



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΩΝ ΓΕΦΥΡΩΝ
ΑΠΟ ΑΠΟΨΗ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΙΣΘΗΤΙΚΗΣ



ΕΥΘΥΜΙΑ ΝΙΚ. ΚΟΥΚΙΟΥ

01104766

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ ΤΖΟΥΒΑΛΑΚΗΣ

ΑΘΗΝΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2014



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΩΝ ΓΕΦΥΡΩΝ
ΑΠΟ ΑΠΟΨΗ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΙΣΘΗΤΙΚΗΣ



ΕΥΘΥΜΙΑ ΝΙΚ. ΚΟΥΚΙΟΥ

01104766

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ :ΑΝ.ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ ΤΖΟΥΒΑΔΑΚΗΣ

ΑΘΗΝΑ,ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2014

Copyright © Κούκιου Ευθυμία,2014

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία αποτελεί τη Διπλωματική μου Εργασία στα πλαίσια των σπουδών μου στο τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π., υπό την επίβλεψη του κ. Ι. Τζουβαδάκη, αναπληρωτή καθηγητή Ε.Μ.Π. του τομέα Δομοστατικής, τον οποίο θεωρώ καθήκον μου να ευχαριστήσω για την αμέριστη διάθεση συνεργασίας του σε όλη την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας και φυσικά για την καθοδήγηση και τη βοήθεια του για την ολοκλήρωση της.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και όλους τους ανθρώπους που ήταν κοντά μου για την εμπύχωση που μου πρόσφεραν καθώς βοήθησαν να κάνουν τα υπέροχα χρόνια της φοίτησης ανεκτίμητα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η επιστήμη της γεφυροποιίας είναι ένας από τους πιο ενδιαφέροντες κλάδους έργων του πολιτικού μηχανικού. Ξεκίνησε από αρχαιοτάτων χρόνων, όταν ο άνθρωπος με τα ελάχιστα υλικά που διέθετε έκανε τα πρώτα δειλά βήματα για να γεφυρώσει τα φυσικά εμπόδια με σκοπό την επικοινωνία με άλλους ανθρώπους και την ανταλλαγή προϊόντων. Με την πάροδο των χρόνων η επιστήμη αυτή, με την εξέλιξη τόσο στον τρόπο σχεδιασμού όσο και στη χρήση νέων υλικών, οδήγησε στα αριστουργήματα που κοσμούν μέχρι και σήμερα ολόκληρο τον κόσμο.

Η παρούσα διπλωματική ασχολείται με τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό των γεφυρών όλου του κόσμου τόσο από άποψη μορφολογίας όσο και από άποψη αισθητικής. Συγκεκριμένα ,γίνεται αναλυτική περιγραφή των μεθόδων κατασκευής και της επιλογής του είδους της γέφυρας. Οι μέθοδοι κατασκευής είναι οι εξής: κατασκευή με δόμηση σε πρόβολο, με σταδιακή προώθηση και με εφέδρανα. Η κατάταξη του είδους της γέφυρας γίνεται με βάση: το υλικό κατασκευής, το ελεύθερο άνοιγμα, το είδος του φορέα, τη ροή των δυνάμεων, τη χρήση και τη δυνατότητα μετακίνησης. Επιπλέον, επειδή η στατική αρτιότητα δεν είναι αρκετή για να αποδοθεί ένα καλό αποτέλεσμα, αναλύονται οι βασικοί παράγοντες που σε συνδυασμό με τη μορφολογία οδηγούν σε μία καλαίσθητη κατασκευή. Οι παράγοντες αυτοί είναι οι : ακολουθία, αναλογία, μορφή, χρώμα και φωτισμός αφού πρώτα πρέπει να γίνει η κατάταξη του περιβάλλοντος σε συγκεκριμένη κατηγορία για τη σωστή ενσωμάτωση της κατασκευής σε αυτό.

Χρησιμοποιήθηκαν παραδείγματα από όλο τον κόσμο για να διαπιστώσουμε στην πράξη όλες αυτές τις μεθόδους και πως ο κάθε λαός τις χρησιμοποίησε από την αρχαία προϊστορία έως τα νεότερα χρόνια. Εν συνεχεία, έγινε μία ειδική έρευνα, πάνω στις γέφυρες που κοσμούν την πόλη της Αθήνας, με σκοπό την καλύτερη κατανόηση μιας συγκεκριμένης κατηγορίας γεφυρών, οι οποίες ονομάζονται αστικές. Χρησιμοποιώντας όλα τα παραπάνω, εξάγονται γενικά συμπεράσματα τόσο για τις αστικές όσο και για τις υπόλοιπες κατηγορίες γεφυρών.

ABSTRACT

The science of bridge is one of the most interesting branches of civil engineering works . It started from the earliest times, when the man with the minimum materials had made the first tentative steps to bridge the physical barriers in order to communicate with other people and exchange products. Over the years the art , with the development of both the fashion design and the use of new materials has led to masterpieces that adorn even today throughout the world .

This thesis deals with the architectural design of bridges around the world both in terms of morphology and in terms of aesthetics. Specifically, there is a detailed description of the manufacturing processes and the selection of the type of bridge. Construction methods are: construction building cantilevered, with gradual promotion and bearings. The classification of the type of bridge is based on: material, free opening, and type of institution, the flow of forces, use and mobility. Furthermore, because the static perfection is not enough to yield a good result, analyzed the key factors in conjunction with morphology leading to an elegant construction. These factors are: sequence, proportion, shape, color and lighting after the first must be the classification of the environment in this class for the correct integration of the structure into it.

Used examples from around the world to see in practice all these methods and how to use every people from ancient history to modern times. Subsequently, he became a special investigation on the bridges that adorn the city of Athens, with a view to better understanding of a particular class of bridges, called urban. Using all the above general conclusions for both civil and other types of bridges

ΣΥΝΟΨΗ

Συνοψίζοντας, η παρούσα Διπλωματική εργασία ασχολείται με τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό των γεφυρών του κόσμου και δίνει έμφαση στις αστικές γέφυρες της Αθήνας. Παρουσιάζονται οι μέθοδοι κατασκευής των γεφυρών, η επιλογή του είδους και τα κριτήρια αισθητικής και πως αυτά έχουν εφαρμοστεί με την πάροδο των χρόνων στον κόσμο αλλά και πιο ειδικά στην πόλη της Αθήνας.

Το πρώτο κομμάτι της Διπλωματικής εργασίας είναι η έννοια της γεφυροποιίας. Σύμφωνα με την επικρατέστερη εκδοχή, η γεφυροποιία δημιουργήθηκε από την ίδια τη φύση. Ο άνθρωπος για να αποκτήσει τις κύριες ανάγκες της ζωής προσπάθησε με σεβασμό προς το περιβάλλον να προσπεράσει τα φυσικά εμπόδια κατασκευάζοντας τις πρώτες γέφυρες.

Η γέφυρα είναι η κατασκευή που επιτυγχάνει την ζεύξη δύο ή περισσότερων σημείων πάνω από κάποιο φυσικό ή τεχνητό εμπόδιο. Η αποκατάσταση της συνέχειας μιας γραμμής επικοινωνίας ήταν πάντα πολύ σημαντικό πρόβλημα στη ζωή των ανθρώπων. Στα αρχαία χρόνια με τα ελάχιστα μέσα που διέθεταν οι άνθρωποι ξεκίνησαν σιγά σιγά για να πετύχουν αυτό τον στόχο. Επειδή η κατασκευή της εθεωρείτο κάτι ανθρωπίνως αδύνατο, οι γέφυρες έχουν συνδεθεί με πολλούς θρύλους.

Τα κύρια υλικά ήταν το ξύλο και η πέτρα. Οι πρώτες κυρτές γέφυρες κατασκευάστηκαν με φυσικούς λίθους και σκυρόδεμα από τους Ρωμαίους. Οι πρώτες τεχνοτροπίες ήταν με φυσικούς λίθους σε ροές και με κορμούς δέντρων. Στη συνέχεια, έγινε η χρήση των φυσικών σχοινιών. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η τεχνοτροπία των Κινέζων οι οποίοι είχαν κατασκευάσει περί το 300 πΧ γέφυρες με ξύλινο δάπεδο που κρεμόταν από αλυσίδες με κρίκους. Επίσης η φυλή των Ίνκας είχαν κατασκευάσει τις πρώτες κρεμαστές γέφυρες για να μπορούν να διαβαίνουν μεγάλες χαράδρες.

Αναλύονται χαρακτηριστικά παραδείγματα εξέλιξης με την πάροδο των χρόνων όπως η γέφυρα των Λιμύρων στη νοτιοδυτική Τουρκία, η γέφυρα του ποταμού Βαλύρα, το ξακουστό γεφύρι της Άρτας, η πρώτη γέφυρα της Χαλκίδας και η πρώτη γέφυρα από σύγχρονο υλικό στο Coalbrookdale στην Αγγλία.

Στη συνέχεια ασχοληθήκαμε με τις μεθόδους κατασκευής των γεφυρών. Η πρώτη μέθοδος είναι η κατασκευή με δόμηση σε πρόβολο. Ορίζεται η έννοια των σπόνδουλων, οι δύο τρόποι που εκτελείται η κατασκευή τους και πως πραγματοποιείται η αμφίπλευρη δόμηση των δύο περιπτώσεων αυτών. Επίσης αναφέρεται τι περιλαμβάνει ένας κύκλος προβολοδόμησης με χαρακτηριστικό παράδειγμα.

Η δεύτερη μέθοδος είναι η κατασκευή με σταδιακή προώθηση. Αναφέρονται κατά σειρά πότε εμφανίστηκε και για ποιες περιπτώσεις αποτελεί ιδανική λύση. Περιγράφονται οι δύο φάσεις σκυροδέτησης και στη συνέχεια τι περιλαμβάνει ένας τυπικός εβδομαδιαίος κύκλος. Τέλος, καταγράφονται οι αδυναμίες που παρουσιάζει αυτός ο τρόπος κατασκευής. Η τελευταία μέθοδος που

περιγράφεται είναι η χρήση εφεδράνων. Ορίζονται η έννοια, το μέρος όπου τοποθετούνται, οι βασικοί τύποι και τα μειονεκτήματα τους.

Τέλος του κεφαλαίου γίνεται μια αναφορά στα υλικά κατασκευής.

Επόμενος σταθμός αποτελεί η κατηγοριοποίηση των ειδών των γεφυρών με βάση συγκεκριμένα κριτήρια. Τα κριτήρια αυτά αποτέλεσαν το υλικό κατασκευής, τα μήκη και τα είδη των ανοιγμάτων, το δομικό σύστημα, η χρήση, η ροή των δυνάμεων, το είδος του καστρώματος και η δυνατότητα μετακίνησης. Όλες οι περιπτώσεις αναλύονται διεξοδικά.

Το επόμενο θέμα που πραγματεύεται είναι ο τομέας της αισθητικής. Τα κύρια στοιχεία που καθορίζουν την αισθητική αξία των γεφυρών αποτελούν η αναλογία, η συμμετρία, η διάταξη και ο ρυθμός των επιμέρους στοιχείων, η αντίθεση και η αρμονία, η απλότητα και η λεπτότητα, η ενότητα του σχεδίου και η αρμονία και η συνοχή με τον περιβάλλοντα χώρο. Δίνονται ακριβή στοιχεία για το πώς γίνεται η σωστή ενσωμάτωση στο περιβάλλον και πως πραγματοποιούνται η αναλογία και η ακολουθία. Επιπλέον αναλύεται το πώς επιλέγονται η μορφή, το χρώμα και ο φωτισμός.

Το **επόμενο** κεφάλαιο περιλαμβάνει 10 από τα πιο διάσημα παραδείγματα σε όλον τον κόσμο περιγράφοντας τόσο από άποψη κατασκευής όσο και από άποψη καλαισθησίας αλλά και ιστορίας. Σε όλα τα παραδείγματα υπάρχει φωτογραφικό υλικό με σκοπό την πιο άμεση επαφή με αυτές τις κατασκευές από όλον τον κόσμο έτσι ώστε να επισημανθούν τα μορφολογικά και αισθητικά χαρακτηριστικά τους.

Στο **6^ο** κεφάλαιο μεταφερόμαστε στην Αθήνα. Γίνεται μια εισαγωγή για τις ανάγκες κατασκευής γεφυρών εντός της πόλεως. Συγκεκριμένα, επισημαίνεται το πρόβλημα της οδικής ασφάλειας και των κινδύνων που διατρέχουν οι πεζοί που αποτελεί τον κύριο λόγο για διαχωρισμό των κινήσεων της κυκλοφορίας με την κατασκευή πεζογεφυρών. Ορίζονται τα βασικά χαρακτηριστικά μιας πεζογέφυρας και οι στόχοι που πρέπει να επιτευχθούν με την κατασκευή της. Περιγράφονται χαρακτηριστικά παραδείγματα σε όλη την περιφέρεια της Αθήνας ,τόσο από άποψη μορφολογίας όσο και αισθητικής και αν τελικά έχουν επιτευχθεί όλοι οι στόχοι. Συγκεκριμένα οι γέφυρες που αναλύονται είναι οι εξής: Calatrava- Κατεχάκη, ΟΛΠ, Κολεγίου Αθηνών και Ολυμπιακού Σταδίου στη λεωφόρο Κηφισίας ,η Amstel στη δυτική Αττική, η πεζογέφυρα στο Ελληνικό καθώς και οι πεζογέφυρες σε διάφορους σταθμούς του ΗΣΑΠ. Σκοπός του κεφαλαίου αυτού είναι η εξαγωγή συμπερασμάτων πάνω στην κατηγορία των αστικών γεφυρών.

Τέλος γίνεται μια ανακεφαλαίωση της επιστήμης της γεφυροποιίας και επισημαίνεται η ανάγκη για συνεχή εξέλιξη αυτής της επιστήμης.

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

BMS	Bridge Management System
FHWA	Federal Highway Administration
Ft	Πόδια
Ο.Μ.Ο.Ε.	Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων
Ο.Σ.Α.Τ.	Οδηγίες Σχεδιασμού Αποκατάστασης Τοπίου
ΠΕΤΕΠ	Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές
Σ.Δ.Γ	Συστήματα Διαχείρισης Γεφυρών
Χλμ	Χιλιόμετρα
ΟΛΠ	Οργανισμός Λιμένα Πειραιά
ΗΣΑΠ	Ηλεκτρικοί Σιδηρόδρομοι Αθηνών-Πειραιώς

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κατάλογος πινάκων	13
Κατάλογος σχημάτων.	13
Κατάλογος εικόνων.	15
Εισαγωγή.	17

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Πρόλογος.	19
1.2 Τι είναι γέφυρα.	19
1.3 Ιστορική αναδρομή.	22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΓΕΦΥΡΩΝ

2.1 Κατασκευή με δόμηση σε πρόβολο.	28
2.2 Κατασκευή με σταδιακή προώθηση.	30
2.3 Εφέδρανα.	33
2.4 Υλικά κατασκευής.	35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΕΦΥΡΩΝ

3.1 Είδη γεφυρών.	38
3.1.1 Ανάλογα με το υλικό κατασκευής.	38
3.1.2 Ανάλογα με το ελεύθερο άνοιγμα.	43
3.1.3 Ανάλογα με το είδος του φορέα.	43
3.1.3.1 Γέφυρες μορφής δοκού.	43
3.1.3.2 Δικτυωτές γέφυρες.	45
3.1.3.3 Ορθοτροπικές γέφυρες.	46
3.1.3.4 Πλαισιωτές γέφυρες.	46
3.1.3.5 Τοξωτές γέφυρες.	47
3.1.3.6 Καλωδιωτές γέφυρες.	51
3.1.3.7 Κρεμαστές γέφυρες.	53
3.1.3.8 Αναρτημένες γέφυρες.	54

3.1.4 Ανάλογα με τη ροή των δυνάμεων.55

3.1.5 Ανάλογα με τη χρήση.55

3.1.6 Ανάλογα με τη δυνατότητα μετακίνησης.55

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΑΙΣΘΗΤΙΚΗΣ

4.1 Αισθητική των γεφυρών. 56

4.2 Εκτίμηση του τοπίου – Ενσωμάτωση στο περιβάλλον. 58

4.3 Αναλογία.58

4.4 Ακολουθία. 59

4.5 Μορφή. 60

4.6 Χρώμα. 62

4.7 Φωτισμός. 62

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΑΠ' ΟΛΟ ΤΟΝ ΚΟΣΜΟ

5.1 Καλωδιωτή γέφυρα Ρίου- Αντιρίου. 65

5.2 Η γέφυρα Golden gate.67

5.3 Η γέφυρα του Brooklyn. 69

5.4 Η γέφυρα Akashi Kaikyo71

5.5 Γέφυρα Tower. 74

5.6 Η τοξωτή γέφυρα Sant' Angelo.76

5.7 Καλωδιωτή γέφυρα Tatara. 77

5.8 Γέφυρα Banpo.. . . .79

5.9 Γέφυρα Qingdao Jiaozhou Bay.80

5.10 Γέφυρα φράγματος Hoover.81

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΑΣΤΙΚΕΣ ΓΕΦΥΡΕΣ-ΑΘΗΝΑ

6.1 Εισαγωγή.84

6.1.1 Πεζοί-οδική ασφάλεια. 84

6.1.2 Κατασκευή πεζογέφυρας.85

6.2 Πεζογέφυρες Αθήνας.86

6.2.1 Πεζογέφυρα Sadiago Calatrava- Κατεχάκη.	86
6.2.2 Πεζογέφυρα ΟΛΠ.	89
6.2.3 Πεζογέφυρες στη λεωφόρο Κηφισίας.	95
6.2.3.1 Πεζογέφυρα Κολλεγίου Αθηνών.	95
6.2.3.2 Πεζογέφυρα στο ύψος του Ολυμπιακού Σταδίου.	98
6.2.4 Πεζογέφυρες σε σταθμούς του ηλεκτρικού.	99
6.2.4.1 Μεταλλική πεζογέφυρα στο σταθμό Νερατζιώτισσα.	99
6.2.4.2 Πεζογέφυρα στο σταθμό του Θησείου.	100
6.2.4.3 Πεζογέφυρα στο σταθμό ΚΑΤ.	102
6.2.5 Πεζογέφυρες στη Δυτική Αττική – Άμστελ.	103
6.2.6 Σύμπλεγμα μεταλλικών πεζογεφυρών ΑΘΗΝΑ 2004 στο Ελληνικό.	104
6.3 Αποτελέσματα έρευνας –Ανάλυση συμπερασμάτων.	106

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

Διεθνής Βιβλιογραφία

Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία

Αναφορές εικόνων

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.1.1.1	Μορφές διατομής καταστρώματος από οπλισμένο σκυρόδεμα.	40
Πίνακας 3.1.1.2	Τύποι προεντεταμένων γεφυρών οπλισμένου σκυροδέματος ως συνάρτηση του προς γεφύρωση ανοίγματος.	41
Πίνακας 3.1.3.1.1	Βέλτιστες διαστάσεις της πλάκας καταστρώματος φορέων μορφής πλακοδοκού με δύο κύριες δοκούς.	44
Πίνακας 4.7.1	Αντιστοιχία υλικών και χρωμάτων φωτισμού.	64

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.3.1	Γέφυρα με λίθινα βάθρα και ξύλινο κατάστρωμα.	21
Σχήμα 1.3.2	Λεμβόζευκτη γέφυρα.	24
Σχήμα 2.1.1	Σταδιακή κατασκευή φορέων γεφυρών σε σπονδύλους.	28
Σχήμα 2.1.2	Κλασσική μέθοδος προβολοδόμησης και οι παραλλαγές της με τη χρήση βοηθητικών καλωδίων και βοηθητικών φορέων αντίστοιχα.	29
Σχήμα 2.2.1	Προοδευτική κατασκευή κατά σπονδύλους.	31
Σχήμα 2.3.1	Λεπτομέρειες των εφεδράνων αυτών σε διαμήκη και εγκάρσια τομή.	35
Σχήμα 3.1.3.4.1	Πλαισιωτή γέφυρα με διαφορετικές διατομές.	47
Σχήμα 3.1.3.4.2	Υποστυλώματα πλαισιωτών γεφυρών.	47
Σχήμα 3.1.3.5.1	Τριαρθρωτό τόξο.	48
Σχήμα 3.1.3.5.2	Διαρθρωτό τόξο.	49
Σχήμα 3.1.3.5.3	Αμφίπακτο τόξο.	49
Σχήμα 3.1.3.5.4	Φορέας επικαθήμενος του τόξου.	49
Σχήμα 3.1.3.5.5	Φορέας αναρτώμενος του τόξου.	49
Σχήμα 3.1.3.5.6	Σύνδεση στη περιοχή της κλείδας.	50
Σχήμα 3.1.3.5.7	Σύγχρονη μέθοδος κατασκευής τοξωτών γεφυρών.	50
Σχήμα 4.1.1	Επίδραση σκιάς προβόλου.	57
Σχήμα 4.1.2	Επίδραση ύψους γείσου.	57

