικού υλικού.

5.3.3. Σύνδεση των θραυσμάτων των μαρμάρινων δοκών με οπλισμό τιτανίου

Οι οπλισμοί είναι ράβδοι τιτανίου κυκλικής διατομής στην εξωτερική επιφάνεια των οποίων διαμορφώνεται σπείρωμα. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η συνάφεια των ράβδων με τον τσιμεντοπολτό. Οι οπλισμοί θα εμφυτευτούν σε διατρήματα που θα ανοιχθούν στην μάζα του μαρμάρου. Η συγκόλληση θα γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε η πήξη του τσιμεντοπολτού να γίνεται υπό πίεση ώστε να μειωθεί η πιθανότητα ύπαρξης κενών. Το τμήμα της δοκού που είχε λαξευτεί για την τοποθέτηση των σιδηροδοκών θα καλυφθεί με δοκό από μάρμαρο η οποία θα συμπληρώσει το κενό και θα συμβάλει στην αύξηση της ακαμψίας της δοκού



Εικόνα 23 Συγκόλληση δοκού της Ανατολικής Στοάς των Προπυλαίων στην ειδική τράπεζα συγκολλήσεων Μελέτη: Μ. Ιωαννίδου & Β. Πασχαλίδης Φωτ. Τ. Τανούλας

5.4. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ

1. Συγκόλληση με δοκό τιτανίου:

Πλεονεκτήματα:

α. Επαναλαμβάνει μια στατική μορφή η οποία στη διάρκεια των 75 χρόνων που μεσολάβησαν από την προηγούμενη αναστήλωση αποδείχτηκε ότι λειτουργούσε ικανοποιητικά. Ο σχεδιασμός των αναρτήσεων ήταν τέτοιος

ώστε οι δυνάμεις που μεταφέρονταν στις αναρτήσεις της ίδιας κλίμακας (από 12 έως 20kN). Όλες οι βλάβες που προξενήθηκαν στις δοκούς προήλθαν από την οξειδωση των σιδηροδοκών και όχι από κακό σχεδιασμό της συνδέσεως.

β. Για την πραγματοποίηση της συγκόλλησης δεν απαιτείται καμία επιπλέον λάξευση του αρχαίου υλικού πέραν αυτής που έχει ήδη γίνει κατά την προηγούμενη αναστήλωση.

Μειονεκτήματα:

α. Η ανάρτηση των θραυσμάτων των δοκών από δοκό τιτανίου αποτελεί αλλαγή του δομικού συστήματος του μνημείου. Η αλλαγή του δομικού συστήματος οδηγεί πιθανόν σε ανομοιομορφία συμπεριφοράς τμημάτων της δοκού σε περίπτωση έντονης καταπόνησης.

β. Οι αναρτήσεις των θραυσμάτων γίνονται από τα σημεία που είχαν γίνει και στην προηγούμενη αναστήλωση. Σήμερα πολλά από αυτά μετά την διόγκωση των σιδερένιων αναρτήσεων αποτελούν θέσεις έναρξης ρηγματώσεων και ασθενή σημεία του μαρμάρου. Εξάλλου η διάνοιξη νέων φωλειών για τις αναρτήσεις θα οδηγούσε σε καταστροφή του αρχαίου υλικού, σε θέσεις που είναι ήδη έντονα καταπονημένο.

γ. Για την πραγματοποίηση της λύσης αυτής απαιτείται μεγάλη ποσότητα υλικού ξένου προς το μάρμαρο. Από την άποψη αυτή η λύση είναι αντιοικονομική, όχι τόσο από υλική θεώρηση αλλά από άποψη σχεδιασμού.

δ. Η κατασκευή μιας ολόσωμης δοκού τιτανίου, δεδομένου ότι δεν παρέχεται στο εμπόριο δοκός εξελάσεως, παρουσιάζει σημαντικές τεχνικές δυσκολίες. Η κατασκευή πρέπει να γίνει με συγκόλληση ελασμάτων τιτανίου σε όλο το μήκος του σε ατμόσφαιρα αργού, μέθοδος η οποία θα παρουσιάσει προβλήματα στρέβλωσης των διατομών.

Συγκόλληση με οπλισμό τιτανίου

Πλεονεκτήματα

α. Η συγκόλληση με οπλισμό τιτανίου εξασφαλίζει την μονολιθικότητα της δοκού και τη συμπεριφορά της με αντίστοιχο τρόπο με την αρχική χωρίς ρηγματώσεις δοκό και στην φάση λειτουργίας αλλά και σε περίπτωση έντονων καταπονήσεων.

β. Η ποσότητα του νέου υλικού που θα χρησιμοποιηθεί είναι πολύ μικρή και συνακόλουθα η φθορά αρχαίου υλικού πολύ μικρή σε σχέση με το συνολικό.

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Το μόνο που θα μπορούσε να αναφερθεί σαν μειονέκτημα είναι η συγκόλληση θραυσμάτων από τα οποία μερικά δεν συνανήκουν. Ακόμα όμως και αν βρισκόταν τα αυθεντικά θραύσματα, η τοποθέτησή τους θα δημιουργούσε αμφίβολο αισθητικό αποτέλεσμα, αφού θα ήταν αναγκαίο να γίνουν νέες λαξεύσεις. Έτσι αυτή είναι η μέθοδος που χρησιμοποιείται σήμερα.

5.5. ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΦΑΤΝΩΜΑΤΙΚΩΝ ΠΛΑΚΩΝ ΤΩΝ ΠΡΟΠΥΛΑΙΩΝ

Σε αυτήν την μελέτη την οποία πραγματοποίησε η Μ. Ιωαννίδου το 1994, γίνεται περιγραφή των δομικών χαρακτηριστικών των φατνωματικών πλακών και των τεχνικών λεπτομερειών αναστήλωσής τους. Επίσης παρουσιάζεται η μέθοδος σύνδεσης των θραυσμάτων των φατνωματικών πλακών.

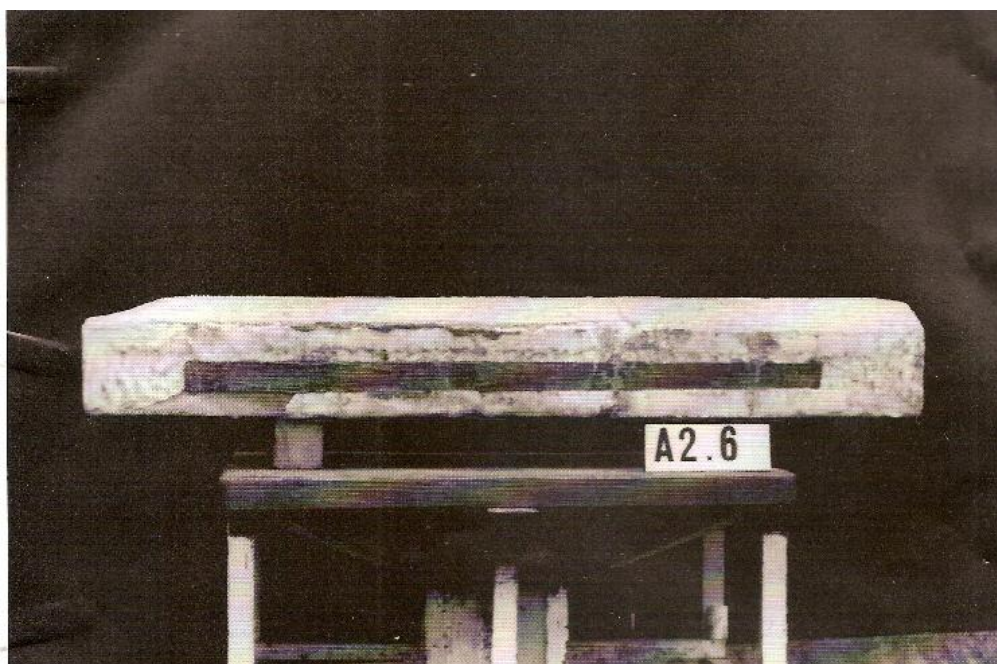
5.5.1. Δομικά χαρακτηριστικά

Οι φατνωματικές πλάκες αποτελούσαν τα καλύμματα που γεφύρωναν τα διαστήματα μεταξύ των μαρμάρινων δοκών του κεντρικού κτιρίου και διαμόρφωναν τις οροφές. Στο κεντρικό κτίριο ήταν μαρμάρινες ενώ στις πτέρυγες ήταν ξύλινες. Οι μορφές τους παρουσίαζαν ποικιλία ανάλογα με τον ρυθμό της αίθουσας την οποία κάλυπταν (δωρικές, ιωνικές) αλλά και στην ίδια αίθουσα ανάλογα με το πλάτος του ανοίγματος το οποίο γεφύρωναν. Είχαν μήκος που κυμαινόταν ανάλογα με το είδος τους από 1,70 m έως 0,87m. Εδράζονταν αμφιέριστα τις μαρμάρινες δοκούς, χωρίς να υπάρχει γόμφος ή άλλος μεταλλικός σύνδεσμος. Το μοναδικό φορτίο που έφεραν ήταν το βάρος τους (2,65 kN-3,76 kN).

5.5.2. Σημερινή κατάσταση των φατνωματικών πλακών

Οι φατνωματικές πλάκες βρέθηκαν στο έδαφος, κατά πάσα πιθανότητα κατά την έκρηξη της πυρίτιδας στη Δυτική αίθουσα. Οι φθορές που υπέστησαν ήταν ανεπανόρθωτες, οι περισσότερες έσπασαν και το μεγαλύτερο μέρος του υλικού τους απολέσθηκε για πάντα.

Η σύνδεση των θραυσμάτων των πλακών της οροφής έγινε με την σφήνωση σιδερένιων ράβδων ορθογωνικής διατομής διαστάσεων 27x6mm ή 30x10mm σε αυλάκια λαξευμένα στις παράπλευρες επιφάνειες των πλακών. Τα άκρα των ράβδων είχαν καμφθεί κατά ορθή γωνία και είχαν στερεωθεί σε αντίστοιχους τόρμους στα άκρα του αυλακιού.



Η κάλυψη των ράβδων αυτών με μολύβι θεωρήθηκε αρκετή ώστε να εξασφαλίσει την προστασία τους από την διάβρωση. Τα κενά συμπληρώθηκαν με τσιμεντοκονίαμα. Εκτός από τις σιδερένιες ράβδους στις παράπλευρες επιφάνειες των θραυσμάτων είχαν χρησιμοποιηθεί και μικρές ορειχάλκινες ράβδοι διαμέτρου 1cm και μήκους 5-7cm στους αρμούς μεταξύ των θραυσμάτων. Σαν συνδετικό υλικό χρησιμοποιήθηκε μαρμαροκονία.

Πιστεύεται ότι οι ράβδοι αυτές είχαν μικρή συνεισφορά στη σύνδεση των θραυσμάτων.

Ο τρόπος συγκόλλησης που χρησιμοποιήθηκε αποδείχτηκε εξαιρετικά καταστρεπτικός. Οι επιφάνειες θραύσης απολαξεύθηκαν συχνά ώστε να σχηματιστούν επίπεδες επιφάνειες που θα επέτρεπαν την συναρμογή των θραυσμάτων ενώ η χρησιμοποίηση σιδήρου σε μεγάλη έκταση, προκάλεσε με την οξειδωσή του ανεπανόρθωτες ζημιές στα φατνώματα. Πιστεύεται ότι αν οι φατνωματικές πλάκες είχαν παραμείνει στο έδαφος η κατάστασή τους σήμερα θα ήταν πολύ καλύτερη και οι προοπτικές για την σημερινή τους αποκατάσταση, ευνοϊκότερες.

5.5.3. Αποξήλωση-Αποσυναρμολόγηση

Η τραγική κατάσταση των οροφών των Προπυλαίων ήταν αυτή που οδήγησε στην απόφαση να αποξηλωθούν πριν από την ολοκλήρωση της γενικής μελέτης του μνημείου. Ήταν ο μόνος τρόπος για να σταματήσει η καταστρεπτική επίδραση των οξειδωμένων σιδερένιων συνδέσμων σε αυτές. Επειδή οι πλάκες είχαν έντονα κατακερματιστεί για να αποφευχθούν περαιτέρω φθορές κατά την μεταφορά τους, κατέβηκαν στο έδαφος κατά ομάδες με τη βοήθεια ισχυρής μεταλλικής εσχάρας.

Μετά την ολοκλήρωση της μεταφοράς των φατνωματικών πλακών στο έδαφος άρχισε η αποσυναρμολόγηση των θραυσμάτων από τα οποία αποτελούνταν. Η αποσυναρμολόγηση έγινε με την αφαίρεση των συνδετηρίων στοιχείων και του υλικού πληρώσεως μεταξύ του συνδετηρίου και του μαρμάρου.

