

## ΣΥΖΕΥΣΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΡΩΜΑΪΚΩΝ ΓΕΦΥΡΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΤΑ ΜΙΚΡΑΣΙΑΤΙΚΑ ΠΑΡΑΛΙΑ

ΠΟΛΥΞΕΝΗ ΜΠΟΥΓΙΑ

ΙΔΕΦΟΡΕΙΑ ΠΡΟΪΣΤΟΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΛΑΣΙΚΩΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΩΝ

Η κατασκευή των προρωμαϊκών λίθινων γεφυρών της Μητροπολιτικής Ελλάδος και των Μικρασιατικών παραλίων<sup>1</sup> στηρίχθηκε σε δύο κυρίως συστήματα κάλυψης ανοιγμάτων<sup>2</sup>:

α) με οριζόντιες εφραπτόμενες πλακοδοκούς στηριγμένες σε στύλους ή παράλληλες σειρές υποστηριγμάτων, οι οποίες διαφούν την κοίτη του ποταμού σε μικρότερα ρεύματα.

Η απλή και για αυτό αρχαιολογική<sup>3</sup> μέθοδος χρησιμοποιήθηκε και κατά την κλασική και ελληνιστική περίοδο για τη γεφύρωση μικρών ποταμών ή χειμάρρων με χαμηλές όχθες λόγω της εγγενούς αδυναμίας των λίθινων πλακοδοκών να καλύψουν ανοίγματα μεγαλύτερα των 5μ. Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι το ορατό μέρος τους, δηλ. το επίπεδο κατάστρωμα. Φαίνονται να μιμούνται ξύλινα πρότυπα ή προδρομικές κατασκευές στην ίδια θέση. Τα σωζόμενα παραδείγματα είναι ολιγάριθμα (οκτώ).

β) με εκφορικά διατεταγμένες οριζόντιες στρώσεις.

Αναλόγως της μορφής της διάδοσης διακρίνονται δύο κυρίως παραλλαγές:

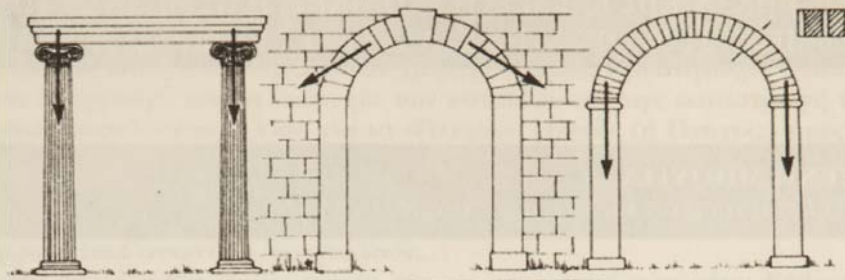
α) η *τραπεζοειδής*, με οριζόντια πλάκα να καλύπτει το κενό μεταξύ των αντωπών εκφορικών τοιχωμάτων και

β) η *τριγωνική*, με καμπύλες ή ευθύγραμμες πλευρές, οι οποίες είτε απλώς συναντώνται στην οξεία κορυφή σε κατακόρυφο αρμό είτε κλειδώνονται με σφηνοειδές έμβολο.

Γέφυρες αυτού του είδους χρησιμοποιήθηκαν από τους προϊστορικούς μέχρι και τους ελληνιστικούς χρόνους και αποτελούν στην ουσία φραγματοειδείς κατασκευές με μια μόνο στενή, πλάτους 0.73 έως 3.83 μ., διάοδο παροχέτευσης στην κοίτη των χειμάρρων, τους οποίους διέσχιζαν. Τα σχετικά παραδείγματα δεν είναι ευάριθμα. Η πληθυσιακή ομάδα εξ αυτών συναντάται στην Αργολίδα. Ατυχώς το ογκωδέστερο και υστερότερο μνημείο όλων, στο οποίο θα ήταν δυνατόν να μελετηθεί ενδεχόμενη εξέλιξη του τύπου, και το μοναδικό δείγμα επέκεινα του Αιγαίου, στο Cesmekey, δε σώζει την κορυφαία απόληξη του περίπου 3μ. εκφορικού οχετού<sup>4</sup>.

Δεν υπάρχει καμιά γραπτή μαρτυρία σχετικά με το μαθηματικό υπολογισμό, τη στατική ανάλυση και τις τεχνικές προδιαγραφές των πρώτων αυτών γεφυρών. Οι πηγές σιγούν επίσης και για τις μεταγενέστερες, πολυαριθμότερες και σαφώς επιβλητικότερες, ημικυκλικές τοξωτές γέφυρες. Ενδέχεται να πρόκειται για συμπτωματικό κενό στο σώμα της διασωθείσας αρχαίας γραμματείας. Έχουν χαθεί π.χ. τα *Καμαρικά*, η περί θόλων πραγματεία του Ήρωτος του Αλεξανδρέως<sup>5</sup>.

