

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΓΡΟ - ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ

ΒΑΣΙΛΙΚΗ Θ. ΚΥΡΙΑΚΟΥ

ΑΡΧΙΤΕΚΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ - ΙΣΤ' Ε.Π.Κ.Α.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.

Η ανάγκη να προστατευτούν τα δομικά στοιχεία των κατασκευών από τις βλαβερές συνέπειες του νερού και τα φαινόμενα που έχουν σχέση με την παρουσία του (τριχοειδή φαινόμενα, ανερχόμενη υγρασία, εξάτμιση, συμπύκνωση), οδήγησε τους αρχαίους τεχνίτες σε μια σειρά μεθόδων για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Η παρακάτω εργασία παρακολουθεί, μέσα από αρχαίες γραπτές πηγές, αλλά και μέσα από την σύγχρονη ανασκαφική έρευνα, τη γνώση που υπήρχε κατά την αρχαιότητα σχετικά με τα υλικά δομής, την επίδραση του νερού πάνω σ'αυτά και την προσπάθεια υγραμόνωσης των κατασκευών. Η ανακοίνωση δεν έχει στόχο την ανάλυση του θέματος σε βάθος, παρά αποτελεί μια πρώτη προσέγγιση και συστηματική παρουσίαση ορισμένων χαρακτηριστικών περιπτώσεων, όπου δόθηκαν συγκεκριμένες λύσεις για την αντιμετώπιση του προβλήματος της υγρασίας. Έγινε προσπάθεια να εντοπιστεί το βάρος σε κατασκευαστικές λεπτομέρειες που αφορούν την υγραπροστασία, παρουσιάζοντας τα υλικά και τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν για την επίτευξη αυτού του στόχου.

2. ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ - ΦΥΣΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ.

Σε γραπτές πηγές βρίσκουμε μεθόδους ανίχνευσης της ανερχόμενης υγρασίας. Ο Βιτρούβιος περιγράφει μεθόδους που βασίζονται στο φαινόμενο της εξάτμισης του νερού κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ κατά τη νύχτα, με την πτώση της θερμοκρασίας, συμβαίνει συμπύκνωση και το πρωί εμφανίζονται σταγόνες δρόσου πάνω στις επιφάνειες που είναι λείες, ή με τη μορφή εμποτισμού των υλικών με πόρους, τα οποία και καταστρέφονται. Γραπτές παρατηρήσεις επίσης βρίσκουμε για τα φαινόμενα σε χώρους όπου γίνεται χρήση νερού. Είναι χαρακτηριστικό το παράδειγμα των λουτρών, όπου ο αέρας "σηκώνει" υγρασία όταν είναι θερμός και "αφήνει" το νερό να πέσει όταν δεν μπορεί πια να το κρατήσει λόγω του βάρους του. Στην πραγματικότητα έχουμε εδώ το φαινόμενο της εξάτμισης, κατά το οποίο ο θερμός αέρας, λόγω της αύξησης του όγκου των μορίων του, απορροφά ποσότητα υδρατμών έως ότου γίνει κορεσμένος, όταν όμως έλθει σε επαφή με την ψυχρότερη επιφάνεια του θόλου συμβαίνει το φαινόμενο της συμπύκνωσης, δηλαδή ένα μέρος των υδρατμών που περιέχει υγραποιείται (όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω από το σημείο δρόσου) και σιάζει πάνω στα ζεστά σώματα των λουομένων, δημιουργώντας δυσάρεστη αίσθηση.

Είναι χαρακτηριστικό ότι στα αρχαία κείμενα δεν γίνεται αναφορά σχετικά με κατασκευή οργάνων προορισμένων για την ανίχνευση υγρασίας στον χώρο ή τα δομικά στοιχεία, παρότι το νερό και οι νόμοι της υδραυλικής απετέλεσαν τη βάση για την κατασκευή πολλών οργάνων, με πολύπλοκη λειτουργία¹.

3. ΥΓΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ - ΣΤΕΓΑΝΩΣΗ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.

3.1. Δομικά στοιχεία μέσα στο έδαφος.

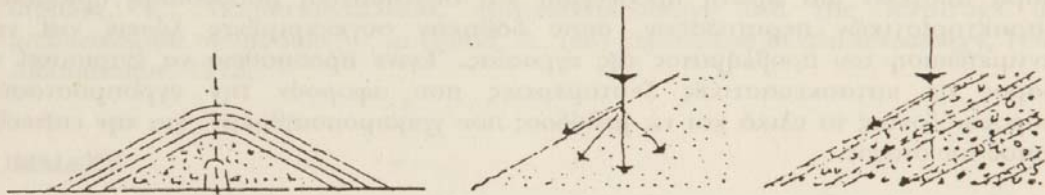
3.1.1. Υπόγεια μνημεία - Μακεδονικοί τάφοι : η λειτουργία του τύμβου

Με την κατασκευή του τύμβου οι αρχαίοι φρόντιζαν για την προστασία της ταφής από τη βεβήλωση και του αρχιτεκτονήματος από τη φθορά.