5.5.4. Σύνδεση των θραυσμάτων φατνωματικών πλακών

Η απόφαση για την αποξήλωση των φατνωματικών πλακών περιελάμβανε και την σύνδεση των θραυσμάτων που συνανήκουν. Πρόκειται για θραύσματα που δημιουργήθηκαν από την οξειδωση των σιδερένιων ενισχύσεων των αναστηλώσεων που προκάλεσαν διάρρηξη μεγαλύτερων θραυσμάτων σε μικρότερα. Η συγκόλλησή τους κρίθηκε απαραίτητη δεδομένου ότι η θέση τους ήταν γνωστή και η σύνδεσή τους τα προστάτευε από περαιτέρω φθορές και απώλειες του υλικού τους.

Η συγκόλληση των φατνωματικών πλακών έγινε με λευκό τσιμέντο Portland και οπλισμούς τιτανίου. Αρχικά οι επιφάνειες που επρόκειτο να συγκολληθούν καθαρίζονταν από τους ρύπους. Με τον τρόπο αυτό αφαιρέθηκε επιφανειακό στρώμα πάχους 1mm.

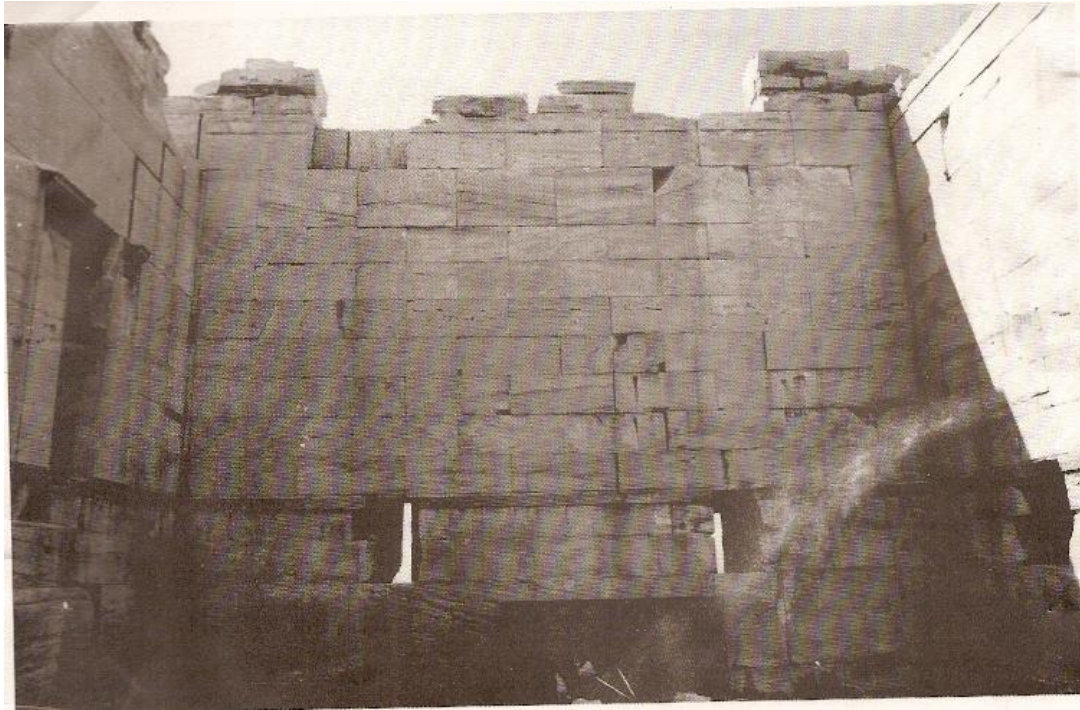
Κατά την συγκόλληση προκύπτει ελεύθερος χώρος που διατίθεται για τον τσιμεντοπολτό ώστε να μην μεταβληθεί η τελική διάσταση της φατνωματικής πλάκας.

Μετά τις συγκολλήσεις των θραυσμάτων η κατάσταση των 46 φατνωματικών πλακών που αποξηλώθηκαν είναι: 4 φατνωματικές πλάκες είναι ακέραιες, 5 πλήρεις φατνωματικές πλάκες σχηματίστηκαν από θραύσματα που συνανήκαν, σε 22 έγιναν συγκολλήσεις επιμέρους θραυσμάτων που συνανήκαν χωρίς να συμπληρωθούν ολόκληρες πλάκες, 15 αφέθηκαν αποσυναρμολογημένες σε θραύσματα που δεν συνανήκουν.

5.6. ΔΟΜΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ

ΔΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ:

Η βόρεια πτέρυγα των Προπυλαίων είναι εγκατεστημένη στο βορειοδυτικό άκρο του βράχου της Ακρόπολης και αποτελείται από μια αίθουσα, την Πινακοθήκη, με μικρή στοά στη νότια πλευρά της. Η δομή της βόρειας πτέρυγας ακολουθεί τα χαρακτηριστικά των αρχαίων ελληνικών ναών της κλασικής εποχής. Οι τοίχοι της αποτελούνται από ορθογώνιους λαξευτούς λίθους σε ισόδομη διάταξη, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με σιδερένιους συνδέσμους, ενώ μεταξύ των διαδοχικών στρώσεων των λίθων υπάρχουν οι σιδερένιοι γόμφοι.



Οι σύνδεσμοι και οι γόμφοι είναι στερεωμένοι σε αντίστοιχες εντορμίες του μαρμάρου και είναι προστατευμένοι με χυτό μολύβι. Η έδραση των επάλληλων στρώσεων των λίθων γίνεται χωρίς την παρεμβολή κονιαμάτων, και η λειτουργία των συνδέσεων συνίσταται στην ανάληψη εφελκυστικών και διατμητικών δυνάμεων στην περίπτωση που υπερνικηθεί ο δεσμός τριβής μεταξύ των λιθοπλίνθων.

Οι κίονες αποτελούνταν από σπονδύλους οι οποίοι στο κέντρο των οριζοντίων επιφανειών είχαν εντορμίες στους πόλους μέσα στους οποίους είναι στερεωμένα τα ξύλινα εμπόλια. Οι κίονες συνδέονται μεταξύ τους με τον θριγκό. Η σύνδεση των κιόνων με τους τοίχους γίνεται με την οροφή που στη βόρεια πτέρυγα ήταν ξύλινη και πάνω της στηριζόταν η ξύλινη στέγη και τα μαρμάρινα κεραμίδια.

Η εγκατάσταση των Προπυλαίων στη βόρεια πλευρά του βράχου της Ακρόπολης απαιτούσε την κατασκευή μεγάλου ύψους θεμελίων τα οποία εφράζονταν απευθείας πάνω στο βράχο.



Τα θεμέλια είναι από πωρόλιθο με μεγάλο ύψος ιδιαίτερα κάτω από τον δυτικό και τον βόρειο τοίχο. Οι λίθοι της θεμελίωσης είναι διαφόρων διαστάσεων και οι συναρμογές ατελείς σε ορισμένες περιπτώσεις ώστε να υπάρχουν κενά μεταξύ των λίθων. Παρ' όλα αυτά η τεχνική της πλοκής των λίθων εξασφαλίζει την πλήρη επαφή των επιφανειών των στρώσεων και την εναλλαγή των κατακόρυφων αρμών μεταξύ των διαδοχικών στρώσεων. Η εσωτερική πλευρά της θεμελίωσης διατηρούσε επίχωση μέχρι το ύψος του δαπέδου της αίθουσας στη βόρεια πτέρυγα.

5.6.2. Δομικές βλάβες στην βόρεια Πτέρυγα

Η βόρεια Πτέρυγα παρά τις ποικίλες μετατροπές που υπέστη κατά την διάρκεια της Φραγκοκρατίας και της τουρκικής κατοχής είναι το μόνο τμήμα του μνημείου που δεν υπέστη ποτέ αναστηλωτική επέμβαση εκτός από την συντήρηση της εξωτερικής πλευράς της θεμελίωσης του δυτικού τοίχου από τον Πιττάκη κατά το 1854. Εκτός από την οροφή και την ξύλινη στέγη της που έχουν καταστραφεί ολοσχερώς, το σύνολο των τοίχων της είναι *in situ*.

Το σύνολο σχεδόν των δομικών βλαβών της βόρειας Πτέρυγας, οφείλεται στην τοποθέτησή της στο δυτικό άκρο του βράχου της Ακρόπολης και συγκεκριμένα στην καθίζηση και μετατόπιση του δυτικού της τμήματος στα δυτικά. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη διάνοιξη μεγάλης κατακόρυφης ρωγμής

στους αρμούς του θυραίου τοίχου του και μικρότερων στον βόρειο και τον δυτικό τοίχο. Αποτέλεσμα της μετατόπισης αυτής είναι οι παραμορφώσεις των τοίχων, η θραύση λίθων και η έκθεση των αρχαίων συνδετηρίων στοιχείων σε οξειδωση που οδηγεί σε νέες θραύσεις λίθων. Ακόμα και η κατεδάφιση των φράγκικων θόλων μετά την απελευθέρωση, άφησε την υπάρχουσα επίχωση στο εσωτερικό της Πινακοθήκης όπως και στους διαταραγμένους αρμούς εκτεθειμένους στις καιρικές συνθήκες.

Για την στερέωση του τμήματος αυτού, κατά το 1954, απομακρύνθηκε η επίχωση της θεμελίωσης και κατασκευάστηκε μια ιδιαίτερα ογκώδης κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα στην στάθμη του αρχαίου δαπέδου. Η κατασκευή περιλαμβάνει μια συνεχή πλάκα με τέσσερα ανοίγματα που εδράζεται περιμετρικά στην βόρεια και δυτική πλευρά σε συνεχές τοιχείο που εφάπτεται των θεμελίων της Πινακοθήκης, ενώ στη νότια και ανατολική πλευρά σε δυο υποστηλώματα θεμελιωμένα στο βράχο και σε τοιχεία.

Το πάχος της πλάκας είναι 17cm, ενώ στη νοτιοανατολική γωνία της τμήμα διαστάσεων 1.20 x 1.20 περίπου παρέμεινε κενό για την επικοινωνία του υπογείου με τον χώρο της Πινακοθήκης. Τα ανοίγματα της συνεχούς πλάκας έχουν πλάτη που κυμαίνονται από 1.25μ μέχρι 3,05μ. Το πλάτος των τοιχείων είναι μεταβλητό. Στη νότια πλευρά όπου είναι ορατό είναι 34 cm.

Τα τοιχεία θεμελιώνονται πάνω στο βράχο, ενώ τμήματα των θεμελίων τους είναι εγκιβωτισμένα στα θεμέλια των τοίχων της βόρειας Πτέρυγας. Τον Μάρτιο του 1992, αφαιρέθηκαν τέσσερα τμήματα των τοιχείων, δυο στο δυτικό και δυο στο βόρειο τμήμα των θεμελίων, χωρίς να καταστραφεί ο υπάρχων οπλισμός.

Η κατασκευή του δαπέδου αυτού ήταν επιβαρυντική για την θεμελίωση της βόρειας Πτέρυγας. Ενώ δεν απέτρεψε την εισροή των νερών της βροχής στον υπόγειο χώρο, απομόνωσε τους πωρόλιθους της θεμελίωσης από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Ένα άλλο πρόβλημα είναι η πρόσφυση του σκυροδέματος με τον πωρόλιθο, έτσι που μια μελλοντική αφαίρεση του σκυροδέματος θα προκαλέσει φθορά στην αρχική επιφάνεια των πωρόλιθων. Κατά την απομάκρυνση του σκυροδέματος από τις 4 θέσεις των τοιχείων αποδείχθηκε ότι ειδικά οι πωρόλιθοι της θεμελίωσης του βόρειου τοίχου ήταν ιδιαίτερα υγροί και μαλακοί, προφανώς εξαιτίας της ύπαρξης επίχωσης στο εξωτερικό της βόρειας πλευράς που δυσχεραίνει την εξάτμιση του νερού.(σχήμα)

5.6.3. Δομική αποκατάσταση

Οι προτάσεις για την δομική αποκατάσταση της βόρειας Πτέρυγας είναι:

1. Απομάκρυνση της κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα

Η απομάκρυνση θεωρείται απαραίτητη για τους λόγους που αναφέραμε παραπάνω. Η εργασία αυτή απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή στην χρήση των μέσων που θα χρησιμοποιηθούν για την κατεδάφιση τόσο μεγάλου όγκου σκυροδέματος, χωρίς να διαταραχθεί ο δομικός ιστός της πτέρυγας. Για την αντικατάσταση του δαπέδου προτείνονται δύο εναλλακτικές λύσεις:

- i. Αντικατάσταση του δαπέδου με πάτωμα από μεταλλικό σκελετό το οποίο θα εδράζεται στο βράχο χωρίς να επιβαρύνει την θεμελίωση. Το τελικό δάπεδο θα είναι κατασκευασμένο από προκατασκευασμένες πλάκες σκυροδέματος ή από ξύλο. Ο υπόγειος χώρος μετά την κατεδάφιση των τοιχείων θα παραμείνει ανοικτός για την τεκμηρίωση και συντήρηση των επιφανειών των πωρόλιθων.
- ii. Αποκατάσταση της αρχαίας επίχωσης στο υπόγειο της Πινακοθήκης. Η επίχωση πρέπει να γίνει με κατάλληλη διαστρωμάτωση των υλικών ώστε να μην επιβαρύνονται οι πωρόλιθοι και να αποκλείεται η συγκέντρωση υγρασίας στο υπόγειο.

