

Η ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΗ ΤΕΧΝΗ ΤΩΝ ΑΡΧΑΙΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΝΑΩΝ

Τάσος Τανούλας

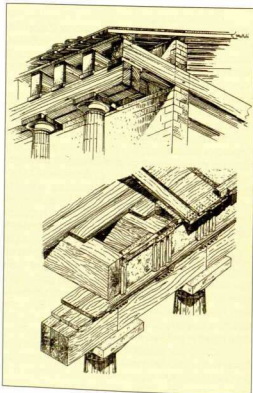
Δρ Αρχιτέκτων

Υπηρεσία Συντήρησης Μνημείων Ακροπόλεως, ΥΠΠΟ

Τα δεδομένα που έχουμε στην διάθεσή μας για την μελέτη της οικοδομικής τέχνης των αρχαίων Ελλήνων είναι πολύ σημαντικά. Προέρχονται από τις αρχαίες γραπτές πηγές και από την μελέτη των μνημείων που διατηρούνται είτε στο σύνολό τους είτε εν μέρει. Τα δεδομένα αυτά έχουν για πρώτη φορά παρουσιαστεί συστηματικά από τον Αναστάσιο Ορλάνδο στην κλασική δίτομη μονογραφία του *Τα υλικά δομής των αρχαίων Ελλήνων*. Μια δεκαετία αργότερα ο Roland Martin δημοσίευσε στο Παρίσι το γνωστό βιβλίο του με το ίδιο θέμα. Ο Martin παρουσίασε το υλικό κάτω από μια λίγο διαφορετική ματιά από αυτήν του Ορλάνδου, εισάγοντας και αναφορές σε διαφορετικά παραδείγματα. Το 1988 δημοσιεύτηκε το βιβλίο του Wolfgang Müller-Wiener για την αρχαία ελληνική αρχιτεκτονική. Η μελέτη αυτή δίνει μεγάλη έμφαση στα θέματα υλικών και κατασκευής, εφαρμόζοντας νέους συχτησιμούς στην διαστρωμάτωση του γνωστικού υλικού, εισάγοντας μια πιο «μοντέρνα» προσέγγιση του θέματος. Το 2002, η Marie-Christine Hellman, στην συνθετική μελέτη της για τις κατασκευαστικές αρχές της αρχαίας ελληνικής αρχιτεκτονικής, προχώρησε σε μια ακόμη πιο σύνθετη προσέγγιση του θέματος, αξιοποιώντας εύστοχα τις πληροφορίες που είχαν έρθει στο φως κατά την διάρκεια του τελευταίου τέταρτου του 20ού αιώνα, μέσα από την δημοσιευμένη σχετική έρευνα.

1. Επάνω: Υποθετική αναπαράσταση της ανωδομής πρώιμου δωρικού ναού από ξύλο (κατά Durm).
Κάτω: Υποθετική αναπαράσταση της ανωδομής πρώιμου δωρικού ναού από ξύλο, με αποκρυσταλλωμένες τις μορφές του δωρικού θριγκού, οι οποίες στο επόμενο στάδιο εξελέγη κατασκευάστηκαν με οπτό ηπλό (κατά von Gerkan).

Αυτές είναι στην ουσία οι βασικές μελέτες στις οποίες επιχειρήθηκε η συστηματική συγκέντρωση πληροφοριών γύρω από την οικοδομική τέχνη των αρχαίων Ελλήνων. Οι περισσότερες από τις υπόλοιπες δημοσιεύσεις α-



φορούν σε περιορισμένα θέματα, που το καθένα χωριστά συνεισφέρει στην γνώση γύρω από το θέμα μας, αλλά δεν αλλάζει ουσιαστικά το συνολικό σύστημα χειρισμού του γνωστικού αυτού πεδίου που έχουν εγκαταστήσει τα συνθετικά έργα που προαναφέρθηκαν.

Προκειμένου να παρουσιάσει κανείς συνοπτικά την οικοδομική τεχνολογία των αρχαίων Ελλήνων, συνειδητοποιεί ότι δεν έχει νόημα να προσπαθήσει να κάνει μια περιληψή των στοιχείων που δίνονται στην υπάρχουσα βιβλιογραφία, διότι, απλούστατα, κάτι τέτοιο είναι αδύνατο. Αξίζει, όμως, τον κόπο να προσπαθήσει να ορίσει το θέμα μέσα από το πρίσμα των πληροφοριών που παρέχει η βιβλιογραφία, από την καλύτερη ως την πιο προσφατή. Να ορίσει, δηλαδή, τι αντιλαμβάνεται κανείς σήμερα, εν έτει 2005, διαβάζοντας τον τίτλο του άρθρου αυτού, έχοντας υπόψη του το θεωρητικό υπόβαθρο των σύγχρονων αντιλήψεων για το τι είναι αρχιτεκτονική, για την σχέση μεταξύ αρχιτεκτονικής και κατασκευής, εφαρμόζοντας το υπόβαθρο αυτό στην αντίληψη μας για την αρχαία ελληνική αρχιτεκτονική και συνδεοντάς το, μέσω παραδειγμάτων, με το πραγματικό σώμα της σύγχρονης γνώσης γύρω από το αντικείμενο.

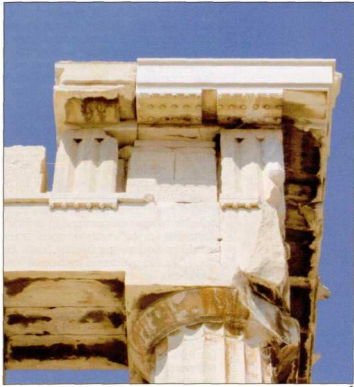
Ο όρος αρχαία ελληνική αρχιτεκτονική φέρνει αυτόματα στον νου τα δημόσια κτίρια της αρχαϊκής, της κλασικής και της ελληνοριστικής περιόδου. Τα ιδιωτικά κτίρια, κατοικίες, αγροικίες και άλλες κατασκευές είχαν χαρακτήρα πολύ ταπει-

νότερο από τα δημόσια, τόσο ως προς το μέγεθος όσο και ως προς την κατασκευή: τοίχοι από ωμές πλίνθους ή ξερολιθίες, αργολιθοδομές με λάσπη ως συνδετικό κονίαμα, ξύλινα στέγες καλυμμένες με χόρτα, σχιστόπλακες ή κεραμίδια. Αρχικά και ο χαρακτήρας πολλών δημόσιων κτισμάτων ήταν ταπεινός, χωρίς μορφές που να απαιτούν οικοδομική τέχνη υψηλότερη από αυτήν που εφαρμόζοταν στα ιδιωτικά κτίσματα.