Την έλλειψη διαφωτιστικών γραπτών πηγών αντισταθμίζει η καλή διατήρηση αρκετών γεφυρών, οι οποίες αποκαλύπτουν το τεχνολογικό επίπεδο της εποχής, τη δεξιότητα, την προνοητικότητα καθώς και τις αισθητικές προτιμήσεις των κατασκευαστών τους. Από την εξέταση των σχετικών μνημείων προκύπτει ότι η σχετική τεχνολογία είχε ευρύτερη εφαρμογή στο χώρο της αρχιτεκτονικής. Οι ίδιες στατικές αρχές και τεχνικές κατασκευής αναγνωρίζονται στις μεγαλιθικές οχυρώσεις και τους μνημειώδεις τάφους της μυκηναϊκής εποχής αφ' ενός και στους ναούς, τα θέατρα και τα τείχη των κλασικών και ελληνιστικών πόλεων καθώς και στους κατάγειους τάφους "μακεδονικού" τύπου αφ' ετέρου. Την πρόσθετη επιβάρυνση και δυσκολία παρείχαν η ανάγκη για θεμελίωση της κατασκευής μέσα στην κοίτη του ρεύματος και για ανθεκτικότητά της στη διαβρωτική δράση του νερού. Το σύστημα γεφύρωσης με οριζόντιες πλακοδοκούς στηρίζεται στη βασική αρχή της ευθύγραμμης ελληνικής αρχιτεκτονικής των ιστορικών χρόνων, της αμφιπέριστης δοκού επί στύλων (εικ. 1)

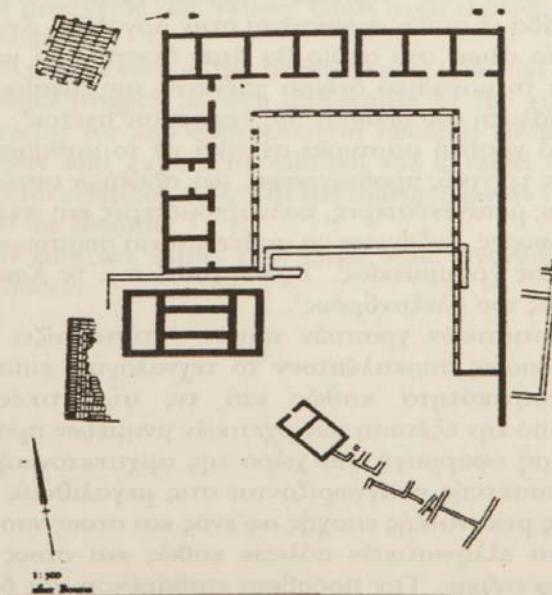


ΕΙΚ. 1 Οι δυνάμεις που αναπτύσσονται στην κάλυψη με πλακοδοκούς, θολίτες ή χυτή τοιχοποιία  
(από H. Hodges, *Technology ...* 198 εικ. 227).  
*The stresses developed in a post-and-lintel construction, a stone true arch and a concrete arch.*

Από το βάρος των πλακοδοκών και την επιβάρυνση από την κυκλοφορία αναπτύσσονται κατακόρυφες τάσεις, θλιπτικές στα υποστηρίγματα και εφελκυστικές στο μέσον της κάθε δοκού<sup>6</sup>. Οι τελευταίες είναι συμπιεστικές στο ανώτερο μισό της δοκού και εκτατικές στο κατώτερο μισό. Εξαιτίας της ανελαστικότητας του λίθου κάθε υπέρβαση του προς γεφύρωση διαστήματος<sup>7</sup> ή του μέγιστου ανεκτού βάρους αυξάνει την τιμή των εκτατικών ωθήσεων, η οποία εκφράζεται με ρήγμα και ενδεχομένως θραύση της δοκού στο σημείο δράσης των δυνάμεων αυτών.

Η ασβεστολιθική γέφυρα στην είσοδο του Ιερού της Αρτέμιδος στη Βραυρώνα<sup>8</sup> χρονολογείται στο β' τέταρτο ή τις αρχές του γ' τετάρτου του 5ου αι. π.Χ (εικ. 2).

Είναι ένα σχεδόν τετράγωνο κατάστρωμα 9,06x9,20μ. από ορθογώνιες πλάκες πάχους 0,40μ., το οποίο στηρίζεται σε πέντε παράλληλες σειρές ορθοστατών τοποθετημένες σε διαστήματα 1,30-1,45μ. Οι δώδεκα κεντρικές σειρές των 48 πλακών (1,90x0,65-0,80μ.) έχουν τοποθετηθεί εγκάρσια σε σχέση με τη μονή σειρά των 5 πλακών στα παρόχθια άκρα. Εξαιτίας της λοξής εγκατάστασης της κατασκευής σε

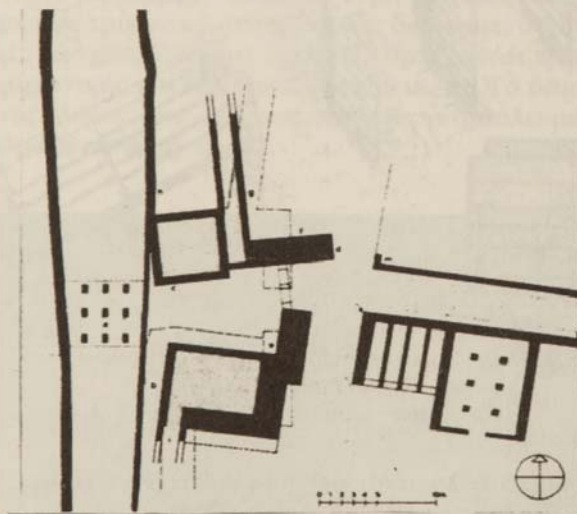


ΕΙΚ. 2 Το κατάστρωμα της γέφυρας στη Βραυρώνα  
(από J.S. Boersma, *Athenian Building Policy 130, XIII*).  
*The deck of the bridge at Brauron.*

σχέση με την κοίτη και τις όχθες και για την ασφαλέστερη πλοκή των πλακών υπεράνω των κεντρικών ορθοστατών οι αρμοί αυτοί παρουσιάζουν οδόντωση σε αντίθεση με τη σχετική ευθυγραμμία των εγκαρσίων. Επειδή οι τρεις κεντρικές σειρές ορθοστατών είναι ελαφρά υψηλότερες, μια ανεπαίσθητη κύρτωση παρατηρείται σε αυτή την περιοχή. Πρόκειται πιθανότατα για μέτρο, το οποίο απέβλεπε στην ευχερή απομάκρυνση των υδάτων από την υπερχειλίση του παραπόταμου του Ερασίνου ή τις βροχές.