2. Αποξήλωση των τοίχων της Πινακοθήκης, στις περιοχές που έχουν σημαντικά ανοίγματα αρμών, υπάρχουν θραυσμένοι λίθοι και όπου οι σύνδεσμοι έχουν εκτεθεί σε οξειδωση. Μετά την επισκευή τους τα αρχιτεκτονικά μέλη που θα αποξηλωθούν θα συνδεθούν εκ νέου με ελάσματα τιτανίου διαμορφωμένα σε συνδέσμους και γόμφους που θα στερεωθούν στις υπάρχουσες ενιορμίες με ισχυρό τσιμεντοκονίαμα.

3. Ανακατασκευή της αρχαίας στέγης. Με την διαφραγματική της λειτουργία θα ενισχύσει την ασφάλεια της Πινακοθήκης σε οριζόντια φορτία. Ακόμα, τα φορτία της στέγης που θα προστατευθούν στα μόνιμα φορτία των τοίχων θα ενισχύσουν την ευστάθειά τους. Επίσης η κάλυψη του μνημείου θα προστατεύσει την εσωτερική πλευρά των τοίχων από τη βροχή και τις φθορές

από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες. Αντίστοιχη θα είναι η προστασία των θεμελίων της Πινακοθήκης από την εισροή των νερών της βροχής.

4. Εδαφοτεχνική μελέτη των βράχων κάτω από τη βόρεια Πτέρυγα. Η μελέτη αυτή προτείνεται να γίνει μετά την απομάκρυνση του πατώματος και των τοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα. Τα αποτελέσματα αυτά θα συνεκτιμηθούν με τις προτάσεις και θα αποφασιστεί η πιθανή ενίσχυση της θεμελιώσεως που θα εξασφαλίσει την βόρεια Πτέρυγα από ενδεχόμενες μελλοντικές μετακινήσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΤΕΙΧΗ: ΑΝΑΣΤΗΛΩΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

6.1. ΤΕΙΧΗ- ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Κατά το μεγαλειώδες οικοδομικό πρόγραμμα της Ακρόπολης του 5^{ου} αιώνα π.Χ. το έργο που περισσότερο από κάθε άλλο προσέδωσε στον ιερό βράχο τη γνώριμη μορφή του και καθόρισε την τοπογραφία του είναι τα τείχη. Η οικοδόμησή τους αποτελεί μεγάλης κλίμακας επέμβαση, βασισμένη σε ενιαία αρχιτεκτονική σύλληψη. Ιδιαίτερα ισχυροί αναλημματικοί τοίχοι υψώθηκαν περιμετρικά, σε μήκος 740 μέτρων γύρω και έξω από το μυκηναϊκό τείχος για να συγκρατήσουν βαριές επιχώσεις, ώστε να σχηματιστούν νέα ανυψωμένα εδάφη ως γιγαντιαίο υπόβαθρο για την ανέγερση των ιερών. Ο χώρος της Ακρόπολης επεκτάθηκε ενώ η ακανόνιστη επιφάνεια του βράχου διαμορφώθηκε σε μεγάλα οριζόντια επίπεδα, φθάνοντας τα 29.000μ².

Το βόρειο τείχος με την χαρακτηριστική πολύπτυχη επιφάνειά του, ευρύτατα γνωστό ως «Θεμιστόκλειο», ήταν ένα από τα πρώτα έργα που εκτελέστηκαν μετά τα Μηδικά και τις καταστροφές του 479π.Χ.

Τα αρχιτεκτονικά μέλη από τα ερειπωμένα ιερά χρησιμοποιήθηκαν ως οικοδομικό υλικό για την κατασκευή του. Στην περιοχή του μπροστά από το Ερέχθειο εντάχθηκαν μαζί τα μάρμαρα της κρηπίδας του κατεστραμμένου προ-Παρθενώνα, 26 μαρμάρيني ημιτελείς αρράβδωτοι σπόνδυλοι με εμφανείς τις ημίεργες επιφάνειές τους.

Πύρινα κιονόκρανα του «αρχαίου ναού», τοποθετήθηκαν ανατολικότερα, όρθια με τον άβακα προς τα έξω, ενώ τα μέλη του θριγκού (επιστύλια, τρίγλυφα, μετόπες και γείσα) χτίστηκαν σε συνεχή σειρά ως επίστεψη στην κεντρική περιοχή. Με την προβολή των κατεστραμμένων μελών πάνω από τους σημαντικότερους δημόσιους χώρους της αρχαίας πόλης οι Αθηναίοι μνημόνευσαν την βαρβαρότητα των Περσών και επέδειξαν την ισχύ τους. Σήμερα, διατηρείται η αρχαία κατασκευή στο μεγαλύτερο μέρος της και μόνο τμηματικά έχει συμπληρωθεί από αργολιθοδομές, κατά τις νεώτερες επισκευές.

Το νότιο τείχος, γνωστό ως «Κιμώνειο», κτίσθηκε μετά την νίκη στη ναυμαχία του Ευρυμέδοντα το 466 π.Χ. Κοιτάζοντας σήμερα την εξωτερική επιφάνειά του, με δυσκολία διακρίνει κανείς την αυθεντική μνημειακή

κατασκευή, καθώς στην όψη του κυριαρχούν οι ακανόνιστες νεότερες σύμμεικτες λιθοδομές-μάρμαρα και μικρές πέτρες χτισμένες με κονιάματα που λειτουργούν άλλοτε ως επισκευαστικές επενδύσεις και άλλοτε ως συμπληρώσεις σε τμήματα που είχαν καταρρεύσει. Παρόλη την εξωτερική αλλοίωση, ο πυρήνας του τείχους παραμένει αυτούσιος και το περίγραμμά του επιτρέπει να διαφανεί η γενική εικόνα της αρχαίας μορφής του. Το νότιο τείχος συνίσταται σε δυο μεγάλα σκέλη 130 και 165 μέτρων, με ύψος σε κάποιες περιοχές που ξεπερνά τα 18 μέτρα. Είναι κατασκευασμένο σε όλο του το πάχος από μεγάλους ορθογώνιους πωρόλιθους λατομείου, σε οριζόντιες στρώσεις κατά το ισόδομο σύστημα, σε συνδυασμό με αναχρησιμοποιημένο οικοδομικό υλικό.

Η εξωτερική του επιφάνεια, κεκλιμένη προς τα έξω, διαμορφώθηκε με βαθμιδωτές υποχωρήσεις ~2-3 εκ. Στις χαμηλότερες στρώσεις του οι οποίες υπολογίζεται ότι ξεπερνούν σε πάχος τα 5 μέτρα, έχουν ενσωματωθεί πώρινα αρχιτεκτονικά μέλη από τον πρώτο Παρθενώνα, όπως επιστύλια, λιθόπλινθοι των τοίχων του σηκού και σπόνδυλοι.

Το ανατολικό τείχος είναι στο μεγαλύτερο μέρος του ανακατασκευασμένο στα νεώτερα χρόνια, μετά την κατάρρευση του, πιθανότατα από μεγάλο σεισμό τον 18ο αιώνα.

Στη μακρόχρονη ταραχώδη ιστορία της Ακρόπολης, τα τείχη επισκευάστηκαν επανειλημμένως. Στα πλαίσια μεσαιωνικών επισκευών κατασκευάστηκαν δύο υψηλοί πύργοι στην νότια και στην ανατολική πλευρά με τους οποίους ήταν δυνατή η κατόπτευση όλου του αθηναϊκού λεκανοπεδίου και η επιτήρηση των τειχών της Ακρόπολης. Επίσης προστέθηκε μια σειρά από αντηρίδες, 8 ισχυρές στενές ανατολικά και τρεις πεπλατυσμένες στην κεντρική περιοχή και αναχρησιμοποιήθηκαν μεγάλα και μικρά αρχαία μέλη από οικοδομήματα, θραύσματα από στήλες και ανάγλυφα. Εκτεταμένες οχυρωματικές εργασίες έγιναν από τους Τούρκους το 1687 οπότε κατασκευάστηκαν κανονιστάσια.

6.2. ΤΕΚΜΗΡΙΩΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΕΣ 1980-2005 ΓΙΑ

ΤΑ ΤΕΙΧΗ

Τον 19ο αιώνα στο πρώτο πρόγραμμα αποκατάστασης των μνημείων της Ακρόπολης απομακρύνθηκαν οι περισσότερες πρόσθετες οχυρώσεις, κατεδαφίστηκαν οι επάλξεις και στην άνω απόληξη του τείχους κατασκευάστηκε στηθαίο. Από το 1899 έως το 1940 εκτελέστηκαν στερεωτικές εργασίες από τον Ν. Μπαλάνο. Οι πιο πρόσφατες επισκευές εκείνης της περιόδου στο Νότιο Τείχος έγιναν από τσιμεντοκονιάματα, σε μίμηση ισόδομης τοιχοποιίας.

Οι συνεχείς επισκευές των τειχών συνέβαλλαν στη διατήρησή τους έως σήμερα. Παρόλα αυτά, δομικές βλάβες είναι εμφανείς σε πολλές περιοχές της αρχαίας κατασκευής, όπως και στα νεώτερα επισκευασμένα τμήματα. Παρατηρούνται ρηγματώσεις, διάκενα και έντονες παραμορφώσεις- ύβωση και ολίσθηση τμημάτων. Οι αιτίες ποικίλουν: Η μη επαρκής συνεργασία των επισκευασμένων τμημάτων με τον κορμό της κατασκευής έχει ως αποτέλεσμα εσωτερικές αποκολλήσεις των δομικών υλικών. Οι ισχυρές ωθήσεις των γαιών που τα τείχη αντιστηρίζουν προκαλούν παραμορφώσεις της επιφάνειας. Σε κάποιες περιοχές οι δομικές βλάβες αποτελούν εκδήλωση της γήρανσης των δομικών υλικών και της σταδιακής μείωσης των μηχανικών αντοχών τους. Η ατμοσφαιρική διάβρωση, η υγρασία είναι σοβαρότατες παράμετροι φθορών. Το βρόχινο νερό που λιμνάζει στην επιφάνεια της Ακρόπολης και διεισδύει στην μάζα των τειχών-πέραν των πρόσθετων υδροστατικών πιέσεων- έχει ως αποτέλεσμα αποφλοιώσεις των αρχαίων πωρόλιθων και εξαλλοιώσεις του συνδετικού υλικού των νεώτερων επισκευών.

6.3. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΕΝΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ- ΕΝΟΡΓΑΝΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ- ΑΠΟΤΥΠΩΣΕΙΣ

Η ενόργανη παρακολούθηση (monitoring) δομικών βλαβών των τειχών της Ακρόπολης αποτελεί ένα από τα κύρια τρέχοντα προγράμματα της ΥΣΜΑ. Για τον σκοπό αυτόν έχει συσταθεί ειδική διεπιστημονική ομάδα η οποία

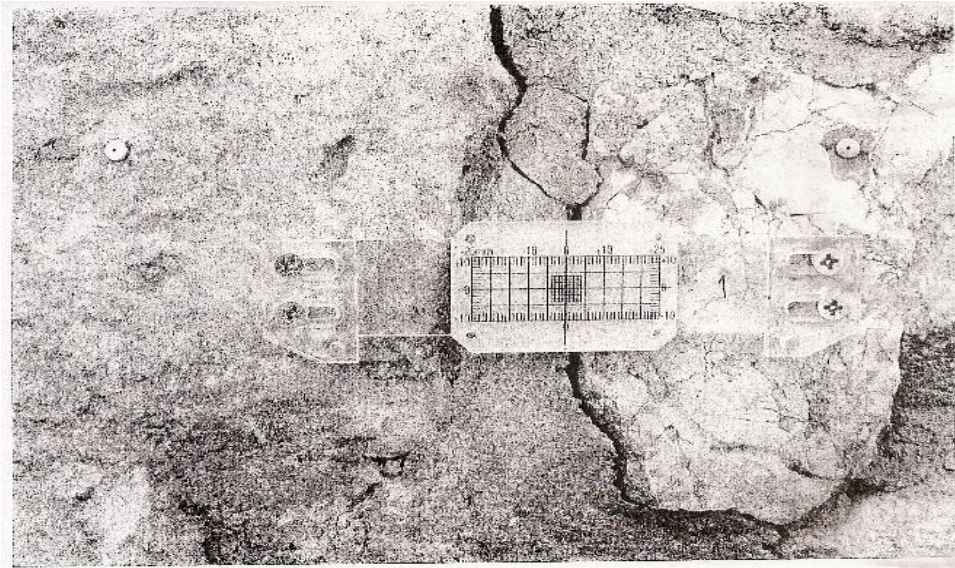
απαρτίζεται από τους Δ. Μονοκρούσο πολιτικό μηχανικό, Δ. Μουλλού αρχαιολόγο, Σπ. Οικονομόπουλο μηχανολόγο μηχανικό, Ε. Ταμπακάρη πολιτικό μηχανικό, Θ.Χατζηθεοδώρου τοπογράφο και την Β. Μανιδάκη αρχιτέκτων μηχανικό, μετά την σχετική διερεύνηση των διαφόρων μεθόδων ενόργανης παρακολούθησης.