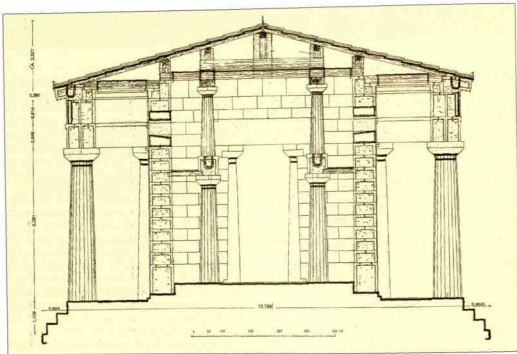
Λέγοντας δημόσια αρχιτεκτονική στην αρχαία Ελλάδα εννοούμε ουσιαστικά την αρχιτεκτονική των ναών, διότι αυτή αντιπροσωπεύει πάντοτε τις υψηλότερες επιδιώξεις και κατακτήσεις της οικοδομικής τέχνης των αρχαίων Ελλήνων, τόσο όσον αφορά την μορφή όσο και την κατασκευή. Βεβαίως, μετά την κρουστώση τους στην ναοδομία, οι μορφές και οι κατασκευαστικοί τρόποι περνούν αυτόματα και σε άλλους τύπους κτιρίων, οι οποίοι δημιουργούνται για να καλύψουν τις ανάγκες της εξελισσόμενης κοινωνίας.

Είναι γνωστό ότι οι πρώτοι ναοί ήταν κατασκευασμένοι με τα ίδια υλικά που κατασκευάζονταν και οι κατοικίες. Το μέγαρο που προυπήρξε στην θέση του ναού του Απόλλωνα στο Θέρμο είχε τοίχους από ωμές πλίνθους που, για να προστατευθούν από την υγρασία του εδάφους, ήταν κτισμένοι επάνω σε βάση από ξερολιθία. Είχε στέγη δίδροχη, με αετωματική πρόσφυση και αψιδωτή απόληξη στο πίσω μέρος, κατασκευασμένη από ξύλο και καλυμμένη πιθανότατα με καλάμια ή άλλα φυτικά υλικά και πηλό. Κάποτε, ο στήκος

2. (α) Γυναικός θρησκό από πάνω δωρικό ναό της Ακρόπολης, του πρώτου μισού του 6ου αι. π.Χ. (β) Ο θρησκό της νοτιοανατολικής γωνίας του Παρθενώνα.



3. Τομή κατά το πλάτος του ναού της Αφροίτις στην Αίγινα. Περί το 500 π.Χ. (Bankel, 1993).



περιστοιχίστηκε από ξύλινους κίονες στηριγμένους επάνω σε λίθινα υποβάθρα, και πάλι για να προστατευθεί το ξύλο των κίωνών από την υγρασία του εδάφους.

Ο ναός του Απώλλωνα στο Θέρμο είναι ένα πολύ χαρακτηριστικό παράδειγμα για την εξέλιξη των μορφών και των κατασκευών. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να παρατηρήσουμε κάτι πολύ ενδιαφέρον: στην πρώτη φάση, μορφή και κατασκευή είναι τόσο στενά συνδεδεμένες που δεν είναι δυνατόν να πούμε αν κάποια από τις δύο προηγείται στην εξέλιξη, και αν ναι, ποια είναι αυτή. Αυτό γίνεται ολοφάνερο αν ανατρέξουμε σε γνωστές προστάθεις αποκατάστασης των πρώιμων αρχιτεκτονικών μορφών που επιδίωξαν να ερμηνεύσουν τις πρώιμες κατασκευές δημιουργώντας για πρώτη φορά τα χαρακτηριστικά που αργότερα κατέληξαν να είναι τα κανονικά χαρακτηριστικά των δύο βασικών αρχιτεκτονικών ρυθμών, του δωρικού και του ιωνικού.

Για παράδειγμα, στην αναπαράσταση από τον Dumf μιας ξύλινης κιονοστοιχίας με οριζόντιο θριγκό, η οποία αποδίδει την πρωταρχική μορφή του δωρικού ρυθμού, βλέπει κανείς ότι οι θέσεις των τριγλύφων αντιστοιχούν στα άκρα των οριζόντιων ξύλινων δοκών που καλύπτουν το πτέρωμα, δηλαδή την ημιπαίθρια περιοχή μεταξύ της κιονοστοιχίας και του τοίχου του σκεύ: το διάστημα μεταξύ των άκρων των ξύλινων δοκών είναι κενό (εκφ. 1). Σε ένα αντίστοιχο σχέδιο του von Gerkan αποδίδεται μια επόμενη φάση στην εξέλιξη της κατασκευής, η οποία, όμως, φέρνει αναγκαστικά και μια εξέλιξη στην μορφή του ρυθμού, εισάγοντας νέα στοιχεία για την προστασία του ξύλου. Τα νέα αυτά στοιχεία είναι πηλινες πλάκες που καλύπτουν τα άκρα των οριζόντιων δοκών και τα μεταξύ τους διαστήματα για να τα προστατέψουν από την βροχή, τον άνεμο και τον ήλιο. Είναι πολύ πιθανόν, κατά την διαμόρφωση των πηλινων κα-

τασκευαστικών στοιχείων, να αποκρυσταλλώθηκαν για πρώτη φορά τα μορφολογικά στοιχεία των ρυθμών, που αργότερα έγιναν απαραίτητα στην οργάνωση της λίθινης αρχιτεκτονικής.

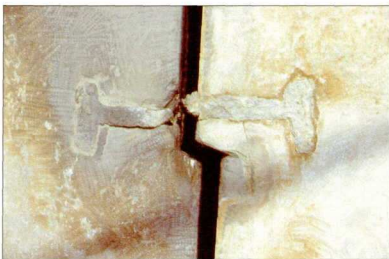
Τότε, όμως, θα πρέπει να αποκρυσταλλώθηκαν και οι ονομασίες τους, οι περισσότερες από τις οποίες δηλώνουν άμεσα ή έμμεσα την καταγωγή λίθινων δομικών και μορφολογικών στοιχείων από τα αντίστοιχα της πρώιμης αρχιτεκτονικής πηλού και ξύλου: πλίνθοι, τα λίθινα παραλληλεπίπεδα που αποτελούν τους τοίχους· μετόπες, οι πλάκες που έκλεισαν τα κενά (οπές) μεταξύ των άκρων των δοκών (τα οποία διακοσμήθηκαν με τριγλύφους), πρόμοχοι, οι παραλληλεπίπεδες προεξοχές στο κάτω μέρος των λίθινων δωρικών γείσων που αποδίδουν τα ομώνυμα προέχοντα άκρα των κεκλιμένων ξύλινων δοκών μιας στήνης. Η στενή εμπλοκή τεχνολογίας, μορφών και γλώσσας είναι ένα πολύ ενδιαφέρον φαινόμενο.