Ο Δημήτριος Φίλιος ισχυρίστηκε ότι σε ένα αθηναϊκό ψήφισμα του έτους 421-20 π.Χ., με το οποίο αποφασίζεται η γεφύρωση ενός από τα δύο ρεύματα των Ρειτών στην περιοχή της λίμνης Κουμουνδούρου (λίθις κατ[ακ]αλύψαι τὰς διαρροὰς τοῦ Ῥρε[τ]ο), ο όρος *διαρροαί* ενδέχεται να αναφέρεται στα ρεύματα, στα οποία διαιρούνταν η κοίτη από τους παράλληλους τοίχους ή και τους ίδιους τους πλακοσκεπείς οχετούς της γέφυρας<sup>9</sup>. Στη φράση *σπῶμα της γεφύρας* δύο άλλων επιγραφών της περιόδου 338-322 π.Χ., οι οποίες μνημονεύουν υδραυλικές εργασίες κοντά στην τώρα εξαφανισμένη γέφυρα του Αμφιαρείου στον Ωρωπό, φαίνεται να χρησιμοποιείται η εύστοχη αρχαία ονομασία για το οριζόντιο κατάστρωμα αυτών των γεφυρών<sup>10</sup>.

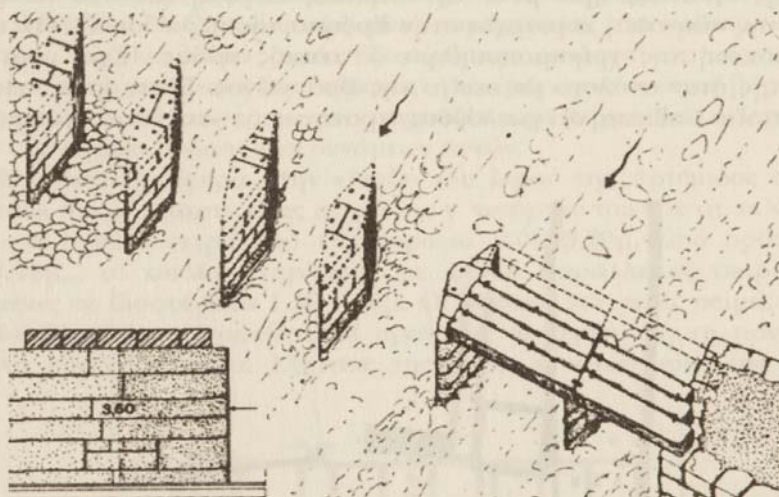
Το κατάστρωμα της γέφυρας διαστάσεων περίπου 6,90x5,40μ. εμπρός από τη Δυτική Πύλη της Ερέτριας έχει ολοσχερώς διαλυθεί<sup>11</sup> (εικ. 3). Αν και η διαμόρφωση της Δυτικής Πύλης εγκαινιάστηκε μετά την περσική εισβολή του 490 π.Χ., η γέφυρα συνδέεται με την αθηναϊκή κυριαρχία στην Ερέτρια της περιόδου 446-11 π.Χ., επειδή για την κατασκευή της χρησιμοποιήθηκε ο αττικός πόδας. Έχει υποτεθεί ότι το κατάστρωμά της ήταν ανάλογο με εκείνο της Βραυρώνος. Είναι όμως πειστικότερη η άποψη του Vittorio Galliazzo ότι για λόγους στρατηγικούς --και ίσως λιγότερο στατικούς--



ΕΙΚ. 3 Η γέφυρα εμπρός από τη Δ. πύλη της Ερέτριας  
(από Auberson-Schefold, *Οδηγός* 84 εικ.9.  
*The bridge in front of the W. Gate at Eretria.*

- έπρεπε να ήταν ξύλινο<sup>12</sup>. Στηριζόταν σε πολυγωνικά ακρόβαθρα και σε εννέα λίθινους στύλους διατεταγμένους σε τρεις σειρές των τριών στην κοίτη. Επτά από τις τετράγωνες βάσεις των στύλων (0,90x0,90μ.) σώζονται *κατά χάραν*. Οι στύλοι ήταν ορθογώνιοι πεσσίσκοι ύψους 2,18-2,26μ. Είχαν τοποθετηθεί σε πυκνότερα διαστήματα προς το ρεύμα (1,33μ.) από ότι στην παράλληλη με αυτό κατεύθυνση (1,50μ.). Για να ελαχιστοποιείται η προβαλλόμενη αντίστασή στο νερό η επιφάνεια πρόσκρουσης των μειούμενων προς τα άνω πεσσίσκων ήταν στενότερη από την παράλληλη προς το ρεύμα, ενώ αποκομμένες ήταν και οι κατακόρυφες ακμές τους.