6.3.1. Ρωγμόμετρα

Αποφασίστηκε ο συνδυασμός μηχανικών μεθόδων (ρωγμόμετρα, σύρματα INVAR) και άλλων συστημάτων καταγραφής, περισσότερο εξελιγμένων τεχνολογικά (τοπογραφικά με αυτόματη αναγνώριση στόχων, ηλεκτρονικά καταγραφικά) τα οποία έχουν έναν χαρακτήρα πρωτότυπο και προϋποθέτουν ειδική έρευνα. Μηχανικά ρωγμόμετρα έχουν ήδη εγκατασταθεί επάνω σε ρήγματα του τείχους.

Οι ενδείξεις τους είναι σημειακές αλλά χρήσιμες, καθώς με αξιοπιστία συλλέγονται πληροφορίες για το αν και κατά πόσο οι ρηγματώσεις είναι «ενεργές». Το 2004-2005 τοποθετήθηκαν 18 ακρυλικά ρωγμόμετρα για την παρακολούθηση των ρηγμάτων της νοτιοανατολικής γωνίας του τείχους τα οποία επιθεωρούνται τακτικά.

Οι ενδείξεις μικρομετακινήσεων στη βάση του τείχους έως σήμερα δεν ξεπερνούν τα 2,3 δέκατα του χιλιοστού και βρίσκονται στα όρια του σφάλματος της μέτρησης. Τα ρωγμόμετρα αριθμήθηκαν και φωτογραφήθηκαν. Παράλληλα καταγράφηκε η απόσταση σταθερών σημείων (μεταλλικές πούλιες) εκατέρωθεν των ρηγμάτων.



Εικόνα 24 Ρωγμόμετρο. Μήκος: ένδειξη οργάνου "Borty" -1²⁰

Θέση: ΝΑ γωνία περιμετρικών Τειχών, άνω μέρος ανατολικού τείχους, εσωτερική πλευρά στηθαίου ΒΜ, Μάιος 2004

Παράλληλα ολοκληρώθηκε στα τέλη του 2005 η τοποθέτηση υπόγειου αδιάστατου σύρματος INVAR, για έλεγχο των μικρομετακινήσεων του Νότιου Τείχους. Το INVAR είναι ένα κράμα μετάλλων (Ni 36%~Fe 64%) απαραμόρφωτο σε θερμοκρασιακές διαβαθμίσεις. Όπως είχε επισημανθεί και παλαιότερα κατάλληλο σημείο αναφοράς των μετρήσεων είναι το ακλόνητο θεμέλιο του Παρθενώνα. Έγινε υπόγεια σύνδεση λίθου της έκτης εκ των άνω στρώσης του θεμελίου του Παρθενώνα με λίθο της ανώτερης αρχαίας στρώσης του νότιου τείχους. Το σύρμα INVAR (~22,70m) πάχους 1,65mm εγκαταστάθηκε μέσα σε σωλήνα (βρίσκεται σε βάθος ~1,30μ. από το έδαφος) και είναι επισκέψιμο σε 3 θέσεις από κατακόρυφα φρεάτια. Η στήριξή του στον Παρθενώνα είναι σταθερή, ενώ στο νότιο τείχος τανύζεται από αντίβαρο (10 κιλών) επί τροχαλιών. Τυχόν μετακίνηση του τείχους θα εμφανίσει αλλαγή της σχετικής απόστασης στο σύστημα καταγραφής.

6.3.2. Τοπογραφικοί στόχοι

Η υψηλής ακρίβειας τοπογραφική παρακολούθηση προκαθορισμένων σημείων επί του Νότιου και Ανατολικού Τείχους της Ακρόπολης είναι μια δεύτερη μέθοδος που έχει αποφασιστεί για τις μετρήσεις των μικρομετακινήσεων. Οι τοπογραφικές μετρήσεις είναι σχετικά μικρότερης ακρίβειας μας πληροφορούν όμως για το σύνολο της επιφάνειας των τειχών και για το λόγο αυτόν είναι χρήσιμες στην απόδοση της γενικής εικόνας. Το τοπογραφικό όργανο είναι νέας τεχνολογίας και εξασφαλίζει ακρίβεια 0,5 χιλ. χωρίς να επηρεάζεται από τη γωνία ή την απόσταση στόχευσης. Ακόμα το όργανο αυτό διαθέτει Automatic Target Recognition, αναγνωρίζει δηλαδή αυτόματα τους στόχους-πρίσματα και εξασφαλίζει ότι οι μετρήσεις επαναλαμβάνονται στα ίδια πάντα σημεία, εκμηδενίζοντας στην ουσία τα σφάλματα παρατηρητή.



Εικόνα 25 Τοπογραφικός στόχος. Θέση: ΝΑ γωνία περιμετρικών Τειχών, άνω μέρος νότιου τείχους

Με σκοπό να επιτευχθεί η μεγαλύτερη δυνατή επαναληψιμότητα στις επανατοποθετήσεις του οργάνου έχουν ήδη κατασκευαστεί σταθερά βάρη για τις δυο προβλεπόμενες στάσεις του οργάνου. Το δίκτυο σημείων

παρακολούθησης περιλαμβάνει προς το παρόν 46 ειδικά τοπογραφικά πρίσματα στο Νότιο και Ανατολικό τείχος τα οποία θα ελέγχονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

Η χρήση ηλεκτρονικών συστημάτων για την αυτόματη και συνεχή καταγραφή των παραμορφώσεων είναι το τέταρτο σύστημα ενόργανης παρακολούθησης. Ηλεκτρονικοί αισθητήρες (αισθητήρες μετακίνησης-θερμοκρασίας μάζας, ρωγμόμετρα και κλισιόμετρα) στην επιφάνεια του τείχους συνδεδεμένοι με ηλεκτρονικό σταθμό μέτρησης (μικροϋπολογιστής) δίνουν τη δυνατότητα αυτόματης καταγραφής όλων των επιδράσεων στα τείχη από στατικές αλλά και δυναμικές καταπονήσεις με εξαιρετική ακρίβεια (της τάξης του 0,1 χιλ.).

Το πρώτο εξάμηνο του 2006 ολοκληρώθηκε σειρά ηλεκτρικών τοπογραφιών στην όψη του τείχους για την διερεύνηση των μη ορατών επιφανειών του προηγήθηκε δοκιμαστική τομογραφία τον Ιούνιο του 2005, τα αποτελέσματα της οποίας επιβεβαιώνουν με κάποια προσέγγιση ό,τι γνωρίζουμε σχετικά με την διατομή του τείχους και το ανάγλυφο του βράχου σε εκείνη την θέση. Μετά την πλήρη βαθμονόμηση των υλικών αναμένεται να δοθούν μετρικές πληροφορίες για το πάχος του τείχους καθώς και να εντοπιστούν οι περιοχές με υγρασία στο τείχος και τις επιχώσεις.

Η τρισδιάστατη σάρωση του βράχου και των τειχών είναι υπό διερεύνηση κυρίως όσον αφορά την πυκνότητα των σημείων σάρωσης και τις θέσεις από τις οποίες θα γίνεται η σκόπευσή τους. Με την ηλεκτρονική αποτύπωση θα παραχθεί ένα τρισδιάστατο ψηφιακό μοντέλο της Ακρόπολης το οποίο θα αποτελέσει ακριβές υπόβαθρο για όλες τις μελλοντικές μελέτες.

6.4.ΑΥΤΟΨΙΕΣ

Πέραν της χρήσης προηγμένων τεχνολογικά μεθόδων η αυτοψία παραμένει πάντα μια ασφαλής μέθοδος εξέτασης των δομικών βλαβών. Η προμήθεια ενός αναρτώμενου συστήματος πλατφόρμας εργασίας το οποίο δίνει την δυνατότητα πρόσβασης στις εξωτερικές επιφάνειες των τειχών κρίθηκε απαραίτητη. Επιλέχτηκε μικρή χειροκίνητη πλατφόρμα εργασίας δύο ατόμων κατασκευασμένη από αλουμίνιο ώστε να έχει μικρό ίδιο βάρος και να μπορεί

να μεταφέρεται από το ένα μέρος στο άλλο με τα χέρια. Η πλατφόρμα αναρτάται από τηλεσκοπικούς προβόλους με αντίβαρα στο πίσω άκρο τους ενώ κατά την κίνησή της επάνω στις κατακόρυφες επιφάνειες του τείχους προσαρμόζεται εύκολα σε τυχόν ανωμαλίες της επιφάνειας του τείχους. Η αναρτώμενη πλατφόρμα από τα τέλη Απριλίου 2005 έχει ήδη εγκατασταθεί και έχει χρησιμοποιηθεί αρκετές φορές σε διάφορες θέσεις στο Νότιο Τείχος για την τοποθέτηση οργάνων παρακολούθησης. Η πρόσβαση στις περιοχές αυτές έδωσε την δυνατότητα να γίνουν οι αποτυπώσεις της διατομής και των παραμορφώσεων των τειχών με τις παραδοσιακές μεθόδους. Οι εργασίες αυτές συνδυάζονται με την αποψίλωση της αυτοφυούς βλάστησης και σε κάποιες περιπτώσεις με καθαρισμούς από επικαθίσεις του συστήματος απορροής.

6.5.ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ

Στο μέλλον θα χρειαστεί η συνέχιση της παρακολούθησης της αναπόφευκτης όσο και απρόβλεπτης εξέλιξης των ρηγμάτων και των παραμορφώσεων των τειχών σε ένα περισσότερο εκτεταμένο και πυκνότερο δίκτυο, από αυτό που έχει σήμερα εγκατασταθεί. Η αξιολόγηση όλων των δεδομένων που θα συλλέγουν και θα αποτελέσει το υπόβαθρο των ειδικών μελετών για την στερέωση του τείχους. Παράλληλα θα ολοκληρωθεί η ιδιαίτερα απαιτητική και χρονοβόρα καταγραφή όλων των αρχαίων μελών που έχουν ενσωματωθεί στο τείχος. Κατά την γενικότερη έρευνα των τειχών διακρίνοντας και χρονολογώντας το πλήθος των κατά καιρούς επισκευών, αναμένεται να βελτιωθούν και οι γνώσεις μας για την αρχαία μορφή, τα υλικά, τους τρόπους δομής και τις ιστορικές φάσεις του τείχους της Ακρόπολης το οποίο αποτελεί καθαυτό μνημείο εξαιρετικής σημασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7° : ΣΕΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΠΑΡΘΕΝΩΝΑΣ

7.1. Ο ΣΚΟΠΟΣ ΤΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Οι στόχοι μιας αντισεισμικής μελέτης είναι να μην καταρρεύσει η κατασκευή σε περίπτωση πολύ ισχυρού σεισμού και να μην υποστεί σοβαρές βλάβες σε περίπτωση ισχυρού σεισμού. Οι σκοποί είναι η εξασφάλιση ανθρωπίνων ζωών και οικονομικοί. Για τα αρχαία μνημεία προστίθενται ένας ακόμη κύριος σκοπός: η διάσωση του έργου τέχνης και της ιστορικής μαρτυρίας. Μια ομαδοποίηση με κριτήριο τον επιδιωκόμενο γενικό στόχο της επέμβασης είναι η παρακάτω:

α. Μνημεία με μέλη *in situ* χωρίς σοβαρές επεμβάσεις στον φέροντα οργανισμό. Είναι η περίπτωση που η επέμβαση μπορεί να γίνει σαν μια ακραία εξαίρεση αφού θίγει την αυθεντικότητα της δομής. Η ενδεχόμενη εκτίμηση ανεπάρκειας του μνημείου σεισμική καταπόνηση πρέπει να είναι πλήρως τεκμηριωμένη τόσο με αναλυτικές μεθόδους όσο και με ενόργανες μετρήσεις και πειραματικά δεδομένα. Το κύριο πρόβλημα που πρέπει να εξεταστεί είναι το ποιοι παράγοντες είναι αυτοί που η δράση τους κάνει ανεπαρκή μια κατασκευή που για αιώνες έχει συμπεριφερθεί ικανοποιητικά

β. Μνημείο αναστηλωμένο. Είναι η χαρακτηριστικότερη περίπτωση των περισσότερων μνημείων στην χώρα μας και αλλού. οι αναστηλώσεις κατά κανόνα έχουν γίνει με ακατάλληλα υλικά και εμπειρικό τρόπο με αποτέλεσμα να παρουσιάζονται σοβαρά προβλήματα.