Κατά την μεταφορά των πρωιμότερων μορφών (που είχαν προκύψει άμεσα από τα δεδομένα της ξύλινης κατασκευής) στον πηλό, έγιναν αναγκαστικά (λόγω αλλαγής του υλικού) κάποιες αφαιρέσεις που οδήγησαν σε μια «στιλιζαρισμένη» απόδοση των μορφών. Περαιτέρω αφαιρέσεις έγιναν κατά την μεταφορά των μορφών στον λίθο, με αποτέλεσμα το υψηλό ύψος των ρυθμών της κλασικής εποχής. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται πάντοτε, όταν νέα υλικά έρχονται να υποκαταστήσουν τα παλαιότερα κληρονομήματα, τουλάχιστον στην αρχή, τις μορφές που εκείνα είχαν επιβάλει. Ένα άλλο παράδειγμα είναι η διαμόρφωση των σταγόνων στον δωρικό θριγκό των λίθινων ναών της κλασικής εποχής. Οι σταγόνες είναι το αποτέλεσμα της μεταφοράς στον λίθο της μορφής των καρφιών, κατά πάσα πιθανότητα ξύλινων, που στερεώνουν ξύλινα κατασκευαστικά στοιχεία της πρόσοψης, και στην συνέχεια τις πηλινες πλάκες επάνω στα ξύ-

λα. Είναι χαρακτηριστικό ότι στα πρώιμα αρχαϊκά παραδείγματα οι λιθίνες σταγόνες είναι μικρότερες και αποδίδουν σχεδόν πιστά την μορφή ξύλινων καρφίων, πολλές φορές μάλιστα είναι κοιμένες χωριστά και φυτεύονται στο σώμα του θριγκού όπως ακριβώς ένα μεταλλικό ή ξύλινο καρφί (εικ. 2). Στον Παρθενώνα και στα Προπύλαια οι σταγόνες έχουν ογκηρό κολοουροκωνικό σχήμα που ελάχιστα παραπέμπει στα αρχαϊκά καρφία, αλλά συμβάλλει τα μέγιστα στην πλαστική διαμόρφωση του θριγκού.

Στην συνέχεια θα προσπαθήσω να συνοψίσω κάποια στοιχειώδη τεχνικά χαρακτηριστικά των λιθινών ναών του αρχαίου ελληνικού κόσμου από την αρχαϊκή ως την ρωμαϊκή περίοδο.

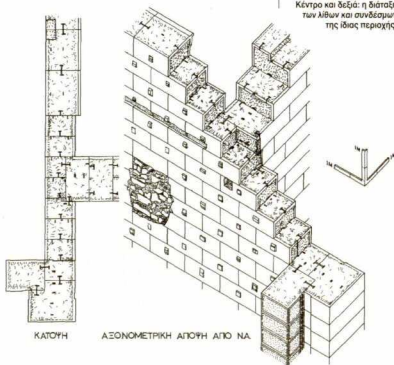
Ένα βασικό χαρακτηριστικό της αρχαίας ελληνικής κατασκευαστικής αντίληψης είναι ότι παραμένει ως τα ρωμαϊκά χρόνια προσηλωμένη στην αρχή της δοκού επί στύλων, μολοντί σε δευτερεύουσες κατασκευές εντοπίζονται κάποιες εκδοχές τοξωτής δομής (μέχρι τα ελληνιστικά χρόνια είναι υποτυπώδεις). Σε έναν τυπικό ναό τα κατακόρυφα στοιχεία εντάσσονται σε κατακόρυφα επίπεδα, αφού ακόμη και οι κίονες μέσα στο συνολικό οικοδόμημα λειτουργούν σε ανάρτηση προς τον θριγκό (εικ. 3). Τα κατακόρυφα αυτά στοιχεία συνδέονται με τις δοκούς των οροφών και της στέγης, οι οποίες διαμορφώνουν ένα οριζόντιο διάφραγμα που διασφαλίζει το οικοδόμημα από οριζόντιες μετακινήσεις. Οι Έλληνες οικοδόμοι δεν χρησιμοποιούσαν ζευ-



4. Σύνδεσμος από τον νότιο τοίχο της ανατολικής σάλας των Προπυλαίων. Κατά την παραμόρφωση του τοίχου ο σιδερένιος σύνδεσμος έσπασε με αποτέλεσμα το μάρμαρο να διατηρηθεί την ακεραιότητά του.

κτά, δηλαδή την ανάρτηση οριζόντιων δοκών από τα κεκλιμένα ξύλα της στέγης και, συνεπώς, αναγκάζονταν να πυκνώνουν τα κατακόρυφα στοιχεία για να στηρίξουν τις οροφές και τις στέγες, με αποτέλεσμα μια χαρακτηριστική δυσκαμψία στην διάρθρωση μεγάλων στεγασμένων χώρων. Για να μειωθεί ο όγκος των υποστυλωμάτων στο εσωτερικό των ναών και άλλων δημόσιων κτιρίων χρησιμοποιήθηκαν αρχικά διώροφες δωρικές κιονοστοιχίες οι οποίες έδωσαν σι-

5. Αριστερά: φωτογραφία της περιοχής της συμβολής θύραου τοίχου και νότιου τοίχου του κεντρικού κτιρίου των Προπυλαίων (1997). Κέντρο και δεξιά: η διάταξη των λίθων και συνδέσμων της ίδιας περιοχής.



ΚΑΤΟΥΗ

ΑΣΟΝΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΠΟΨΗ ΑΠΟ ΝΑ.

γά-σιγά την θέση τους σε ιωνικούς ή κορινθιακούς κίονες που, λόγω των ραβδίων τους αναλογιών, μπορούσαν να έχουν μεγάλο ύψος καταλαμβάνοντας λιγότερο χώρο.

Οι ναοί οικοδομούνται από κομμάτια λαξευμένα σε όλες τις πλευρές τους, με στόχο την πλήρη συναρμογή μεταξύ τους και την διάρθρωση των συνολικών επιφανειών του οικοδομηματος σύμφωνα με το σύστημα των μορφών που επιβάλλεται από τον αρχιτεκτονικό ρυθμό που ακολουθεί το οικοδόμημα. Η συναρμογή των λίθων του οικοδομηματος γίνεται εν ξηρό, δηλαδή χωρίς συνδετικό κονίαμα. Η συνοχή των λίθων επιφύεται κυρίως στην δύναμη της τριβής μεταξύ τους. Χρησιμοποιούνται, εν τούτοις, και σύνδεσμοι για την αμοιβαία αγκύρωση των γειτονικών λίθων (τόσο κατά την οριζόντια όσο και κατά την κατακόρυφη έννοια), ούτως ώστε ο κίνδυνος οριζόντιων μετατοπίσεων να μειώνεται ακόμη περισσότερο (εικ. 5). Στους αρχαϊκούς ναούς οι σύνδεσμοι τοποθετούνται μόνο στις ανώτερες στρώσεις του θηγικού, όπου η ισχύς της τριβής είναι μειωμένη και ο κίνδυνος ανατροπής εμφανώς μεγαλύτερος. Όμως στα κλασικά χρόνια το σύστημα των οριζόντιων και κατακόρυφων συνδέσμων επεκτείνεται σε όλο το τμήμα του ναού που βρίσκεται επάνω από την ευθυνηρία, ενώ παράλληλα γίνεται όλο και πιο σύνθετο. Στον Παρθενώνα το σύστημα των συνδέσμων είναι ιδιαίτερα περίτεχνο επειδή, εκτός από τους συνδέσμους μεταξύ των αρχιτεκτονικών μελών του ναού, επινοήθηκαν ειδικοί σύνδεσμοι για την σπέρωση των αγκυρών και περιγύλιων αγαλμάτων στα αετώματα. Στα Προπύλαια της αθηναϊκής Ακρόπολης, η τοποθέτηση συνδέσμων επεκτείνεται και στην θεμελίωση.