Τα ιδιοφυέστερα πάντως μεσόβαθρα για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος χρησιμοποιήθηκαν στη γέφυρα του τετάρτου αιώνας π.Χ. εμπρός από μια πύλη Β. της Μικρασιατικής Άσσου<sup>13</sup> (εικ. 4). Γενικότερα όμως η κατασκευή αυτή είναι η κορύφωση των τεχνικών λύσεων και αισθητικής διευθέτησης για αυτήν την κατηγορία γεφυρών. Τα σωζόμενο τμήμα μήκους 52μ. γεφύρωνε την πλακοστρωμένη περιοχή υπερχειλίσσης του Σατινιόντος ποταμού. Η απουσία γέφυρας στη μόνιμη κοίτη μαρτυρεί είτε για την δυσχέρεια στη θεμελίωση βάθρων είτε για την αποτυχία των ιδρυθέντων να διατηρηθούν. Κάθε ένας από τους δεκαπέντε ρομβοειδείς πεσσούς (μήκους 3,60μ., πλάτους 1μ. και ύψους άνω των 2,50μ.), τοποθετημένους κατά διαστήματα 2,70-3,73μ., αποτελείται στην πραγματικότητα από δύο αντιθετικά συνενωμένους τριγωνικούς υδατοθραύστες (αρχ. κυμοτόμους). Η σταθερή κατακόρυφη σύνδεση των δόμων εξασφαλίστηκε με βαθμιδωτούς οριζόντιους αρμούς και περιστασιακή χρήση γόμφων. Τέσσερις έως έξι λίθινες δοκοί πλάτους 0,44-0,46μ. και ύψους 0,34μ. συνδεδεμένες με ξύλινους πελεκίνους κάλυπταν τα ανοίγματα. Επειδή η γέφυρα δεν διέσχιζε τον ποταμό κατ'ορθήν γωνία αλλά με παρέκκλιση 8° προς Α., τα στενά άκρα των δοκών ήταν κομμένα λοξά ώστε να εξασφαλίζεται ευθύγραμμος εγκάρσιος αρμός.



ΕΙΚ. 4 Προοπτική αναπαράσταση της γέφυρας στην Άσσο  
(από Galliazzo, *Ponti* 33, εικ. 18).  
*Perspective reconstruction of the bridge at Assos.*

Γεφύρωση με εκφορικό θόλο είναι σύνηθες σύστημα κάλυψης μυκηναϊκών τάφων και συναντάται και στις σύριγγες της Τίρυνθος. Στην τραπεζιοειδή εκδοχή καθώς και στην παραλλαγή της απλής συνάντησης των κεκλιμένων τοιχωμάτων η στατική συμπεριφορά της κατασκευής είναι πολύ ανάλογη με εκείνη των γεφυρών από οριζόντιες πλακοδοκούς σε στύλους<sup>14</sup>. Κάθετες θλιπτικές δυνάμεις, κυρίως από τη μάζα του μνημείου και κατά δεύτερο λόγο από την κυκλοφορία ανθρώπων, υποζυγίων και οχημάτων, εξασκούνται στα βάθρα στήριξης. Οι αλληπάλληλες οριζόντιες στρώσεις τοποθετούνται σε συνεχή εξοχή προς την πλευρά του ανοίγματος με το κέντρο βάρους του υπερκείμενου λίθου να βρίσκεται επάνω από τον υποκείμενο, ώστε να αποσοβείται η μετακίνηση και πτώση του. Η πάκτωση των εκφορικών λίθων (προβόλων) στους τοίχους των ακροβάθρων και το υπερκείμενο βάρος τους διασφαλίζουν από θραύση, αφού το κέντρο βάρους κάθε τοιχώματος έχει βαθμιαία μεταταθεί πέρα από το σημείο γένεσης της θόλου. Σε αντίθεση με τη στατικότητα του εξεταζόμενου συστήματος γεφύρωσης τα τριγωνικά εκφορικά ανοίγματα με κορυφαίο σφηνόλιθο παρουσιάζουν δυναμική όμοια με εκείνη του οργανικού κλειδωτού ημικυκλικού τόξου, αφού η πρωτόγονη αυτή κλείδα ασκεί πλάγιες ωθήσεις στους λίθους των εκφορικών στρώσεων<sup>15</sup>.

Οι καλλίτερα διατηρημένες από τις 20 περίπου μυκηναϊκές οδογέφυρες (ΥΕ ΙΙΒ2 χρόνων: 13ος αι. π.Χ.) κατά μήκος δρόμων γύρω από την ακρόπολη των Μυκηνών και στην πεδιάδα της Ναυπλίας μαρτυρούν για την ποικιλία των παραλλαγών του τύπου. Είναι όλες τους κυκλώπειες κατασκευές από ακανόνιστους ασβεστολιθικούς, αργούς ή αδρομερώς κατεργασμένους ογκόλιθους και βύσματα στους χαίνοντες, χαλαρούς αρμούς γύρω από το μοναδικό τριγωνικό άνοιγμα<sup>16</sup>.

Η γέφυρα του Χάβου στη Δρακονέρα, μήκους 15μ. περίπου και πλάτους 4,70μ., βρίσκεται στο μεταίχμιο μεταξύ μίας γέφυρας με οριζόντιο κατάστρωμα και ελαφρώς συγκλίνοντα ακρόβαθρα και μίας υποτυπώδους εκφορικής<sup>17</sup>.

Στο φαράγγι μεταξύ των υψωμάτων Κοντοβούνι και Κουτσογιάννης οι πλακαροί ογκόλιθοι εκατέρωθεν της στενής τριγωνικής διόδου (πλάτους μόλις 0,73μ. περίπου στη βάση) γέφυρας έχουν τοποθετηθεί σε περίπου ισοϋψείς σειρές, οι οποίες απλώς συναντώνται υπεράνω της οξείας κορυφής<sup>18</sup>. Η μεγαλιθική πλαισίωση της οδού παροχέτευσης απέβλεπε στην ενίσχυση των μερών, τα οποία κατέξοχην δοκιμάζονταν. Με τη βαρύτητα όμως των όγκων και τη συμμετρικότητά της ως προς τον κατακόρυφο άξονα τόνιζε τη σταθερότητα του μνημείου και του προσέδιδε αρμονία. Μικρότεροι λίθοι έχουν αρμολογηθεί με τη βοήθεια βυσμάτων (λιθίων) κατά το πολυγωνικό σύστημα τοιχοδομίας στην υπόλοιπη επιφάνεια.