Ο τύμβος πρέπει να αντιμετωπιστεί ως τεχνολογικό επίτευγμα για την εποχή εκείνη. Παρατηρήσεις πάνω στον τρόπο κατασκευής του οδηγούν στο συμπέρασμα ότι όχι μόνο δεν είναι τυχαία συσσώρευση χωμάτων, αλλά αποτελεί σωστά σχεδιασμένο έργο με κατασκευαστική συνοχή, ώστε να αντέξει στον χρόνο και διαστρωμάτωση τέτοια, ώστε να εξασφαλίζει απορροή των υδάτων προς την περιφέρειά του και να γίνεται έτσι κατά το δυνατόν ελάχιστη κατακράτηση νερού και εισροή προς το μνημείο. Αυτό επιτυγχάνεται με την εναλλαγή διαδοχικών στρώσεων φιλόκοκκου και χονδρόκοκκου υλικού. Η συμπυκνωμένη φιλόκοκκη στρώση έχει μικρό βαθμό υγροπερατότητας, επομένως δεν επιτρέπει το νερό της βροχής να εισχωρήσει σε βάθος, έτσι ώστε αυτό συγκεντρώνεται στην πάνω επιφάνειά της. Η στρώση του χονδρόκοκκου υλικού επιτρέπει την ελεύθερη ροή των νερών, τα οποία πριν προλάβουν να εισχωρήσουν στα χαμηλά στρώματα, απορρέουν, λόγω της κλίσης, προς την περίμετρο του τύμβου, μακριά από τον τάφο. Επιπλέον ο όγκος του συσσωρευμένου χώματος εξασφαλίζει σταθερότητα θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας στο εσωτερικό του μνημείου, αφού το απομονώνει από τις συνθήκες του εξωτερικού χώρου (σχ. 1).

3.1.2. Ο χώρος - μεσοδιάστημα

Στην περίπτωση κτισμάτων σε άμεση επαφή με το έδαφος κατά τη μια τουλάχιστο πλευρά τους, δημιουργείται ένας κλειστός χώρος πίσω από τους κυρίως χώρους,

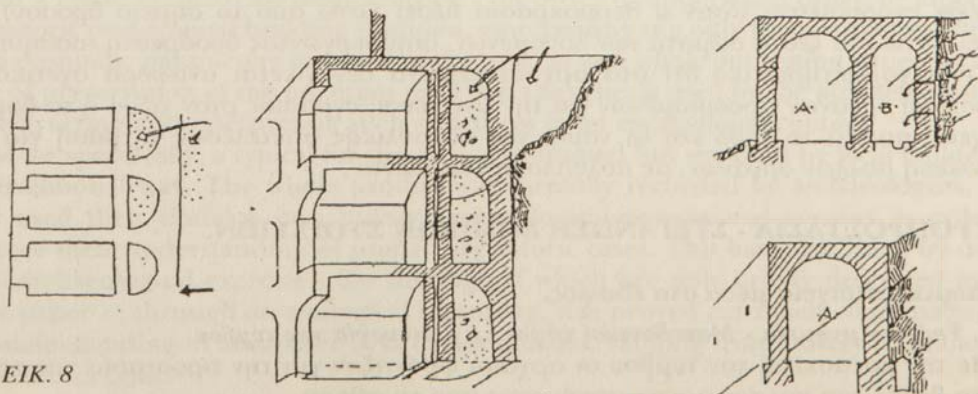


ΕΙΚ. 1

που λειτουργεί ως ενδιάμεσο μονωτικό φράγμα. Το νερό από το χώμα αποστραγγίζεται στον χώρο αυτό και είναι χαρακτηριστική η κατασκευή αύλακος απορροής που διατρέχει το δάπεδο κατά μήκος. Επιπλέον όμως, λειτουργεί και ως θερμομονωτικό φράγμα, με μέσο τον αέρα ή σε άλλη περίπτωση το χώμα, το οποίο γεμίζει τον χώρο. Στην περίπτωση που δεν κατασκευάζεται διπλός ενδιάμεσος χώρος έχουμε τη λύση του καναλιού αποχέτευσης, που διατρέχει κατά μήκος του θεμελίου και συγκεντρώνει τις απορροές νερού από το χώμα (σχ.2).

3.1.3. Αναλήματα : μέθοδος αποστράγγισης.