Όμως δεν είναι μόνο η κατανομή και η λει-

τουργία των συνδέσμων μέσα στο σύνολο της κατασκευής, που αποδεικνύει την υψηλή τεχνική αντίληψη των αρχαίων Ελλήνων, αλλά και η μελέτη των συνδέσμων καθαυτών. Στην κλασική περίοδο οι σύνδεσμοι είναι σχεδόν πάντοτε από σίδηρο, η εξαιρετική ποιότητα του οποίου οφείλεται τόσο στην επιλογή κοιτασμάτων με μεγάλη περιεκτικότητα σε σίδηρο, όσο και στην διαδικασία κατεργασίας του υλικού κατά την διαμόρφωση των συνδέσμων. Η πρόφορτη έρευνα απέδειξε ότι η σφυρηλάτηση του σιδήρου διαδοχικά εν θερμώ και εν ψυχρώ, και η εναλλαγή στρωμάτων μαλακού και σκληρού σιδήρου, καθιστούσε τους συνδέσμους πρακτικά ανοξειδωτους. Επιπλέον, οι οριζόντιοι σύνδεσμοι της κλασικής εποχής, μορφής διπλού ται, ήταν εκ κατασκευής ασθενέστεροι στο μέσον τους, με στόχο, σε περίπτωση μετακίνησης των λίθων από σεισμό, να σπάσει ο σύνδεσμος και όχι το μάρμαρο (εικ. 4).

Οι αρχαίοι οικοδόμοι είχαν συνειδηθεί το ότι, σε μια σεισμική περιοχή όπως η Ελλάδα, τα λίθινα οικοδομήματα πρέπει να διαθέτουν σημαντικό βαθμό ευκαμψίας. Το μολύβι που περιέβαλλε τους σιδερένιους συνδέσμους δεν είχε σκοπό μόνο την προστασία των συνδέσμων από την οξείδωση, αλλά και την ευκαμψία της αγκύρωσης του σιδήρου μέσα στους λίθους. Όμως, ευκαμψία διασφαλιζόταν και στην κατασκευή των κίωνων: οι σφρονδύλοι (οι κολυμβοκωνικοί λίθοι που απάρτιζαν έναν κίονα) συνδέονταν μόνο με τον πόλο, ένα κυλινδρικό κομμάτι ξύλου που σφηνωνόταν μέσα σε δύο κομμάτια ξύλου με σχήμα κολυμβήρας πυραμίδας, καθένα από τα οποία ήταν τοποθετημένο σε έναν τόρμο στο κέντρο των επιφανειών συναρμογής των σφρονδύλων και απάρτιζαν το εμπόλο (εικ. 6). Επιπλέον, ο κατώτατος σφρονδύλος εδραζόταν επάνω στον στυλοβάτη χωρίς καμία σύνδεση.

6. (α) Τοποθέτηση του πόλου μέσα στο κάτω ήμισυ του εμπόλου. (β) Ο τόρμος στον άξονα του σφρονδύλου για την τοποθέτηση του εμπόλου. Διακρίνεται η επιγραφή που ορίζει ακριβώς την θέση του σφρονδύλου στο κτήριο των Προπυλαίων. Οι δύο εγκοπές αριστερά και δεξιά του κεντρικού τόρμου είναι νεότερες της αναστήλιξης Μπαλάνου.



7. Συμβολή των εξωτερικών επιφανειών του νότιου τοίχου του κεντρικού κτηρίου και του ανατολικού τοίχου της νότιας πτέρυγας των Προπυλαίων. Διακρίνονται τα πρόχοντα στοιχεία για την μετακίνηση των λιθοβλήθρων (αγκίνες), οι προέχουσες προστατευτικές επιφάνειες (άπερα) και, σε εσοχή, οι οδηγίες που ορίζουν την τελική επιφάνεια των τοίχων (περιτέψεις).





8. (α-γ) Τέσσερα διαδοχικά στάδια καταργασίας σφονδύλιων δωρικών κίονων του Προπαρθέναιου, (δ) κατώτατος σφονδύλιος του Προπαρθέναιου έτοιμος για τοποθέτηση.

Κατά την αποξήλωση του νότιου τοίχου της ανατολικής στοάς των Προπυλαίων διαπιστώθηκε ότι στον πυθμένα του τόρμου των οριζώντιων συνδέσμων τοποθετούνταν συνήθως μολύβδινα σφαιρίδια επάνω στα οποία ακουμπούσε ο σιδερένιος σύνδεσμος, ούτως ώστε να εξασφαλιστεί η απρόσκοπτη ροή του μολυβιού και η πλήρωση του κενού μεταξύ σιδήρου και μαρμάρου. Το μολύβι, ως εύπλαστο υλικό και απολύτως ακίνδυνο αν εγκλωβιστεί μέσα σε λίθινες κατασκευές, απαντά συχνά σε απρόβλεπτες θέσεις για την πλήρωση κενών με σκοπό την διασφάλιση του αμετακινήτου των περιβαλλόντων λίθων· παραδείγματα εφαρμογής υπάρχουν στην θεμελίωση της μεγάλης προμνησίκλειας δεξαμενής στην Ακρόπολη, στην θεμελίωση των ιωνικών στυλοβατών της δυτικής αίθουσας και στην συμβολή του θυραίου με τον νότιο τοίχο των Προπυλαίων.