γ. Αναστήλωση. Η πραγματική έννοια του όρου αφορά την ανακατασκευή ενός μνημείου ή τμήματός του με μέλη που σε μεγάλο ποσοστό σώζονται σκορπισμένα στο έδαφος. Η αντισεισμική μελέτη πρέπει να δώσει απάντηση στο ερώτημα αν το τμήμα της κατασκευής που πρόκειται να αναστηλωθεί με τον ανθεκτικότερο τρόπο δόμησης είναι επαρκές.

7.2. ΣΕΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΠΑΡΘΕΝΩΝΑΣ

Ο Παρθενώνας γνώρισε στη μακραίωνη ιστορία του πολλούς σεισμούς. Παρ' όλα αυτά έχει υποστεί από αυτούς σχετικά μικρές βλάβες. Οι βλάβες αυτές συνίστανται σε μετατοπίσεις ή στροφές των κιόνων ή μέρους των κιόνων, σε παρόμοιες μετατοπίσεις λίθων στους τοίχους, στους θριγκούς ή στις οροφές. Ο αρχιτέκτονας κ. Μανώλης Κορρές είχε την πρόνοια να ανέβει στη Βορειοανατολική γωνία του θριγκού του Παρθενώνα αμέσως μετά την πρώτη δόνηση (Ms 6,7) του σεισμού του Φεβρουαρίου του 1981 και να μετρήσει τις διανοίξεις των αρμών λόγω του σεισμού. Η αμεσότητα αυτής της μέτρησης υπήρξε πολύτιμη διότι μετά από 5 ώρες συνέβη η δεύτερη δόνηση (Ms 6,3) και αν οι μετρήσεις αυτές είχαν γίνει το πρωί κανείς δεν θα ήταν σε θέση να επιμερίσει την παραμόρφωση από πλευράς αυτής του μνημείου σε κάθε ένα από τους δυο διαδοχικούς σεισμούς. Τώρα, από τις δυο διαδοχικές μετρήσεις γνωρίζουμε ότι ο δεύτερος σεισμός δεν προσέθεσε, τουλάχιστον στην Β.Α. γωνία ούτε την παραμικρή επιπλέον παραμόρφωση σε εκείνες που προξένησε ο πρώτος. Επομένως φαίνεται ότι υπάρχει ένα σχετικό υψηλό όριο επιταχύνσεως κάτω από το οποίο δεν συμβαίνουν αντιληπτές γεωμετρικές μεταβολές στο ναό και αυτό συμφωνεί με την καλή κατάσταση του μνημείου ακόμα και σήμερα.

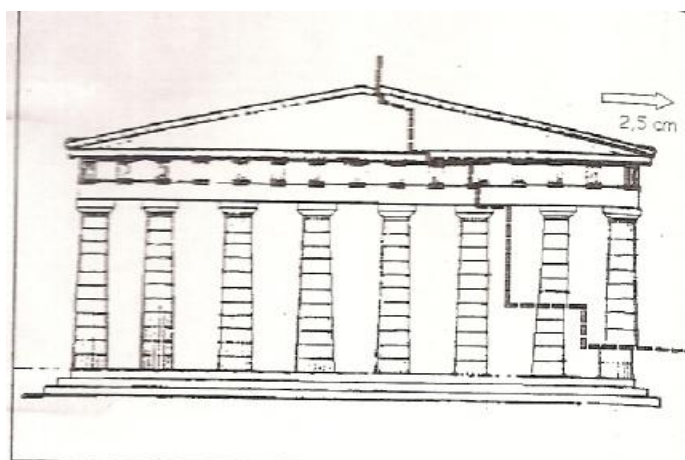
Οι σημερινές υπάρχουσες μετατοπίσεις των μελών του μνημείου αποτελούν επαλληλία των μετατοπίσεων οι οποίες προηγήθηκαν λόγω των τόσων σεισμών που έπληξαν το μνημείο. Ίσως η ανάλυση του συνόλου των αποτελεσμάτων κάποτε οδηγούσε στη διάκριση μεταξύ τους, την ομαδοποίησή τους βάσει κοινών χαρακτηριστικών και τη σύνδεση κάθε ομάδας από αυτά με κάποιον ιστορικό σεισμό.

7.2.1. Ο σεισμός του 426 π.Χ.

Προς το παρόν έχουν παρατηρηθεί μόνο τα αποτελέσματα του σεισμού του 1981 και ενός άλλου, πολύ μεγαλύτερου σεισμού και που πρέπει να είναι ο πρώτος για το μνημείο, ο σεισμός που συνέβη το 426-425 π.Χ.

Τα αποτελέσματα αυτής της σεισμικής δόνησης εντοπίζονται στην Β.Α. γωνία του ναού, καθώς αυτή παρουσιάζει μια μετατόπιση προς Βορρά. Ο σεισμός που εξάρθρωσε τόσο βίαια αυτήν την πλευρά του ναού δεν μπορεί να είναι άλλος από τον πολύ μεγάλο σεισμό που μνημονεύεται από τον Θουκυδίδη για τις τρομερές καταστροφές που προξένησε στην κεντρική Ελλάδα το 426 π.Χ. Το επίκεντρο του σεισμού ήταν κοντά στη Θήβα, δηλαδή προς Βορρά και αυτή ακριβώς είναι η διεύθυνση της μετατόπισης της Ανατολικής πλευράς. Πιο αναλυτικά οι ζημιές που προκλήθηκαν είναι:

Ένα τμήμα που περιλαμβάνει τον 1^ο και 2^ο κίονα της ανατολικής πλευράς μαζί με το υπερκείμενο μέρος του θριγκού είναι μετατοπισμένο ολόκληρο (δηλαδή χωρίς εσωτερικές μεταβολές στο τμήμα αυτό) προς τα βόρεια κατά 2,5cm. Η διαχωριστική γραμμή ανάμεσα στο μετακινημένο και στο αμετακίνητο μέρος διέρχεται μεταξύ του 2^{ου} και 3^{ου} σπονδύλου του 1^{ου} κίονα, μεταξύ του 5^{ου} και 6^{ου} σπονδύλου του 2^{ου} κίονα και από τον αρμό επιστυλίου.



Εικόνα 26 Μετατόπιση κατά 2,5 cm μέρος της Ανατολικής πλευράς του ναού

Η μετατόπιση παρατηρείται και στο τύμπανο. Οι μετατοπίσεις των σπονδύλων φτάνουν στα 2,5cm ενώ η διάνοιξη του αρμού του επιστυλίου υπερβαίνει τα 2,0cm. Αποκλείεται αυτή η μετατόπιση να οφείλεται στην ανατίναξη του 1687 εξαιτίας της διεύθυνσης της μετατόπισης η οποία είναι εγκάρσια προς εκείνη της ώθησης κατά την ανατίναξη. Άρα η μετατόπιση οφείλεται σε σεισμό.

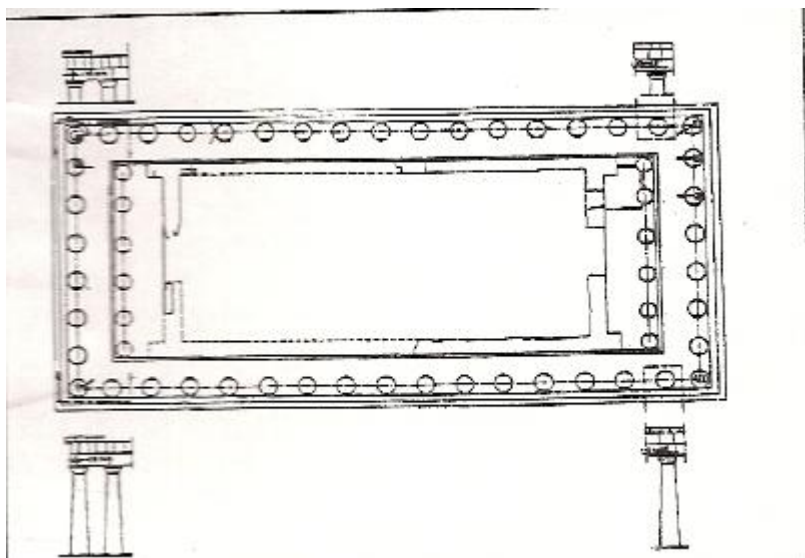
Ίσως να υπήρξαν ζημιές και σε άλλα σημεία του ναού εξαιτίας του σεισμού. Όμως η βλάβη της ανατολικής πλευράς είναι πολύ μεγαλύτερη από οποιαδήποτε άλλη στο ναό, μιας και δεν πρόκειται για μεμονωμένες μετατοπίσεις αλλά για τη συνολική μετατόπιση του ενός τρίτου σχεδόν της ανατολικής πλευράς του ναού, τουλάχιστον κατά 2cm προς Βορρά.

Για την αντιμετώπιση αυτής της ζημιάς που συνέβηκε περίπου 10 χρόνια μετά την ολοκλήρωση του ναού, οι αρχαίοι αντικατέστησαν τον 7^ο αγελαίο λίθο του οριζοντίου γείσου και τον τοποθέτησαν συρταρωτά από εμπρός. Επίσης ο μεσαίος και ο μεγαλύτερος από τους 3 συνδέσμους που συνδέουν τον γωνιαίο με τον πρώτο αγελαίο λίθο του οριζοντίου γείσου της ανατολικής πλευράς, τοποθετήθηκε μετά από υποσκαφή του ήδη τοποθετημένου τυμπάνου.

Είναι φανερό πως η φύση και το μέγεθος της μετατόπισης της ανατολικής πλευράς του ναού προϋποθέτουν έναν σεισμό ασυνήθιστης σφοδρότητας ακόμα και για την Ελλάδα. Καμία από όλες τις άλλες μετατοπίσεις που προξενήθηκαν στο ναό επί 25 αιώνες δεν μπορεί να συγκριθεί με την ώθηση της Β.Α. γωνίας προς Βορρά. Επίσης τα σοβαρά αποτελέσματα του σφοδρότατου σεισμού του 1981 είναι μηδαμικά σε σύγκριση με αυτά του σεισμού του 426 π.Χ. , σε μια εποχή που το κτίριο διέθετε το μέγιστο της αντοχής του. Και ο αρχιτέκτονας κ. Μανώλης Κορρές καταλήγει: "Είναι δύσκολο να φανταστούμε ότι η πιο εμφανής και επιζήμια, από αισθητικής πλευράς, σεισμική βλάβη που υπέστη το κτίριο, συνέβη μόνο μια δεκαετία μετά την αποπεράτωση. Είναι δύσκολο να φανταστούμε τα αισθήματα των δημιουργών του αριστουργήματος όταν αντίκρυσαν και ήταν υποχρεωμένοι να αντικρίζουν στο εξής συνεχώς τον χαίνοντα αρμό του επιστυλίου με το άνοιγμα των 2cm και την καταστροφή της συνέχειας των δυο κίωνων με την ισχυρή μετατόπιση του ανώτερου τμήματος επάνω στο κατώτερο. Όμως η άρση της αισθητικής βλάβης δεν θα απαιτούσε λιγότερη εργασία από την αποσυναρμολόγηση που για τους κίονες ήταν μάλλον αδύνατη από τεχνικής απόψεως και την νέα συναρμολόγηση όλων των λίθων σε μια περιοχή ίση προς το 1/3 της ανατολικής πλευράς".

7.2.2. Ο σεισμός του 1981

Η κύρια δόνηση στις 24/2/1981 είχε μέγεθος $M_s = 6,7$ και η κύρια μετασεισμική δόνηση είχε μέγεθος $M_s = 6,3$. Οι δονήσεις είχαν επίκεντρο τον Κόλπο των Αλκυονίδων νήσων σε απόσταση 65km από την Αθήνα. Καταπονήθηκαν ιδιαίτερα οι 4 γωνίες του Παρθενώνα. Το μέγεθος των παραμορφώσεων εξαρτάται εκτός από την γενική διάταξη του φέροντα οργανισμού και από τις τοπικές συνθήκες σε κάθε θέση. Εκδήλωση του φαινομένου του λικνισμού (rocking) δεν φαίνεται να υπήρξε πάρα μόνο στην περίπτωση του Β.Α. κίονα, όπου από τον κατώτατο σπόνδυλο του κίονα αποχωρίστηκε ένα τμήμα λόγω συγκέντρωσης τάσεων στην ακραία περίπτωση της επιφάνειας έδρασης του σπονδύλου. Η επιφάνεια θραύσης ταυτίζεται με την επιφάνεια ενός κομμού του σπονδύλου.