Σε επικλινή εδάφη, η δημιουργία οριζόντιων επιπέδων με αποχωμάτωση και επίχωση, οδήγησε στην κατασκευή αναληματικών τοίχων, με αποτέλεσμα να



ΕΙΚ. 8

διακόπεται η ροή των υδάτων κατά τη φορά της κλίσης του εδάφους. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται ως εξής :

α. με οπές που ανοίγονται οριζόντια στον τοίχο, στο ύψος της ροής του νερού και λειτουργούν ως απορροές (διατήρηση της φυσικής ροής του νερού) (σχ.3α)

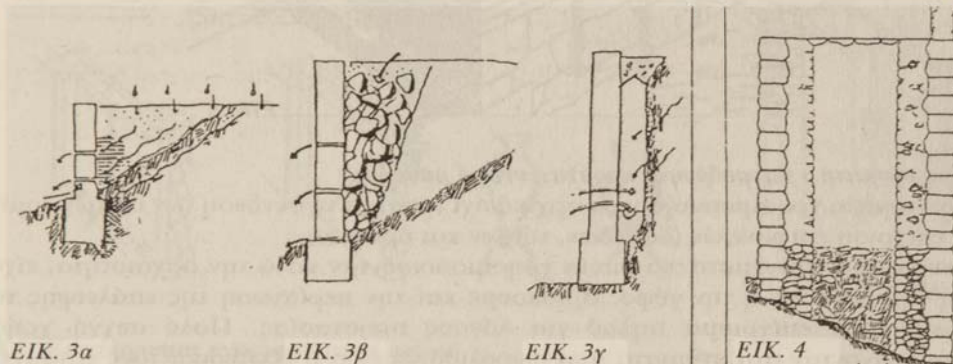
β. αποστράγγιση πίσω από τον τοίχο, με στρώμα ξηρολιθιάς και διάνοιξη οριζόντιων οπών απορροής (σχ.3β)

γ. σε περίπτωση βραχώδους εδάφους πίσω από το ανάλλημα και δεν υπάρχει λόγος στήριξης πρανούς, δημιουργείται κενός χώρος, που στη βάση του ανοίγεται αύλακα απορροής (σχ.3γ)

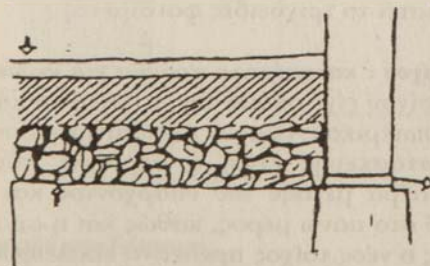
Η ξηρολιθοδομή έχει χρησιμοποιηθεί ως υγρομονωτικό φράγμα επίσης σε περιπτώσεις όπως στην κατασκευή των τειχών με διπλή τοιχοποιία και εσωτερικό γέμισμα με χώμα, όπου δημιουργήθηκε η ανάγκη αποστράγγισης της εσωτερικής υγρασίας, για την προστασία της εξωτερικής δόμησης (σχ.4).

3.1.4. Δάπεδα πάνω στο έδαφος : φράγμα για την ανερχόμενη υγρασία

Η υποδομή των δαπέδων σε επαφή με το έδαφος είχε μεγάλη σημασία για τη μη



προσβολή τους από την ανερχόμενη υγρασία. Η διαστρωμάτωση του δαπέδου που εφαρμόζονταν στα διαμερίσματα των αρχαίων Ελλήνων περιγράφεται ως μια χρήσιμη και καθόλου πολυεξοδη κατασκευή : η επίπεδη επιφάνεια του τρικλίνιου σκάβεται σε βάθος περίπου 60 εκ. Το έδαφος συμπιέζεται καλά, και διαστρώνεται με χαλί, ή κοπανισμένο κεραμίδι, με κλίση προς την αύλακα απορροής. Μετά κονιοποιείται ξυλοκάρβουνο και διαστρώνεται σε ένα μείγμα παχύ, μαζί με τέφρα, άμμο και άσβεστο. Η τελική επιφάνεια λειαίνεται δια τριβής με πέτρα, ώστε να είναι επίπεδη και έχει την εμφάνιση ενός μαύρου δαπέδου. Το κρασί λοιπόν, το οποίο πετιέται από τα κύπελα (προς τιμή κάποιου θεού ή ανθρώπου), καθώς πέφτει στο δάπεδο ξηραίνεται. Δηλαδή η συγκεκριμένη διαστρωμάτωση λειτουργεί έτσι ώστε να απορροφά τα υγρά από τα υψηλότερα στρώματα και να τα αποστραγγίζει στα κατώτερα (σχ.5)

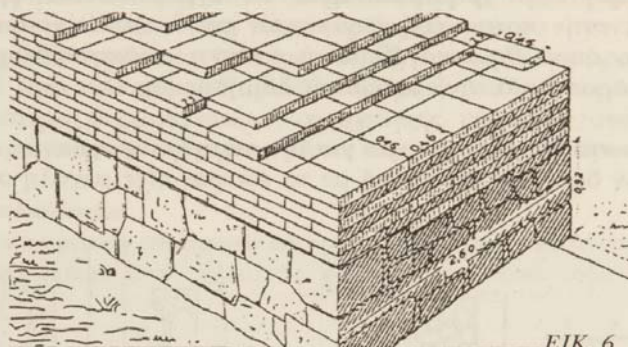


EIK. 5

3.2. Δομικά στοιχεία πάνω από το έδαφος.