Όμως, πώς οργανωνόταν στην πράξη η κατασκευή ενός ναού;

Ο τύπος του αρχαίου ελληνικού ναού παραμένει πρακτικά αναλλοίωτος από την αρχαϊκή ως το τέλος της ελληνιστικής εποχής. Οι διαφοροποιήσεις περιορίζονται σε θέματα διαστάσεων, αναλογιών, εφαρμογής των αρχιτεκτονικών ρυθμών και διαμόρφωσης διακοσμητικών θεμάτων. Θα μπορούσε να πει κανείς ότι κάθε ναός ήταν μια παραλλαγή σε ένα δεδομένο γενικό σχήμα, στο οποίο ο αρχιτέκτων προσπαθούσε να προσδώσει μια συγκεκριμένη μορφή, ανάλογα με τα στοιχεία της τοπογραφικής του θέσης, τα οποία, μεταξύ άλλων, προκαθόριζαν τις διαστάσεις του, παράλληλα με τις οικονομικές και λειτουργικές προδιαγραφές που έβηταν οι παραγγελιοδότες

και με τις προσωπικές του δυνατότητες και αντιλήψεις. Είναι βέβαιο ότι πριν από την κατασκευή γινόταν σχεδιασμός, στον οποίο σπουδαίο ρόλο έπαιζαν τα μαθηματικά. Πράγματι, καθαρά γεωμετρικές σχέσεις μεταξύ των διαστάσεων των ναών και των αρχιτεκτονικών τμημάτων τους έχει διαπιστωθεί σε σημαντικό αριθμό μνημείων και είναι αναμενόμενο να διαπιστωθούν παρόμοιες σχέσεις και σε πολλά άλλα. Όπως προκύπτει από την μελέτη γραπτών πηγών και μνημείων, είναι βέβαιο ότι μετά τον καθορισμό των βασικών διαστάσεων του ναού, οι διαστάσεις όλων των υπόλοιπων αρχιτεκτονικών στοιχείων προέκυπταν με βασικές γεωμετρικές χαράξεις που γίνονταν πάντοτε με τον κανόνα και τον διαβήτη.

Το γενικό σχήμα των ναών αποδιδόταν συχνά σε προπλάσματα, ενώ οι λεπτομέρειες των αρχιτεκτονικών μορφών οριζόνταν σε σχέδια που χαράσσονταν επάνω σε λίθινες επιφάνειες. Ελάχιστα από τα προπλάσματα ή τα σχέδια έχουν διασωθεί. Τα σχέδια που έχουν σωθεί αποδίδουν την μορφή χαρακτηριστικών τμημάτων του ναού, όπως τα αετώματα, καθώς και αρχιτεκτονικών λεπτομερειών σε φυσική κλίμακα, όπως οι διατομές βάσεων κίονων. Για τον έλεγχο των διατομών κατά την λάξευση των αρχιτεκτονικών μελών κατασκευάζονταν, όπως και σήμερα, μεταλλικοί τύποι (φόρμες), συχνά από μολύβι, δείγματα των οποίων έχουν διασωθεί.

Συνήθως στην κατασκευή ενός ναού γινόταν η χρήση λίθου από λατομεία της περιοχής. Στα λατομεία αναζητούνταν λιθνοί όγκοι με τις διαστάσεις και την διαστρωμάτωση που απαιτούνταν για την κατασκευή των αρχιτεκτονικών με-

λών τα οποία προέβλεπε το σχέδιο του ναού. Στην συνέχεια ξεκινούσε η διαδικασία κοπή των επιλεγμένων όγκων: τοποθέτηση ξύλινων σφηνών σε ειδικές εγκοπές στον βράχο, εμπιστοσύς τους με νερό για την διαστολή τους και την εν συνεχεία διάρρηξη του πετρώματος. Για την διευκόλυνση της διάρρηξης του πετρώματος οι σφηνες σφυροκοπούσαν με μεγάλες ξύλινες σφύρες. Μετά την αποκοπή του, το κομμάτι του βράχου λαξεύταν για να χάσει βάρος και να πάρει σχήμα που να διευκολύνει την μεταφορά.

Η μεταφορά από την θέση εξόρυξης και πρώτης απολάξευσης ως την άμαξα μεταφοράς γινόταν με κυλινδρικά κομμάτια ξύλου (κατρακύλια) πάνω σε έναν προσωρινό διάδρομο από σανίδες. Συνήθως η άμαξα μεταφοράς ήταν ξύλινη με τέσσερις τροχούς. Πολλές φορές οι μεταφορές εφαρμόζαν ειδικούς τρόπους μεταφοράς, που δείχνουν ανεξάντλητη εφευρετικότητα. Για παράδειγμα, τα επιστόλια για το Αρτεμίσιον της Εφέσου εντάχθηκαν ως άζονες μέσα σε ξύλινους τροχούς ενώ, σε άλλες περιπτώσεις, επιμήκεις λίθοι μεταφέρονταν αναρτημένοι από ξύλινη δοκό στην οποία είχαν προσαρτηθεί δύο ζεύγη ξύλινων τροχών.

Φυσικά, η κατασκευή ξεκινούσε από την θεμελίωση που γινόταν, κατά κανόνα, επάνω στον φυσικό βράχο. Τα καλύτερα και γνωστότερα δείγματα αυτής της αρχής είναι οι θεμελιώσεις των μνημείων της Ακρόπολης. Ο βράχος έχει λαξευθεί οριζόντια, πολύ συχνά βαθμωδωτά για την ευκολότερη προσαρμογή στην φυσική μορφή του, και επάνω του έχει εδραστεί η θεμελίωση σε οριζόντιες στρώσεις. Εν τούτοις, σε δευτερεύοντα κτίσματα της Ακρόπολης, η θεμελίωση έχει γίνει επάνω σε επίχωση, η οποία όμως έχει εγκιβωτισθεί σε κοιλότητες του βράχου ή σε περιβάλλοντες τοίχους. Στο Ηραίο της Σάμου, προκειμένου να θεμελιώσουν τον ναό επάνω σε προχλωσιγενές έδαφος με πολύ υγρασία, οι οικοδόμοι κατασκεύασαν την θεμελίωση με πολ-

λές στρώσεις λίθων, το πλάτος των οποίων αυξανόταν προς τα κάτω, διαμορφώνοντας ένα πλατύ πέλμα στην βάση, η οποία εδραζόταν σε μια στρώση ασβεστολιθικών θραυσμάτων που κάλυπταν μια ευρύτερη τάφο γεμισμένη με άμμο. Με το υπόβαθρο αυτό κατάφεραν να έχουν μια βάση που μπορούσε να παραμορφωθεί ως έναν βαθμό και, ταυτόχρονα, να παιγδύσει τα νερά και να περιορίσει την δράση τους.

Συνήθως δεν κατασκευάζονταν μια ενιαία βάση θεμελίωσης. Αντίθετα, ο κανόνας ήταν μεμονωμένες θεμελιώσεις κάτω από κάθε τοίχο, από κάθε κιονοστοιχία, ακόμη και κάτω από κάθε κίονα. Στην Θόλο των Δελφών, εν τούτοις, λόγω της κλίσης του εδάφους και του αυξημένου κινδύνου κατολίθωσης, η θεμελίωση είναι συμπαγής απ' άκρου εις άκρου.