Σχήμα 4.3.1	Στηθαίο από σκυρόδεμα.	59
Σχήμα 4.3.2	Κορμοί κιβωτίων.	59
Σχήμα 4.5.1.	Απόκλιση της χάραξης της οριζοντιογραφίας κατά γωνία 30ο με στόχο τη βελτίωση της οπτικής θέας.	61
Σχήμα 4.5.2.	Εναρμόνιση καμπύλης της οριζοντιογραφίας με την καμπύλη στην μηκοτομή.	61
Σχήμα 5.1.1	Τομή περιοχής.	66

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.3.1	Γέφυρα ρωμαϊκής εποχής κοντά στην αρχαία Σέλγη (ποταμός Ευρυμέδοντας).	22
Εικόνα 1.3.2	Η τέταρτη καμάρα της γέφυρας των Λιμύρων.	24
Εικόνα 1.3.3	Η γέφυρα του ποταμού Βαλύρα.	25
Εικόνα 1.3.4	Το γεφύρι της Άρτας.	25
Εικόνα 1.3.5	Γέφυρα από χυτοσίδηρο στο Coalbrookdale στην Αγγλία (1779).	26
Εικόνες 2.1.1	Πλατανόβρυση περιοχή ποταμού Νέστου.	30
Εικόνα 2.2.1	Γέφυρα στον ποταμό Φιλιουρή στην περιοχή της Κομοτηνής.	33
Εικόνα 3.1.1.1	Ξύλινη γέφυρα πάνω σε ξύλινους προβόλους.	38
Εικόνα 3.1.1.2	Μορφολογία κατασκευής πέτρινων γεφυριών.	39
Εικόνα 3.1.1.3	Προσομοίωμα μεταλλικής πεζογέφυρας.	40
Εικόνα 3.1.3.5.1	Μορφολογία τοξοτών γεφυρών.	50
Εικόνα 3.1.3.6.1	Τομή καλωδιωτής γέφυρας.	51
Εικόνα 3.1.3.8.1	Όψη αναρτημένης γέφυρας.	54
Εικόνα 4.7.1	Φωτισμένη η γέφυρα της Βουδαπέστης.	63
Εικόνα 5.1.1	Γέφυρα Ρίου-Αντιρρίου.	66
Εικόνα 5.1.2	Όψη γέφυρας το βράδυ.	67
Εικόνα 5.2.1	Γέφυρα Golden gate με ομίχλη.	68
Εικόνα 5.2.2	Όψη της Golden Gate Bridge.	68
Εικόνα 5.2.3	Βραδινή λήψη της γέφυρας Golden Gate.	69
Εικόνα 5.3.1	Ασπρόμαυρη φωτογραφία με θέα το Μανχάταν.	70

Εικόνα 5.3.2 Λήψη της γέφυρας του Brooklyn από ψηλά.	70
Εικόνα 5.3.3 Γέφυρα Brooklyn.	71
Εικόνα 5.4.1 Η γέφυρα Akashi Kaikyo.	73
Εικόνα 5.4.2 Η γέφυρα Akashi Kaikyo φωτισμένη το βράδυ.	73
Εικόνα 5.5.1 Εργασίες κατά την κατασκευή της γέφυρας.	74
Εικόνα 5.5.2 Ατμομηχανή που κινεί τον ανυψωτικό μηχανισμό.	75
Εικόνα 5.5.3 Νυχτερινή όψη της γέφυρας.	76
Εικόνα 5.6.1 Τοξωτή πεζογέφυρα Sant' Angelo	76
Εικόνα 5.6.2 Όψη της γέφυρας Sant Angelo.	77
Εικόνα 5.6.3 Βραδινή εικόνα γέφυρας.	77
Εικόνα 5.7.1 Γέφυρα Takara.	78
Εικόνα 5.7.2 Αεροφωτογραφία γέφυρας.	78
Εικόνα 5.8.1 Πανοραμική εικόνα της γέφυρας Banpo.	79
Εικόνα 5.8.2 Νυχτερινή λήψη της γέφυρας Banpo.	79
Εικόνα 5.9.1 Γέφυρας Qingdao Jiaozhou Bay.	80
Εικόνα 5.9.2 Αεροφωτογραφία γέφυρας Qingdao Jiaozhou Bay.	81
Εικόνα 5.10.1 Γέφυρα φράγματος Hoover.	82
Εικόνα 5.10.2 Λεπτομέρεια αψίδας.	83
Εικόνα 5.10.3 Λεπτομέρεια καλωδίων.	83
Εικόνα 6.2.1.1 Όψη της γέφυρας από νότια πλευρά.	86
Εικόνα 6.2.1.2 Όψη πυλώνα και καλωδίων.	87
Εικόνα 6.2.1.3 Πεζογέφυρα Κατεχάκη- βραδινή λήψη.	88
Εικόνα 6.2.2.1 Κάτοψη Λιμένα Πειραιά.	90
Εικόνα 6.2.2.2 Πεζογέφυρα ΟΛΠ.	91
Εικόνα 6.2.2.3 Όψη κλιμακοστασίου κατά τη φάση κατασκευής.	92
Εικόνα 6.2.2.4 Πυλώνας και καλώδια πεζογέφυρας.	93
Εικόνα 6.2.2.5 Γενική όψη της γέφυρας ΟΛΠ.	93

Εικόνα 6.2.3.1.1 Κίνηση επί της λεωφόρου Κηφισίας.	117
Εικόνα 6.2.3.1.2 Πεζογέφυρα κατά τη φάση κατασκευής.	118
Εικόνα 6.2.3.1.3 Βόρεια όψη κατά τη φάση κατασκευής.	119
Εικόνα 6.2.3.1.4 Τελική μορφή γέφυρας.	119
Εικόνα 6.2.3.2.1 Πεζογέφυρα στην Κηφισίας-Μαρούσι.	98
Εικόνα 6.2.4.1 Πεζογέφυρα πάνω από τον ΗΣΑΠ Νερατζιώτισσα.	100
Εικόνα 6.2.4.2.1 Όψη πεζογέφυρας.	101
Εικόνα 6.2.4.2.2 Μεταλλικό στέγαστρο, όψη πάνω από την πεζογέφυρα.	101
Εικόνα 6.2.4.3.1 Πεζογέφυρα σταθμού ΚΑΤ.	102
Εικόνα 6.2.4.3.2 Όψη της γέφυρας από το επίπεδο του σταθμού.	103
Εικόνα 6.2.5.1 Πεζογέφυρα Amstel.	104
Εικόνα 6.2.6.1 Άποψη από την παραλία-κατασκευή.	105

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η αναλυτική περιγραφή του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού των γεφυρών αλλά και των παραμέτρων της αισθητικής. Στόχος είναι η κατανόηση των στοιχείων που οδηγούν στη σωστή επιλογή των μορφολογικών και αισθητικών παραμέτρων όσων αφορά στις κατηγορίες όλων των γεφυρών και πιο συγκεκριμένα και των αστικών.

Η υλοποίηση της διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκε συνολικά σε 8 μήνες αναζητώντας στοιχεία για τις γέφυρες του κόσμου αλλά και για τις πεζογέφυρες που κοσμούν την πόλη της Αθήνας. Τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν για τη ολοκλήρωση της εργασίας είναι η βιβλιογραφία που ασχολείται αναλυτικά με την επιστήμη της γεφυροποιίας αλλά και ηλεκτρονική βιβλιογραφία.

Η δυσκολία που αντιμετώπισα κατά την αναζήτηση στοιχείων ήταν η ελλιπής βιβλιογραφία, τόσο στην ελληνική όσο και στη ξένη, σε αναλυτικά στοιχεία για τον τρόπο σχεδιασμού των διάφορων γεφυρών του κόσμου. Επιπλέον, επειδή προέρχομαι από την κατεύθυνση του συγκοινωνιολόγου μηχανικού, έπρεπε να μελετήσω μαθήματα που δεν έχω διδαχθεί τα οποία αφορούν μεταλλικές γέφυρες και σύμμικτες κατασκευές για την καλύτερη κατανόηση του αντικειμένου από άποψη μορφολογίας.

Η διαδικασία ήταν αρκετά χρονοβόρα και είχε κάποιες αντικειμενικές δυσκολίες αλλά το ότι το αντικείμενο ήταν τόσο ενδιαφέρον βοήθησε έτσι ώστε να μπορέσει να περατωθεί.

Η δομή της Διπλωματικής Εργασίας έχει ως εξής:

Αποτελείται συνολικά από έξι κεφάλαια μέσα από τα οποία γίνεται εκτενής ανάλυση του θέματος που πραγματεύεται.

Στο πρώτο κεφάλαιο προλογίζεται το θέμα ,γίνεται μια εισαγωγή στην έννοια της γέφυρας και ταυτόχρονα πραγματοποιείται μια ιστορική αναδρομή σχετικά με την πορεία εξέλιξης της γεφυροποιίας.

Ο τρόπος κατασκευής των γεφυρών και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι το αντικείμενο του δεύτερου κεφαλαίου. Η δόμηση σε πρόβολο, η σταδιακή προώθηση και τα εφένδρανα αναλύονται εκτενώς. Παράλληλα παρουσιάζονται τα υλικά που χρησιμοποιούνται κατά τη κατασκευή και οι ιδιότητες τους.

Στο τρίτο κεφάλαιο πραγματοποιείται η ανάλυση των γεφυρών, ανάλογα με το υλικό κατασκευής, το ελεύθερο άνοιγμα, το είδος του φορέα, τη ροή των δυνάμεων, τη χρήση και τη δυνατότητα μετακίνησης. Αναλύονται τα βασικά χαρακτηριστικά κάθε είδους και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του.

Ο ρόλος της αισθητικής στην σχεδίαση και κατασκευή των γεφυρών αποτελεί το θέμα του τέταρτου κεφαλαίου. Η αναλογία, η ακολουθία, η μορφή, το χρώμα και ο φωτισμός αποτελούν βασικές

παραμέτρους που μελετώνται κατά το σχεδιασμό των γεφυρών. Μια γέφυρα δεν έχει μόνο λειτουργική αξία αλλά και αισθητική.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται συνολικά 10 αναφορές γεφυρών. Πρόκειται για γέφυρες που βρίσκονται στη χώρα μας αλλά και σε όλο τον κόσμο και αποτελούν παραδείγματα του είδους που εκπροσωπούν.

Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται μια έρευνα πάνω σε χαρακτηριστικές αστικές γέφυρες της Αθήνας από άποψη μορφολογίας και αισθητικής καθώς και εάν έχουν επιτευχθεί οι λειτουργικοί, αισθητικοί και οικονομικοί στόχοι για τους οποίους κατασκευάστηκαν. Επιπλέον, αναφέρεται η ανάγκη για την κατασκευή ολοένα καιν περισσότερων πεζογεφυρών για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας αλλά και της κοινωνικής ζωής γενικά σε ένα αστικό περιβάλλον.

Τα συνολικά συμπεράσματα από την ανάλυση των γεφυρών τόσο από άποψη μορφολογίας όσο και αισθητικής παραθέτονται στο τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας. Η γεφυροποιία αποτελεί πολύ σημαντικό κλάδο της επιστήμης του μηχανικού και παράλληλα το τελικό αποτέλεσμα της κατασκευής της στις μέρες μας οφείλει να εναρμονίζεται κατάλληλα με το φυσικό περιβάλλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΠΡΟΛΟΓΟΣ-ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

1.1 Πρόλογος

Από την ιστορία μαθαίνουμε ότι ο πρώτος γεφυροποιός ήταν η ίδια η φύση. Η εκδοχή αυτή φαντάζει αδύνατη όμως είναι η μόνη που έχει επικρατήσει. Ένας δυνατός άνεμος ξερίζωσε τον κορμό ενός πανύψηλου δέντρου που βρισκόταν στην πλευρά μιας χαράδρας ή μιας όχθης ποταμού και έπεσε με τέτοιο τρόπο, ώστε να γεφυρώσει το χάσμα που υπήρχε κάτω απ' αυτόν. Με αυτό τον τρόπο δημιουργήθηκε η πρώτη γέφυρα. Έτσι η κατασκευή γεφυρών πρέπει να είναι ένα από τα πρώτα έργα υποδομής του ανθρώπου, τα οποία υλοποίησε εκ των ενόντων, αξιοποιώντας κορμούς δέντρων που είχαν πέσει στο έδαφος.

Στην πορεία του ο άνθρωπος αγωνίστηκε να συμφιλιωθεί με τη φύση, να δημιουργήσει πολιτισμό και να εκμεταλλευτεί την ελευθερία του. Η επικοινωνία υπήρξε πάντα ο βασικός καταλύτης για την ενσωμάτωση νέων στοιχείων στην κουλτούρα των κοινωνιών και κυρίαρχος παράγοντας διαμόρφωσης των πολιτισμών. Η άμεση επαφή των ανθρώπων προϋποθέτει την άρση των φυσικών εμποδίων καθώς και την ασφαλή κινητικότητα και συντόμευση των αποστάσεων. Στα πλαίσια αυτά ο άνθρωπος ήρθε αντιμέτωπος με την ίδια τη φύση προεκτείνοντάς την με γέφυρες.

Τα πέτρινα γεφύρια, έκφραση βασικής ανάγκης του ανθρώπου, ήταν αποτέλεσμα διαλόγου αλλά και σεβασμού του στο φυσικό περιβάλλον. Δημιούργησαν τη δική τους ιστορία, που εκφράζει την επικοινωνιακή ανάγκη του ανθρώπου να εκτεθεί σε άλλες κουλτούρες, να ανταλλάξει τα προϊόντα του και ακόμη, δυστυχώς, να δώσει τη δυνατότητα σε στρατούς να βιάσουν την ελευθερία του. Η ποικιλομορφία και η διαφορετικότητα στην αρχιτεκτονική σύνθεση των γεφυριών παραπέμπει στο «μεράκι» του πρωτομάστορα.

Η γέφυρα ως κατασκευή συμβολίζει τη νίκη της ανθρώπινης ευφυΐας έναντι των υλικών δυσκολιών, την απάντηση που ο άνθρωπος δίνει στις προκλήσεις που θέτει η φύση. Μία γέφυρα δεν γίνεται ποτέ για λόγους αισθητικούς. Είναι χρηστικό έργο το οποίο πρέπει να υπακούει σε αισθητικούς κανόνες τόσο απαιτητικούς, όσο και η θέση που πρόκειται να χωροθετηθεί.

Η ιστορία τις χρησιμοποιεί, αλλά και η μικρή ιστορία των ανθρώπων που ζουν κοντά σε μία γέφυρα πολλές φορές ταυτίζεται μαζί τους.

Οι άνθρωποι τρέφουν αισθήματα αγάπης για τις γέφυρες με τον ίδιο τρόπο που αγαπούν τα ποτάμια, τα δάση, τα βουνά ή τις πεδιάδες στο περιβάλλον τους (Leonhardt F., 1982).

1.2 Τι είναι γέφυρα

Η γέφυρα είναι μία αρχιτεκτονική ή τεχνική κατασκευή με την οποία επιτυγχάνεται ζεύξη δύο ή περισσότερων σημείων υπεράνω μεσολαβούντος εμποδίου (φυσικού ή τεχνικού). Είναι μια κατασκευή που έχει σκοπό τη συνέχεια μιας γραμμής επικοινωνίας, όπως μιας οδού (οδική γέφυρα), ενός

σιδηροδρόμου, μιας ροής πεζών ή ενός αγωγού, πάνω από ένα εμπόδιο. Τα συνήθη εμπόδια που γεφυρώνονται είναι ποτάμια ή γενικότερα υδάτινες επιφάνειες, άλλοι συγκοινωνιακοί άξονες, τεχνητές υδάτινες ροές, εδαφικές ταπεινώσεις κ.α.

Στη σημερινή οδοποιία και σιδηροδρομική, οι γέφυρες προσαρμόζονται πλήρως στη χάραξη (ως προς τις ακτίνες καμπυλότητας σε μηκοτομή και οριζοντιογραφία, τις επικλίσεις κλπ). Σε μικρές κοιλάδες όπου παλαιότερα η οδός θα ακολουθούσε τη φυσική κλίση του εδάφους ή θα κατασκευαζόταν σε επίχωμα χαμηλού ύψους, κατασκευάζεται πλέον γέφυρα που εξασφαλίζει ομαλή μηκοτομή με μικρότερη επέμβαση στο περιβάλλον. Επίσης παλαιότερα οι γέφυρες κατασκευάζονταν ευθύγραμμες σε οριζοντιογραφία, και κάθετες στον άξονα του εμποδίου. Σήμερα μεσαίου ανοίγματος γέφυρες κατασκευάζονται λοξές ως προς το εμπόδιο και σε καμπύλη, ακολουθώντας την χάραξη.

Προκειμένου να γίνει η οριστική επιλογή τόσο του υλικού όσο και του είδους του φορέα της γέφυρας, είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη μία σειρά παραγόντων. Οι σπουδαιότεροι από τους οποίους είναι:

- Τα φυσικά χαρακτηριστικά της περιοχής και τι πρόκειται να γεφυρώσει (τοπογραφία, γεωλογικά χαρακτηριστικά, έδαφος θεμελίωσης, υδρολογικά στοιχεία, σεισμολογικά χαρακτηριστικά, καιρικές συνθήκες, περιβαλλοντικές ιδιαιτερότητες κ.α.)
- Ο προορισμός της γέφυρας (οδική, σιδηροδρομική, πεζογέφυρα, μικτή κ.α.)
- Ο σκοπός του έργου (είδος και πυκνότητα κυκλοφορίας, μελλοντική πρόβλεψη, ταχύτητα ανέγερσης, διάρκεια ζωής, αισθητικές απαιτήσεις κ.α.)
- Τοπικές συνθήκες (δυνατότητα πρόσβασης, προβλήματα κατασκευής, χρόνος αποπεράτωσης κ.α.)
- Η στατική μορφή των κύριων δικών (αμφιέριστες, συνεχείς με ή χωρίς αρθρώσεις, ολόσωμες πρότυπες, σύνθετες ή κιβωτοειδείς, ισοστατικές ή υπερστατικές κ.α.)
- Η θέση του καταστρώματος και ο αριθμός τους
- Η λοξότητα
- Η γεωμετρική χάραξη άξονα (ευθύγραμμες ή καμπύλες, οριζόντιες ή κεκλιμένες).

Μετά την μελέτη όλων των παραπάνω παραγόντων, προσδιορίζεται η προσφορότερη, λαμβάνοντας υπόψη πάντα και τα τεchnοοικονομικά αποτελέσματα.

Ο σωστός σχεδιασμός όχι μόνο των γεφυρών, αλλά των διαφόρων τεχνικών έργων συμβάλλει στην αισθητική αξία του συνόλου του έργου. Ο όρος "αισθητική" παράγεται από την "αίσθηση", την εμπειρία δηλαδή που προσλαμβάνουμε μέσω των αισθήσεων. Η κατασκευή είναι τέχνη και για τον Oscar Wilde «η τέχνη είναι η έξυπνη διαμαρτυρία μας και η γενναία προσπάθειά μας να βάλουμε τη φύση στη θέση της».