Ο συνδυασμός αυτών των δύο συστημάτων τοιχοδομίας παρατηρείται και στους εξωτερικούς τοίχους δύο συνθετότερων γεφυρών στην περιοχή του Αρκαδικού. Ο πυρήνας τους αποτελείται από μικρές πέτρες και πατημένο χώμα. Με γη και χαλίκι ήταν στρωμένος και ο δρόμος επάνω από τις γέφυρες. Στην σχετική αντιστοιχία των ισχυρών δόμων των αντωπών τοιχωμάτων της διόδου της γνωστής γέφυρας στους πρόποδες του οχυρού της Καζάρμας<sup>19</sup> (μήκους 11μ., πλάτους 5,60μ. και ύψους 2,35μ. περίπου) και στο ισοσκελές τριγωνικό άνοιγμα μιας δεύτερης, σχεδόν δίδυμης, 1,5 χλμ. Δ. της (μήκους 14,80μ., πλάτους 5,30 και ύψους 4,10μ.)<sup>20</sup>, είναι εμφανής η προσπάθεια για επιτυχή σύζευξη μηχανικής και αρχιτεκτονικής (εικ. 5). Το δάπεδο των διόδων έχει στρωθεί με ακανόνιστες πλάκες, ενώ στην κορυφή τους τετράπλευρη ή τριγωνική σφήνα συγκρατούσε τα τοιχώματα τη θέση τους.

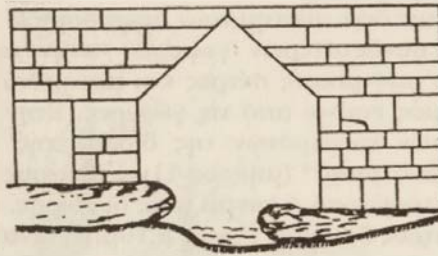


ΕΙΚ. 5 Η νότια όψη της γέφυρας Γαλούση στο Αρκαδικό.  
The south face of the bridge Galousi at Arkadiko.

Οι γέφυρες στο Αρκαδικό καθώς και μια σύγχρονη τους αλλά χαμηλότερη --και για αυτό όχι τόσο εντυπωσιακή-- στις παρυφές του Θριάσιου πεδίου<sup>21</sup> είναι τα αρχαιότερα λίθινα ζεύγματα, στα οποία έχει διαπιστωθεί η χρήση οργανικής κλείδας. Με εξαίρεση μάλιστα τους μυκηναϊκούς τάφους Ι και ΙΙ στη Ras Shamra της Συρίας<sup>22</sup> και κυρίως τα δωμάτια της Ανατολικής σύριγγος καθώς και τη δυτική πυλίδα στην ακρόπολη της

Τίρυνθος<sup>23</sup> δεν έχει αναφερθεί άλλη σύγχρονη εκφορική κατασκευή με κορυφαίο σφηνόλιθο. Οι πολυάριθμες και τολμηρές ρωμαϊκές γέφυρες, οι οποίες κτίστηκαν με τη βοήθεια του ημικυκλικού, κλειδωτού τόξου, δείχνουν την τεράστια σημασία της πρώιμης εφαρμογής της αρχής αυτής στη γεφυρωτική και αποκαλύπτουν την υψηλή τεχνογνωσία και δεινότητα των Μυκηναίων κατασκευαστών.

Αυτή η ανακάλυψη δεν εξελίχθηκε περαιτέρω. Οι τεράστιες δυνατότητες αυτού του συστήματος κάλυψης είτε δεν εκτιμήθηκαν επαρκώς είτε τα μεγάλα ανοίγματα κρίθηκαν ασυμβίβαστα προς τη μυκηναϊκή αντίληψη περί αντοχής, εγγύηση της οποίας θεωρήθηκε η κυκλώπεια τοιχοδομία με την εμμονή της στον όγκο και το βάρος. Έτσι φαίνεται ότι η κατασκευή γεφυρών με εκφορικά τόξα και σφηνόλιθο ήταν ένα δειλό εγχείρημα, περιορισμένο τοπικά και χρονικά, και ότι λησμονήθηκε στους ιστορικούς χρόνους. Η σωζόμενη από τις δίδυμες γέφυρες στην Ελευθέρνα είναι θαυμαστή για την ευρρυθμία της αρχιτεκτονικής της (εικ. 6)<sup>24</sup>. Έχει μήκος 9,33μ., πλάτος 5,25μ., σωζόμενο ύψος 5,25μ. και χρονολογείται στο α' μισό του 4ου αι. π.Χ. Η μάζα της οργανώνεται εκατέρωθεν ορθογώνιου περάσματος πλάτους 3,83μ. καλυπτόμενου με τριγωνικό, εκφορικό θόλο ύψους 1,85μ. Τα συμμετρικά ακρόβαθρα ενώνονται σε κατακόρυφο



ΕΙΚ. 6 Η δυτική γέφυρα της Ελευθέρνας  
(από Η. Bert, *Brucken* 25 εικ. 15).  
*The west bridge at Eleutherna.*



ΕΙΚ. 7 Η θολωτή κάλυψη του αγωγού στη Ρόδο  
(από ΑΔ:Χρον. 23 [1968] νίν. 414).  
*The vaulted cover of the drain at Rhodes.*

αρμό υπεράνω της οξείας κορυφής του θόλου, ο οποίος έχει λαξευθεί στο κατώτερο ήμισυ του ίδιου ζεύγους λίθων. Το ύψος των σειρών της ψευδοϊσόδομης τοιχοποιίας, η οποία επεκτείνεται και στους πτερυγότοιχους στα ανάντη, τονίζουν τα κρίσιμα μέρη οριζοντίως. Οι κατακόρυφοι αρμοί, οι οποίοι πλαισιώνουν το θόλο, παρακολουθούν την έγκλιση του.