Εικόνα 27 Απεικόνιση βλαβών από τους σεισμούς 24 & 25/2/1981

7.2.3. Η κατάσταση του μνημείου

Η κατάσταση του μνημείου παίζει σημαντικότατο ρόλο στη συμπεριφορά του σε σεισμό. Ας δούμε πιο αναλυτικά την αρχική και σημερινή του κατάσταση.

Η αρχική κατάσταση του μνημείου χαρακτηρίζεται από την άψογη ποιότητα κατασκευής. Η ποιότητα αυτή έχει καθοριστική σημασία για την αντοχή της κατασκευής. Ένα βασικό πρόβλημα ακόμα και για την αρχική κατασκευή είναι η ανομοιογένεια του κύριου δομικού υλικού του μαρμάρου. Εκτός από τις γεωλογικές στρώσεις του υλικού υπάρχουν θέσεις και άλλων ασυνεχειών (κομμοί, ραγάδες κλπ), οι οποίες δεν είναι πάντα εύκολο να προσδιοριστούν και που είναι θέσεις μειωμένης αντοχής. Πιθανόν αστοχία σε μια τέτοια θέση είναι δυνατόν να επηρεάσει σημαντικά την απόκριση της κατασκευής σε σεισμό.

Οι σύνδεσμοι και οι γόμφοι είναι κατασκευασμένοι από σίδηρο και παρόλο που μέχρι σήμερα δεν διαθέτουμε πειραματικά αποτελέσματα μηχανικών ιδιοτήτων, είναι λογικό να δεχτούμε για την τεχνολογία της εποχής μια σημαντική διακύμανση των τιμών τους. Αυτό που έχει μεγάλη σημασία για τις συνδέσεις των αρχιτεκτονικών μελών είναι η χρησιμοποίηση του χυτού μολύβδου σαν υλικό πλήρωσης του κενού μεταξύ του συνδέσμου ή του γόμφου και της εντορμίας του μαρμάρου. Ο μολύβδος επιτρέπει την πλαστική παραμόρφωση της σύνδεσης πριν τη θραύση της, παρέχει δηλαδή στη σύνδεση πλαστικότητα, που είναι πολύ χρήσιμη ιδιότητα για την καλή συμπεριφορά της κατασκευής στην σεισμική καταπόνηση.

Η γενική μορφή του φέροντος οργανισμού στην αρχική κατάσταση του μνημείου συντίθεται από έναν άκαμπτο πυρήνα -τον σηκό- που συνδέεται με ισχυρό ζύγωμα και μαρμάρινη οροφή με τους έξι κίονες του πρόναου και του οπισθοναού και τους 46 κίονες του περιστυλίου που διατάσσονται παράλληλα με τις πλευρές του σηκού και συνδέονται μεταξύ τους με ένα ισχυρό ζύγωμα το θριγκό. Η διάταξη των κατακόρυφων φερόντων στοιχείων είναι συμμετρική ως προς το μεγάλο άξονα του ναού, περίπου συμμετρική ως προς τον εγκάρσιο άξονα. Είναι δηλαδή σύμφωνη με τους σύγχρονους όρους της αντισεισμικής διάταξης των φερόντων στοιχείων. Η διαφραγματική σύνδεση των κίωνων του περιστυλίου με το σύστημα σηκός-πρόναος- οπισθοναός εξασφαλίζεται από την μαρμάρινη οροφή των πτερών που αποτελείται από εγκάρσιες μαρμάρινες δοκούς και φατνωματικές πλάκες καθώς και από την ξύλινη στέγη του ναού. Η διαφραγματική λειτουργία είναι μερική αφού τα οριζόντια στοιχεία δεν αγκυρώνονται στα κατακόρυφα αλλά συνεργάζονται μέσω της τριβής.

Ο ναός έχει άριστες συνθήκες θεμελίωσης σε συμπαγή βράχο, το δε συμπαγές θεμέλιο αποτελείται από διαδοχικές στρώσεις λίθων με καλολαξευμένες επιφάνειες έδρασης. Η γεωλογική έρευνα αλλά και η απουσία παραμορφώσεων του στερεοβάτη δείχνουν ότι οι συνθήκες έδρασης της ανωδομής είναι άριστες, γεγονός που αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα για την αντισεισμική συμπεριφορά του ναού τόσο στην αρχική όσο και στην σημερινή κατάσταση.

Η σημερινή κατάσταση του φέροντος οργανισμού και των δομικών μελών είναι ριζικά διαφορετική από την αρχική. Οι 42 κίονες του περιστυλίου συνδέονται μεταξύ τους με διαφορετικού βαθμού πληρότητας τμήματα του θριγκού και με το σωζόμενο ανατολικό τμήμα του σηκού και της Ανατολικής πρόστασης με 4 μόνο δοκούς. Τα δομικά μέλη φέρουν πλήθος ρηγμάτων, οι αρμοί στην ανωδομή έχουν ανοίξει, οι σύνδεσμοι έχουν οξειδωθεί και όχι μόνο δεν ανταποκρίνονται στο συνδετικό τους ρόλο αλλά και ρηγματώνουν επικίνδυνα τα γειτονικά μαρμάρινα μέλη. Βέβαια αυτό δεν συμβαίνει σε όλους τους συνδέσμους αλλά σε εκείνους που έρχονται σε επαφή με τον αέρα και τη βροχή.

7.3. ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΠΑΡΘΕΝΩΝΑ. ΜΕΛΕΤΗ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΟΠΙΣΘΟΝΑΟΥ

Εισαγωγή

Η μελέτη δομικής αποκαταστάσεως του οπισθοναού του Παρθενώνα περιλαμβάνει την επισήμανση, διάγνωση και αποτίμηση των βλαβών του φέροντος οργανισμού αυτής της περιοχής του κτιρίου και τις προτάσεις αποκαταστάσεώς τους. Για την διάγνωση των αιτιών οι σύγχρονες μέθοδοι στατικής αναλύσεως των κατασκευών προσφέρουν πολύτιμη βοήθεια, πρέπει όμως να χρησιμοποιούνται με κριτήριο την μέχρι σήμερα συμπεριφορά του μνημείου.

7.3.1. Μέχρι σήμερα δομικές επεμβάσεις

Από τον οπισθοναό του Παρθενώνα άρχισαν οι εκτεταμένες επεμβάσεις στα μνημεία της Ακρόπολης. Η αφορμή για την έναρξη των έργων ήταν οι βλάβες που προκάλεσε στα Επιστύλια του Οπισθοναού ο σεισμός του 1894 όπως οι βλάβες από το σεισμό του 1981.

Οι επεμβάσεις στον οπισθοναό διήρκησαν από το 1899 ως το 1902. Αφαιρέθηκαν οι λίθοι του εσωτερικού διαζώματος και 6 πλίνθοι των επιστυλίων, αφού προηγήθηκε υποστήλωση των θράνων. Καταβιβάστηκε επίσης η 1^η ελεύθερη δοκός της οροφής του δυτικού πτερού, επειδή κρίθηκε ότι η φέρουσα ικανότητά της ήταν ανεπαρκής. Συμπληρώθηκαν με νέο μάρμαρο τα κιονόκρανα του 1^{ου}, 4^{ου} και 5^{ου} κίονος, στη θέση των αφαιρεθέντων μελών τοποθετήθηκαν μέλη εκ νέου μαρμάρου και προστέθηκαν επίσης 2 θρανοί του οπισθοναού, 2 θρανοί της περιστάσεως, 2 μεταδόκιες πλάκες και μια δοκός εκ νέου μαρμάρου. Στο αξονομετρικό σχήμα που ακολουθεί φαίνονται τα αρχιτεκτονικά μέλη εκ νέου μαρμάρου. Η επέμβαση είχε θετικά αποτελέσματα για τον φέροντα οργανισμό του κτιρίου στην περιοχή αφού βελτιώθηκε η ακαμψία και η αντοχή του θριγκού χωρίς να προκληθούν οι βλάβες που προκάλεσαν τα σιδηρά συνδετήρια σε άλλες επεμβάσεις.

Στη δεκαετία του 1950 κατασκευάστηκαν εκ νέου μαρμάρου τα ελλείποντα αρχιτεκτονικά μέλη προκειμένου να ανακατασκευασθεί η οροφή του δυτικού πτερού και να προστατευθεί η δυτική ζωφόρος από την φθορά. Επί του θέματος υπήρξαν αρκετές αντιρρήσεις και ανησυχίες για την αντοχή του κτιρίου και το έργο δεν πραγματοποιήθηκε.

Η πρόσφατη καταβίβαση των αρχιτεκτονικών μελών της οροφής του δυτικού πτερού και του θριγκού του οπισθοναού πραγματοποιήθηκε μεταξύ των ετών 1992-1993 με σκοπό την μεταφορά των λίθων της δυτικής ζωφόρου στο Μουσείο Ακροπόλεως για συντήρηση και φύλαξη σε ελεγχόμενο περιβάλλον.

7.3.2. Καταγραφή και τεκμηρίωση των δομικών βλαβών

Οι κύριες δομικές βλάβες που υπέστη ο Οπισθοναός του Παρθενώνα κατά τη διάρκεια των 25 αιώνων ζωής είναι τεσσάρων ειδών:

- α) Καταρρεύσεις τμημάτων,
- β) θραύσεις μαρμάρων,
- γ) παραμορφώσεις του κτιρίου ή τμημάτων του
- δ) αστοχίες συνδέσεων.

Στις περισσότερες περιπτώσεις τα τέσσερα αυτά είδη βλαβών συνυπάρχουν αφού μια βλάβη προκαλεί άλλες στο ίδιο τμήμα του κτιρίου ή και στο όλο δομικό μέλος.

Οι παραμορφώσεις για παράδειγμα έχουν σαν αποτέλεσμα ανακατανομή των μηχανικών τάσεων, συγκέντρωσή τους σε κάποιες θέσεις και ενδεχομένως θραύση του μαρμάρου.

Καταρρεύσεις έχουν γίνει από τα ανώτατα τμήματα του Οπισθοναού από τη στέγη, τις οροφές και από τμήματα των θριγκών.

Η θραύση των μαρμάρων μπορεί να εκδηλώνεται με την εμφάνιση μιας ή περισσότερων ρωγμών ή με την πλήρη λύση της συνέχειας και σχετική μετακίνηση των τεμαχίων που προκύπτουν. Αν τα θραύσματα καταπέσουν υπάρχει και απώλεια μάζας.

7.3.3. Παραμορφώσεις των τοίχων

Τα σωζόμενα στη θέση τους τμήματα των πλευρικών τοίχων εμφανίζουν μια κυρτότητα της εξωτερικής επιφάνειας ορατή δια γυμνού οφθαλμού. Οι επιφάνειες των τοίχων έχουν μια θλάση ακριβώς στη θέση συναρτήσεώς τους με το Δυτικό Θυραίο τοίχο. Στη θέση αυτή οι κατακόρυφοι αρμοί έχουν διανοιχτεί (εύρος μέχρι 21mm) και τα προς Δ τμήματα των τοίχων μετά τους διανοιγμένους αρμούς έχουν μετατοπιστεί προς Δ κατά 2cm σε σχέση με τον ορθοστάτη. Είναι σαφές ότι οι εγκάρσιες προς την επιφάνεια των τοίχων παραμορφώσεις έχουν γίνει προς τα έξω, αφού οι λιθόπλινθοι της πρώτης στρώσης υπερκαλύπτουν στις θέσεις αυτές τον ορθοστάτη, ενώ αρχικά η επιφάνεια του ορθοστάτη προείχε κατά 7 έως 10mm της επιφάνειας του τοίχου.

7.3.4. Δομικές βλάβες του στυλοβάτη του Οπισθοναού

Τυπική βλάβη είναι η θραύση των εμπρόσθιων τμημάτων των λίθων του στυλοβάτη, που υποδηλώνει υπερφόρτισή τους από συγκέντρωση τάσεων στις εμπρόσθιες ακμές των κίωνων.

7.3.5. Δομικές βλάβες των κίωνων

Στους κίονες του Οπισθοναού οι κυριότερες δομικές βλάβες είναι μετακινήσεις των σπονδύλων, ρήγματα στους σπονδύλους και απώλειες μάζας λόγω θραύσεων. Αισθητές είναι οι μετακινήσεις των σπονδύλων στα δυο ζεύγη των ακραίων κίωνων. Η μέτρηση των μετακινήσεων αυτών είναι πολύ δυσχερής, γιατί εκτεταμένες περιοχές της παράπλευρης επιφάνειας των κίωνων είναι κατεστραμμένες από φωτιά, και όπου σώζονται οι ραβδώσεις είναι πολύ φθαρμένες, κυρίως κοντά στους αρμούς.