1.3 Ιστορική αναδρομή

Είναι πραγματικά άξιοι θαυμασμού οι γεφυροποιοί των αρχαίων και μέσων χρόνων, γιατί με τα ατελή τεχνικά μέσα που διέθεταν και με τα μικρής αντοχής υλικά που χρησιμοποιούσαν, κατάφεραν να κατασκευάσουν γέφυρες που ακόμη και σήμερα η κατασκευή τους θεωρείται δύσκολη.

Πρόκειται για έργο που έχει την ίδια ηλικία με τον άνθρωπο ή και ακόμα μεγαλύτερη, μιας και ακόμα και ένας πεσμένος κορμός πάνω από ένα ποτάμι μπορεί να θεωρηθεί γέφυρα, η οποία δημιουργήθηκε από τη φύση (B. Graf, 2005).

Από τα πανάρχαια χρόνια, η αποκατάσταση της συνέχειας μιας οδού πάνω από μια υδάτινη ροή αποτελούσε σημαντικό πρόβλημα. Ο άνθρωπος, φύσει φιλέρευνον όν, θέλοντας να κατακτήσει την αντίπερα όχθη, έφτασε στην ανακάλυψη της γέφυρας. Δειλά στην αρχή, χρησιμοποιώντας ένα κούτσουρο ή πέτρες, διέσχισε για πρώτη φορά ρέματα και μικρά ποτάμια. Η χρήση περισσότερων από αυτά τα υλικά και η σύνδεση μεταξύ τους ήταν το επόμενο βήμα. Η τέχνη της σύνδεσης των υλικών αυτών εξελίχθηκε με το καιρό.

Δεν είναι αφύσικο το γεγονός ότι στη συνέχεια οι κατασκευές γεφυρών συνδέθηκαν με θρύλους, θυσίες ή και ανθρωποθυσίες. Πολλές είναι και οι γέφυρες οι οποίες τραγουδήθηκαν ή έγιναν αντικείμενα παράδοσης. Η κατασκευή γέφυρας εθεωρείτο άθλος. Ο άνθρωπος της νεολιθικής εποχής εκτιμάται ότι το 4.000 π.Χ. ήταν ήδη ώριμος να μιμηθεί τα φυσικά τόξα. Έτσι, επεξεργάζεται μεγάλους λίθους και τους τοποθετεί σε μορφές τόξων.

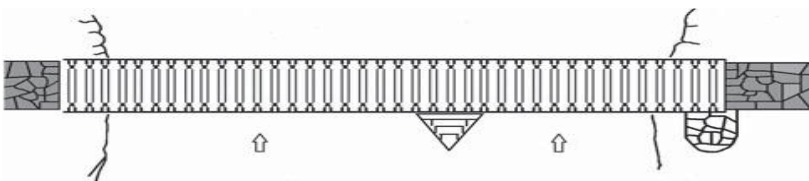
Η ονομασία των γεφυρών συχνά συνδυάζεται με τοπωνυμία της θέσης της γέφυρας, με τον κατασκευαστή και κάποτε με τον πολιτικό ή στρατιωτικό ηγέτη που διέταξε την κατασκευή της ή με το εμπόδιο που επιτυγχάνει να γεφυρώσει.

Τα υλικά δόμησης μέχρι τον 19ο αιώνα ήταν ξύλο και πέτρες. Την κατασκευή κυρτών γεφυρών κατείχαν οι Ρωμαίοι στα προχριστιανικά χρόνια και τα υλικά που χρησιμοποιούνταν ήταν φυσικοί λίθοι και σκυρόδεμα.

Οι πρώτες τεχνητές γέφυρες κατασκευάστηκαν από τον άνθρωπο με δύο τρόπους:

- α) με την τοποθέτηση μεγάλων, επίπεδων λίθων, πάνω από τις φυσικές ροές
- β) με μεγάλους κορμούς δέντρων, που γεφύρωναν μικρά ρεύματα.

Σχετικά σύντομα έγινε αντιληπτό ότι η τοποθέτηση δύο ή και περισσότερων κορμών δεμένων μεταξύ τους με σχοινιά έδινε μια περισσότερο αποτελεσματική κατασκευή.



Σχήμα 1.3.1 Γέφυρα με λίθινα βάθρα και ξύλινο κατάστρωμα.¹

Οι άνθρωποι που ζούσαν στους λιμναίους οικισμούς αντιλήφθηκαν πρώτοι τη δυνατότητα που προσέφεραν τα φυσικά σχοινιά. Η πλέξη αυτών των φυσικών σχοινιών οδήγησε στην κατασκευή των πρώτων κρεμαστών γεφυρών.

Οι Ρωμαίοι θεωρούνται οι κατεξοχήν επαγγελματίες κατασκευαστές γεφυρών, δημιουργώντας κληρονομιά εκατοντάδων γεφυρών που υπάρχουν ακόμη και στις μέρες μας. Η Pons Fabricius στη Ρώμη είναι το καλύτερο δείγμα. Το ίδιο και η Pons Sublicius που είναι φτιαγμένη από ξύλα. Δείγμα ρωμαϊκής γεφυροποιίας που διασώζεται ακόμη σε άριστη κατάσταση είναι και η γέφυρα Pont du Gard στη Γαλλία. Οι Αιγύπτιοι και οι Βαβυλώνιοι αποτελούν επίσης επιδέξιους κατασκευαστές. Οι Ρωμαίοι κατασκεύαζαν τις γέφυρες τους σε 4 στάδια: α) μελέτη και σχεδιασμός της γέφυρας, β) κόψιμο πέτρας που χρησιμοποιούσαν στις αψίδες, γ) κατασκευή στηριγμάτων, χτίσιμο θεμελίων και βάσης για την ενδιάμεση στήριξη, κατασκευή αψίδων και δ) ολοκλήρωση της κατασκευής με διακοσμητικά στοιχεία.

Το καλοκαίρι του 512 π.Χ. ο στρατός του Δαρείου με 700.000 στρατιώτες, βοηθητικούς και μάχιμους πέρασε τον Βόσπορο πάνω σε μια καταπληκτική πλωτή γέφυρα που κατασκεύασε ο Σάμιος Μανδροκλής. Μέχρι σήμερα υπάρχουν αναφορές για το σημείο γεφύρωσης στον Στράβωνα και τον Ξενοφώντα και αυτή είναι η πρώτη γέφυρα που ένωσε Ασία και Ευρώπη.

Ο Ηρόδοτος αναφέρει ότι για τη γέφυρα του Ευφράτη στη Βαβυλώνα, έχτισαν κάθε 9 μέτρα λίθινα μεσόβαθρα πάχους 9μ. και στήριξαν πάνω τους ξύλινα δοκάρια, μερικά απ' τα οποία αφαιρούνταν τη νύχτα για ασφάλεια. Ξύλινα δοκάρια χρησιμοποιήθηκαν όχι μόνο στους φορείς αλλά αρκετές φορές και στα μεσόβαθρα.

Ο ποταμός Ευρυμέδων ή Ευρυμέδοντας είναι ποτάμι της Μικράς Ασίας που εκβάλλει στη Μεσόγειο, στον κόλπο της Αττάλειας. Είναι γνωστός από την αρχαιότητα τόσο για το μήκος και εύρος που του έδωσαν και το όνομά του, όσο και για την μάχη που δόθηκε εκεί μεταξύ Ελλήνων και Περσών το 469 ή 466 π.Χ. Η ονομασία του στα τουρκικά σημαίνει το ποτάμι με τα γεφύρια, επειδή έχει μεγάλο μήκος, αλλά και φαράγγια και χρειάστηκε ήδη από την αρχαιότητα να οικοδομηθούν σε πολλά σημεία του γέφυρες. Κατά μήκος του σώζονται και σήμερα δύο ρωμαϊκές γέφυρες.



Εικόνα 1.3.1 Γέφυρα ρωμαϊκής εποχής κοντά στην αρχαία Σέληη (ποταμός Ευρυμέδοντας.)²

Ιστορικό ενδιαφέρον έχουν επίσης και οι ξακουστές κρεμαστές γέφυρες στην επαρχία Γιουνάν της Κίνας περί το 300 π.Χ. Το ξύλινο δάπεδο της γέφυρας στην πόλη King-tung-fu κρεμόταν από αλυσίδες με κρίκους από σφυρήλατο σίδηρο. Ο Marco Polo (1254-1324) περιέγραψε δώδεκα τέτοιες γέφυρες που γνώρισε κατά τη διάρκεια των ταξιδιών του στην Κίνα. Σημαντικές περιγραφές αυτών των γεφυρών υπάρχουν και σε χειρόγραφα Περσών και Αράβων περιηγητών, σύγχρονων του Marco Polo.

Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει και στους Ινδιάνους Ίνκας της Ν. Αμερικής που είχαν εγκαταστήσει ένα εκτεταμένο δίκτυο δρόμων κατά μήκος των εδαφών προς τον Ειρηνικό ωκεανό και πάνω στις Άνδεις, με πολλές κρεμαστές γέφυρες από σκοινιά. Κάποιες από αυτές τις γέφυρες ήταν κατασκευασμένες για δρομείς και κάποιες για κοπάδια λάμα. Όπως έγραψε ο δρ. Όχσεντορφ σε μια μελέτη του, «οι Ίνκας ήταν ο μόνος αρχαίος αμερικανικός πολιτισμός που κατασκεύασε κρεμαστές γέφυρες». Τέτοιες γέφυρες υπήρξαν και σε άλλες ορεινές περιοχές του κόσμου, όπως στα Ιμαλάια και την αρχαία Κίνα, όπου από τον 3^ο π.Χ. αιώνα κατασκευάζονταν γέφυρες από σιδερένιες αλυσίδες. Όταν αντίκρισαν τις κατασκευές αυτές οι Ισπανοί κατακτητές το 1532, σάστισαν. Πουθενά στην Ευρώπη δεν είχαν ξαναδεί τόσο μεγάλες κρεμαστές γέφυρες. Τις είχαν φτιάξει οι Ίνκας για να μπορούν να διαβαίνουν τις βαθιές χαράδρες στα τροπικά δάση των περουβιανών Άνδεων.

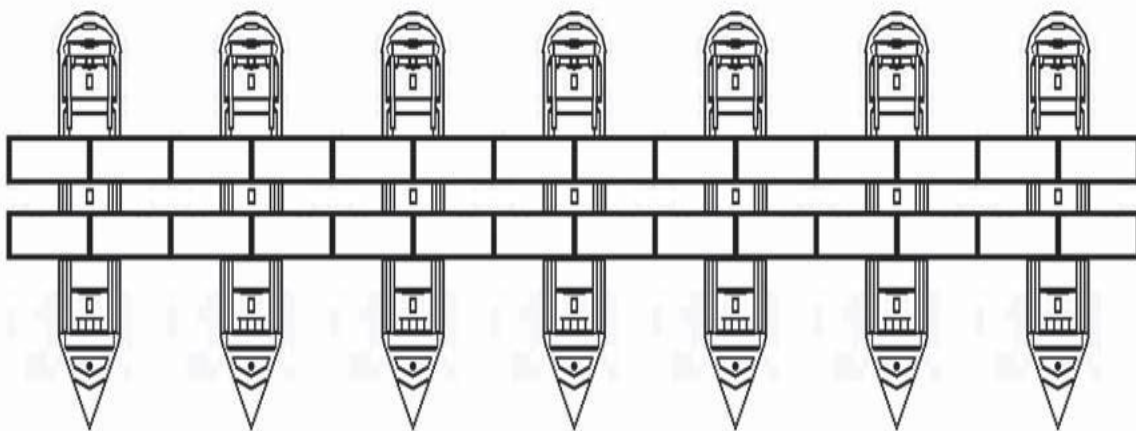
Σήμερα, επιστήμονες από το Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Μασαχουσέτης (M.I.T.) χρησιμοποιούν τα ίδια υλικά που είχαν στη διάθεσή τους οι Ίνκας και υφαίνουν μεγάλα σχοινιά επιχειρώντας να φτιάξουν και οι ίδιοι αντίστοιχες γέφυρες, με σκοπό να αποκρυπτογραφήσουν τα μυστικά που γνώριζαν οι αυτοδίδακτοι μηχανικοί της προ-κολομβιανής Αμερικής. Οι κρεμαστές γέφυρες των Ίνκας σχημάτιζαν τόξα που έφθαναν σε μήκος τουλάχιστον τα 50 μέτρα. Τόσο μεγάλο άνοιγμα τόξου δεν υπήρχε σε καμία ευρωπαϊκή γέφυρα εκείνη την εποχή. Χαρακτηριστικά, η μεγαλύτερη ρωμαϊκή γέφυρα που υπήρχε τότε στην Ισπανία, διέθετε καμάρες όπου τα κοίλα μέρη της είχαν μήκος 30 μέτρα. Και φυσικά καμία από αυτές τις γέφυρες δεν είχε ανεγερθεί πάνω από κάποιο φαράγγι.

Ακόμη μια υστερορωμαϊκή γέφυρα που αποτελεί ένα από τα παλαιότερα παραδείγματα γέφυρας με καταβιβασμένα τόξα στον κόσμο, είναι η Γέφυρα των Λιμύρων ("γέφυρα των σαράντα αψίδων") κοντά στην αρχαία πόλη Λίμυρα της Λυκίας, στη σημερινή νοτιοδυτική Τουρκία. Έχει μήκος 360 μέτρα και 26 αψίδες, οι οποίες με αναλογία ύψους προς πλάτος 1:5,3 της προσδίδουν ένα εξαιρετικά επίπεδο προφίλ. Η αρχιτεκτονική αυτή κάνει τη συγκεκριμένη γέφυρα να ξεχωρίζει ιδιαίτερα, καθώς παρόμοιες αναλογίες δεν επετεύχθησαν ξανά. Μόλις τη δεκαετία του 1970 γερμανοί αρχαιολόγοι διεξήγαγαν τη μοναδική μέχρι σήμερα επί τόπου μελέτη του κτίσματος.



Εικόνα 1.3.2 Η τέταρτη καμάρα της γέφυρας των Λιμύρων.³

Στο Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο χρησιμοποιήθηκε ευρέως η λεγόμενη λεμβόζευκτη γέφυρα η διάταξη της οποίας εικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα.



Σχήμα 1.3.2 Λεμβόζευκτη γέφυρα⁴

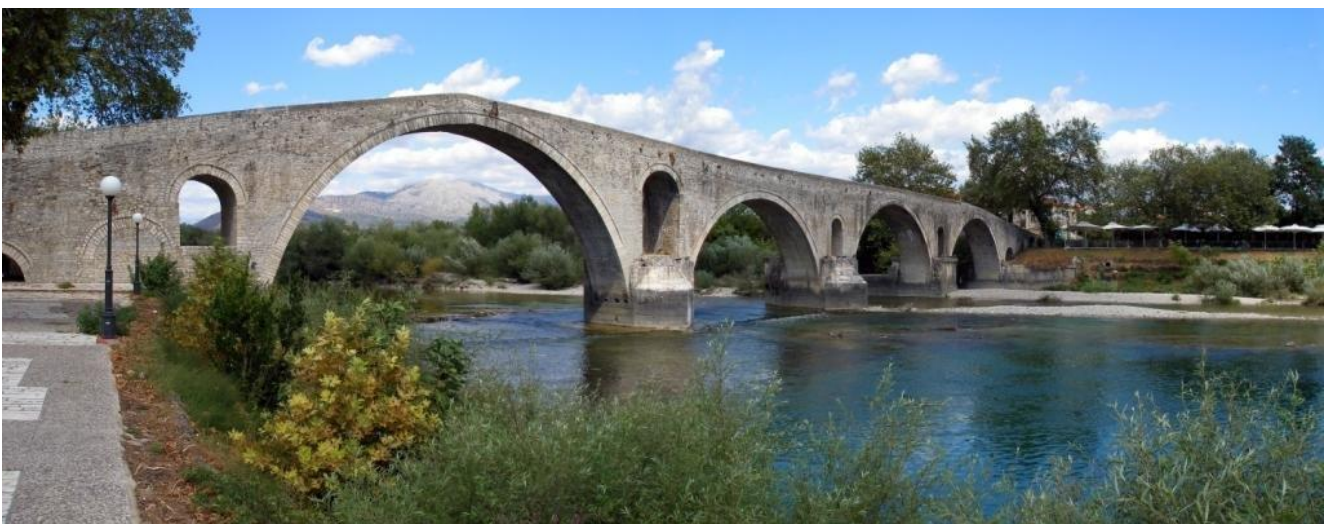
Ένα επίσης αξιοσημείωτο αρχαίο γεφύρι της Ελλάδας με τρεις γέφυρες να σχηματίζουν το σχήμα ενός Υ βρίσκεται στην Μεσσηνία. Ονομάζεται «δυωφίρι της Μαυροζούμαινας» και βρίσκεται στην τοποθεσία της αρχαίας Βαλύρας, έχει κτιστεί με τοξωτή, μυκηναϊκή τεχνική και είναι το αρχαιότερο δείγμα γέφυρας με αυτήν την δομή στην Ελλάδα καθώς χρονολογείται από την εποχή του Επαμεινώνδα, όταν ελευθερώθηκε η Μεσσηνία. Χτίστηκαν κατά τον Ιωνά Κεφάλα 7 συνολικά γέφυρες εκ των οποίων οι 6 στον ποταμό Μαυροζούμενα και η μια στον Πάμμισο. Είναι το αρχαιότερο εν λειτουργία γεφύρι της Ευρώπης –με νέα επιστροφή– και ενώνει τα χωριά Μελιγαλά, Νεοχώρι και Μαγούλα-Στενύκλαρο. Από εκεί περνούσαν οι πιστοί που τελούσαν τα μυστήρια της Ανδανίας. Με τις αρχαίες γέφυρες του Άργους και Ελευσίνας, είναι περίπου της ίδιας χρονολογίας



**Η Αρχαία γέφυρα του ποταμού "Βαλύρα"
στο Νεοχώρι Ιθώμης
Η αρχαιότερη σε λειτουργία γέφυρα της Ευρώπης**

Εικόνα 1.3.3 Η γέφυρα του ποταμού Βαλύρα.⁵

Θα ήταν παράλειψη να μην αναφερθούμε και στο Γεφύρι της Άρτας, την λιθόκτιστη γέφυρα του ποταμού Αράχθου, του 17ου αιώνα μ.Χ., που έγινε πασίγνωστο από το ομώνυμο θρυλικό δημοτικό τραγούδι που αναφέρεται στην "εξ' ανθρωποθυσίας" θεμελίωσή του. Η αρχική κατασκευή του γεφυριού τοποθετείται στα χρόνια της κλασικής Αμβρακίας επί βασιλείως Πύρρου Α. Αυτό είναι φυσικό, δεδομένου ότι σε αυτά τα μέρη αναπτύχθηκε αξιόλογος πολιτισμός από τα προχριστιανικά ακόμη χρόνια. Συνεπώς, οι αρχαίοι Αμβρακιώτες είχαν ανάγκη να κατασκευάσουν στο σημείο αυτό κάποιο πέρασμα, γεφύρι, έργο που βελτιώθηκε στα Ελληνιστικά χρόνια, όταν ο βασιλιάς Πύρρος Α' έκανε την Αμβρακία πρωτεύουσα του κράτους του, κι ακόμη αργότερα - στα ρωμαϊκά χρόνια - με την άνθηση της διπλανής Νικόπολης. Τη σημερινή του μορφή, το Γεφύρι της Άρτας απέκτησε το έτος 1602-1606 μ.Χ. Το σημερινό μήκος του πέτρινου γεφυριού της Άρτας φτάνει στα 145μ. , και το πλάτος του είναι 3,75μ. Οι τέσσερις ημικυκλικές καμάρες δεν έχουν καμία συμμετρία μεταξύ τους. Τα βάθρα του είναι κτισμένα με μεγάλους κανονικούς λίθους κατά το ισοδομικό σύστημα, με επίστεψη, έτσι που θυμίζουν τοιχοποιία ελληνιστικών μεγάρων.