3.2.1. Λιθολόγημα : οριζόντιο φράγμα υγρασίας για τις πλίνθινες ανωδομές.

Οι πλίνθινες τοιχοποιίες έπρεπε να προστατευθούν από την άμεση επαφή με το χώμα, λόγω της ανερχόμενης υγρασίας που θα τις διαπερνούσε. Έτσι ένα οριζόντιο φράγμα προστασίας, με σκοπό τη διακοπή της ανοδικής πορείας της υγρασίας αποτέλεσε το λιθολόγημα, δηλαδή στρώση υποδομής από λαξευμένη ξηρολιθοδομική, χωρίς συνδετικό υλικό που θα μπορούσε να διευκολύνει τη δημιουργία τριχοειδούς φαινομένου (σχ.6).



3.2.2. Επιχρίσματα : κατακόρυφοι προστατευτικοί μανδύες.

Τα κονιάματα χρησιμοποιήθηκαν αρχικά όχι τόσο για τη σύνδεση των υλικών δομής, όσο για επίχριση επιφανειών (δαπέδων, τοίχων και οροφών).

Τα κυριότερα κονιάματα, τα οποία χρησιμοποιούνταν κατά την αρχαιότητα, είχαν ως βάση την άσβεστο ή την γύψο. Βρίσκουμε και την περίπτωση της επάλειψης των πλινθοδομών με επίχρισμα πηλού για λόγους προστασίας. Πολύ συχνή χρήση κονιάματος γίνονταν στα κτίσματα από πωρόλιθο, επειδή η εξωτερική τους επιφάνεια παρουσίαζε μετά την λάξευση ανωμαλίες και οπές, τις οποίες ακριβώς προορίζονταν να καλύψει το κονίαμα, προστατεύοντας έτσι τον λίθο από την διάβρωση λόγω του νερού των βροχών².

Σε δεξαμενές της Θήρας βρέθηκαν κονιάματα με την εξής σύνθεση : ανθρακικό ασβέστιο 43%, θαλάσσια άμμος 47%, θηραϊκή γη 10%. Η θηραϊκή γη προσέδιδε στα κονιάματα υδραυλικές ιδιότητες. Η θηραϊκή γη είναι ηφαιστιογενής σκόνη, αντίστοιχη της rozzolana, η οποία όταν ανακατεύεται με ασβέστη και χαλίκι, όχι μόνο προσθέτει αντοχή στα κτίρια, αλλά και όταν χρησιμοποιείται στο χτίσιμο λιμενικών έργων πήζει, στερεοποιείται κάτω από το νερό. Η rozzolana χρησιμοποιείται και σήμερα. Το ότι πήζει μέσα στο νερό οφείλεται στην παρουσία του καθαρού ηφαιστιογενούς πυριτίου, που περιέχει σε μεγάλο ποσοστό.

Η κατασκευή επιχρίσματος σε υγρούς χώρους ήταν σίγουρα ένα μεγάλο πρόβλημα για τους αρχαίους τεχνίτες. Η λύση βρισκόταν στην κάθε φορά προέλευση της υγρασίας. Όταν αυτή ήταν ανερχόμενη από το έδαφος ακολουθούσαν η παρακάτω τεχνική : από το δάπεδο και σε ύψος 1 περίπου μέτρο εφαρμόζονταν στρώση από χυτό υλικό με πηλό αντί άμμο, ώστε να εμποδιστεί το τριχοειδές φαινόμενο.

3.2.3. Κατασκευή διπλού τοίχου : κατακόρυφο φράγμα για υγρούς τοίχους.

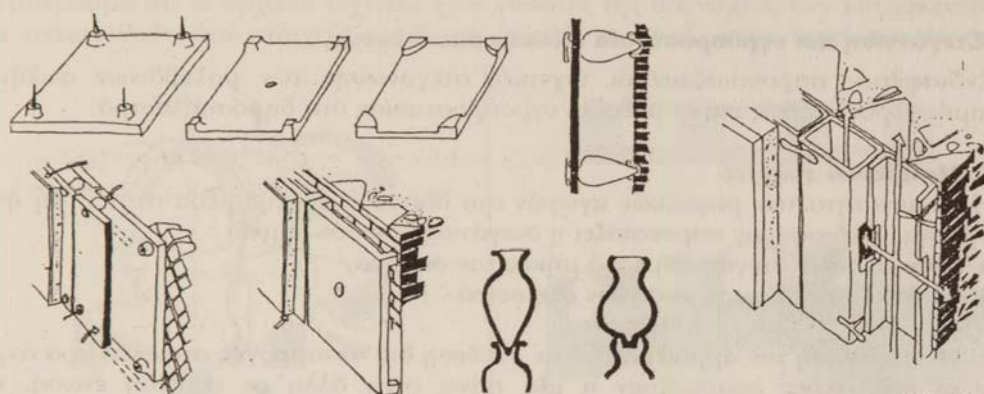
Η κατασκευή διπλού τοίχου είχε σκοπό την ασφαλή επικάλυψη με επίχρισμα, αλλά και την εξυγίανση του εσωτερικού χώρου. Απαραίτητη προϋπόθεση για την σωστή λειτουργία αυτής της κατασκευής είναι ο αερισμός του κενού χώρου για την απομάκρυνση του υγρού αέρα μεταξύ του υπάρχοντος και του νέου τοίχου, με την διάνοιξη οπών εξαερισμού στο πάνω μέρος, καθώς και η απορροή με αυλάκι προς τον εξωτερικό χώρο. Στο τέλος ο νέος τοίχος πρέπει να επαλειφθεί εξωτερικά με κεραμική σκόνη και τέλος να καλυφθεί με επίχρισμα.