7.3.6. Δομικές βλάβες του θριγκού

Τα αρχιτεκτονικά μέλη της οροφής του δυτικού πτερού και του θριγκού καταβιβάστηκαν προκειμένου να μεταφερθούν τα μάρμαρα της Δυτικής Ζωφόρου στο Μουσείο. Τα καταβιβασθέντα μέλη του θριγκού έχουν σημαντικές βλάβες από θερμική θραύση κυρίως στις προς το εσωτερικό του κτιρίου πλευρές τους. Ιδιαίτερη σημασία για την συμπεριφορά του φέροντος οργανισμού έχει η κακή κατάσταση των επιστυλίων που φέρουν τα υπερκείμενα μάρμαρα του θριγκού.

7.3.7. Συμπεράσματα

Στον Οπισθοναό του Παρθενώνα, αλλά και στην ευρύτερη δυτική περιοχή του κτιρίου που περιλαμβάνει τον οπισθόδρομο και το πτερό εκτός από τις βλάβες που φέρει κάθε λίθος χωριστά, παρουσιάζονται μείζονες δομικές βλάβες που αφορούν το σύνολο. Οι βλάβες που παρατηρούνται σήμερα έχουν ως εξής:

Θραύσεις μαρμάρων: Στα κατά χώρα τμήματα του βορείου και νοτίου τοίχου υπάρχουν εκτεταμένες θραύσεις στους λιθόπλινθους με σημαντική απώλεια μάζας στην εσωτερική παρειά, ενώ στον δυτικό θυραίο τοίχο τα θραυσμένα τεμάχια της εσωτερικής παρειάς συγκρατώνται στη θέση τους σφηνωμένα μεταξύ τους. Στους κίονες του Οπισθοναού υπάρχει εκτεταμένη αποφλοίσωση και απώλεια μάζας ιδίως στους κατώτερους σπονδύλους.

Παραμορφώσεις: Το κτίριο παρουσιάζει μια διαστολή κατά τις δυο κύριες διευθύνσεις του. Στη διεύθυνση Β-Ν ο τοιχοβάτης εμφανίζει προχώρηση της τάξης των 2cm, ενώ οι πλευρικοί τοίχοι θλάση της επιφάνειάς της της τάξεως των 3cm.

7.4. ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΤΩΝ ΑΙΤΙΩΝ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΒΛΑΒΩΝ

Μέχρι σήμερα έχει διαπιστωθεί ότι οι σημαντικότερες μηχανικές καταπονήσεις στον Παρθενώνα οφείλονται: α) στη μεγάλη πυρκαγιά του 3^{ου} αιώνα, β) στην ανατίναξη του κτιρίου το 1687, γ) στους σεισμούς που έχουν πλήξει την περιοχή της Αθήνας.

Γενικές καταπονήσεις που να οφείλονται σε προβλήματα της θεμελίωσης δεν έχουν διαπιστωθεί παρά μόνο εντοπισμένες σε ορισμένες θέσεις όπως στο προς ανατολικό τμήμα του βόρειου τοίχου του σηκού. Άρα τα αίτια των βλαβών γενικού χαρακτήρα πρέπει να αναζητηθούν μεταξύ των ανωτέρω καταπονήσεων.

Η ανατίναξη του Παρθενώνα το 1687 ήταν καταστροφική. Προκάλεσε την κατάρρευση της στέγης του σηκού, του Προναού και των τοίχων του σηκού στο προς ανατολικό ήμισυ του κτιρίου.

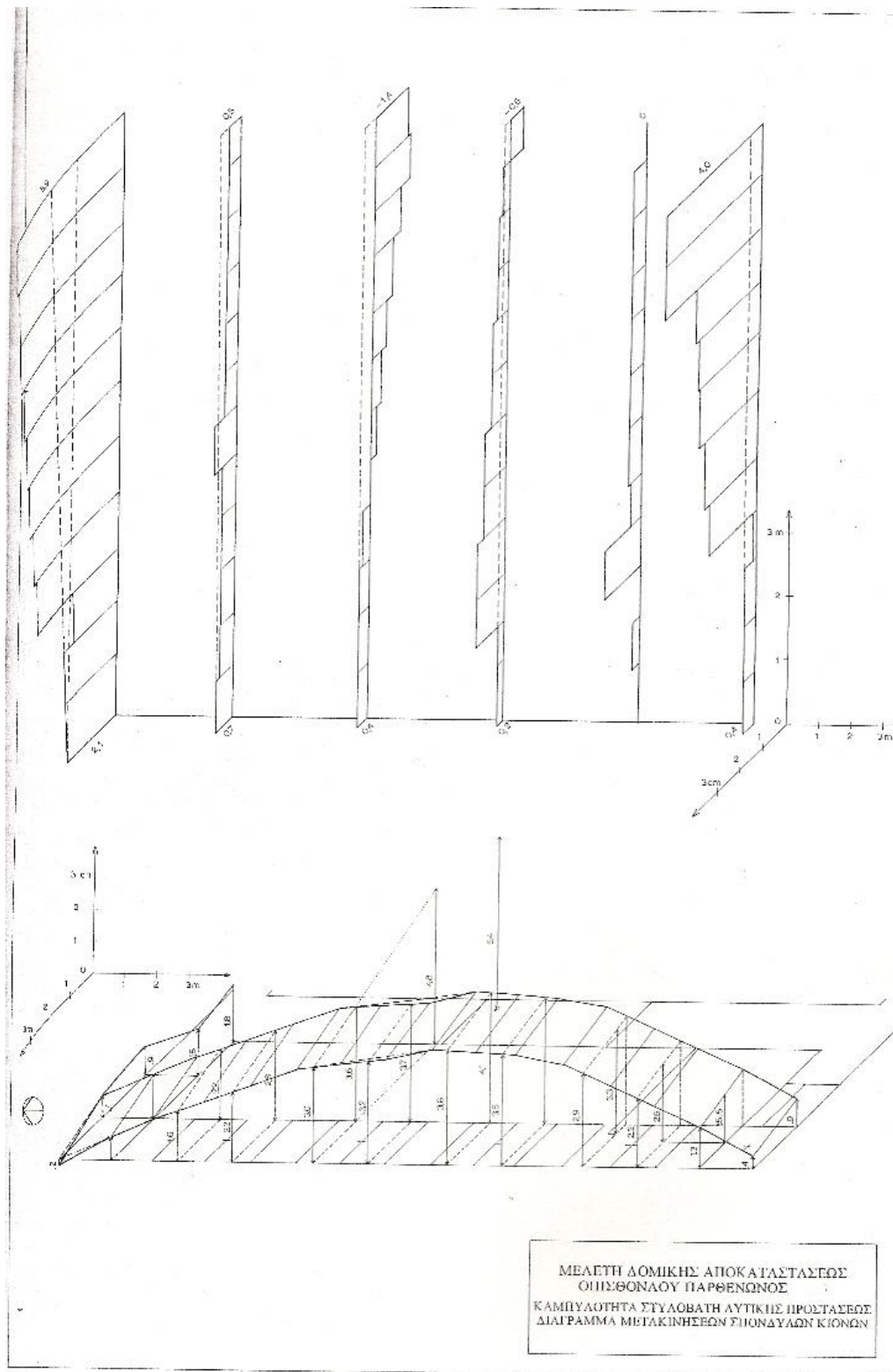
Η πυρκαγιά του 3^{ου} αιώνα προκάλεσε χωρίς αμφιβολία τις σημαντικότερες βλάβες στον Παρθενώνα αφού κατέρρευσε η αρχική στέγη και υπέστησαν θερμική θραύση τα περισσότερα μάρμαρα του ναού. Είναι λογικό να υποτεθεί ότι η μεγάλη αυτή καταστροφή εκτός από την εκτεταμένη θραύση των λίθων και την σημαντική απομείωση της φέρουσας ικανότητας τόσο των μεμονωμένων μελών όσο και του συνόλου του κτιρίου, θα πρέπει να προκάλεσε και σημαντικές παραμορφώσεις. Η αύξηση της θερμοκρασίας προκάλεσε διαστολή των μαρμάρων του ναού, ενώ η μείωση της θερμοκρασίας συναρτήσε του βάθους την κύρτωση των επιφανειών και την

θερμική θραύση των μαρμάρων. Η διαστολή του δαπέδου του ναού ωθεί προς τοίχους προς τα έξω. Η διαστολή διαπιστώνεται από την σχετική μετακίνηση του τοιχοβάτη ως προς τον πρώτο αναβαθμό του σηκού.

7.5. ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΒΛΑΒΩΝ

Οι βλάβες των τριών τελευταίων αιώνων, δηλαδή μετά την ανατίναξη του κτιρίου, είναι πρόσθετες μετακινήσεις και θραύσεις που διακρίνονται εκ του ότι οι εμφανιζόμενες επιφάνειες των εδρών και οι προκύπτουσες θραυσιγενείς επιφάνειες δεν καλύπτονται από έγχρωμα στρώματα. Έγχρωμα στρώματα καλύπτουν στους κίονες, τα τμήματα των εδρών των σπονδύλων που εμφανίστηκαν μετά τις σχετικές μετακινήσεις τους.

Από το σύνολο των βλαβών αυτές που παρουσιάζουν μια συνεχή εξέλιξη είναι οι οφειλόμενες στην διόγκωση των συνδετηρίων στο θριγκό του Οπισθοναού. Ενώ η αστοχία των συνδέσεων και η θραύση των μαρμάρων είναι παλαιότερες βλάβες, η διόγκωση των συνδετηρίων δημιουργεί δευτερογενώς νέες βλάβες με διεύρυνση των υπαρχόντων ρηγμάτων και δημιουργία νέων. Συνέπεια της διαρκούς βλαπτικής δράσεως των συνδετηρίων είναι να επιδεινώνεται η κατάσταση διατηρήσεως των αρχιτεκτονικών μελών (θρανών, ζωφόρου, διαζώματος, επιστυλίων και κιονόκρανων). Θραύσματα από αυτά τα αρχιτεκτονικά μέλη είναι σε κατάσταση ετοιμορροπίας και είναι δυνατόν να καταπέσουν με ή χωρίς εξωτερική διέγερση (π.χ. σεισμική).



Εικόνα 28 Μελέτη δομικής αποκατάστασης Οπισθοναού Παρθενώνος

Οι κίονες του Οπισθοναού ενώ φέρουν εκτεταμένες βλάβες, όπως βλέπουμε παραπάνω, φαίνεται ότι είναι σε σταθερή κατάσταση. Τα

σφραγίσματα των πολυάριθμων ρηγμάτων δεν έχουν αστοχήσει, ενώ η παρακολούθηση με ηλεκτρομηκυσιόμετρα της εξέλιξης του εύρους των ρηγμάτων κατά τη διάρκεια της αποσυναρμολόγησης του θριγκού και για σημαντικό χρονικό διάστημα μετά, δεν έδειξε αξιόλογες μεταβολές.

Η θραύση των λίθων του στυλοβάτη είναι ένας επιπλέον παράγοντας μείωσης της ευστάθειας των κίωνων. Τμήματα του πώρινου θεμελίου έχουν αποκαλυφθεί και διαβρώνονται από τα νερά της βροχής. Η απώλεια του λίθου του μεσαίου μετακιονίου έχει σαν αποτέλεσμα τη λύση της συνέχειας του στυλοβάτη.

Γενικά ο Οπισθοναός ενώ έχει υποστεί σοβαρότατες βλάβες δεν εμφανίζει συμπτώματα εξελισσόμενων γενικών παραμορφώσεων. Οι εξελισσόμενες παραμορφώσεις των μελών του θριγκού από την διόγκωση των διαβρωμένων συνδετηρίων είναι τοπικές. Από το σεισμό του 1981 δεν υπήρξαν μόνιμες παραμορφώσεις στον Οπισθοναό αν και οι κίονές του είναι σημαντικά λεπτότεροι από τους κίονες τις περιστάσεως και με πολύ περισσότερες βαρύτατες βλάβες.

7.6.ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η επέμβαση στον Οπισθοναό περιλαμβάνει αναγκαστικά και την επέμβαση στην οροφή του δυτικού πτέρου. Στην παρούσα μελέτη προτείνονται οι αναγκαίες επεμβάσεις από δομοστατική άποψη. Πρέπει να τονιστεί ότι οι επεμβάσεις στα μνημεία δεν αποσκοπούν στην θεραπεία κάθε δομικής βλάβης, αλλά στον εντοπισμό και την αντιμετώπιση των κρίσιμων προβλημάτων των μνημείων.

Στο Ερέχθειο η επέμβαση έγινε κυρίως στα αναστηλωμένα τμήματα του κτιρίου, που παρουσίαζαν τα μεγαλύτερα προβλήματα λόγω της οξειδώσεως των σιδηρών στοιχείων συνδέσεως και ενισχύσεως των μαρμάρων. Η αποσυναρμολόγηση επεκτάθηκε όταν *in situ* αρχιτεκτονικά μέλη πάνω από την βόρεια Θύρα, επειδή έφεραν βαρύτατες βλάβες από πυρκαγιά και οξειδωση συνδετηρίων. Δεν επεκτάθηκε όμως στις γειτονικές περιοχές της βόρειας Θύρας μολονότι υπάρχουν και σε αυτές διανοιγμένοι αρμοί, άρα και αρχαία συνδετήρια που έχουν αστοχήσει.