Εικόνα 1.3.4 Το γεφύρι της Άρτας.⁶

Ακόμη μια σημαντική αναφορά αποτελεί και η Χαλκίδα, μια από τις μεγαλύτερες Ελληνικές πόλεις της αρχαιότητας, πολύ πριν από την Αθήνα και τη Σπάρτη. Μετά τους Μηδικούς πολέμους οι Χαλκιδέοι έχτισαν πύργους κι έστησαν γέφυρες. Κατά τη Βυζαντινή περίοδο βελτιώθηκε η κυριότερη εξ' αυτών γέφυρα και οχυρώθηκε κατά Βυζαντινό τρόπο όλη η Πόλη. Μετά τη Δ΄ Σταυροφορία (1204 - 1205) η Χαλκίδα (όπως ονομαζόταν από τους Ενετούς) πέρασε στην ιδιοτελή επικυριαρχία των Βενετών, οι οποίοι επιδιόρθωσαν τα τείχη και κατασκεύασαν νέα γέφυρα στον Εύριπο, η οποία άνοιγε για να περνούν τα πλοία. Η ιστορία της γεφύρωσης του στενότερου μέρους του πορθμού εκτείνεται σε 2500 χρόνια. Τα απαραίτητα έργα επιχωμάτωσης αλλά και ο ιδανικότερος τρόπος κατασκευής και λειτουργίας της, υπήρξε αντικείμενο πολύχρονων συζητήσεων.

Η ρωμαϊκή τεχνική επικρατούσε στη γεφυροποιία μέχρι το 18^ο αιώνα, με ορισμένες βελτιώσεις που καθιερώθηκαν κυρίως από το 16^ο αιώνα. Η πρώτη γέφυρα από σύγχρονο υλικό (χυτοσίδηρο) είναι η «Ironbridge» στο Coalbrookdale στην Αγγλία, με άνοιγμα 30μ που κατασκεύασε ο μηχανικός Abraham Darby το έτος 1779. Η βελτιωμένη επεξεργασία του χάλυβα αύξησε την αντοχή του σε εφελκυσμό και έδωσε σημαντική ώθηση στην κατασκευή μεγάλων κρεμαστών γεφυρών. Από τις πρώτες αυτού του είδους είναι και η γέφυρα Menai στην Ουαλία, με κεντρικό άνοιγμα 177μ. και συνολικό μήκος 521μ. από τον Thomas Telford μεταξύ 1818-1826.



Εικόνα 1.3.5 Γέφυρα από χυτοσίδηρο στο Coalbrookdale στην Αγγλία (1779).⁷

Συμπερασματικά λοιπόν, η εξέλιξη της γεφυροποιίας ακολούθησε τις εξής τρεις φάσεις:

Φάση 1η: 4000 π.Χ. - 200 π.Χ.

Χρήση ακατέργαστων ή ελαφρώς κατεργασμένων υλικών όπως μεγάλες πλάκες, ογκόλιθοι, κορμοί και μεγάλα κλαδιά δέντρων κ.ά.

Φάση 2η: 200 π.Χ. - 1780 μ.Χ

Χρήση μερικώς κατεργασμένων υλικών όπως λαξευμένες πέτρες και ξύλινα δοκάρια διαφόρων σχημάτων και μεγεθών.

Φάση 3η: 1780 μ.Χ. - σήμερα.

Χρήση πλήρως κατεργασμένων υλικών όπως σίδηρο, ατσάλι και οπλισμένο σκυρόδεμα.

Το μπετόν, αποτελεί σύγχρονο υλικό που αξιοποιήθηκε κατά το δεύτερο μισό του 19^{ου} αιώνα, το ίδιο και ο σίδηρος, αρχικά ως χυτοσίδηρος, αλλά πολύ πιο γρήγορα ως χάλυβας. Η πρώτη γέφυρα που κατασκευάστηκε είναι το 1875 από τον Joseph Monier. Γέφυρες από σιδηροπαγές σκυρόδεμα με μεγάλα τόξα κατασκευάστηκαν τις πρώτες δεκαετίες του 20^{ου} αιώνα. Μετά το Β' παγκόσμιο πόλεμο αναπτύχθηκε η τεχνολογία του προεντεταμένου σκυροδέματος οπότε και κατασκευάστηκαν γέφυρες με μεγαλύτερα ανοίγματα. Οι πολύ υψηλές αντοχές του χάλυβα επέτρεψαν, την κατασκευή πολύ μεγάλων γεφυρών. Σημαντικότερη επίδραση στη γεφυροποιία άσκησε η ανάπτυξη του σιδηροδρόμου. Είναι βέβαιο ότι η ανάπτυξη της γεφυροποιίας και του σιδηροδρόμου αλληλοστηρίχθηκαν και συμβάδισαν χρονικά.

Οι βασικοί τύποι γεφυρών με την πάροδο των χρόνων δεν άλλαξαν. Βέβαια η ποικιλία των νέων υλικών και οι εξαιρετικές δυνατότητες τους, επέτρεψαν θαυμαστά επιτεύγματα, φθάνοντας σε γέφυρες με άνοιγμα μεγαλύτερο από 1 χιλιόμετρο.

Με το πέρασμα των ετών, αποδείχθηκε ότι σε πολλές περιπτώσεις κατασκευής εύκαμπτων γεφυρών δεν ελήφθησαν τα απαραίτητα μέτρα στον τομέα της ασφάλειας τόσο κατά το σχεδιασμό τους, όσο και κατά τη διάρκεια της κατασκευής και λειτουργίας τους, με αποτέλεσμα αυτές να υφίστανται σημαντικές βλάβες. Επίσης, πολλές υφιστάμενες γέφυρες, κυρίως αυτές που είναι κατασκευασμένες από οπλισμένο σκυρόδεμα, επιδεικνύουν σημάδια φθοράς ή γήρανσης με ταχύ ρυθμό και γρηγορότερα από τον προβλεπόμενο χρόνο συντήρησης ή αποκατάστασής τους. Η εμπειρία αυτών των καταστροφών δίδαξε πολλά τους μηχανικούς σε ότι αφορά την εξασφάλιση της ασφάλειας των κατασκευών με αποτέλεσμα τις τελευταίες δεκαετίες να έχει ξεκινήσει παγκοσμίως μια συστηματική προσπάθεια παρακολούθησης (monitoring) της κινηματικής,

Παράλληλα σημαντική καθίσταται σήμερα και η ανάγκη διαχείρισης μεγάλου πλήθους γεφυρών που οδήγησε στην απαίτηση για ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης γεφυρών (BMS). Η FHWA (1987) ορίζει το Σύστημα Διαχείρισης Γεφυρών (Σ.Δ.Γ.) ως μία περιεκτική μέθοδο για τη λήψη αποφάσεων σχετικών με ενέργειες διαχείρισης γεφυρών κατά ένα συστηματικό τρόπο. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για μία ενιαία σειρά διαδικασιών για την κατεύθυνση ή τον έλεγχο όλων των ενεργειών που σχετίζονται με τη διαχείριση των γεφυρών. Η διαχείριση όχι μόνο των γεφυρών αλλά γενικά των υποδομών, δηλαδή το σύνολο των δραστηριοτήτων (επιθεωρήσεις, επισκευές, συντήρηση, κατανομή πόρων κ.α.) που απαιτούνται κατά τη διάρκεια ζωής αυτών, με τις οποίες επιτυγχάνεται η αποδοτική, οικονομική και ασφαλής λειτουργία τους κρίνεται πλέον απαραίτητη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΓΕΦΥΡΩΝ

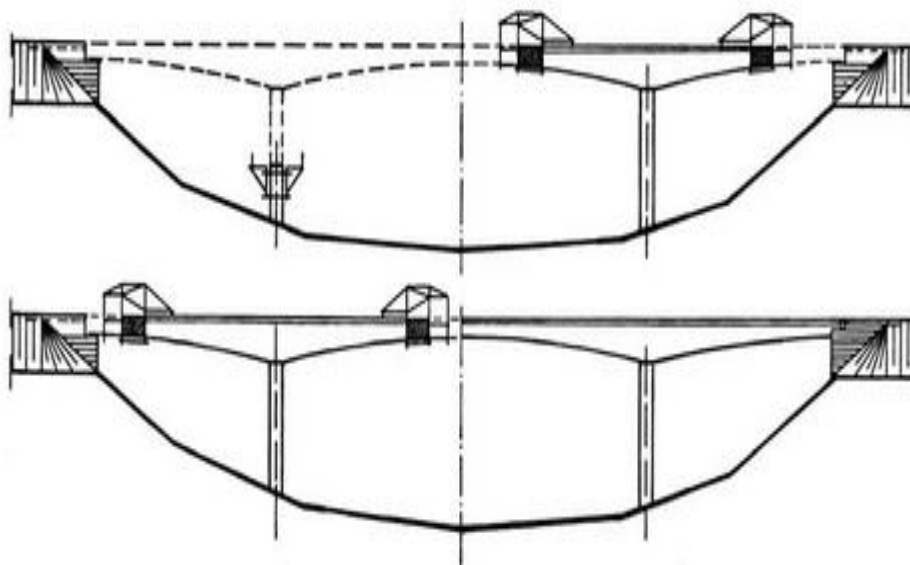
2.1 Κατασκευή με δόμηση σε πρόβολο

Η κατασκευή γεφυρών σε σπονδύλους, οι οποίοι κατά τη φάση κατασκευής λειτουργούν ως πρόβολοι από τα βάθρα, είναι γνωστή ως προβολοδόμηση. Η προβολοδόμηση ενδείκνυται για μεσαία και μεγάλα ανοίγματα, και ιδιαίτερα όταν το προς γεφύρωση άνοιγμα παρουσιάζει σημαντικές δυσκολίες πρόσβασης (ποταμός) ή είναι μεγάλου ύψους (χαράδρα), αλλά και για γέφυρες μεταβλητού πλάτους. (Δ. Θεοδωρακόπουλος - Ε. Μπούσιας - Π. Γιαννόπουλος, 2003).

Σπόνδυλος ορίζεται κάθε διακεκριμένο τμήμα κατασκευής της ανωδομής της γέφυρας, το οποίο έχει συγκεκριμένο σχήμα διατομής και σχετικό μήκος, σύμφωνα με τα λεπτομερή σχέδια της μελέτης (ΥΠΕΧΩΔΕ, ΠΕΤΕΠ 05-01-02-02, 2006).

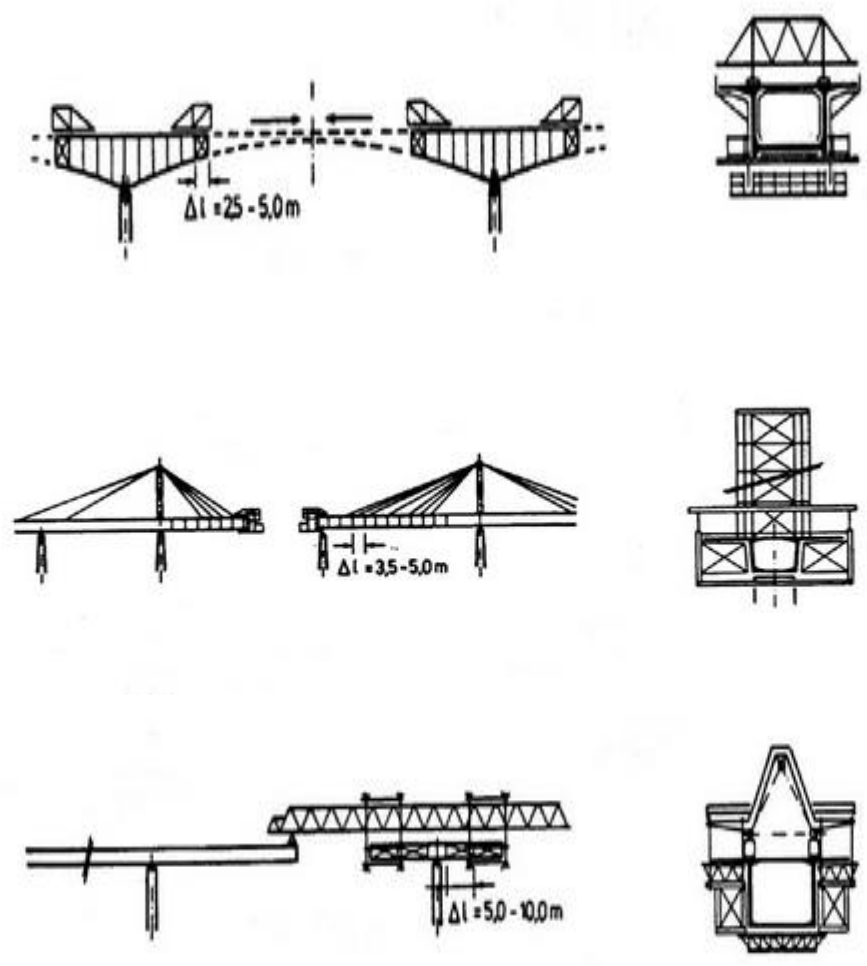
Κάθε σπόνδυλος προεντίνεται αμέσως μετά την τοποθέτηση του, γεγονός που του επιτρέπει να φέρει το ίδιο βάρος με λειτουργία προβόλου ως προς τον προηγούμενο σπόνδυλο. Η κατασκευή των σπονδύλων εκτελείται συμμετρικά ως προς το μεσόβαθρο, ενώ οι σπόνδυλοι δημιουργούνται είτε με επιτόπια σκυροδέτηση τμημάτων μήκους 3 έως 5μ. είτε προκατασκευάζονται.

Η αμφίπλευρη δόμηση επιτόπου σκυροδετούμενων σπονδύλων πραγματοποιείται συνήθως χωρίς ενδιάμεση προσωρινή στήριξη, η οποία βέβαια είναι απαραίτητη όταν το βάθρο έχει μικρή δυσκαμψία ή όταν η σύνδεση του με το κατάστρωμα υλοποιείται με άρθρωση. Αντίστοιχα η προβολοδόμηση με προκατασκευασμένους σπονδύλους μπορεί να δημιουργήσει πολύ μεγάλες καμπτικές ροπές στη κατασκευή, γεγονός που οδηγεί στη χρήση ενδιάμεσων στηρίξεων ή καλωδίων ανάρτησης.



Σχήμα 2.1.1 Σταδιακή κατασκευή φορέων γεφυρών σε σπονδύλους. ⁸

Σε σύγκριση με την κατασκευή ικριωμάτων (κόστους 40% του συνολικού κόστους της γέφυρας) η προβολοδόμηση είναι αποδεδειγμένα οικονομικότερη (25-35% του συνολικού κόστους).



Σχήμα 2.1.2 Κλασική μέθοδος προβολοδόμησης και οι παραλλαγές της με τη χρήση βοηθητικών καλωδίων και βοηθητικών φορέων αντίστοιχα.⁹

Οι σπόνδυλοι κατασκευάζονται με "κλειδιά", δηλαδή εσοχές-εξοχές, που εφαρμόζουν και ταυτόχρονα τοποθετείται εποξειδική ρητίνη. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται ασφαλής μεταφορά των εντατικών μεγεθών, μείωση των χρόνιων ερπυστικών παραμορφώσεων, αποφυγή των δαπανηρών αρθρώσεων/ αρμών και αποφυγή της διάβρωσης του οπλισμού από εισροή νερού στη διεπιφάνεια των σπονδύλων. Η ρητίνη δρα πριν την πήξη της ως λιπαντικό των επιφανειών κατά τη φάση συναρμογής των σπονδύλων, ενώ μετά τη σκλήρυνση της δρα ως υγρομονωτικό και αποκαθιστά τη συνέχεια της καμπυλικής και διατμητικής αντοχής στη διατομή συναρμογής.

Η προένταση κατά μήκος της γέφυρας γίνεται εύκολα στη δόμηση κατά πρόβολο και αποτελείται ουσιαστικά από δυο ομάδες τενόντων: α) τους τένοντες του προβόλου, οι οποίοι εξασφαλίζουν τη συναρμολόγηση των τμημάτων που ανεγείρονται και τοποθετούνται και αγκυρώνονται στη συναρμογή των κορμών της διατομής με την άνω πλάκα και β) τους τένοντες συνέχειας, με τους οποίους ενοποιούνται γρηγορότερα και ευκολότερα τα διαδοχικά τμήματα αλλά και μειώνονται οι απαιτήσεις εξωτερικής προέντασης.

Ένας τυπικός κύκλος προβολοδόμησης διάρκειας μιας εβδομάδας περιλαμβάνει την προένταση, την προώθηση φορείου, το πέρασμα των τενόντων, την τοποθέτηση του οπλισμού, τη σκυροδέτηση και τη φάση σκλήρυνσης του σκυροδέματος και συντήρησης. Αυτή η επαναληψιμότητα του κύκλου δραστηριοτήτων μειώνει το κόστος εργασίας, ενώ το φορείο-ξυλότυπος είναι προσαρμόσιμο για χρήση στη κατασκευή άλλων γεφυρών.

Στη χώρα μας η μέθοδος έχει εφαρμοσθεί από τη δεκαετία του 1960 και έπειτα, σε γέφυρες συνδεδεμένες με έργα της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού, Μέγδοβας, Τατάρνα, Υψηλή γέφυρα Σερβίων, Πλατανόβρυση περιοχή ποταμού Νέστου (Φωτογραφίες 3.1.1, 1993) κ.α.



Εικόνες 2.1.1 Πλατανόβρυση περιοχή ποταμού Νέστου. ¹⁰

Στην εντελώς σύγχρονη πραγματικότητα η μέθοδος εφαρμόζεται σε γέφυρες κατά μήκος μεγάλων οδικών αξόνων, όπως η Εγνατία οδός αλλά και σε μικρότερης κλίμακας έργα, όπως ο Βόρειος άξονας Κρήτης.

2.2 Κατασκευή με σταδιακή προώθηση

Η μέθοδος κατασκευής γεφυρών με προώθηση παρουσιάστηκε στη σημερινή της μορφή το 1965, ενώ σήμερα έχει επιτευχθεί με μονόπλευρη προώθηση μέγιστο μήκος γέφυρας περίπου 1200μ.

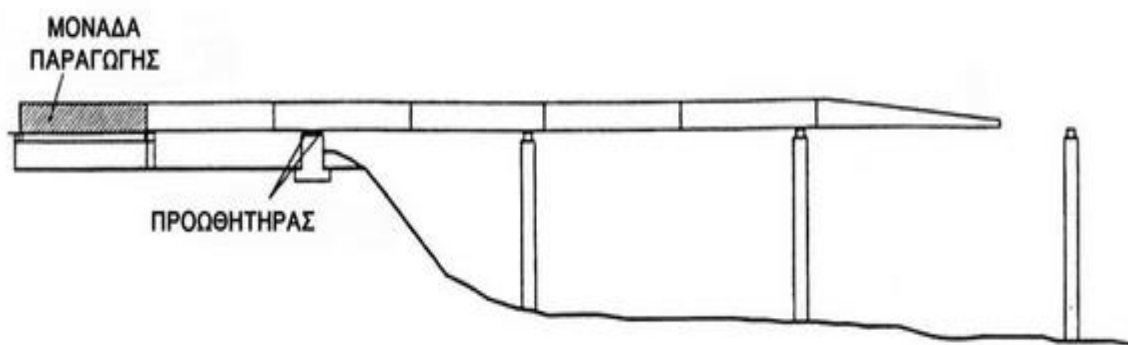
Πρόκειται για μέθοδο αναπτυχθείσα από τους W. Baur – F. Leonhardt στις αρχές της δεκαετίας 1960 και που κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας μέχρι και το 1982. Σταθμό στην ανάπτυξη της μεθόδου αποτελούν οι γέφυρες στους ποταμούς Rio Caroni - Βενεζουέλα 1961 και Inn στο Kufstein της Αυστρίας 1965. Μέχρι σήμερα περισσότερες από 1000 γέφυρες σε όλο τον κόσμο έχουν κατασκευασθεί με τη μέθοδο της προώθησης.

Αποτελεί ιδανική λύση για ευθύγραμμες και κυκλικές χαράξεις, αλλά εφαρμόζεται υπό προϋποθέσεις και σε κλωθοειδείς. Παράλληλα εφαρμόζεται χωρίς προβλήματα και για κατά μήκος κλίση μέχρι 4%. Η κατασκευή πραγματοποιείται με προοδευτικά σε σπονδύλους (μονάδες) μήκους 15-30μ. πάνω σε σταθερό έδαφος, πίσω από το ακρόβαθρο.