3.2.4. Επένδυση τοίχου : κοίλος τοίχος ως μονωτικό φράγμα.

Ο κοίλος τοίχος μπορούσε να κατασκευαστεί με ποικίλους τρόπους :

- Μεγάλες, τετράγωνες κέραμοι (tegulae mammatae), με προεξοχές στις γωνίες, τοποθετούνται στην επιφάνεια του τοίχου, και στερεώνονται με συνδέσμους T ή καρφιά, ή με κεραμικά τακάκια. Η δημιουργία κενού χώρου μεταξύ υγρού τοίχου και επένδυσης με κεράμους έχει ως προϋπόθεση τον αερισμό, με διάνοιξη οπών πάνω και κάτω, την εσωτερική επάλειψη με πίσσα, όπως επίσης την κατασκευή αύλακος απορροής στη βάση του τοίχου.

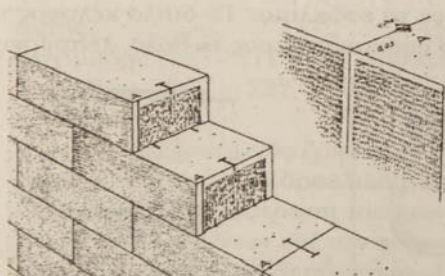
- Άλλος τρόπος δημιουργίας κενού αέρα είναι η κατασκευή με tubuli, δηλαδή τετράγωνους (ή κυκλικούς) πήλινους σωλήνες, στερεωμένους στην επιφάνεια του τοίχου με μεταλλική αγκύρωση και κονίαμα. Το επίπεδο των tubuli καλύπτονταν με στρώμα κονιάματος και επιφανειακή επένδυση με μάρμαρο ή stucco (σχ.7).



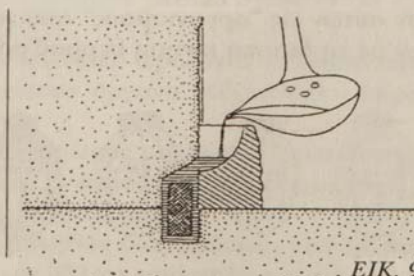
EIK. 7

3.2.5. Κατακόρυφοι υγρομονωτικοί αρμοί .

Στους κατακόρυφους αρμούς των λίθων του Θησείου, παρατηρούνται προς την εσωτερική πλευρά του τοίχου και σε απόσταση 0,05μ. από την εσωτερική ακμή, κατακόρυφες τριγωνικές αύλακες που διατρέχουν καθ' όλο το ύψος του λίθου και λαξευμένες έτσι ώστε η βάση του ορθογωνίου τριγώνου της τομής, να συμπίπτει προς το επίπεδο του αρμού. Αντίστοιχη τριγωνική αύλακα λαξεύονταν και πάνω στην επιφάνεια του σε εφαιπτόμενου λίθου, και στην ίδια ακριβώς απόσταση από την εσωτερική επιφάνεια. Έτσι, κατά την τοποθέτηση των δύο λίθων, δημιουργούνταν κατακόρυφη αύλακα τομής σχήματος τετραγώνου. Οι δύο διαγώνιοι είχαν μήκος 0,014μ. Μέσα λοιπόν στις κατακόρυφες αυτές αύλακες, χυνόταν ρευστός μόλυβδος, με τον οποίο διασφαλιζόνταν απόλυτα η δια μέσου του αρμού διείσδυση της εξωτερικής υγρασίας στο εσωτερικό και επομένως αποφεύγονταν η καταστροφή των τοιχογραφιών³, (σχ.8).



EIK. 8



EIK. 9

3.2.6. Στεγάνωση οικοδομικών συνδέσμων .