Ενώ όπως έχει αναφερθεί τόσο τα in situ τμήματα των πλευρικών τοίχων στο δυτικό τμήμα του Παρθενώνα όσο και ο δυτικός Θυραίος τοίχος φέρουν σοβαρές βλάβες, δεν προτείνεται αποσυναρμολόγηση για να αφαιρεθούν τα οξειδωμένα συνδετήρια και να συγκολληθούν τα πολυάριθμα θραύσματα των λιθοπλίνθων. Οι τοίχοι είναι ευσταθή τμήματα του φέροντος οργανισμού με πολύ μεγάλη ακαμψία στο επίπεδό τους και δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι βρίσκονται σε κρίσιμη κατάσταση. Η επέμβαση μπορεί να περιοριστεί σε μέτρα συντηρήσεως των λιθοπλίνθων με απόσπαση και επανασυγκόλληση των ετοιμόρροπων θραυσμάτων, αφαίρεση όσων οξειδωμένων συνδετηρίων είναι προσιτά και αντικατάστασή τους με συνδετήρια από τιτάνιο και τέλος σφραγίσεις των ρωγμών. Αυτή η επέμβαση έχει ήδη ολοκληρωθεί στους πλευρικούς τοίχους. Αποσυναρμολόγηση προτείνεται μόνο στην περιοχή πάνω από την δυτική Θύρα για την αντικατάσταση του κατεστραμμένου εκ σκυροδέματος ανωφλίου.

Στην περιοχή της δυτικής προστάσεως υπάρχουν κρίσιμα προβλήματα που απαιτούν ριζικές λύσεις. Οι προτάσεις για την αντιμετώπισή τους φαίνονται στο σχήμα και είναι οι ακόλουθες:

ΣΧΗΜΑ: ΜΕΛΕΤΗ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΟΠΙΣΘΟΝΑΟΥ ΠΑΡΘΕΝΩΝΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Επέκταση αποσυναρμολογήσεως στα επιστύλια και τα κιονόκρανα

Η επισκευή των επιστυλίων δεν μπορεί να γίνει χωρίς αποσυναρμολόγηση. Φέρουν πολλαπλά ρήγματα, που όπως ήδη έχει αναφερθεί εξελίσσονται και δημιουργούν κίνδυνο για το σύνολο της προστάσεως. Οι σιδηροί γόμφοι μεταξύ κιονόκρανων και επιστυλίων και τα σιδηρά συνδετήρια των κιονόκρανων πρέπει να αφαιρεθούν.

Δομική συντήρηση κιόνων:

Η αποσυναρμολόγηση των κιόνων δεν συνίσταται αν και έχουν εκτεταμένες βλάβες. Οι βλάβες αυτές είναι παλαιότερες και δεν υπάρχει κάποιο εσωτερικό αίτιο που να τις επιδεινώνει. Ενδεχόμενη αποσυναρμολόγηση προκειμένου να αποκατασταθεί η μονολιθικότητα των σπονδύλων και να αντικατασταθούν οι ξύλινοι πόλοι και τα εμπόλια, με νέα εκ τιτανίου έχει ένα σημαντικό μειονέκτημα. Θα διατάρασσε την "αιώνια" ισορροπία των σπονδύλων, έστω και σε παραμορφωμένη κατάσταση και θα δημιουργούσε σοβαρά προβλήματα κατά την επανασυναρμολόγηση. Η άριστη επαφή των εδρών των σπονδύλων που έχει επιτευχθεί από τους κατασκευαστές του Παρθενώνα έχει καθοριστικό ρόλο στην καλή συμπεριφορά των κιόνων. Η επίτευξη ίδιας επαφής, ακόμα και αν τα θραύσματα των σπονδύλων συγκολληθούν άριστα, δεν μπορεί να γίνει χωρίς πρόσθετη κατεργασία των αρχαίων επιφανειών των εδρών. Όμως η κατεργασία αρχαίων επιφανειών δεν είναι σύμφωνη με τις αρχές των έργων αποκατάστασης.

Η δομική συντήρηση των κιόνων μπορεί να γίνει επί τόπου, χωρίς αποσυναρμολόγηση και με διατήρηση της δομικής αυτοτέλειας κάθε σπονδύλου. Τα ρήγματα με εύρος μεγαλύτερο του 1mm θα αποσφραγιστούν, θα καθαριστούν κατά το δυνατό με νερό υπό πίεση και μικροβιοκτόνα και θα γίνουν ενέματα ασβεστοσιμεντοκονιάματος.

Μέχρι πριν κάποια χρόνια στα έργα αποκατάστασης των μνημείων της Ακρόπολης χρησιμοποιούνταν εσωτερικοί οπλισμοί τιτανίου όταν τα προς συγκόλληση θραύσματα είναι δυνατό να αποχωριστούν, και σε λίγες περιπτώσεις, όταν αυτό δεν είναι δυνατό, εμφυτεύονται από αθέατες αδρολαξευμένες επιφάνειες. Γενικά αποφεύγεται η εμφύτευση οπλισμών από τις εμφανείς επιφάνειες των αρχιτεκτονικών μελών.

Μειονέκτημα της μεθόδου συντήρησης των κιόνων επί τόπου είναι ότι θα παγιώσει την παραμορφωμένη κατάσταση των σπονδύλων, ενώ με τις μέχρι τώρα εφαρμοζόμενες μεθόδους δοκιμής συντήρησης, σε κάθε αρχιτεκτονικό μέλος αίρονται οι παραμορφώσεις που έχει υποστεί λόγω βλαβών. Με σύγκριση της απώλειας και του οφέλους που προκύπτουν από τις δυο εναλλακτικές λύσεις, πλεονεκτεί η επί τόπου δομική συντήρηση.

Δομική συντήρηση στυλοβάτη

Τα θραυσμένα τμήματα του στυλοβάτη, που βρίσκονται στη θέση τους και τα θραύσματα που τυχόν ταυτιστούν, θα συγκολληθούν με τσιμεντοπολτό και οπλισμούς τιτανίου. Η προσθήκη συμπληρωμάτων από νέο μάρμαρο ιδίως στο προς βόρειο ήμισυ του στυλοβάτη θα βελτιώνει την ευστάθεια της προστάσεως και θα προστάτεψε το ευπαθές πώρινο υπόστρωμα. Βεβαίως οι θραύσεις είναι παλαιότερες αλλά ο στυλοβάτης έχει υποστεί βαρύτατα πλήγματα από τους κανονιοβολισμούς του Μοροζίνι, άρα η κατάσταση έχει επιδεινωθεί τους τελευταίους τρεις αιώνες και το τεκμήριο της μακράιωνης καλής συμπεριφοράς δεν έχει εφαρμογή. Η συμπλήρωση του στυλοβάτη από την άποψη της βελτιώσεως της φέρουσας ικανότητας της προστάσεως συνιστάται αλλά δεν αποτελεί πρόταση πρώτης προτεραιότητας.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Οι αναστηλωτικές εργασίες σε όλα τα μνημεία της Ακρόπολης συνεχίζονται μέχρι σήμερα, με αμειώτους ρυθμούς. Για την πλήρη δρομολόγηση όλων των προβλεπόμενων δράσεων, ο εκτιμώμενος χρόνος δεν αναμένεται λιγότερος από δέκα έτη, με την προϋπόθεση της συνεχούς και απρόσκοπτης χρηματοδότησης του έργου. Μετά την ολοκλήρωση των επεμβάσεων, απαιτείται η παρακολούθηση των μνημείων σε συνεχή βάση, ώστε να ελέγχεται η αποτελεσματικότητα των μέτρων.

Σ' αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί η μεγάλη προσπάθεια όλων όσων δούλεψαν στα αναστηλωτικά έργα των μνημείων της Ακρόπολης των Αθηνών. Έχοντας επί χρόνια δουλέψει εντατικά σε όλα τα επιμέρους πεδία της θεωρητικής έρευνας και της πρακτικής εφαρμογής, ήταν εμφανής η συγκίνηση που ένιωσαν κατά τη βαθμιαία ανάκτηση της μορφής των μνημείων. Συγκίνηση και υπερηφάνεια όχι μόνο για την ανάδειξη της καλλιτεχνικής αξίας των μνημείων, αλλά και για τη σωστική σημασία των επεμβάσεων.

Κλείνοντας αυτήν την εργασία θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την κυρία Ειρήνη Βγενοπούλου που μας έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθούμε με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα που μας δίδαξε πόσο αναγκαίο είναι το επάγγελμά μας στη διατήρηση της εθνικής μας κληρονομιάς.

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον κύριο Δημήτρη Εγγλέζο Δρ. Πολιτικό Μηχανικό και Γεωτεχνικό μηχανικό στα έργα της Ακρόπολης, για την βοήθεια και τις συμβουλές που μας παρείχε καθώς και για την άδεια που μας έδωσε να παραستούμε στην κατάχωση του Αρρηφορίου Οίκου. Τέλος, ευχαριστούμε την Υπηρεσία Συντήρησης Μνημείων της Ακρόπολης (ΥΣΜΑ) για όλες τις πληροφορίες, τα συγγράμματα και τις μελέτες που μας έδωσε.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Δοντά, "Η Ακρόπολη και τα μνημεία της". Αθήνα 1986.
- 2) Β. Πετράκος, "Η εν Αθήναις Αρχαιολογική Εταιρεία", Αθήνα 1987.
- 3) W.B. Dinsmoor, "The Architecture of ancient Greece", London 1950.
- 4) Β. Λαμπρινουδάκης, "Οικοδομικά Προγράμματα στην αρχαία Αθήνα".
- 5) "Γεωλογική-Γεωτεχνική μελέτη της Ακροπόλεως των Αθηνών", Β. Ανδρονόπουλος-Γ. Κούκης, Αθήνα 1976.
- 6) Δ. Εγγλέζος - "Κατάχωση Αρρηφορίου Οίκου", Αθήνα 2006.
- 7) Μ. Αρβανιτάκης-Δ. Μονοκρούσος "Κατασκευή δοκών αγκυρώσεως", Αθήνα 1976.
- 8) Δ. Μονοκρούσος "Οι ρηγματώσεις του βράχου της Ακροπόλεως", Αθήνα 1977.
- 9) Δ. Μονοκρούσος "Εργασίες στερέωσης του βράχου της Ακροπόλεως", Υπηρεσία Συντήρησης Μνημείων Ακρόπολης, Ιούνιος 1982.
- 10) Δ. Μονοκρούσος "Εργασίες στερέωσης του βράχου της Ακροπόλεως", Υπηρεσία Συντήρησης Μνημείων Ακρόπολης, Μάιος 1994.
- 11) Δ. Μονοκρούσος "Η ευστάθεια του βράχου της Ακρόπολης των Αθηνών", Αθήνα 2004.
- 12) Μ. Ιωαννίδου "Δομικά προβλήματα των προπυλαίων" Υπηρεσία Συντήρησης Μνημείων Ακρόπολης, Απρίλιος 1994.
- 13) Β. Μανιδάκη "Δομικές βλάβες των τειχών της Ακρόπολης", Αθήνα 2003.
- 14) Β. Μανιδάκη "Καθίζηση εδάφους παρά το νότιο τείχος", Αθήνα 2004.
- 15) Β. Μανιδάκη "Τα περιμετρικά τείχη της Ακρόπολης", Αθήνα 2006.

- 16) Μ. Κορρές- Χ. Μπούρας "Μελέτη Αποκαταστάσεως του Παρθενώνος", Υπουργείο Πολιτισμού και Επιστημών, Υπηρεσία Συντήρησης Μνημείων Ακρόπολης, Αθήνα 1983.
- 17) Μ. Κορρές- Χ. Μπούρας "Μελέτη Αποκαταστάσεως του Παρθενώνος", τόμος 2α, Υπουργείο Πολιτισμού και Επιστημών, Υπηρεσία Συντήρησης Μνημείων Ακρόπολης, Αθήνα 1983.
- 18) Π. Καρύδης "Σημειώσεις Αντισεισμικής Τεχνολογίας", Αθήνα 1988.
- 19) Β. Παπαζάχου "Οι σεισμοί της Ελλάδας", Θεσσαλονίκη 1989.
- 20) Κ. Ζάμπας "Μελέτη αποκαταστάσεως του Παρθενώνα", Υπηρεσία Συντήρησης Μνημείων Ακρόπολης, Αθήνα 1992.
- 21)Κ. Ζάμπας "Structural repairs to the monuments of the Acropolis", 1992.