Κάθε μονάδα σκυροδετείται σε πλήρη επαφή με την προηγούμενη και από τον αρμό διέρχεται ο χαλαρός οπλισμός και ο οπλισμός προέντασης. Ο ξυλότυπος εδράζεται σε δύσκαμπτη εσχάρα δοκών, που αποτελείται από διαμήκεις και εγκάρσιες δοκούς και μετακινείται κατακόρυφα με υδραυλικούς γρύλους.

Η σκυροδέτηση πραγματοποιείται σε δυο φάσεις: σε πρώτη φάση σκυροδετούνται ο πυθμένας και οι κορμοί και σε δεύτερη φάση η πλάκα κυκλοφορίας. Ο εσωτερικός ξυλότυπος αποτελείται από στοιχεία που επιτρέπουν τη διαμόρφωση διαδοκίδων, μετώπων αγκύρωσης των καλωδίων προέντασης κ.α. Αφαιρείται την επομένη της σκυροδέτησης των κορμών και τοποθετείται ο ξυλότυπος οροφής. Μετά και την τοποθέτηση του οπλισμού της πλάκας κυκλοφορίας ακολουθεί η σκυροδέτηση της.

Η μέθοδος συνίσταται στην προοδευτική κατασκευή του φορέα κατά σπονδύλους 15 -30 m και την εν συνεχεία προώθηση τους συνήθως από το ένα ακρόβαθρο (Σχήμα 3.2.1).



Σχήμα 2.2.1 Προοδευτική κατασκευή κατά σπονδύλους¹¹

Σχετικά με τη διάταξη των τενόντων, ο φορέας στη φάση κατασκευής προεντίνεται κεντρικά με ευθύγραμμους τένοντες που διατάσσονται στην πάνω και την κάτω πλάκα, πλησίον των κορμών. Σε κάθε φάση προεντίνεται το 50% των τενόντων, ενώ το υπόλοιπο 50% διέρχεται ελεύθερο.

Ανεξάρτητα από το μήκος της μονάδας η οικονομική επιτυχία της μεθόδου έγκειται στην αυστηρή τήρηση του ρυθμού κατασκευής, ο οποίος είναι ακριβώς μια εβδομάδα. Στη μείωση του κόστους και του χρόνου παίζει ρόλο το γεγονός πως όλες οι εγκαταστάσεις είναι μόνιμες, όπως ο γερανός και το συγκρότημα σκυροδέτησης.

Ένας τυπικός εβδομαδιαίος κύκλος περιλαμβάνει:

- 1^η ημέρα Προένταση διαμήκων καλωδίων, καταβιβασμός ξυλότυπου, προώθηση φορέα κατά ένα σπόνδυλο, καθαρισμός και επανατοποθέτηση εξωτερικού ξυλότυπου.
- 2^η ημέρα Τοποθέτηση οπλισμού πυθμένα και κορμών, τοποθέτηση εσωτερικού ξυλότυπου.
- 3^η ημέρα Σκυροδέτηση πυθμένα και κορμών.
- 4^η ημέρα Απομάκρυνση εσωτερικού ξυλότυπου, τοποθέτηση ξυλότυπου οροφής, τοποθέτηση οπλισμού πλάκας κυκλοφορίας.
- 5^η ημέρα Ολοκλήρωση οπλισμού πλάκας κυκλοφορίας και σκυροδέτηση.
- 6^η/7^η ημέρα Σκλήρυνση σκυροδέματος – συντήρηση.

Για σπονδύλους μέχρι 30μ. που αντιστοιχούν σε ανοίγματα των 60μ. η τυπική διαδικασία διαρκεί μια εβδομάδα. Ο οπλισμός προτοποθετείται πίσω από την κλίνη κατασκευής και σύρεται με την προώθηση, έτσι ώστε στην αρχή του κύκλου κατασκευής ο βασικός οπλισμός του νέου σπονδύλου να είναι έτοιμος. Ο σταθερός κύκλος κατασκευής βοηθά στην ακριβή κοστολόγηση του έργου και τον σωστότερο οικονομικό του έλεγχο.

Για ανοίγματα μέχρι 60μ. η μέθοδος αυτή δίνει την δυνατότητα κατάργησης των ικριωμάτων ή απαιτεί την εγκατάσταση μόνο ενός βοηθητικού μεσόβαθρου για μεγαλύτερα ανοίγματα. Σημαντικά πλεονεκτήματα είναι επίσης η μικρή επίδραση των καιρικών συνθηκών στην κατασκευή και το μικρό κόστος εξοπλισμού συγκριτικά με άλλων κατασκευαστικών μεθόδων. Φυσικά και η ποιότητα κατασκευής είναι υψηλή εφόσον η παραγωγική διαδικασία επαναλαμβάνεται τυποποιημένα. Η μεγάλη ανθεκτικότητα του φορέα οφείλεται στο συνδυασμό της υψηλής ποιότητας κατασκευής με την επιβολή υψηλής κεντρικής προέντασης στη φάση κατασκευής.

Οι κυριότερες αδυναμίες της σταδιακής προώθησης που περιορίζουν το πεδίο εφαρμογής της είναι:

- α) αδυναμία εφαρμογής σε τυχούσα χάραξη
- β) αυξημένη ανάλωση χάλυβα προέντασης
- γ) απαίτηση αυστηρών προδιαγραφών ακριβείας σε μελέτη-κατασκευή
- δ) αδυναμία κατασκευής ενισχύσεων (μέγιστο άνοιγμα 80μ.)
- ε) αδυναμία επιτάχυνσης της κατασκευής πέραν του εβδομαδιαίου ρυθμού.

Στη χώρα μας η μέθοδος έχει εφαρμοσθεί:

α) Στην γέφυρα που κατασκευάστηκε στην περιοχή της Κομοτηνής κατά μήκος του άξονα της Εγνατίας οδού (Εικόνα 2.2.1)

β) Στη γέφυρα Δρυμόνα που κατασκευάστηκε στον άξονα Πάτρα - Αθήνα - Θεσσαλονίκη - Εύζωνοι.

γ) Υπό κατασκευή βρίσκεται μία ακόμη γέφυρα στον άξονα της Αττικής οδού.



Εικόνα 2.2.1 Γέφυρα στην Εγνατία οδό στην περιοχή της Κομοτηνής.¹²

2.3 Εφέδρανα

Τα εφέδρανα αποτελούν διατάξεις που τοποθετούνται μεταξύ του καταστρώματος και των βάθρων, για να εξυπηρετήσουν τις ακόλουθες μετατοπίσεις του καταστρώματος:

α) διαμήκη μετακίνηση λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών

β) κατακόρυφη μετακίνηση λόγω βύθισης των βάθρων

γ) διαμήκη μετακίνηση των δοκών του καταστρώματος λόγω ερπυσμού, συστολής ξήρανσης.

Η θέση των εφεδράνων ουσιαστικά βρίσκεται ανάμεσα στην ανωδομή και την υποδομή, και παίζουν πολύ μεγάλο ρόλο στην συμπεριφορά της κατασκευής. Ένας ακόμη λόγος που χρησιμοποιούνται είναι για αντισεισμική προστασία. Ορισμένοι τύποι εφεδράνων προσφέρουν αύξηση της απόσβεσης της κατασκευής, αύξηση της περιόδου ταλάντωσης της και μεγαλύτερη ικανότητα απορρόφησης ενέργειας.

Τα εφέδρανα τα οποία δεν επιτρέπουν την κατά μήκος ή την εγκάρσια μετακίνηση της ανωδομής, χαρακτηρίζονται ως σταθερά εφέδρανα. Τα εφέδρανα τα οποία επιτρέπουν την κατά μήκος ή την εγκάρσια μετακίνηση, χαρακτηρίζονται ως κινητά εφέδρανα. Τόσο τα σταθερά όσο και τα κινητά εφέδρανα, επιτρέπουν την στροφή. Τα σταθερά εφέδρανα παραλαμβάνουν κατακόρυφα φορτία και οριζόντιες δυνάμεις, γι' αυτό και χρειάζονται αγκύρωση στην ανωδομή και υποδομή της γέφυρας. Τα

κινητά εφέδρανα επιτρέπουν γραμμικές παραμορφώσεις της κατασκευής. Τόσο τα σταθερά όσο και τα κινητά εφέδρανα μπορούν να παρουσιάσουν βλάβες κατά την καταπόνηση της γέφυρας από σεισμική διέγερση.

Από άποψη κατασκευής οι βασικοί τύποι εφεδράνων είναι τα ελαστομεταλλικά εφέδρανα, τα εφέδρανα εγκιβωτισμένου ελαστικού και τα εφέδρανα ολίσθησης.

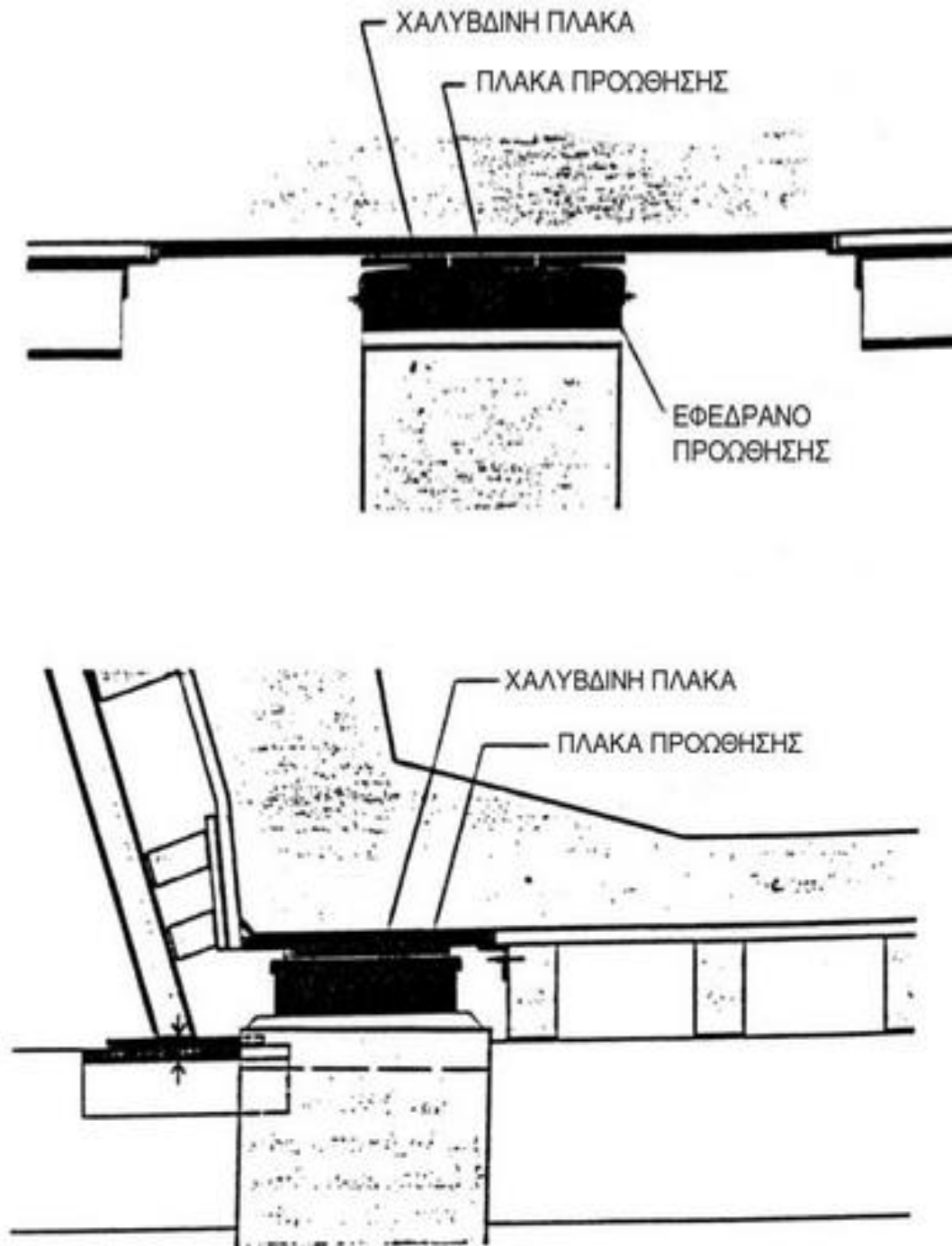
Τα ελαστομεταλλικά εφέδρανα έχουν την ευρύτερη εφαρμογή. Αποτελούνται από μεταλλικά ελάσματα (2-4mm) με ενδιάμεσες στρώσεις βουλκανισμένου ελαστικού 5-8mm. Λόγω των ελασμάτων τα εφέδρανα διαθέτουν σημαντική κατακόρυφη ατένεια και αποτρέπουν την κατακόρυφη παραμόρφωση από τα μεταβαλλόμενα κατακόρυφα φορτία.

Βασικά μειονεκτήματα των ελαστομεταλλικών εφεδράνων είναι η μικρή τιμή της απόσβεσης και η παραμορφωσιμότητα τους ακόμη και σε μικρής τιμής στατικά φορτία. Η τοποθέτηση μολύβδινου πυρήνα παρέχει επαρκή ικανότητα απορρόφησης ενέργειας αλλά και δυσκαμψία για τα στατικά φορτία. Αυτό οφείλεται στις μηχανικές ιδιότητες του μολύβδου. Το προς μεταφορά κατακόρυφο φορτίο καθορίζει το σχήμα, τη γεωμετρία και τον αριθμό των εφεδράνων.

Τα εφέδρανα εγκιβωτισμένου ελαστικού αποτελούνται από μαλακό ελαστικό (μέτρου διάτμησης $G=80$ MPa), τοποθετημένο μέσα σε μικρού ύψους χαλύβδινο δοχείο και καλυμμένο με μεταλλική πλάκα, η οποία κλείνει με μεγάλη ακρίβεια το ανοιχτό πάνω μέρος του δοχείου. Το ελαστικό είναι ασυμπίεστο και επειδή περιορίζεται πλευρικά το εφέδρανο δεν παραμορφώνεται κατά τη διεύθυνση θλίψης.

Ο τρίτος τύπος εφεδράνων που χρησιμοποιείται ευρέως, τα εφέδρανα ολίσθησης, χρησιμοποιούνται τα τελευταία 30 χρόνια για τη διευκόλυνση των θερμοκρασιακών μεταβολών. Αποτελούνται από ανοξείδωτο χάλυβα και τεφλόν (πολύ-τετραχλωρο-αιθυλένιο). Ο συντελεστής τριβής των δυο αυτών υλικών είναι 0,02-0,03 για μικρούς ρυθμούς ολίσθησης, ενώ αυξάνεται μέχρι και 0,10-0,15 με αύξηση του ρυθμού παραμόρφωσης. Λόγω της μη ικανοποιητικής αξιοπιστίας και δυνατότητας πρόβλεψης της απόκρισης τους και κυρίως λόγω έλλειψης μηχανισμού επαναφοράς, τα εφέδρανα ολίσθησης χρησιμοποιούνται ως σεισμικοί μονωτήρες μόνο σε συνδυασμό με άλλες διατάξεις επαναφοράς.

Ο συνδυασμός εφεδράνων ολίσθησης με εφέδρανα ελαστομεταλλικά είναι σημαντικά αποδοτικός, αφού το κατακόρυφο φορτίο αναλαμβάνεται και από τις δυο διατάξεις, με το εφέδρανο ολίσθησης να αναλαμβάνει μικρότερο κατακόρυφο φορτίο και το ελαστομεταλλικό να παρέχει την απαραίτητη δύναμη επαναφοράς. Και οι δυο αυτοί τύποι μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε σειρά (το ένα πάνω στο άλλο) για να παράσχουν ευκαμψία σε επίπεδο δυνάμεων χαμηλότερο της δύναμης ολίσθησης.



Σχήμα 2.3.1 Λεπτομέρειες των εφεδράνων αυτών σε διαμήκη και εγκάρσια τομή.¹³

2.4 Υλικά κατασκευής

Το σκυρόδεμα και ο χάλυβας αποτελούν στη γεφυροποιία τα βασικά υλικά κατασκευής. Σημαντική είναι και η εξέλιξη των σύνθετων υλικών που σταδιακά μπορεί και να υπερτερήσει έναντι των πρώτων, εξαιτίας των χαρακτηριστικών τους όπως ο υψηλός λόγος αντοχής προς βάρος και δυσκαμψίας προς βάρος, αντίσταση σε διάβρωση, ανθεκτικότητα σε περιβαλλοντικές δράσεις και ευκολία προσαρμογής κατά την κατασκευή.

Για γέφυρες μικρού και μεσαίου ανοίγματος οι διαστάσεις των στοιχείων καθορίζονται από τις απαιτήσεις λειτουργικότητας και λεπτομερειών όπλισης και λιγότερο από την αντοχή του σκυροδέματος. Άρα η κατ' αυτή την άποψη δεν είναι απαραίτητη η χρήση σκυροδέματος υψηλής αντοχής. Η μελέτη σύνθεσης του σκυροδέματος που θα χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή εξαρτάται από:

- Τις απαιτήσεις αντοχής
- Την ανθεκτικότητα του
- Τη συστολή ξήρανσης
- Τους κύκλους ψύξης-απόψυξης
- Τις περιβαλλοντικές συνθήκες

Επίσης πρέπει να είναι εργάσιμο, μη υδατοπερατό, ανθεκτικό στο χρόνο και στην τριβή. Τα τελευταία χρόνια στη γεφυροποιία εξαπλώνεται η χρήση σκυροδέματος αντοχής άνω των 40Μpa.

Το υλικό που βρίσκεται σε κάθε γέφυρα είναι ο χάλυβας, είτε με τη μορφή ράβδων οπλισμού, είτε με τη μορφή καλωδίων ανάρτησης και προέντασης, είτε ως μορφοχάλυβας. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του είναι η εφελκυστική αντοχή, η ανθεκτικότητα σε διάρκεια και η ολκιμότητα του.

Το βασικό στοιχείο όλων των καλωδίων είναι το σύρμα, διαμέτρου 3-7mm και με αντοχή πενταπλάσια σχεδόν του μαλακού χάλυβα και διπλάσια του χάλυβα υψηλής αντοχής. Η αύξηση της αντοχής γίνεται σε βάρος της ολκιμότητας, αφού η μήκυνση θραύσης του σύρματος είναι το 1/5 περίπου αυτής του κατασκευαστικού χάλυβα. Τα καλώδια των γεφυρών αποτελούνται από μεγάλο αριθμό συρμάτων. Με την πρώτη φόρτιση του συρματοσχοινου, η επιμήκυνση του οφείλεται τόσο στην ελαστική του παραμόρφωση όσο και στη σύμπτυξη του. Για να αντιμετωπιστεί αυτή η παραμόρφωση λόγω σύμπτυξης επιβάλλεται προένταση 10-20% περίπου της φόρτισης.

Τα σύνθετα υλικά ουσιαστικά αποτελούνται από συνδυασμούς των άλλων τριών ειδών δομικών υλικών, δηλαδή των μετάλλων, των κεραμικών και των πολυμερών. Η ραγδαία εξάπλωση και χρήση τους οφείλεται ότι συνδυάζουν ιδιότητες που κανένα από τα τρία αυτά είδη δεν παρουσιάζει μόνο του.

Τα συνθετικά υλικά περιλαμβάνουν:

- Τα ενισχυμένα πολυμερή
- Τα με ίνες πολυεστέρα οπλισμένα πολυμερή
- Τα με ίνες γυαλιού οπλισμένα πολυμερή
- Τα πολυστρωματικά πολυμερή

Τα υλικά αυτά χαρακτηρίζονται από μικρό βάρος, υψηλό λόγο αντοχής-βάρους και δυσκαμψίας-βάρους και υψηλή αντοχή σε κόπωση και οξειδωση.

Βάσει του άρθρου 4 ΟΜΟΕ 10 καθορίζονται τα υλικά κατασκευής των γεφυρών ως εξής:

(1) Φορείς γεφυρών θα κατασκευάζονται από οπλισμένο ή από προεντεταμένο σκυρόδεμα. Κατασκευές τύπου ARMCO δεν επιτρέπονται.