Οι οικοδομικοί σύνδεσμοι ήταν δύο ειδών : οριζόντιοι, "δεσμοί", και κατακόρυφοι, "γόμφοι". Στην κατασκευή τους λαμβάνονταν πολύ σοβαρά υπόψη η ζημία που θα

μπορούσε να προκαλέσει η οξειδωση του σιδήρου των συνδέσμων, λόγω της διόγκωσης του σιδήρου όταν αυτός υγρανθεί, διασπώντας τους λίθους τους οποίους συνδέει. Για την αποφυγή τέτοιας καταστροφής, οι σύνδεσμοι μολυβδοχοούνταν, δηλαδή καλύπτονταν με προστατευτικό στρώμα μολύβδου. Η τεχνική ήταν ως εξής : ο ρευστός μολύβδος χύνονταν μέσα στο κενό, το οποίο αφήνονταν μεταξύ του σιδήρου των συνδέσμων και του αντίστοιχου τόρμου. Στην περίπτωση των γόμφων, η εξωτερική τους στενή κατακόρυφη επιφάνεια καλύπτονταν με χύσιμο μολύβδου με τη βοήθεια φωλιάς από πηλό, κατασκευασμένης γύρω από την ελεύθερη παρειά του γόμφου και η οποία καταστρέφονταν μετά την πήξη του μολύβδου (σχ.9). Τέλος στην περίπτωση κεντρικών γόμφων σφονδύλων κίωνων, ο μολύβδος χύνονταν δια μέσου τριγωνικών ή ορθογωνίων αυλάκων.

Εκτός όμως από τους μεταλλικούς συνδέσμους υπήρχαν και ξύλινοι, για τους οποίους λαμβάνονταν εξίσου σοβαρά μέτρα υγροπροστασίας⁴.

3.3. Στεγάνωση και υγροπροστασία ειδικών κατασκευών.

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι τεχνικές στεγάνωσης των μολύβδινων σωλήνων διανομής νερού, καθώς και οι μέθοδοι υγροπροστασίας στα δημόσια λουτρά.

3.3.1. Μολύβδινι σωλήνες.

Η πλειονότητα των ρωμαϊκών αγωγών στο δίκτυο διανομής μέσα στην πόλη ήταν μολύβδινοι. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η στεγάνωση σε δύο σημεία :

- α. συγκόλληση - στεγάνωση κατά μήκος του σωλήνα,
- β. σύνδεση - στεγάνωση σωλήνων στη σειρά

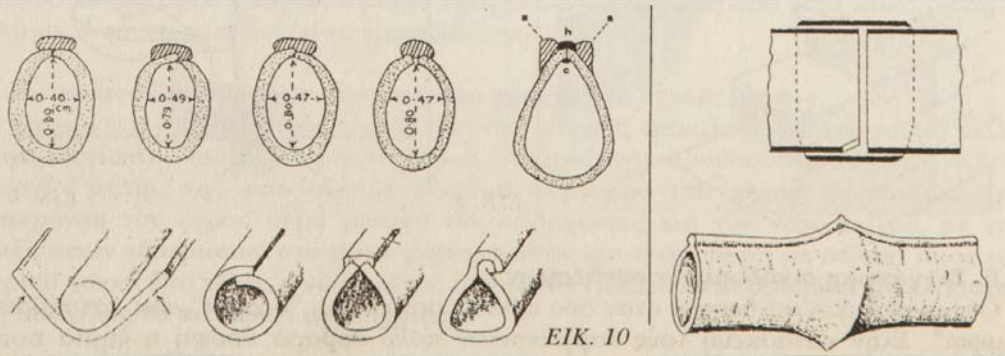
α. Η στεγάνωση του αρμού γίνεται με σύνδεση διά συναρμογής στα ελεύθερα άκρα, όπου οι δύο άκρες εφαρμόζουν η μία πάνω στην άλλη σε επίπεδη ένωση, και συγκολλάται ο αρμός. Η συνήθης μέθοδος ήταν η χρήση όχι συγκολλητικού (καλάι), αλλά λειωμένου μολύβδου. Ο λειωμένος μολύβδος είτε σχημάτιζε έναν δεσμό, όπως το συγκολλητικό, ανάμεσα στα δύο ελεύθερα άκρα του σωλήνα, ή αν ήταν αρκετά θερμός, έλειωνε με αποτέλεσμα να σχηματίζει κατά την ψύξη του μια ομογενή επιφάνεια, χωρίς η ραφή να ξεχωρίζει πια. Ο τρόπος με τον οποίο ενώνονταν τα δύο άκρα του σωλήνα ποικίλλει (σχ.10).

β. Επόμενο στάδιο ήταν να ενωθούν οι σωλήνες κατά σειρά. Η διαδικασία ποικίλλει:

- σύνδεση κατά την αρχή θηλυκό-αρσενικό και πλήρωση της ρωγμής με λειωμένο μολύβδο
- επίπεδη συναρμογή των δύο άκρων και το σύνολο περικλείεται μέσα σε ένα παχύ στρώμα μολύβδου, ή συγκολλητικού υλικού
- περικλείεται ολόκληρος ο σύνδεσμος με συνδετικό δακτύλιο.

3.3.2. Λουτρά.