Στο τέλος του 4ου αι. π.Χ. κατασκευάσθηκε η μοναδική προρωμαϊκή γέφυρα στην Ελλάδα (εικ. 7). Είναι ένας τρίκεντρος θόλος μήκους 8μ. και πλάτους 2,80μ., σφηνωμένος στο χείλος ανοικτού, κτιστού αποχετευτικού αγωγού της πόλης της Ρόδου, ο οποίος πρέπει να κατασκευάσθηκε μετά τη φοβερή πλημμύρα του 316 π.Χ.<sup>25</sup>. Αποδεικνύει πέραν πάσης αμφιβολίας ότι η σφηνοειδής τοξοδομία τέθηκε στην υπηρεσία της ελληνικής γεφυροποιίας αλλά ταυτοχρόνως αποκαλύπτει τον πειραματικό χαρακτήρα της εφαρμογής. Το --από γεωμετρική άποψη-- πολυπλοκότερο τρίκεντρο κλειδωτό τόξο δεν έχει χρησιμοποιηθεί ούτε σε ρωμαϊκές γέφυρες. Το μικρό άνοιγμα του και η αντιστήριξη του από τα τοιχώματα του αγωγού δείχνουν ότι η σχετική εμπειρία στηρίχθηκε στην επιτυχή χρήση του τόξου και του συναφούς θόλου στις πύλες οχυρωματικών περιβόλων και στους υπόγειους "μακεδονικούς" τάφους, όπου οι πλάγιες ωθήσεις από τους θολίτες απορροφώντο από τους παρακείμενους ισχυρούς τοίχους ή τα συσσωρευμένα χώματα των τύμβων αντιστοίχως (εικ. 1). Η λοξή καμαρωτή δίοδος μήκους 15,50μ. και πλάτους 1,90μ., η οποία διαπερνά την παχύτατη θεμελίωση του Προπύλου του Πτολεμαίου Β' στη Σαμοθράκη<sup>26</sup> των χρόνων 285-281 π.Χ. και παροχέτευε το σκοπύμως μετατοπισθέν ρεύμα, καθώς και η σήραγγα με τα ημικυκλικά τόξα ανοίγματος 1,88μ. κάτω από τους εξωτερικούς τοίχους του προμαχώνα της Δ. Πύλης της Ερέτριας<sup>27</sup> (περί το 192 π.Χ.) μαρτυρούν για την αυτοπεποίθηση των Ελλήνων αρχιτεκτόνων μόνο για υπόγειες ή κρυπτές ημικυκλικές τοξωτές γέφυρες. Η χυτή τοιχοδομία (opus incertum) με τις μονολιθικές ιδιότητες της ήταν αυτή, η οποία επέτρεψε την ανάπτυξη ελεύθερων τόξων και μεγάλων ανοιγμάτων κατά τη ρωμαϊκή εποχή<sup>28</sup> (εικ. 1).

Η ισχυρή υποδομή του Προπύλου του Πτολεμαίου Β' με το τέλεια ανεπτυγμένο στενό τόξο παραπέμπει στις φραγματοειδείς γέφυρες του Αρκαδικού. Η ελληνική γεφυρωτική φαίνεται να προτείνει συγγενείς μορφολογικά και στατικά λύσεις στην αυγή και στον κολοφώνα της. Το γεγονός αυτό --πέραν των καθαρά τεχνικών περιορισμών-- συνδέεται με τις γενικότερες κατευθύνσεις και επιδιώξεις της ελληνικής κοσμικής αρχιτεκτονικής και της συνυφασμένης με αυτή μηχανικής, οι οποίες στηρίχθηκαν στη φυσική εδαφομορφολογία και την αφθονία λίθου, και πραγματοποίησαν τους στόχους τους με οικοδομήματα σοφά λαξευμένα --αφού η τοιχοποιία τους συνδέεται με τη δομική πραγματικότητα--, λειτουργικά και, λόγω της προσαρμογής στα εκάστοτε δεδομένα, πρωτότυπα χωρίς δραματικές ή ανταγωνιστικές προς το περιβάλλον επεμβάσεις. Οι προϊστορικές και οι ελληνοιστικές οδογέφυρες είναι δημιουργήματα της αντίληψης αυτής. Σε αυτές δίνεται έμφαση στο κτίσμα, το βαρύ στερεό, το οποίο αναμετράται με το υγρό στοιχείο, και όχι στο μέγιστο άνοιγμα, το οποίο θα το υπερνικούσε με την πλήρη ανάπτυξη της σφηνοειδούς τοξοδομίας, όπως συνέβη στα ρωμαϊκά χρόνια. Η ίδια εμπιστοσύνη στη λιθοδομή για την ασφαλή γεφύρωση διαπιστώνεται και την κλασική περίοδο. Έτσι, ενώ καταβάλλεται προσπάθεια για τη μέγιστη δυνατή μείωση του πλάτους των βάθρων στήριξης πλακοδοκών, η πυκνή διάταξή τους φανερώνει τη συνάρτηση της σταθερότητας από τα πολλά λίθινα στηρίγματα. Η κατασκευή μάλιστα γεφυρών, όπως εκείνες στην Ελεύθερνα, είναι ο αψευδέστερος μάρτυρας για την επικαιρότητα και τη διαχρονική αξιοπιστία της μυκηναϊκής προτίμησης για συμπαγή ζεύγματα. Η σφικτή συναρμογή καθώς και η περίτεχνη σύνθεση των λίθων, όπως επιτάσσει η εποχή, εισάγει και στη γεφυροδομία μια διακοσμητική και καλλιγραφική διάθεση με αξιόλογα αισθητικά αποτελέσματα. Αυτή η ανυπέρβλητη ικανότητα στη μεταχείριση του λίθου και η περιορισμένη εφαρμογή επιτυχούς μηχανικής εμπειρίας μαρτυρούν ότι οι Έλληνες γεφυροποιοί ήταν μάλλον ευρηματικοί αρχιτέκτονες παρά μηχανικοί<sup>29</sup>.

## ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

1. Το κείμενο παρατίθεται με τη μορφή της αρχικής ανακοίνωσης. Εξαιτίας της έλλειψης χώρου ο αναγνώστης παραπέμπεται στις οικείες δημοσιεύσεις για τις σχετικές φωτογραφίες και σχέδια. Τα ακόλουθα έργα συντομογραφούνται ως εξής:

- Bougia, P., *Ancient bridges in Greece and Coastal Asia Minor*, Διδ. διατριβή στο Πανεπιστήμιο της Πενσυλβανίας/ Φιλαδέλφεια ΗΠΑ, 1996.
- Briegleb, J., «Die vorromischen Steinbrücken des Altertums», *Technikgeschichte in Einzeldarstellungen* 14, 1971.
- Galliazzo, V., *I ponti romani* 1, Treviso 1995.
- Ορλάνδος, Α.Κ., *Τα υλικά δομής των αρχαίων Ελλήνων*, τεύχ. 2, Αθήνα 1958.
2. Ορλάνδος, 276-81 και 287-347 για τα σχετικά είδη γεφύρωσης και την αντίστοιχη ορολογία. Για ανάλυση των εντατικών καταστάσεων βλ. Salvadori, M. - Heller, R., μετ. Σ. Αγγελίδη και Σ. Αντωνοπούλου, *Η φέρουσα κατασκευή στην αρχιτεκτονική*, Αθήνα 1981, 94-111, 148-72.
3. RE 21A, 1952, 2433-34 βλ. A. pons, A.W. van Buren; Ορλάνδος, 276-77; *EAA* 6, 1965, 371, J. Briegleb; Rupp, E., *Bautechnik im Altertum*, Μόναχο 1964, 15.
4. Bean, G.E., - J.M. Cook, «The Cnidia», *BSA* 47, 1952, 179-80; Briegleb 102-105; Galliazzo 37; Bougia 307-10, 356-57.
5. RE 8A, 1913, 1055, βλ. A. Heron (Tittel); Ορλάνδος, 351.
6. Heinrich, B. - Brücken, *Vom Balken zum Bogen*, Reinbek bei Hamburg 1983, 13, 17-18; Hill, A.D., *A history of engineering in Classical and Medieval times*, Λονδίνο-Σίδνεϋ 1984, 63.
7. 3-3,75μ. είναι τα μεγαλύτερα ανοίγματα, τα οποία έχουν γεφυρωθεί με πλακοδοκούς.
8. Ορλάνδος, Α.Κ., «Βραυρών», *Έργον* 1961, 29; του ιδίου, «Βραυρών», *Έργον* 1962, 25; Briegleb, 110-14; Galliazzo, 29 εικ. 16, 32-33; Bougia, 145-48, 353, 406.
9. Φίλιος, Δ., «Επιγραφαί εξ Ελευσίνος», *AM* 19, 1894, 168; *SIG*2, 541; *IG* 12, 81; Bougia, 130-131, 179, 353.
10. Λεονάρδος, Β.Ι., «Αμφιαρείου ανασκαφαί», *Εφημερίς* 1891, 72-73; *IG* VII 4255; του ιδίου, «Αμφιαρείου ανασκαφαί», *Εφημερίς* 1923, 43-46 αρ. 124; Bougia, 139-40, 142-44, 353; Fraser, O.J.G. - Pausanias, *A Description of Greece* 2, Λονδίνο 1913, 270, έχει προτείνει αυτή την ερμηνεία.
11. Briegleb - Steinbrücken, 106-110; Krause, Cl., *Eretria Ausgrabungen und Forschungen IV: Das Westtor, Ergebnisse der Ausgrabungen 1964-1968* (Βέρνη 1972) 31 εικ. 6, 34-36, 40-41, 42 εικ. 7, σχέδια 1, 4, 6 και τομή 2; Bougia, 251-54, 354, 406.
12. Galliazzo - Ponti, 25 εικ. 14, 32. Το επιχείρημά του, ότι δηλ. η έλλειψη και του παραμικρού ίχνους από τις πέτρινες δοκούς του καταστρώματος επιρρωνύει την άποψή του για ξύλινο δάπεδο, δεν είναι αποφασιστικό δεδομένου ότι η γέφυρα είχε επισκευασθεί ήδη στην αρχαιότητα και εν τέλει ενσωματώθηκε στον πυρήνα του ελληνιστικού προμαχώνα (περί το 192 π.Χ.).
13. Clarke, J.T., *Report on the Investigations at Assos 1881*, Βοστώνη 1882, 128-30, πίν. 35; του ιδίου, *Report on the Investigations at Assos 1882, 1883. Part I*, Λονδίνο-Cambridge Μασσαχουσέτης-Λειψία 1902, 6, 129, 130, 131, 133; Briegleb, 114-17; Galliazzo, 33 εικ. 18, 34-35; Bougia, 283-86, 354, 406-407.
14. Werner, D., *Wasser für das antike Rom*, Βερολίνο 1986, 107 διατύπωσε την άποψη ότι η κάλυψη κενού με έγκλιση ή εκφορά αποτελεί εξέλιξη της χρήσης ζευγών κεκλιμένων και αντερειδομένων λίθων σε κατακόρυφο άξονα, οι οποίοι σχημάτιζαν γωνία σε σχήμα Λ. Από στατική άποψη, τουλάχιστον, το σύστημα είναι δυναμικό, αφού αναπτύσσονται πλάγιες ωθήσεις. Για την ανάλυσή του και παραδείγματα βλ. Ορλάνδος, 325-30.
15. Ορλάνδος, 337-38.
16. Bougia, 355, 387.
17. Στο ίδιο 215-16, 355.
18. Στο ίδιο 210-11, 355.
19. Briegleb, 86-88; Galliazzo, 23; Bougia 213-15, 355-56.
20. Bougia, 212-13, 355-56.
21. Briegleb, 89-90; Galliazzo, 23; Bougia; 180-82, 356.
22. Ορλάνδος, 293-94 εικ. 270, 272.
23. Muller, K., *Tiryns III. Die Architektur der Burg und des Palastes*, Augsburg 1930, 61, πίν.