(2) Πάσσαλοι, κεφαλόδεσμοι, θεμελιώσεις, ακρόβαθρα, πτερύγια, πτερυγότοιχοι, μεσόβαθρα, δοκοί έδρασης κ.λ.π., θα κατασκευάζονται από οπλισμένο σκυρόδεμα.

(3) Τα εφεδράνα των γεφυρών θα είναι γενικά ελαστομερή, ελασματοποιημένου τύπου σύμφωνα με το DIN 4141.

Όταν οι δράσεις υπερβαίνουν τις ικανότητες των προαναφερθέντων ελαστομερών εφεδράνων (δηλαδή στην περίπτωση μεγάλων μετακινήσεων ή στροφών) ή όταν οι απαιτήσεις της μελέτης υπαγορεύουν τη χρήση άλλου τύπου εφεδράνων, τότε μπορούν να χρησιμοποιούνται εφεδράνα σημειακού τύπου (POT BEARINGS), σύμφωνα με το DIN 4141. Οι επιφάνειες των εφεδράνων θα είναι από Ανοξειδωτο Χάλυβα - PTFE, θα πρέπει να προστατεύονται από την είσοδο ξένων υλών και να εμποδίζεται η επαφή με άλλες επιφάνειες, εκτός από Ανοξειδωτο Χάλυβα - PTFE. Η επεξεργασία προστασίας των μεταλλικών εφεδράνων θα γίνεται μόνο στον τόπο κατασκευής τους (Βιομηχανική επεξεργασία). Δεν επιτρέπεται η εκτέλεση επιτόπου προστατευτικών επικαλύψεων των εφεδράνων.

Ως προς την ποιότητα των σκυροδεμάτων:

(1) Η κατώτερη επιτρεπόμενη ποιότητα σκυροδέματος οποιουδήποτε στοιχείου γέφυρας (πάσσαλοι, κεφαλόδεσμοι, θεμελίωση, μεσόβαθρα, ακρόβαθρα, φορέας, πλευρικές διαμορφώσεις, διαμορφώσεις κεντρικής νησίδας κ.λ.π.) θα είναι B25 (ή ισοδύναμης) ή ανώτερης (DIN 1045/1988, παράγραφος 6.5.1.(6)).

(2) Τα στοιχεία γεφυρών από προεντεταμένο σκυρόδεμα θα κατασκευάζονται με χρήση σκυροδέματος κατηγορίας B25 (ή ισοδύναμης), ή ανώτερης όταν πρόκειται για προένταση μετά τη σκλήρυνση του σκυροδέματος και κατηγορίας B35, (ή ισοδύναμης) ή ανώτερης όταν πρόκειται για προένταση σε κλίνη.

(3) Βάθρα (μεσόβαθρα ή ακρόβαθρα) τα οποία υπόκεινται σύμφωνα με το DIN 1072/85 παράγραφος 5.3 σε κίνδυνο πρόσκρουσης οχήματος, θα κατασκευάζονται με σκυρόδεμα ποιότητας B35 (ή ισοδύναμης) ή ανώτερης.

(4) Η ποιότητα του σκυροδέματος επικλίσεων πάνω σε φορείς (σε όσες περιπτώσεις απαιτείται) θα είναι B15.

(5) Η ποιότητα του σκυροδέματος καθαριότητας θα είναι B10.

Ως προς τον χαλαρό οπλισμό:

(1) Γενικά θα γίνεται χρήση ράβδων B St 420 S και B St 500 S, καθώς και πλεγμάτων B St 500 M, κατά DIN 488/84 Μέρος 1.

(2) Συνιστάται η αποφυγή χρήσης δέσμης ράβδων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο:ΕΙΔΗ ΓΕΦΥΡΩΝ

3.1 Είδη γεφυρών

Η κατηγοριοποίηση των γεφυρών γίνεται ανάλογα με το κριτήριο που επιλέγεται για την διάκριση.

Τα κριτήρια αυτά είναι:

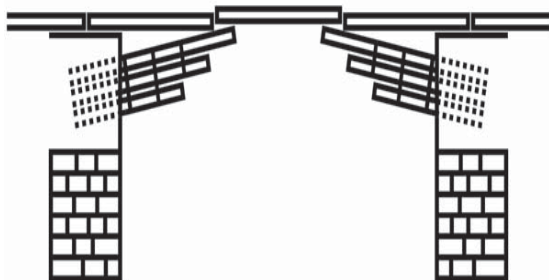
- Το υλικό κατασκευής
- Τα μήκη και τα είδη των ανοιγμάτων
- Το δομικό σύστημα
- Η χρήση
- Η ροή των δυνάμεων
- Το είδος του καταστρώματος
- Η δυνατότητα μετακίνησης

3.1.1 Ανάλογα με το υλικό κατασκευής

Ανάλογα με το υλικό κατασκευής διακρίνουμε τις γέφυρες σε ξύλινες, λίθινες, μεταλλικές, οπλισμένου σκυροδέματος, προεντεταμένου σκυροδέματος, αλουμινίου, από σύγχρονα σύνθετα υλικά και σύμμικτες.

Το ξύλο και η πέτρα είναι φυσικά υλικά (μοναδικά και αναντικατάστατα) που οποιαδήποτε κατασκευή και αν συνθέτουν, εναρμονίζεται άριστα με το περιβάλλον. Σήμερα, οι ξύλινες κατασκευές δε χρησιμοποιούνται, παρά για προσωρινά έργα μικρού ανοίγματος ή αποκλειστικά σε περιοχές με πολλά δάση. Είναι κατασκευή οικονομική, εύκολη, αλλά χρειάζεται συνεχή συντήρηση και είναι εύφλεκτη. Οι ξύλινες γέφυρες που έχουν διασωθεί σήμερα είναι μικρής ηλικίας λόγω της ιδιαιτερότητας του υλικού αυτού.

Μια ξύλινη γέφυρα τοποθετημένη σε ένα άλσος, σε ένα δάσος, σε κάποιο μονοπάτι, δεν αποτελεί μόνο μια τεχνική κατασκευή η οποία χρησιμοποιείται για πρόσβαση σε σημεία που μεσολαβούν εμπόδια, αλλά αναβαθμίζει ποιοτικά και αισθητικά όλο το τοπίο. Σε αντίθεση με τις ξύλινες γέφυρες που κατασκευάζουν οι άνθρωποι, οι φυσικές αντέχουν στις συνθήκες αυτές, αφού προέρχονται από φυσικούς οργανισμούς που σταθεροποιούνται και ισχυροποιούνται με την πάροδο του χρόνου.

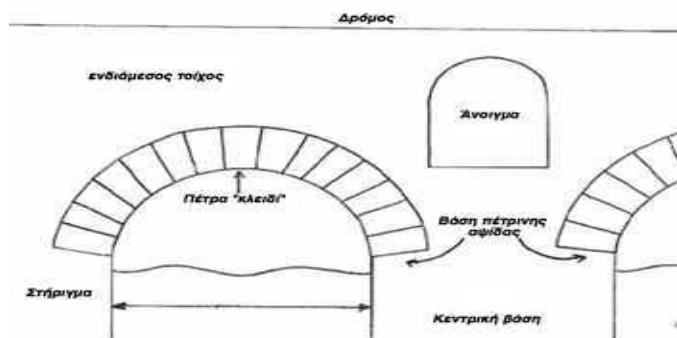


Εικόνα 3.1.1.1 Ξύλινη γέφυρα πάνω σε ξύλινους προβόλους.¹⁴

Η κατασκευή πέτρινων γεφυριών έχει σταματήσει από το 1940. Οι πέτρινες τοξωτές κατασκευές έχουν χαρακτηριστεί ως μια από τις μεγαλύτερες ανακαλύψεις της αρχιτεκτονικής για τον προβιομηχανικό άνθρωπο και ως τον πρώτο μεγάλο σταθμό στην πορεία της παγκόσμιας

Όλα τα πέτρινα γεφύρια, ανάλογα με τον αριθμό των τόξων τους, ταξινομούνται σε δύο κύριες κατηγορίες: τα μονότοξα και τα πολύτοξα. Η μορφολογία των ποταμιών ακολουθεί την εξής λογική: στα ορεινά εδάφη με μεγάλη κλίση τα ποτάμια έχουν μικρό πλάτος και έτσι είναι πιο ορμητικά, ενώ στα πεδινά εδάφη με ελάχιστη κλίση τα ποτάμια φτάνουν στο μέγιστο πλάτος τους και χάνουν την ορμητικότητά τους. Έτσι, μπορούμε με ασφάλεια να βγάλουμε το εξής συμπέρασμα: τα μονότοξα γεφύρια βρίσκονται στα βουνά και τα πολύτοξα στις πεδιάδες. Επειδή η Ελλάδα είναι κατεξοχήν ορεινή χώρα, τα περισσότερα γεφύρια της είναι μονότοξα και βρίσκονται σε ορεινές περιοχές.

Πρώτη ύλη ήταν ο σχιστόλιθος ή ανθεκτικά πετρώματα που αφθονούσαν στη κάθε περιοχή, ενώ η συνδετική ύλη ήταν μίγμα τριμμένου κεραμιδιού, ελαφρόπετρας, σβησμένου ασβέστη, χώματος, νερού και ξερών χορταριών (κουρασάνι). Σύνηθες ήταν και η προσθήκη τριχώματος ζώων και ασπραδιών αυγού για βελτίωση ιδιοτήτων. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των πέτρινων κατασκευών είναι η διαχρονική ομορφιά και αισθητική, η οποία σέβεται το περιβάλλον και εναρμονίζεται απόλυτα με το φυσικό τοπίο. Διαχρονική είναι ακόμη και η αξία τους, αφού αποτελούν μια καλή και μακροχρόνια επένδυση, ανεξαρτήτως περιόδου.



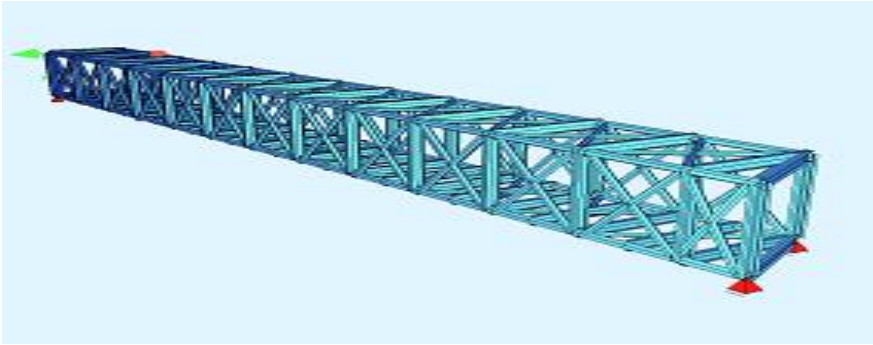
Εικόνα 3.1.1.2 Μορφολογία κατασκευής πέτρινων γεφυριών.¹⁵

Όσον αφορά τις μεταλλικές γέφυρες έχουν υποδομή ανάλογη με την υποδομή των γεφυρών με τοιχοποιία, δηλαδή βάθρα, υποστυλωμένα και θεμελιώσεις. Διαφέρει όμως η ανωδομή. Οι γέφυρες με μεταλλικές δοκούς αποτελούνται συνήθως από χαλύβδινες δοκούς σε δικτύωμα, με ημιπαραβολικό ή ευθύγραμμο σχήμα. Οι επονομαζόμενες αυτές δοκογέφυρες έχουν κατάλληλες διατομές, οι οποίες ενώνονται με ηλώσεις ή συγκολλήσεις σε σχήματα απλά, συνήθως τριγωνικά, επειδή το τρίγωνο είναι σχήμα που δεν παραμορφώνεται.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των μεταλλικών γεφυρών είναι:

- Ο σταθερός προϋπολογισμός τους, που έχει σαν αποτέλεσμα τη δυνατότητα ακριβούς κοστολόγησης των στοιχείων, της συναρμολόγησής τους καθώς και των μέσων μεταφοράς τους

- Ο έλεγχος της ροής των υλικών και η ελάττωση της φθοράς τους
- Η παραγωγή σε χώρους που προστατεύονται από τις δυσμενείς καιρικές συνθήκες
- Η εξασφάλιση και η εγγύηση της απαιτούμενης ποιότητας των στοιχείων και οι αξιόπιστοι έλεγχοι με δυνατότητα βελτίωσης των χαρακτηριστικών τους για ειδικές απαιτήσεις



Εικόνα 3.1.1.3 Προσομοίωμα μεταλλικής πεζογέφυρας.¹⁶

Οι γέφυρες οπλισμένου σκυροδέματος αποτελούν τον προτιμώμενο τύπο γεφυρών λόγω της δυνατότητας του σκυροδέματος να προσαρμόζεται σε ποικιλία μορφών και δομικών συστημάτων. Ως κατασκευές που δομούνται επί τόπου, προσφέρουν ευκολία κατασκευής, χαμηλό κόστος και ευνοϊκή σεισμική συμπεριφορά. Είναι ιδανικές για γέφυρες με καμπύλο άξονα, βάθρα λοξά ως προς το κατάστρωμα, ακρόβαθρα, υπερυψωμένους αυτοκινητόδρομους κ.α.

Τύπος	Κατασκευή	Περιοχή ανοιγμάτων
Συμπαγής πλάκα	Επιτόπου	5-15m
Πλάκα με κενά	Προκατασκευασμένη	6-15m
Ανεστραμμένο T	Προκατασκευασμένα T, Πλάκα επιτόπου	12-24m
Δοκός I	Προκατασκευασμένα I, Πλάκα επιτόπου	12-35m
Διπλό Τα	Επιτόπου	25-40m
Κιβωτιοειδής μονοκυψελική	Προκατασκευασμένη ή επιτόπου	30-200m
Κιβωτιοειδής πολυκυψελική	Προκατασκευασμένη ή επιτόπου	30-100m
Κιβωτιοειδής δικυψελική	Προκατασκευασμένη ή επιτόπου	30-200m
Κιβωτιοειδής ορθογωνική	Προκατασκευασμένη ή επιτόπου	30-150m

Πίνακας 3.1.1.1 Μορφές διατομής καταστρώματος από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Οι γέφυρες προεντεταμένου σκυροδέματος αποτελούν τον πλέον συνηθισμένο τύπο γεφυρών τα τελευταία 40 χρόνια. Στηρίζονται ουσιαστικά στην εξισορρόπηση των εφελκυστικών τάσεων που προκαλούνται σε κάθε διατομή λόγω των εξωτερικών φορτίων με ίσου ή και μεγαλύτερου μεγέθους και αντίθετης φοράς τάσεις, που δημιουργούνται ως αντιδράσεις στον εφελκυσμό τενόντων. Οι τένοντες τοποθετούνται σε σωλήνα περιβολής μέσα στη μάζα του σκυροδέματος, πριν ή και μετά τη σκυροδέτηση, και εξασκούν λόγω της αγκύρωσης τους στα άκρα θλιπτικές τάσεις στο σκυρόδεμα, αποτρέποντας σε κάθε σημείο της διατομής του μέλους την ανάπτυξη εφελκυστικών τάσεων (ρηγμάτωση).

Οι κατασκευές προεντεταμένου σκυροδέματος απαιτούν χρήση υλικών υψηλής αντοχής. Οι περισσότερες γέφυρες μεσαίων ανοιγμάτων κατασκευάζονται με επιτόπου σκυροδέτηση και προεντίνονται μετά την κατασκευή τους μέσω τάνυσης των τενόντων που έχουν εγκιβωτιστεί στο σκυρόδεμα.

Ως προς το κατάστρωμα διακρίνονται δυο βασικές μορφές:

α) Αυτά που αποτελούνται από προκατασκευασμένες-προεντεταμένες δοκούς μορφής I, με τις οποίες στηρίζεται η πλάκα του καταστρώματος.

β) Τα κιβωτοειδούς διατομής ή διατομής πολλαπλών T στα οποία εξοικονομείται η εκ των υστέρων σκυροδέτηση πλάκας καταστρώματος, αλλά απαιτείται πιο πολύπλοκος ξυλότυπος.

Άνοιγμα (m)	Τύπος γέφυρας
0-50	Γέφυρα με προεντεταμένες δοκούς I
35-100	Γέφυρα κιβωτοειδούς διατομής , σκυροδετούμενης επιτόπου
35-100	Προκατασκευασμένη γέφυρα με διατομή σταθερού ύψους και κατασκευασμένη με προβολοδόμηση ή σταδιακή προώθηση
80-200	Προκατασκευασμένη γέφυρα διατομής μεταβλητού ύψους και κατασκευασμένη με προβολοδόμηση ή σταδιακή προώθηση
65-330	Γέφυρα σκυροδετούμενη επιτόπου με σταδιακή προώθηση
250-500	Καλωδιωτή γέφυρα κατασκευασμένη με προβολοδόμηση ή σταδιακή προώθηση

Πίνακας 3.1.1.2 Τύποι προεντεταμένων γεφυρών οπλισμένου σκυροδέματος ως συνάρτηση του προς γεφύρωση ανοίγματος.

Ιδιαίτερη κατηγορία αποτελούν και οι σύμμικτες γέφυρες, στις οποίες χρησιμοποιούνται δύο τουλάχιστον διαφορετικά υλικά (κυρίως οπλισμένο σκυρόδεμα και χάλυβας) και συνδέονται μεταξύ

τους με ειδικούς συνδέσμους, με τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η συνεργασία τους (ενιαία παραμόρφωση) κατά την φόρτιση τους.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα των σιδηρών και σύμμικτων γεφυρών απορρέουν από τις ιδιότητες του χάλυβα και είναι τα ακόλουθα:

- Υψηλή αντοχή, (λεπτές διατομές, μικρό ίδιο βάρος, οικονομία υλικού και χώρου)
- Ολκιμότητα, (εκτεταμένη παραμόρφωση χωρίς αστοχία)
- Ομοιομορφία υλικού (επιστάμενοι έλεγχοι κατά την παραγωγή)
- Μεγάλη διάρκεια ζωής (απεριόριστη για τακτική συντήρηση)
- Ταχύτητα ανέγερσης (προετοιμασία σε εργοστασιακούς χώρους)
- Τροποποίηση ή ενίσχυση υπαρχουσών γεφυρών (για αύξηση ωφέλιμου φορτίου)
- Επαναχρησιμοποίηση υλικού
- Ευκολία προκατασκευής
- Δυνατότητα ζεύξης μεγάλων ανοιγμάτων (άνω των 2000m)
- Άριστα αισθητικά αποτελέσματα

Ως κύριο μειονέκτημα αναφέρεται η σκωρίαση, η οποία αποτελεί την «Αχίλλειο πτέρνα» των σιδηρών κατασκευών. Αυτό συνεπάγεται την αύξηση του κόστους συντήρησης έναντι άλλων υλικών.

Η διαφορά ανάμεσα στις σιδηρές και σύμμικτες γέφυρες έγκειται στη μόρφωση του καταστρώματος. Στις χαλύβδινες χρησιμοποιείται ορθότροπη πλάκα, ενώ στις σύμμικτες η πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα συνδέεται διατμητικά με το χαλύβδινο φορέα. Ο πλέον συνήθης τύπος σύμμικτης γέφυρας αποτελείται από ισαπέχουσες μεταλλικές δοκούς τοποθετημένες παράλληλα στο διαμήκη άξονα της γέφυρας, συνδυαζόμενων με επί τόπου σκυροδετούμενη πλάκα σκυροδέματος, η οποία παίζει το ρόλο του καταστρώματος και παρέχει πλευρική ευστάθεια στις διαμήκεις δοκούς.

Οι μεταλλικές δοκοί γεφυρών μικρού ανοίγματος κατασκευάζονται με θερμή εξέλαση, ενώ για μεγαλύτερα ανοίγματα κατασκευάζονται με συγκόλληση ελασμάτων με ύψος κορμού πολύ μεγαλύτερο αυτών που υπάρχουν έτοιμων στο εμπόριο. Οι δοκοί και το κατάστρωμα των σύμμικτων γεφυρών μπορεί να αναλαμβάνουν τα φορτία ανεξάρτητα ή σε συνδυασμό μεταξύ τους.