Μετά την άφιξη των κομματιών του λίθου στο εργοτάξιο, άρχιζε η σταδιακή απολάξευση στρωμάτων του πλεονάζοντος μαρμάρου (άπεργου). Τα Προπύλαια της αθηναϊκής Ακρόπολης, τα οποία παρέμειναν ημιτελή, διατηρούν πολλές ενδείξεις για την τεχνολογία κατεργασίας των λίθων και του συνόλου των επιφανειών του μνημείου. Στην αρχή της απολάξευσης κάθε στρώματος κατασκευάζονταν περιμετρικά ταινίες-οδηγώ (περιπέτειες). Κατά την τοποθέτησή του στην οριστική θέση του επάνω στο οικοδόμημα, ένα κομμάτι είχε οριστικά διαμορφωμένες την κάτω επιφάνεια έδρασης, και τις πλευρικές επιφάνειες ώσπως ή συναρμογής.

Βεβαίως, υπήρχαν στοιχεία που εξασφάλιζαν την δυνατότητα διόρθωσης αστοχιών κατά την διάρκεια των εργασιών αποπεράτωσης του κτιρίου. Η επάνω επιφάνεια είχε πλεονάζον μαρμαρο (άπεργου), το οποίο αφαιρούνταν όταν όλοι οι λίθοι μιας στρώσης είχαν τοποθετηθεί, δίνοντας έτσι την δυνατότητα άρτιας διαστρωσης της επιφάνειας υποδοχής της υπερκειμένης στρώσης. Οι επιφάνειες της πρόσφυσης των αρχιτεκτονικών μελών είχαν συνήθως και αυτές ά-

9. Ο ναός της Έγεστας στην Σικελία.



περγο που απομακρύνονται μετά την οριστική τοποθέτηση. Για την διευκόλυνση της άρτιας κατεργασίας της τελικής επιφάνειας υπήρχαν στις παρυφές οδηγίοι (περιπέτειες). Οι λίθοι που απάρτιζαν τους τοίχους επάνω από τους ορθοστάτες είχαν, κατά την οριστική τοποθέτησή τους απέργο στην πλευρά της επιφάνειας του τοίχου, χωρίς περιπέτεια σε κάθε λίθο. Η περιπέτεια διαμορφωνόταν στις παρυφές του συνόλου της ορθογωνικής επιφάνειας του τοίχου, υποδεικνύοντας στους τεχνίτες το τελικό επίπεδο της επιφάνειας. Λοές αποτιμήσεις σε δύο από τις ακμές των λιθοπλίνθων απέτρεπαν την θραύση των ακμών τους κατά την τοποθέτηση. Οι αποτιμήσεις θα απολεφόταν κατά την απολάξευση των απέργων (εικ. 7). Αξιοθαύμαστη ήταν η εφευρετικότητα και η δεξιοτεχνία με την οποία αποκαθίστασαν απρόβλεπτες ζημιές που γίνονταν στα αρχιτεκτονικά μέλη κατά την διάρκεια της απολάξευσης, της μεταφοράς ή της τοποθέτησης: το τραυματισμένο τμήμα του μαρμάρου αφαιρούνταν και διαμορφωνόταν ένας τώρμος μέσα στον οποίο σφηνωνόταν ένα υγιές κομμάτι.

Οι σφόνδυλοι των κίωνων ήταν αρραβωδικοί κατά την τοποθέτησή τους. Οι οδηγίοι για την λάξευση των ραβδώσεων υπήρχαν μόνο στην βάση των κατώτατων σφονδύλων όπου, κατά την τοποθέτησή, υπήρχαν οδηγίοι για όλες τις διαδοχικές φάσεις απολάξευσης των ραβδώσεων, και στο υποτραχήλιο των κιονοκράνων (εικ. 8). Πρέπει να ήταν μια γενικευμένη πρακτική, οι κιονοτοίχιες να ανεγείρονται πριν από τους τοίχους των ναών. Ένα από τα κλασικά παραδείγματα γι' αυτό είναι ο ημιτελής ναός στην Έγεστα της Σικελίας (εικ. 9).

Η κατεργασία του μαρμάρου γινόταν με σιδερένια εργαλεία παρόμοια με αυτά που χρησιμοποιούνται και σήμερα από τους μαρμαροτεχνίτες. Είναι, όμως, γενικά αποδοκτό ότι, ενώ σήμερα με το κυριότερό χέρι οι μαρμαροτεχνίτες κρατούν το αριστερό εργαλείο λάξευσης το οποίο ενεργοποιούν με το σφυρί που κρατούν στο δεξί χέρι, στην αρχαιότητα κρατούσαν μόνο ένα εργαλείο με τη μορφή σφυριού που το ένα άκρο του ήταν διαμορφωμένο κατάλληλα για την κοπή ή την απολάξευση του μαρμάρου.

Στους μαρμάρινους ναούς, ο γλυπτικός διάκοσμος, τα κιονόκρανα, τα επίκρανα των παραστάδων, ο θρίγκος, το αέθμια και τα αρχιτεκτονικά μέλη που έφεραν κυμάτια διακοσμούσαν με γραπτό διάκοσμο. Ο γραπτός διάκοσμος χρωματιζόταν με την εγκαυστική μέθοδο, ενώ κάποια ειδικά κοσμητικά διαμορφώνονταν με φίλλο χρυσού. Στους ναούς που ήταν κατασκευασμένοι από λιγότερο ανθεκτικούς λίθους, όπως ο πωρόλιθος, όλες οι επιφάνειες του κτιρίου καλύπτονταν από λεπτό επίχρισμα που προστάτευε τον λίθο, ενώ ταυτόχρονα διαμόρφωνε ομοιόμορφη επιφάνεια που διευκόλυνε την εφαρμογή του γραπτού διακόσμου.

Η κάλυψη του ναού είναι ένα πολύ ενδιαφέρον κεφάλαιο της αρχαίας ελληνικής αρχιτεκτονικής.

Οι οροφές ήταν αρχικά αποκλειστικά από ξύλο, με δοκούς ορατές από κάτω, επάνω στις οποίες κορφώνονταν σανίδες ή μικρότερες δοκίδες που άφηναν μεταξύ τους ορθογωνικά κενά, τα

οποία καλύπτονταν με σανίδες διαμορφώνοντας έτσι ορθογώνιες εσοχές, τα φατνώματα (εικ. 10). Τα αρμοκάλυπτρα που τοποθετούνταν στην συμβολή δοκών και επικεκείμενων σανίδων πήραν την μορφή ιωνικών κυματίων. Έτσι διαμορφώθηκε η μορφή της οροφής με δοκούς και φατνωματικές πλάκες, που γενικευόταν στην κλασική αρχιτεκτονική και μας είναι τόσο γνωστή από τις μαρμάρινες οροφές στα πτερύματα των ναών.