Το πρόβλημα της υγρασίας στα λουτρά λύθηκε με τη συνολική αντιμετώπιση των χώρων αυτών ως "οργανισμούς" που να ρυθμίζουν το εσώκλιμα. Το διπλό κέλυφος των τοίχων με τη διαρκή κίνηση θερμού αέρα από το υπόκαυστο προς το θόλο, λειτουργήσε

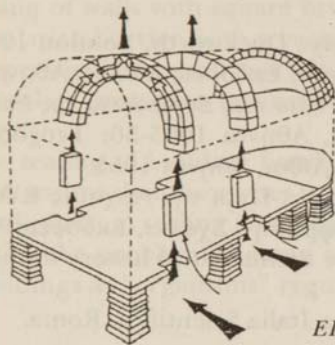


EIK. 10

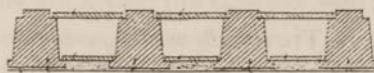
ως θερμική μόνωση από το εξωτερικό περιβάλλον, αλλά και ως υγρομονωτικό φράγμα για τους υδρατμούς (σχ.11). Επιπλέον έλυσε το φαινόμενο της συμπύκνωσης των ατμών πάνω στις ψυχρές επιφάνειες των εξωτερικών τοίχων, φαινόμενο πολύ δυσάρεστο για τους λούμενους, οι οποίοι δέχονταν τις ψυχρές σταγόνες πάνω στα ζεστά σώματά τους, φαινόμενο όμως επίσης φθοροποιό και για τις ίδιες τις τοιχοποιίες. Τέλος, η θέρμανση των θόλων με την κατασκευή διπλού κελύφους, αποτέλεσε μεγάλο τεχνικό επίτευγμα και πιθανώς προέκυψε από την ανάγκη να προστατευτούν οι αρχικά ξύλινοι θόλοι, από την θερμοκρασία και υγρασία του εσωτερικού χώρου (σχ.12).

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Η σύντομη παράθεση χαρακτηριστικών μεθόδων αντιμετώπισης του προβλήματος της προσβολής των δομικών στοιχείων από την υγρασία, οδηγεί στο εμφανές συμπέρασμα ότι οι αρχαίοι τεχνίτες ήταν γνώστες της αδυναμίας των κατασκευών τους να αντισταθούν στο στοιχείο αυτό της φύσης, το νερό, στην υγρή και την αέρια



EIK. 11



EIK. 12

κατάστασή του. Η παρατήρησή τους πάνω στα φυσικά φαινόμενα, καθώς και η πρακτική ανάγκη να λύσουν τα καθημερινά προβλήματα που προέκυπταν, τους οδήγησαν στην επινοήση λύσεων, που οι περισσότερες μέχρι σήμερα δεν έχουν μεταβληθεί στο γενικό σκεπτικό τους. Εκτός όμως από τη φθοροποιό δράση του νερού οι αρχαίοι ήταν γνώστες και του ευεργετικού του ρόλου για την ανάπτυξη των κοινωνιών τους. Η πολύπλευρη αντιμετώπιση του νερού κατά την αρχαιότητα αποτελεί αντικείμενο εκτεταμένης έρευνας.

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

- Από τον 3ο αι. π.Χ. παρακολουθούμε την προσπάθεια των επιστημόνων της εποχής να κατασκευάσουν όργανα αυτόματης λειτουργίας, με βάση τους φυσικούς νόμους. Το νερό, στην υγρή και αέρια κατάστασή του αποτέλεσε βασικό στοιχείο της έρευνας αυτής:
 Αρχιμήδης (287 - 212 π.Χ.) ατμοπυροβόλο - υδραυλικό ωρολόγιο - υδροσκοπία
 Κτησίβιος (285 - 222 π.Χ.) υδραυλικό μουσικό όργανο (ύδραυλις) - υδραυλικό ωρολόγιο
 Ήρων ο Αλεξανδρινός (γύρω στο 100 μ.Χ.) υδραυλικός μηχανισμός για άνοιγμα της πύλης - το αρμόνιο (υδραυλικό μουσικό όργανο) - ατμολέβητας (ατμομηχανή)
- Ορλάνδος : Η διάστρωση του κονιάματος γινόταν ως εξής :
 Το κονιάμα τίθονταν επί των τοίχων σε τρεις συνήθως διαστρώσεις, από τις οποίες η πρώτη, η παχύτερη και αδρότερη, αποτελούνταν άλλοτε από πηλό και μικρά λιθάρια, ή και τεμάχια (οστράκων), συνήθως όμως συντίθονταν και αυτή από άσβεστο και χονδρόκοκκη άμμο, ενώ οι υπόλοιπες δύο, πάχους 0,005 μ. τοποθετούνταν μετά την ξήρανση της πρώτης, και αποτελούνταν από άσβεστο και πολύ λεπτή, κοσκινισμένη άμμο, με προσθήκη και λίγης σκόνης λευκού μαρμάρου.