Οι δοκοί των κλασικών σύμμικτων γεφυρών μπορεί να είναι και κιβωτοειδούς διατομής για αμφίεριστα ανοίγματα από 25-40μ. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα αυτών είναι: υψηλή

δυστρεψία και αντοχή, η καταλληλότητα τους για γέφυρες με καμπύλο άξονα και η ιδιαίτερη αισθητική τους.

Οι σύμμικτες γέφυρες μπορεί να είναι και προεντεταμένες λόγω οικονομίας υλικών και αύξησης της φέρουσας ικανότητας της γέφυρας.

Σε κάθε περίπτωση κατασκευάζονται γρήγορα και οι τεχνικές κατασκευής και ανέγερσης είναι πολύ υψηλής ποιότητας. Επίσης έχουν μικρό στατικό ύψος και βάρος σε σύγκριση με τις οπλισμένου σκυροδέματος και επισκευάζονται ευκολότερα.

3.1.2 Ανάλογα με το ελεύθερο άνοιγμα

Με βάση τα μήκη και είδη των ανοιγμάτων η διάκριση είναι η συνηθέστερη και χωρίζει τις γέφυρες σε μικρών, μέσων και μεγάλων ανοιγμάτων. Μέχρι 40m μήκους γέφυρες χαρακτηρίζονται ως μικρού ανοίγματος, μέχρι 150m ως μέσου ανοίγματος και οι άνω των 150m ως μεγάλου ανοίγματος.

Για τις μικρού και μεσαίου ανοίγματος γέφυρες, η επιλογή της μορφής της γέφυρας εξαρτάται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- ❖ την τοπογραφία της περιοχής, το είδος του προς γεφύρωση εμποδίου, το ύψος της γέφυρας από το φυσικό έδαφος
- ❖ τον διατιθέμενο εξοπλισμό
- ❖ τη λειτουργικότητα του έργου
- ❖ το κόστος του έργου
- ❖ την ασφάλεια (κυρίως έναντι σεισμού)
- ❖ την αισθητική του

Ειδικά για τις μεγάλου ανοίγματος γέφυρες ιδανικοί τύποι είναι οι καλωδιωτές και οι κρεμαστές γέφυρες (χαρακτηριστικά των οποίων αναλύονται στη συνέχεια).

3.1.3 Ανάλογα με το είδος του φορέα

3.1.3.1 Γέφυρες μορφής δοκού

Σε αυτή την κατηγορία γεφυρών το κύριο δομικό στοιχείο του φορέα αποτελούν οι δοκοί στήριξης του καταστρώματος, οι οποίες στηρίζονται στα βάθρα ή στα ακρόβαθρα. Το κατάστρωμα είναι συνήθως από οπλισμένο σκυρόδεμα, ενώ οι ενισχύσεις είναι δοκοί από οπλισμένο σκυρόδεμα ή χάλυβα και τοποθετούνται με το διαμήκη άξονα τους παράλληλα στη διεύθυνση της κυκλοφορίας. Οι γέφυρες αυτές δεν είναι κατάλληλες για μεγάλα ανοίγματα.

Τα κυριότερα στατικά συστήματα γεφυρών μορφής δοκού είναι: λειτουργία ως αμφιέριστη δοκός με αρθρωτές στηρίξεις και ένα ή περισσότερα ανοίγματα σε σειρά, σειρά αμφιερίστων δοκών με συνεχή πλάκα καταστρώματος, σύστημα δοκού Gerber, αμφιπροέχοντες πρόβολοι από τα βάθρα εναλλασσόμενοι με αναρτημένες δοκούς, συνεχείς δοκοί δύο ή περισσότερων ανοιγμάτων.

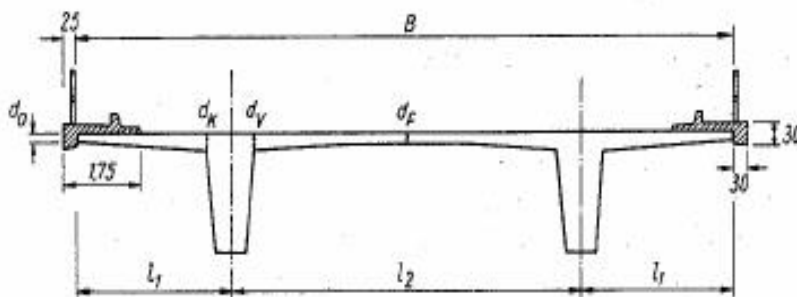
Φορείς από πλακοδοκούς που αποτελούνται από την πλάκα καταστρώματος και συνήθως από δύο κύριες δοκούς και από εγκάρσιες διαδοκίδες στις θέσεις έδρασης, στα ακρόβαθρα και μεσόβαθρα, θεωρούνται από στατική άποψη ως ραβδόμορφοι φορείς. Σημειώνεται ότι η εγκάρσια διανομή των φορτίων γίνεται μέσω των διαδοκίδων και της πλάκας καταστρώματος.

Σε περίπτωση περισσοτέρων κυρίων δοκών και διαδοκίδων (στο μέσον του ανοίγματος ή στο 1/3), το σύστημα από στατική άποψη συμπεριφέρεται ως εσχάρα δοκών. Στις εσωτερικές στηρίξεις συνεχών φορέων απαιτείται πλάτος δοκού μεγαλύτερο από το απαιτούμενο στα ανοίγματα. Έτσι, το πλάτος της δοκού εκλέγεται σταθερό καθ' όλο το μήκος του ανοίγματος, κατά τρόπο ώστε να είναι επαρκές και στις θέσεις των ενδιάμεσων στηρίξεων.

Ο πίνακας 3.1.3.1.1. δίνει μία σύνοψη των βέλτιστων διαστάσεων της πλάκας καταστρώματος φορέων μορφής πλακοδοκού με δύο κύριες δοκούς, σε σχέση με την απόσταση των κυρίων δοκών l_2 και το μήκος των προβόλων l_1 . Η τελευταία στήλη του πίνακα περιλαμβάνει την απαιτούμενη εγκάρσια προένταση (περιορισμένη) ανά m μήκους του φορέα.

Κατά τη βιβλιογραφία προκύπτει ότι η βέλτιστη αναλογία των διαστάσεων l_1 και l_2 αντιστοιχεί στη σχέση $l_1 : l_2 : l_1 = 0,45 : 1,00 : 0,45$. Θεωρείται ότι σε κατασκευασθείσες γέφυρες η αναλογία είναι: $l_1 : l_2 \sim 0,40 : 0,45$.

B	l_1	l_2	d_0	d_k	d_v	d_f	Z_v
m	m	m	m	m	m	m	kN/m
10,00	3,00	6,00	0,25	0,45	0,40	0,25	650
15,00	4,00	7,00	0,25	0,50	0,48	0,30	850
20,00	5,00	10,00	0,25	0,58	0,55	0,32	1100
30,00	6,95	16,00	0,25	0,58	0,55	0,35	1900



Πίνακας 3.1.3.1.1 Βέλτιστες διαστάσεις της πλάκας καταστρώματος φορέων μορφής πλακοδοκού με δύο κύριες δοκούς.

3.1.3.2 Δικτυωτές γέφυρες

Οι γέφυρες αυτού του τύπου χρησιμοποιούνταν συνήθως για ανοίγματα 20-50m. Με την πάροδο των χρόνων όμως και την εξέλιξη της επιστήμης, άλλοι τύποι γεφυρών έγιναν καταλληλότερες γι' αυτά τα ανοίγματα. Παρόλα αυτά σε απαίτηση σημαντικού ύψους κύριων δοκών στήριξης αποτέλεσαν ιδανική λύση. Σε αυτές τις κατασκευές τα μέλη υπόκεινται κυρίως σε αξονικές δυνάμεις έτσι ώστε σημαντικές δυνάμεις να αναλαμβάνονται από σχετικά μικρές διατομές. Για την κάλυψη μεγαλύτερων ανοιγμάτων απαιτείται μεγάλο ύψος δικτυώματος, οδηγώντας σε αύξηση της κλίσης των διαγωνίων (κλίση διαγωνίων μεταξύ 45° και 60° συνεπάγεται οικονομικό σχεδιασμό).

Ιδανική λύση πλέον, αποτελούν και για ανοίγματα 60m-150m με τη χρήση δικτυωμάτων ως κύριων δοκών, σταθερού ή μεταβλητού ύψους, προσαρμοζόμενου στο διάγραμμα ροπών. Για συνεχείς φορείς το ύψος αυξάνεται στο στήριγμα, ενώ για αμφιέρειστους στο άνοιγμα. Αν η πλάκα του καταστρώματος συνδέεται διατμητικά με τη χαλύβδινη ράβδο άνω πέλματος, τότε συμμετέχει στην παραλαβή της έντασης εντός του συνεργαζόμενου πλάτους. Στις περιοχές αρνητικών ροπών, η πλάκα βρίσκεται σε εφελκυσμό και το σκυρόδεμα είναι ρηγματωμένο. Το εμβαδόν της υπολογίζεται βάσει των οπλισμών της, με μια κατάλληλη επαύξηση ώστε να λαμβάνεται υπόψη η συμμετοχή του σκυροδέματος μεταξύ των ρωγμών (tension stiffening).

Οι ράβδοι δικτύωσης αποτελούνται συνήθως από κλειστές διατομές ή διατομές σχήματος Η. Οι κλειστές διατομές αντιστέκονται καλύτερα στην τάση για ταλάντωση λόγω ανέμου από τις Η διατομές. Τα πλεονεκτήματα των Η διατομών είναι η οικονομία της κατασκευής, η ευκολία σύνδεσης τους με τις μετωπικές πλάκες και φυσικά η ευκολία συντήρησής τους.

Οι δικτυωτές γέφυρες διακρίνονται γιατί:

- α) τα μέλη τους καταπονούνται κυρίως αξονικά
- β) τα δικτυώματα επιτρέπουν μεγαλύτερα ύψη σε σχέση με τις συμπαγείς διατομές

Η κατασκευή τους ακολουθεί τα εξής στάδια:

- α) Κατασκευή δικτυωτών μελών σε τεμάχια από κατάλληλες βιομηχανικές μονάδες
- β) Συναρμολόγηση των τεμαχίων και έλεγχος κοινής συμπεριφοράς τους σε εξωτερικές επιδράσεις
- γ) Παράδοση των τεμαχίων στο εργοτάξιο και κατασκευή μερικών φατνωμάτων του δικτυώματος
- δ) Ολική συναρμολόγηση.

Γέφυρες τύπου δικτυώματος για πολλά χρόνια θεωρούνταν αντιαισθητικές. Τουλάχιστον οι πρώτες κατασκευές αυτού του τύπου ακριβώς αυτό μαρτυρούσαν. Ο μεγάλος αριθμός κατακόρυφων και διαγώνιων στοιχείων και η εντύπωση "πλήρους αταξίας" από το πλήθος διατομών με τις διάφορες κλίσεις οδήγησαν στην αποφυγή γεφυρών αυτού του τύπου. Τόσο οι μελετητές γεφυρών, όσο και οι κατασκευαστές τους, οι χρήστες αλλά και οι απλοί παρατηρητές τους εξακολουθούν να θεωρούν αυτό

τον τύπο γεφυρών, αντιαισθητικό ακόμη και σήμερα. Άξιο λόγου είναι επίσης και το γεγονός πως τα χαλύβδινα μέρη των δικτυωτών γεφυρών είναι εκτεθειμένα στις περιβαλλοντικές συνθήκες και έτσι η υποχρεωτική συντήρησή τους στο κύκλο ζωής τους αυξάνει σημαντικά το κόστος.

3.1.3.3 Ορθοτροπικές γέφυρες

Ο όρος “ορθοτροπική” δηλώνει τις διαφορετικές ελαστικές ιδιότητες σε δυο κάθετες διευθύνσεις. Σε αυτές τις γέφυρες το κατάστρωμα αποτελείται από μια μεταλλική πλάκα συγκολλημένη σε διαμήκεις ενισχύσεις, που δημιουργούν πλαίσιο με τις εγκάρσιες δοκούς του καταστρώματος. Η κατασκευή αυτή δεν χρησιμοποιείται πλέον εφόσον αποδείχθηκε πως η μεταλλική πλάκα του καταστρώματος δεν αυξάνει τη δυσκαμψία και την αντοχή των κύριων φερόντων στοιχείων.

3.1.3.4 Πλαισιωτές γέφυρες

Στις γέφυρες αυτές η ανωδομή στηρίζεται σε κατακόρυφα ή κεκλιμένα βάθρα, τα οποία είναι μονολιθικά συνδεδεμένα με το κατάστρωμα και κατασκευάζονται από χάλυβα και σκυρόδεμα. Το κατάστρωμα πακτώνεται και η ροπή του ανοίγματος μεταφέρεται μερικώς στις στηρίξεις. Χαρακτηριστικό των πλαισιωτών κατασκευών λοιπόν είναι, ότι για κατακόρυφα φορτία δημιουργούνται οριζόντιες δυνάμεις οι οποίες έχουν σαν αποτέλεσμα τη μείωση των ροπών στο άνοιγμα. Με κατάλληλη επιλογή δυσκαμψιών ζυγώματος-στύλων προκύπτει σημαντική μείωση των ροπών στο μέσο του ζυγώματος και επιτυγχάνεται μικρό κατασκευαστικό ύψος δοκού. Το κατάστρωμα αποτελείται από κλειστή κυβοειδή διατομή. Αποτελούν κατάλληλη λύση από άποψη οικονομίας για μέσου μεγέθους ανοίγματα, ενώ δεν προτείνονται για ανοίγματα μέχρι 15m όπου χρησιμοποιούνται πλήρεις διατομές.

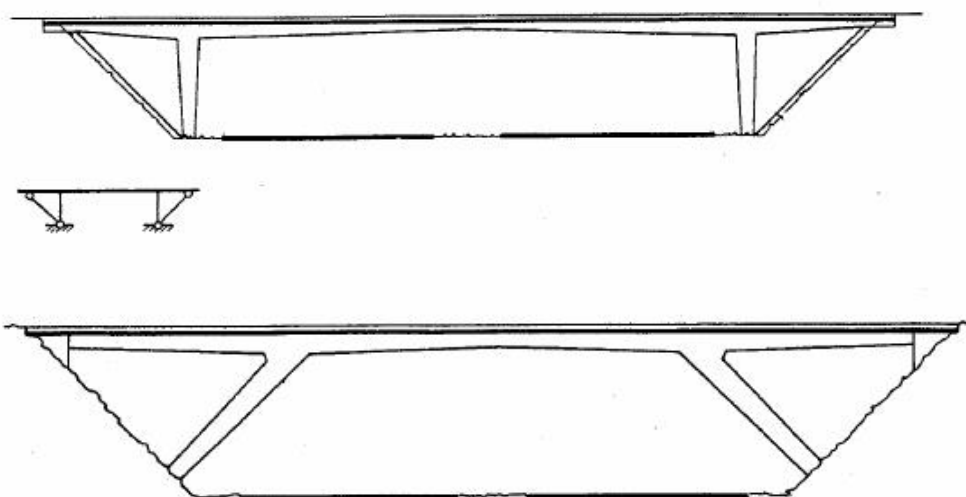
Το στατικό σύστημα των γεφυρών αυτών είναι ισοστατικό τριαρθρωτό τόξο, έκκεντρο τριαρθρωτό τόξο, αμφιαρθρωτό τόξο, διαρθρωτό με πτερύγια κατάλληλο για γέφυρες πάνω από αυτοκινητόδρομους, αμφίπακτο, διαρθρωτό με σύστημα ή πολύστυλο πλαίσιο. Οι πλαισιωτές γέφυρες ενός ανοίγματος συνήθως κατασκευάζονται αμφιαρθρωτές με κατάλληλη διαμόρφωση των ακροβάθρων.

Η περίπτωση πλαισιωτής γέφυρας με διαφορετική διατομή κατά μήκος του φορέα απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα 3.1.3.4.1.



Σχήμα 3.1.3.4.1 Πλαισιωτή γέφυρα με διαφορετικές διατομές.¹⁷

Τα υποστυλώματα των πλαισιωτών γεφυρών μπορεί να προβλέπονται κεκλιμένα ή κατακόρυφα. Με τη διάταξη των κεκλιμένων υποστυλωμάτων όμως επιτυγχάνεται μείωση του μεσαίου ανοίγματος του φορέα.



Σχήμα 3.1.3.4.2 Υποστυλώματα πλαισιωτών γεφυρών.¹⁸

3.1.3.5 Τοξωτές γέφυρες

Αποτελούν τον πρώτο τύπο γέφυρας που κατασκευάστηκε, οι γνωστές σε όλους πέτρινες τοξωτές γέφυρες. Η λειτουργία τους στηρίζεται στη μεταφορά του φορτίου στις στηρίξεις (με θλίψη) και είναι κατάλληλες για φορείς από συμπαγή δομικά υλικά με υψηλή θλιπτική αντοχή. Για ανοίγματα μικρά έως 50m η επιλογή αυτού του τύπου γέφυρας είναι αντιοικονομική, ενώ για μεγάλα ανοίγματα σε συνδυασμό με κακή ποιότητα εδάφους θεμελίωσης η οριζόντια συνιστώσα της αντίδρασης είναι δυνατό να μη μπορεί να μεταφερθεί με ασφάλεια στο έδαφος. Όταν πρόκειται για μεγάλα μεγέθη οριζοντίων δυνάμεων στις στηρίξεις, η οριζόντια συνιστώσα αναλαμβάνεται από έναν ελκυστήρα που

συνδέει τα άκρα του τόξου. Τόξο μικρού βάρους και μεγάλου ύψους ελαχιστοποιεί την οριζόντια συνιστώσα της αντίδρασης.

Το στατικό σύστημα των τοξωτών γεφυρών μπορεί να είναι: ισοστατικό τριαρθρωτό τόξο, μια φορά υπερστατικό διαρθρωτό τόξο, τόξο με άρθρωση στη κορυφή ή και αμφίπακτο πλαίσιο.

Αξίζει να αναφέρουμε την επινόηση του A. Maillart: το τόξο αρχίζει στη στήριξη ως πλάκα, στο τέταρτο του ανοίγματος έχει διατομή U για ανάληψη των καμπτικών ροπών και στην κορυφή ο θόλος ενώνεται με την πλάκα του καταστρώματος. Θεωρείται ιδανική και οικονομική λύση για ανοίγματα πάνω από 50m.

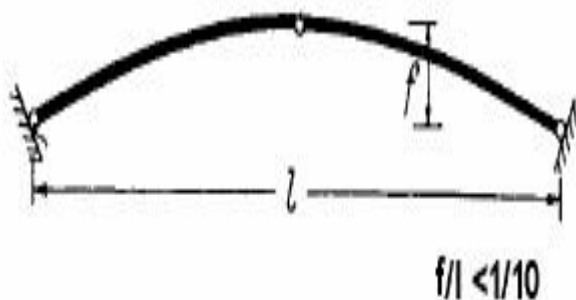
Στην κατηγορία αυτή ανήκει και το σύστημα των παράλληλων τοξωτών αντηρίδων με ανάρτηση του καταστρώματος από αυτές, όπου και ξεχωρίζει για το χαμηλό κατασκευαστικό κόστος. Στις περιπτώσεις όπου το έδαφος δεν είναι καλής ποιότητας για την άμεση θεμελίωση των αντηρίδων, το κατάστρωμα διαμορφώνεται σαν ελκυστήρας προς παραλαβή των οριζόντιων ωθήσεων του τόξου.

Τοξωτές γέφυρες σχεδιάζονται πλέον κάτω από ειδικές τοπογραφικές και γεωλογικές συνθήκες, σε περιπτώσεις γεφυρώσεων κάποιων χαρακτηριστικών σημείων στα οποία, είτε από εδαφοτεχνικούς λόγους είτε από λόγους αισθητικής, δεν πρέπει να τοποθετηθούν βάθρα. Οριζόντιες μετακινήσεις προκαλούν πρόσθετες καταπονήσεις στο τόξο. Θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η επίδραση της συστολής λόγω πήξεως και του ερπυσμού.