- 27 και 40 και Jantzen U., (εκδ.), *Fuhrer durch Tiryns*, Αθήνα 1975, 21-22 και 41-42 (λήμματα από τον H. Knell), όπου οι μελετητές τονίζουν την ανεκμετάλλευτη ευκαιρία για την πρώιμη ανάπτυξη του γνήσιου, κλειδωτού τόξου («diese Konstruktion hatte zum echten Gewolbe fuhren können» και «die -freilich nicht genutzte- Möglichkeit gegeben war, ein echtes Gewolbe zu konstruieren»).
24. Πετρουλάκις, Ε., «Η προϊστορική γέφυρα της Ελευθέρνης», *ΑΕ* 1914, 230-31; Briegleb, 97-101; Galliazzo, 37-38; Bougia, 267-71, 356, 407.
25. Κωνσταντινόπουλος, Γ., «Αρχαιότητες και μνημεία Δωδεκανήσου: IV. Τμήμα αρχαίου τείχους», *ΑΔ: Χρον.* 23, 1968, 444-45; Lauter, H., *Die Architektur des Hellenismus*, Darmstadt 1986, 75; Galliazzo, 36; Bougia; 257-58, 348.
26. Samothrace, 10: The Propylon of Ptolemy II (Bollingen Series LX: 10, Princeton 1990) 1-32; Galliazzo, 38, 39 εικ. 22; Bougia, 328-32.
27. Schefold, K., «Eretria. Untersuchungen im Fruhjahr 1964», *AntK* 7, 1964, 103; του ίδιου, «Die Ausgrabungen in Eretria», *ΑΔ: Χρον.* 20, 1965, 266, 267; Briegleb, 109-110; Krause; (ό.π. σημ. 11) 52-53, 55.
28. Hodges, H., *Technology in the ancient world*, Norwich 1970, 197; Ward Perkins, J.B., *Roman imperial architecture*, Μεγάλη Βρεταννία 1981, 98-100. Πρέπει όμως να τονισθεί ότι οι ρωμαϊκές γέφυρες μέχρι το τέλος του α΄ αιώνα π.Χ. κτίσθηκαν εξ ολοκλήρου από λιθόπλινθους. Για αυτό βλ. Trevor Hodge, A., *Roman aqueducts and water supply*, Λονδίνο 1992, 129-30.
29. Hodges, (ό.π., σημ. 28) 32-33. Το αυξημένο ενδιαφέρον για έργα μηχανικής και οι λαμπρές σχετικές επιδόσεις ίσως αντανακλώνται στο μεγαλύτερο κύρος, το οποίο απολάμβαναν οι μηχανικοί από τα μέσα του α΄ αι. π.Χ. και εξής. Για αυτό βλ. Downey, G., «Pappus of Alexandria on Architectural Studies», *Isis* 38, 1948, 197-200, του ίδιου, «Byzantine architects. Their training and methods», *Byzantion* 18, 1948, 105-12 και Κρητικάκου, Κ.Ι., «Μνείες οικοδομικών επαγγελματιών στις επιγραφές της ρωμαϊκής-παλαιοχριστιανικής Παλαιστίνης και Αραβίας», *Μελετήματα*, 10, 1990, 376-77.

## SUMMARY

### COMBINING ENGINEERING WITH ARCHITECTURE: THE CASE OF PREROMAN BRIDGES IN GREECE AND COASTAL ASIA MINOR

P. BOUGIA

Pre-Roman masonry bridges in Greece and Coastal Asia Minor fall mainly into two categories:

1) Beam bridges, made of horizontal slabs set either over a number of individual vertical supports or across parallel thin walls which divide the stream bed into channels.

2) Corbelled bridges, practically viaducts with damlike walls pierced by a narrow culvert. According to the form of the draining passage two culvert frames are discerned:

a) the trapezoidal type, formed by the corbelled walls and a capstone bridging the reduced span and

b) the triangular type, showing curved or straight walls either leaning against each other or locked by a wedgestone. The version of corbelled arch with wedgestone in the apex of the culvert is a forerunner of the true arch made of voussoirs. Either the tremendous potentialities inherent in this bridging system were not fully understood or the large spans attainable by means of it were considered incompatible with the Mycenaean predilection for sturdy Cyclopean masonry. The surviving examples of this system (except for one) --Mycenaean in date-- are restricted in the area of Arkadiko/Argolid.

A drain cover in the city of Rhodes (constructed after 316 BC) is the single pre-Roman bridge made of voussoirs in the area under consideration. Its three-centered arch finds,

hitherto, no parallels even among Roman bridges. It proves that Greek bridge constructors were familiar with true arch but they did not feel very confident to cope with the problems it entailed.

Except for scanty epigraphical testimony the preserved monuments furnish the main evidence on ancient bridge building. The static principles and techniques employed in the construction of bridges have been attested in other fields of ancient architecture as well. But they were adjusted to the exigencies of the specific engineering works. The technology available in each era, the diversity of the terrain and the hydrological data determined the bridge type to be used. Variety and originality characterize the organization of the stone masses as well as the treatment of the building material of most of the standing structures. Next to the wish for functional firmness an aim at aesthetically pleasing forms and surfaces is also apparent.