Οι οροφές των Προπυλαίων αποτελούν ένα χαρακτηριστικό δείγματολόγιο των τριών μορφών που περιγράφηκαν παραπάνω και αντιπροσωπεύουν τρία βασικά στάδια στην εξέλιξη της μορφής των οροφών στην αρχαία Ελλάδα. Οι στοές των πλάγιων πτερυγίων καλύπτονταν με ξυλινές δοκούς που άφηναν μεταξύ τους πολύ στενά διαστήματα, τα οποία είτε έμειναν ακάλυπτα είτε σκεπάστηκαν με σανίδες. Στην αιώστια της βόρειας πτέρυγας, που συμβατικά ονομάζουμε Πνακοθήκη, η οροφή αποτελούνταν από μεγάλες ξυλινές δοκούς (ύψος 0,44 μ., πλάτος 0,60 μ., μήκος 10,30 μ.), επάνω στις οποίες εδράζονταν μικρότερες δοκίδες μεταξύ των οποίων διαμορφώνονταν φατνώματα. Το γεγονός ότι οι αναλογίες ύψους/πλάτους στην διατομή των δοκών σε σύγκρισμό με τις αναλογίες των μεταξύ τους διαστημάτων είναι ακριβώς ανάλογες με τις αντίστοιχες αναλογίες των μαρμάρινων οροφών του κεντρικού κτιρίου, οδηγεί με βεβαιότητα στο συμπέρασμα ότι η ξυλίνη οροφή της Πνακοθήκης ήταν παρόμοια με τις μαρμάρινες οροφές του κεντρικού κτιρίου.

Πολύ ενδιαφέρουσα είναι και η μορφή της στέγης της βόρειας πτέρυγας των Προπυλαίων. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η ελληνική οικοδομική κινείται μέσα στην λογική της δοκού επί στύλων και φαίνεται να αγνοεί τα ζευκτά. Συνεπώς, μια ξυλίνη στέγη στηρίζεται επάνω σε κατακόρυφους ξυλινούς ορθοστάτες που μεταφέρουν το βάρος των υπερκεκλιμένων κεκλιμένων δοκών, των τειγίων και της κεράμωσης στις οριζόντιες δοκούς των οροφών και στους οπισκεκίμενους τοίχους. Στην Πνακοθήκη, οι μεγάλες διαστάσεις της αιώστιας (9,40 x 10,73 μ.) και η απουσία ενδιάμεσων υποστηλωμάτων κάνει την κατασκευή στέγης και οροφής μια πολύ τολμηρή επιχείρηση. Εν τούτοις, παρατηρώντας τον πυκνό κάρναβο ορθοστατών που στηρίζει τις κεκλιμένες δοκούς της στέγης επάνω στις δοκούς της οροφής, αντιλαμβάνεται κανείς ότι είναι ακριβώς αυτή η πυκνότητα των ξύλων που καθιστούσε το σύστημα οροφής-στέγης έναν οργανισμό που καθόταν σαν ένα μονοκόμματο διάφραγμα επάνω στους τοίχους του κτιρίου, στους οποίους δεν ασκούσε ουσιαστικά οριζόντιες ωθήσεις. Παρ' όλα αυτά, ο Μνησιακή πρόβλεψε αγκύρωση της δυτικής δοκού της οροφής με τον μαρμάρينو δυτικό τοίχο της Πνακοθήκης.

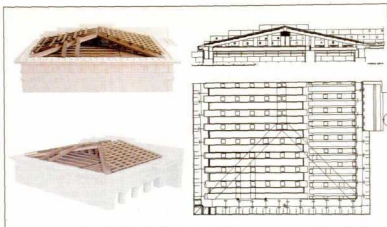
Βασικός στόχος της κεράμωσης είναι η προστασία του κτιρίου από τα νερά της βροχής και για τον λόγο αυτό προσαρμόζεται πάντοτε στο σχήμα της κάτοψης του κτιρίου και στις ανάγκες απορροής του νερού της βροχής. Οι ναοί, τουλάχιστον στην μορφή που είχαν στην αρχαϊκή και κλασική εποχή, είχαν πάντοτε απλή δίρηχητη στέγη, με αποτέλεσμα να μπορούν να καλυφθούν με ένα απλό σύστημα στρωτήρων-καλυπτήρων, χω-

Γενική Βιβλιογραφία

- COULTON, J.J., *Problems of Structure and Design*, Oxford Books, Oxford 1977.
 DIMSIC, W.B., *The Architecture of Ancient Greece*, B.T. Batsford Ltd, Reprint of 1950 3rd revised edition, London and Sidney 1975.
 DUHM J.W., *Die Baukunst der Griechen*, Leipzig 1910.
 MARTIN, R., *Manuel d'architecture grecque*, 1. Matériaux et techniques, Picard, Paris 1965.
 MULLER-WIENER, W., *Griechisches Bauwesen in der Antike*, Verlag C.H. Beck, München 1969.
 HELLMANN, M Chr., *L'architecture grecque*, 1. Les principes de la construction, Picard, Paris 2002.
 HODGE, T.A., *The Woodwork of the Greek Roofs*, Cambridge University Press, London-New York, 1960.
 ΟΡΑΝΑΝΔΟΣ, Α.Κ., *Τα ιωνία δοκούς των αρχαίων Ελλήνων και οι τρόποι εφαρμογής αυτών κατά τους συγγενικούς, ως επιγραφές και τα μνημεία Βυζαντινής της εν Αθήναις Αρχαιολογικής Εταιρείας* 37, Αθήνα 1994.

Ειδική Βιβλιογραφία

- BANKEL, H., *Der spätarchaische Tempel der Aphaia auf Aegina*, Berlin 1993.
 GERKAN, A. von, *«Die Herkunft des deutschen Gebäudes», JdI 63-64, 1948-49.*
 ΟΡΑΝΑΝΔΟΣ, Α.Κ., *Η αρχιτεκτονική των δοκών σε σύγκρισμό με τις αναλογίες των μεταξύ τους διαστημάτων είναι ακριβώς ανάλογες με τις αντίστοιχες αναλογίες των μαρμάρινων οροφών του κεντρικού κτιρίου, οδηγεί με βεβαιότητα στο συμπέρασμα ότι η ξυλίνη οροφή της Πνακοθήκης ήταν παρόμοια με τις μαρμάρινες οροφές του κεντρικού κτιρίου.*
 ΤΑΝΟΥΛΙΑΣ, Τ., «Μελέτη αποκατάστασης των Προπυλαίων, στο Τ. Τανούλιας/Μ. Ιωνιδού/Α. Μαραφίτου, *Μελέτη Αποκατάστασης των Προπυλαίων*, 1. Υπομνημόνιο Πολυτομίου, Επιτροπή Συντήρησης Μνημείων Ακρόπολης, Αθήνα 1994, σ. 3-334.
 - «Παρατήρηση στην υποδομή και τοποθέτηση του δαπέδου και των ιωνικών στυλοβατών στη δυτική αιώστια των Προπυλαίων», στο *Μαίρη Απρόβαρτζή (επιμ.), Αρχαϊκός Αγώνας στην ιστορία της Ντούλας Μουρούλι*, 2. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα 2003, σ. 785-804.
 ΤΑΝΟΥΛΙΑΣ, Τ., «The pre-missileian system on the Athenian Acropolis», *AM 107 (1992)*, σ. 28-38, πτωσ. σελ. 3-10.
 - «New information about the Ionic stylobates and the building process of the Propylaea», στο E.L. Schwandner (επιμ.), *Silber und Gold. Festschrift von Zabern*, Mainz am Rhein 1996, σ. 111-123.