3. Ορλάνδος. Αναφέρεται το παράδειγμα χρήσης παρόμοιων μονωτικών αυλάκων (κρήνη του Αμφιαρείου του Ωρωπού), που δεν ήταν γεμισμένες με μόλυβδο, αλλά με υδραυλική κονία, η οποία είχε σκοπό την αποφυγή της διαρροής του νερού της δεξαμενής προς τα έξω.
4. Ναός του Απόλλωνα στη Δήλο : στον τοιχοβάτη βρέθηκε γόμφος απο ρητινώδες ξύλο, του οποίου μόνο το κάτω μισό είχε μολυβδοχοηθεί, το δε πάνω μισό προσαρμόστηκε εν ξηρώ, δηλ. χωρίς μόλυβδο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Vitruvius, *De Architectura*, Μετάφραση F. Granger.
2. Landels, J.G., *Engineering in the Ancient World*, London 1978, Water supplies and engineering.
3. Forbs, R.J., *Hydraulic Engineering and Sanitation, A History of Technology*, Oxford.
4. Crouch, P. Dora, *Water Management in Ancient Greek Cities*, Oxford University Press, 1993.
5. Hodge, A. Trevor, *Roman Aqueducts and Water Supply*, Duckworth, London 1992.
6. Λάζος, Δ.Χ, *Μηχανική και Τεχνολογία στην Αρχαία Ελλάδα*, Εκδόσεις Αίολος, Αθήνα 1993.
7. Ορλάνδος, Α.Κ., *Τα υλικά δομής των Αρχαίων Ελλήνων κατά τους Συγγραφείς, τας Επιγραφάς και τα Μνημεία*, Τεύχος 1, Το Ξύλο και ο Πηλός, Αθήναι 1955-56; Τεύχος 2, Τα Μέταλλα, το Ελεφαντοστούν, τα Κονιάματα και οι Λίθοι, Αθήναι 1958.
8. Ρούσσος, Τ., - Λεβίδης, Β.Α, «Πλίνιος ο Πρεσβύτερος. Περί της Αρχαίας Ελληνικής Ζωγραφικής», *35ο βιβλίο της Φυσικής Ιστορίας*, Μετάφραση - Σχόλια, Εκδόσεις Άγρα.
9. Yegul, F., *Baths and bathing in classical antiquity*, The architectural history foundation, New York, The MIT Press.
10. Cairolì, Fulvio G., *L' edilicia nell' antichità*, La Nuova Italia Scientifica, Roma.

ΠΗΓΕΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

- Ορλάνδος, Α.Κ., *Τα υλικά δομής των Αρχαίων Ελλήνων κατά τους Συγγραφείς, τας Επιγραφάς και τα Μνημεία*.
- Yegul, F., *Baths and Bathing in Classical Antiquity*, The architectural history foundation, New York, The MIT Press.
- Cairolì, Fulvio G., *L' edilicia nell' antichità*, La Nuova Italia Scientifica, Roma.
- Crouch, P. Dora, *Water Management in Ancient Greek Cities*, Oxford University Press, 1993.
- Hodge, A. Trevor, *Roman Aqueducts and Water Supply*, Duckworth, London 1992.

SUMMARY

MATERIALS AND TECHNICS USED FOR WATERPROOFING IN ANTIQUITY

V. KYRIAKOU

The need to protect the structural components of buildings from the harmful effects of water and the phenomena connected with its presence, led the craftsmen of antiquity to employ a series of methods to deal with the problem. This paper draws on the ancient written sources and on modern excavations to explore what was known in antiquity about the effects of water on building materials and about efforts to insulate structures against water.

Waterproofing - sealing of structural components.

1. Structural components in the ground or in contact with it.
2. Structural components above ground.

3. Sealing of special constructions.

- 1.1. Macedonian tombs: the tumulus was constructed with stratification designed to ensure that water drained off around its circumference (fig. 1.).
- 1.2. Sub-floors: when the building was in direct contact with the ground, an enclosed space functioned as an intermediate barrier against the action of water (fig 2).
- 1.3. Retaining walls: a method of drainage implemented on inclined ground, with a dry-stone wall to act as a drainage layer (figs. 3,4).
- 1.4. Floors: stratified in such a way as to absorb the damp from the upper layers and drain it into the lower layers (fig. 5).
- 2.1. Damp courses: in brick superstructures a horizontal course of dressed stone masonry provided protection against rising damp (fig. 6).
- 2.2. Plastering: vertical coats of plaster protected structural components against environmental action.
- 2.3. Double walls: damp walls were sealed in this way so as to allow the safe application of plaster and to make the interior of the building more healthy.
- 2.4. Lining of walls with square bricks or earthenware pipes: the concave wall acts as an insulating barrier, with a vacuum (fig. 7).
- 2.5. Perpendicular waterproof joints: the filling of the joints with molten lead provided complete protection against the penetration of external damp into the interior (fig 8).
- 2.6. The sealing of building bonds with molten lead prevented the iron from oxidising and ensure that the stones would not shatter when the iron became damp (fig. 9).
- 3.1. Lead pipes: a) sealing along the joint b) bonding of pipes in series (fig. 10).
- 3.2. Baths: the problem of damp in baths was resolved by an overall approach to these buildings as "organisms" regulating their own internal climate (figs. 11,12).