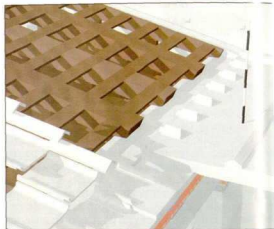
10. Αριστερά: Δύο απόψεις προτύπων αποκατάστασης των οροφών και της στέγης της βόρειας πτέρυγας των Προπυλαίων. Δεξιά: Σχεδιαστική αποκατάσταση των οροφών και της στέγης της βόρειας πτέρυγας και κεντρικού κτίριου των Προπυλαίων.

11. Φωτορεαλιστική απόδοση του καλύμματος της κόγχης μεταξύ βόρειας πτέρυγας και κεντρικού κτίριου των Προπυλαίων.

ρίς να χρειάζεται να επιλυθούν ειδικά προβλήματα. Σε κάποιες, όμως, περιπτώσεις, οι στέγες είχαν πιο περίπλοκη μορφή και τότε έπρεπε να εφευρεθούν ιδιαίτερες μορφές κεραμιδιών, που να ανταποκρίνονται στην μορφή της στέγης και να διασφαλίζουν την στεγανότητα της στέγης από το νερό της βροχής.

Και πάλι, τα Προπύλαια της αθηναϊκής Ακρόπολης, λόγω της σύνθετης αρχιτεκτονικής μορφής τους, προσφέρουν παραδείγματα κεραμιδιών με πολύ ιδιαίτερη μορφή. Μοναδική είναι η μορφή των κεραμιδιών με τις οποίες καλύφθηκαν οι δύο κόγχες μεταξύ του κεντρικού κτίριου και των πλαγίων πτερύγων των Προπυλαίων. Πρόκειται για δύο περιοχές οι οποίες βρίσκονται, στην ουσία, μεταξύ δύο κτιρίων και, επομένως, θα ήταν φυσικό να είναι υπαίθριες. Όμως, ο Μνησικλής εννοούσε το σύνολο των διακεκριμένων κτιρίων που αποτελούσαν τα Προπύλαια ως ένα κτίριο, και κατά συνέπεια έπρεπε να στεγαστεί τις κόγχες, δεν μπορούσε, όμως να τις στεγάσει με συμβατική αρχιτεκτονική οροφή. Για τον λόγο αυτό αποφάσισε να καλύψει κάθε κόγχη με μια τεράστια μαρμάρινη πλάκα (μήκος 4,5 μ., πλάτος 2,07 μ., πάχος 0,302 μ.) που στην επάνω πλευρά είχε την μορφή δύο στρωτήρων με ενδιάμεσο συμφυή καλυπτήρα (εικ. 11).

Η μικρή έκταση του δημοσιεύματος δεν επιτρέπει εκτενέστερη ανάπτυξη των θεμάτων που ακροθιγώς αναφέρθηκαν παραπάνω. Οπωσδήποτε, τα θέματα αυτά δεν αντιπροσωπεύουν παρά ένα μικρό μέρος των όσων είναι σήμερα γνωστά για την οικοδομική τέχνη των αρχαίων ελληνικών ναών και, πολύ περισσότερο, για την τεχνολογία των οικοδομών στην αρχαία Ελλάδα. Και όλα όσα είναι σήμερα γνωστά για το τεράστιο γνωστικό πεδίο της αρχαίας ελληνικής οικοδομικής τέχνης αφήνουν πολλά προβλήματα άλυτα. Είναι, πάντως, πολύ θετικό και αισιόδοξο ότι η επιστημονική έρευνα φέρνει κάθε τόσο στο φως νέα στοιχεία, συμπληρώνοντας κενά στην γνώση μας και επιτρέποντάς μας να διατηρήσουμε αμείωτο τον θαυμασμό και την συγκίνησή μας, όταν εργαζόμαστε σε επαφή με τα οικοδομήματα που κατασκεύασαν οι αρχαίοι Έλληνες και αντιλαμβανόμαστε την υψηλή τεχνολογία που αντιπροσωπεύουν.



Structural Elements of Ancient Greek Temples

Tasos Tanoulas

The structural elements of ancient Greek temples have been systematically presented in a restricted number of monographs which appear at the end of this article.

Initially, the technology applied for the construction of temples was similar to the one applied for the construction of houses. In time, the original mud brick or rubble stone masonry of the cella and the wooden elements of the colonnades were translated into more abstract forms, especially when they were rendered with mortar or were sheathed in terracotta. These forms became even more abstract when they were translated into hard limestone or marble, acquiring, in the end, high plastic values.

The post and lintel principle has always been essential for the Greek masons who never used vaults and trusses for ceilings or roofs. Another important characteristic of the monumental temples in the classical era is their being built with blocks carved on all their sides in a way that secured perfectly tight joints and smooth surfaces for the architectural parts of the building. The bonding of the blocks was entrusted primarily to friction, and secondarily to iron clamps and dowels embedded in lead.

Mathematics were very much involved in designing Greek temples. The construction of models of buildings were not uncommon, and it is certain that models or drawings of particular architectural forms were indispensable.

The first step for the construction was finding the stone in the quarries, extracting it, trimming it roughly and transporting it to the building site. When a block was put up at its final place in the building, only its lower face and the surfaces abutting the neighbouring blocks in the same course were finished. The upper surface was finished later, when the whole horizontal course of blocks was set, while the exposed surfaces retained some elements which protected them against damages during construction; these elements were removed in the end of the building was done in the end activity in the site. As regards the columns, the fluting was done in the end, following the guides carved at the bottom of the lowest column drum and at the bottom of the column capital, before they were put in place.

The Greeks built preferably their foundations straight on the natural rock, which they dressed horizontally, usually forming steps according to the natural shape of the rock. If this was not possible, they founded on encased earth, sand or rubble stone.

As far as it concerns the roofs of Greek temples, they were made of wood. They consisted of vertical posts standing on tops of walls or on horizontal beams (wooden or marble ones) bearing ridge beams and sloping rafters which, in their turn, supported the terracotta or marble roof tiles. The shape of the roof tiles was always adapted to the needs of the roof of each individual building.

T.T.