Στις τοξωτές γέφυρες το κόστος των ικριωμάτων και ξυλότυπων είναι σημαντικά μεγαλύτερο από ότι στις γέφυρες φορέων μορφής δοκού.

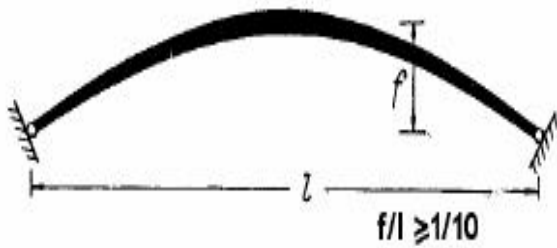
Συνιστάται βάσει Ο.Μ.Ο.Ε. για:

α) $f/l < 1/10$ η δημιουργία τριαρθρωτού τόξου (Σχήμα 3.1.3.5.1.)



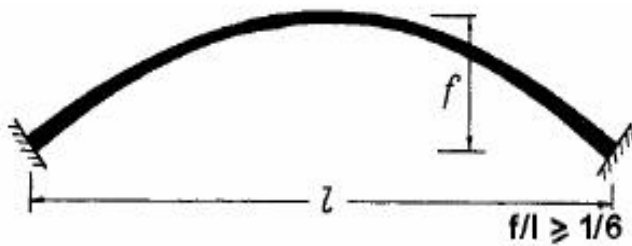
Σχήμα 3.1.3.5.1 Τριαρθρωτό τόξο¹⁹

β) $f/l \geq 1/10$ η δημιουργία διαρθρωτού τόξου (Σχήμα 3.1.3.5.2.).



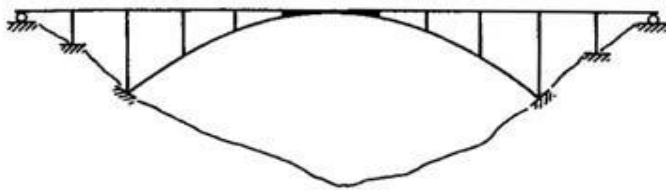
Σχήμα 3.1.3.5.2 Διαρθρωτό τόξο²⁰

γ) $f/l \geq 1/6$ η δημιουργία αμφίπακτου τόξου (Σχήμα 3.1.3.5.3.).

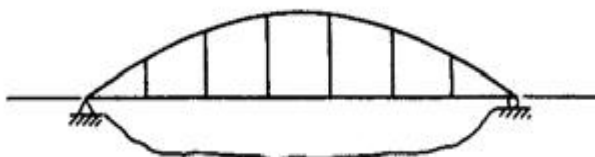


Σχήμα 4.1.3.5.3 Αμφίπακτο τόξο²¹

Ο φορέας επί του οποίου γίνεται η κυκλοφορία μπορεί είτε να επικάθεται του τόξου (Σχήμα 3.1.3.5.4.), είτε να αναρτάται από αυτό (Σχήμα 3.1.3.5.5.).

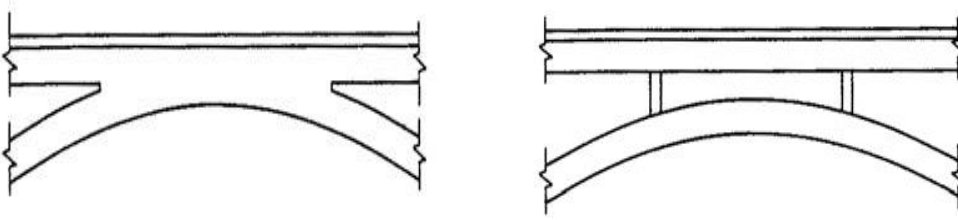


Σχήμα 3.1.3.5.4 Φορέας επικαθήμενος του τόξου²²

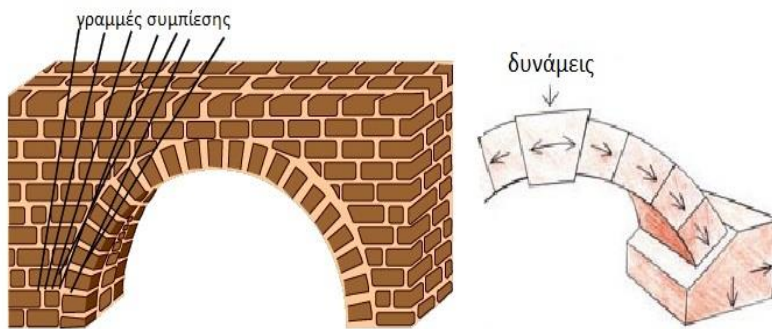


Σχήμα 3.1.3.5.5 Φορέας αναρτώμενος του τόξου²³

Στην περίπτωση του επικαθήμενου φορέα κυκλοφορίας, ο φορέας αυτός μπορεί στην περιοχή της κλείδας είτε να συνδέεται με το τόξο, είτε να υπέρκειται του τόξου (Σχήμα 3.1.3.5.6.).

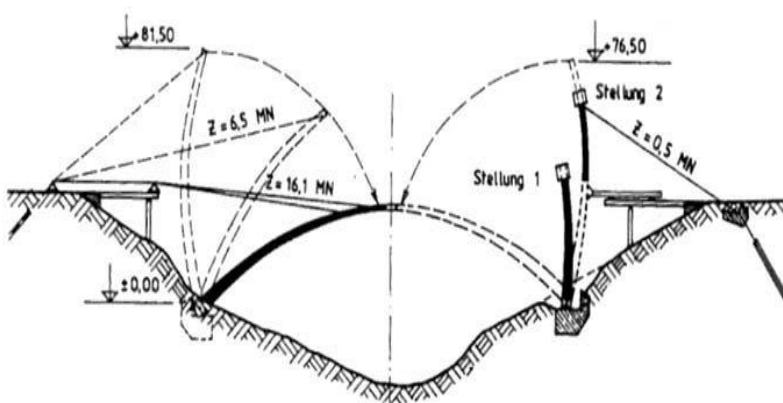


Σχήμα 3.1.3.5.6 Σύνδεση στη περιοχή της κλείδας ²⁴



Εικόνα 3.1.3.5.1 Μορφολογία τοξωτών γεφυρών.²⁵

Η πιο σύγχρονη μέθοδος κατασκευής μεγάλων τοξωτών γεφυρών χωρίς να απαιτείται προηγούμενη κατασκευή ικριώματος για τη σκυροδέτηση του τόξου απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα (Σχήμα 3.1.3.5.7.). Το μισό τόξο σκυροδετείται με τη βοήθεια φορείου σε κατακόρυφη θέση στην αντίστοιχη πλαγιά της προς γεφύρωση χαράδρας και στη συνέχεια, με τη βοήθεια συρματόσχοινων, περιστρέφεται με κέντρο τις γενέσεις του τόξου μέχρι την τελική θέση.



Σχήμα 3.1.3.5.7 Σύγχρονη μέθοδος κατασκευής τοξωτών γεφυρών.²⁶

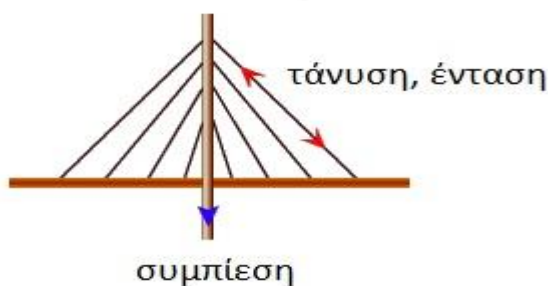
3.1.3.6 Καλωδιωτές γέφυρες

Ενδείκνυνται για πολύ μεγάλα ανοίγματα (200m-2000m) χωρίς ενδιάμεση στήριξη. Πρόκειται για την πλέον καινοτομική εξέλιξη μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο και είναι η καταλληλότερη λύση για την σύνδεση μεσαίων και μεγάλων ανοιγμάτων. Αποτελούν περίπου το 90% των γεφυρών μεγάλων ανοιγμάτων. Σε αυτό τον τύπο γέφυρας το καταστρώμα ενδιάμεσα στο μήκος του, αναρτάται από τένοντες οι οποίοι καταλήγουν στους πυλώνες μεταφέροντας τους το φορτίο του καταστρώματος. Επειδή η καμπτική ένταση του καταστρώματος αναλαμβάνεται εξολοκλήρου από τους τένοντες, το βάρος των δοκών του καταστρώματος μπορεί να μειωθεί με αποτέλεσμα μικρότερο βάρος γέφυρας. Το σύστημα αυτό των καλωδίων αναιρεί την ανάγκη ενδιάμεσης στήριξης. Οι καλωδιωτές γέφυρες είναι μεγάλης αντοχής, πλεονεκτούν στην περίπτωση σεισμικής φόρτισης, έχουν σημαντική ευκαμψία και είναι ευάλωτες στον άνεμο.

Κατά την όψη της γέφυρας τα καλώδια διατάσσονται παράλληλα ή ακτινωτά. Η ακτινωτή διάταξη είναι περισσότερο σκόπιμη τεχνικά και οικονομικά. Οι μορφές των πυλώνων των γεφυρών αυτών ποικίλουν. Τα καλώδια της γέφυρας συνήθως τοποθετούνται σε ένα μόνο επίπεδο με αγκυρώσεις κατά τον άξονα της γέφυρας και η διατομή έτσι γίνεται δύστροπη για την ανάληψη των μονόπλευρων φορτίων κυκλοφορίας.

Μεγάλος αριθμός καλωδίων οδηγεί σε μικρές δυνάμεις καλωδίων-αγκύρωσης, απλούστερη αγκύρωση, ομαλότερη μεταβίβαση των φορτίων από το κατάστρωμα στον πυλώνα, μικρές απαιτήσεις τοπικής ενίσχυσης στη θέση των συνδέσεων και συνεπώς χαμηλό κόστος. Επειδή τα καλώδια στην εν λόγω περίπτωση είναι μικρής διατομής αντικαθίστανται ευκολότερα αν υποστούν βλάβες και φυσικά η ανέγερση της γέφυρας είναι ευκολότερη.

Οι καλωδιωτές γέφυρες μπορούν κάλλιστα να έχουν έναν, δύο ή περισσότερους πυλώνες. Τα καλώδια κρέμονται από την κορυφή των υψηλών πυλώνων και συνδέονται από το αντίθετο άκρο με ισχυρά συστήματα αγκύρωσης. Αυτό ενισχύεται από δυο παράπλευρες δοκούς ακαμψίας, με ύψος το 1/50 περίπου του ελεύθερου ανοίγματος. Το βέλος του 10 τόξου των συρματόσχοινων κυμαίνεται από 1/10 έως 1/15 της χορδής.



Εικόνα 3.1.3.6.1 Τομή καλωδιωτής γέφυρας.²⁷

Ακτινωτή διάταξη

Ο τύπος αυτός καλωδίωσης προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα. Καταρχήν οι οριζόντιες δυνάμεις που εισάγονται στο κατάστρωμα είναι σαφώς μικρότερες σε σχέση με τους άλλους τύπους, αφού αυξάνεται η μέση γωνία καταστρώματος - καλωδίου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να απαιτούνται μικρότερες διατομές καλωδίων και κατά συνέπεια περισσότερη οικονομία στο ακριβότερο υλικό κατασκευής. Επίσης, η ακτινωτή διάταξη έχει το πλεονέκτημα ότι υποβάλει τους πυλώνες σε μέτρια κάμψη κατά την οριζόντια διεύθυνση, αφού (συνήθως) η διάταξη των καλωδίων είναι συμμετρική. Η διάταξη αυτή είναι περισσότερο σκόπιμη τεχνικά και οικονομικότερη από τις υπόλοιπες.

Βέβαια αισθητικά το ακτινωτό σύστημα υπολείπεται κατά γενική ομολογία της παράλληλης διάταξης καλωδίων. Ταυτόχρονα, ένα σημαντικό κατασκευαστικό πρόβλημα που προκύπτει αφορά στην περιοχή της αγκύρωσης των καλωδίων στην κορυφή του πυλώνα. Οι τάσεις που δημιουργούνται απαιτούν την χρήση ειδικών διατάξεων αγκύρωσης. Η προσομοίωση και μόνο τέτοιων διατάξεων είναι δύσκολη, πόσο μάλλον η κατασκευή τους, ωστόσο το οικονομικό όφελος των μικρότερων καλωδίων πιθανότατα υπερβαίνει αυτή τη δυσχέρεια.

Παράλληλη Διάταξη

Το αισθητικό αποτέλεσμα είναι το κύριο πλεονέκτημα της διάταξης αυτής. Η μικρή κλίση των καλωδίων έχει ως αποτέλεσμα, σημαντικό ποσοστό της δύναμης να «χάνεται» στην οριζόντια διεύθυνση και έτσι απαιτούνται μεγαλύτερες διατομές καλωδίων. Άλλωστε η μεγάλη θλίψη που εισάγεται στις κύριες δοκούς από ένα σημείο και πέρα μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα για την αντοχή τους. Κατασκευαστικά το βασικό πλεονέκτημα είναι η κατανομή καθ' ύψος των καλωδίων στον πυλώνα που δημιουργεί μια καλύτερη κατανομή των τάσεων (μειωμένες διαστάσεις πυλώνων, ευκολότερη αγκύρωση καλωδίων).

Ημιακτινωτή διάταξη

Συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των δύο παραπάνω. Η καθ' ύψος αγκύρωση των καλωδίων στους πυλώνες και η αυξημένη μέση γωνία καλωδίου καταστρώματος δημιουργεί πολλά πλεονεκτήματα. Η ευκολία στην κατασκευή των αγκυρώσεων και η μικρότερη θλίψη στο κατάστρωμα σε συνδυασμό με την αισθητική αρτιότητα, κάνουν την ημιακτινωτή διάταξη την συνηθέστερη επιλογή στις σύγχρονες καλωδιωτές γέφυρες.

Ασύμμετρη διάταξη

Η ασύμμετρη διάταξη εφαρμόζεται συνήθως σε γέφυρες με ένα πυλώνα. Συνήθως τα καλώδια από τη μία πλευρά αγκυρώνονται σε block από σκυρόδεμα. Μια μέση γωνία καλωδίων της τάξης των 45°

δίνει τα πλέον οικονομικά αποτελέσματα. Γενικά η τάση της μείωσης του ιδίου βάρους έχει ως αποτέλεσμα την δυνατότητα γεφύρωσης μεγαλύτερων ανοιγμάτων με αυτή τη διάταξη. Πρέπει να σημειωθεί ότι η διάταξη αυτή είναι συνήθης σε πεζογέφυρες, όπου μάλιστα συνδυάζεται με την διάταξη καλωδίων σε ένα μόνο επίπεδο κατά την εγκάρσια έννοια.

3.1.3.7 Κρεμαστές γέφυρες

Η συνήθης μορφή τους είναι με τρία ανοίγματα και δύο πυλώνες. Σε αυτό τον τύπο γεφυρών, οι τένοντες από τους οποίους αναρτάται το ενιαίο κατάστρωμα δε μεταφέρουν το φορτίο στους πυλώνες, αλλά σε ένα κεντρικό καλώδιο το οποίο διέρχεται πάνω από τους πυλώνες και αγκυρώνεται στα άκρα της γέφυρας. Από τα κύρια καλώδια αναρτώνται τα δευτερεύοντα (κατακόρυφα) για την ανάρτηση του καταστρώματος. Οι κρεμαστές γέφυρες αποτελούν ουσιαστικά ένα διακριτό σύστημα καλωδιωτής γέφυρας. Υπάρχει ένα βασικό παραβολικό καλώδιο και κατακόρυφοι ή κεκλιμένοι αναρτήρες, οι οποίοι συνδέουν τις κύριες δοκούς του καταστρώματος με το βασικό καλώδιο, με συνήθη μεταξύ τους απόσταση 10-20m. Η γεωμετρία του κύριου καλωδίου λόγω μόνιμου φορτίου προσδιορίζεται θεωρώντας ότι η κύρια δοκός και οι πυλώνες δεν καταπονούνται σε κάμψη.

Η γενική μορφολογία των καλωδίων στις κρεμαστές γέφυρες ποικίλει. Είναι δυνατό τα μεσαία ανοίγματα να αναρτώνται από το κύριο καλώδιο, το οποίο συνεχίζει μετά τους πυλώνες και αγκυρώνεται, προκειμένου να εμποδίσει την οριζόντια μετατόπιση της κεφαλής των πυλώνων. Είναι επίσης δυνατό τα πλευρικά ανοίγματα να στηρίζονται μέσω αναρτήρων από το κύριο καλώδιο. Στην περίπτωση τριών ανοιγμάτων γέφυρας, αν το μεσαίο άνοιγμα είναι διπλάσιο του ακραίου, το καλώδιο είναι συμμετρικό ως προς τον πυλώνα, όμως η αύξηση των πλευρικών ανοιγμάτων οδηγεί σε μείωση της δυσκαμψίας και αύξηση των παραμορφώσεων στο μεσαίο άνοιγμα. Σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να γίνει σύνδεση του κυρίου καλωδίου με την κύρια δοκό στο μέσον του μεσαίου ανοίγματος μέσω ειδικού συνδέσμου, οπότε και αλλάζει η στατική συμπεριφορά του φορέα. Η χρήση κεκλιμένων αναρτήρων συντελεί στην εμφάνιση λειτουργίας δικτύωματος, με αποτέλεσμα οι διατμητικές δυνάμεις που προκαλούνται από τα εξωτερικά φορτία να παραλαμβάνονται και να μεταφέρονται μέσω του συστήματος καλωδίων. Συνήθης είναι και η χρήση πλέγματος λοξών αναρτήρων.

Η ανέγερση γεφυρών αυτού του είδους αρχίζει με την κατασκευή των πυλώνων και των κύριων καλωδίων και έπειτα με ανάρτηση του καταστρώματος. Η ανύψωση των τμημάτων αρχίζει είτε από το άνοιγμα είτε από τους πυλώνες.

Οι κύριες δοκοί μπορεί να είναι μορφής I, δικτύωματα και κυβοτοειδείς δοκοί. Τα δικτύωματα και οι κυβοτοειδείς δοκοί προτιμώνται καθώς εξυπηρετούν στον έλεγχο των αεροδυναμικών μετακινήσεων και των γωνιακών παραμορφώσεων του καταστρώματος. Οι κύριες δοκοί είναι διαμήκεις κατασκευές

που κατανέμουν τα κινητά φορτία, λειτουργούν ως στηρίξεις για το κατακόρυφο σύστημα και εξασφαλίζουν αεροδυναμική σταθερότητα.

3.1.3.8 Αναρτημένες γέφυρες

Η κατηγορία αυτή αποτελεί ένα επίσης διακριτό σύστημα καλωδιωτής γέφυρας. Προτείνονται ιδιαίτερα για ανοίγματα από 150m έως 1000m λόγω της ευχέρειας στην επιλογή της μορφολογίας και θεωρούνται οικονομικότερες για ανοίγματα <1000m. Μπορούν λοιπόν να μορφωθούν συμμετρικά ανοίγματα με δυο πυλώνες, ασύμμετρα ανοίγματα αναρτημένα από ένα πυλώνα, πολλαπλά ανοίγματα με πυλώνες, καλώδια διατεταγμένα σε ένα ή δυο κατακόρυφα ανοίγματα, κεκλιμένοι πυλώνες κ.α.

Τα καλώδια ανάρτησης του καταστρώματος από τους πυλώνες διατάσσονται συνήθως σε ένα ή δύο κατακόρυφα επίπεδα και συγκλίνουν στην κεφαλή του πυλώνα στη μια άκρη τους, ενώ αποκλίνουν στην άλλη άκρη που αγκυρώνεται στο κατάστρωμα. Ανάλογα με την διάταξη και τη διασπορά των καλωδίων διακρίνεται το ακτινωτό σύστημα, το τροποποιημένο ακτινωτό (ημι-ακτινωτό) και το παράλληλο σύστημα. Η επιλογή του συστήματος καθώς και του αριθμού των καλωδίων εξαρτάται από το άνοιγμα της γέφυρας, το πλάτος της, τα φορτία, το ύψος των πυλώνων και την αισθητική του μελετητή.

Οι πρώτες αναρτημένες γέφυρες είχαν μόνο ένα καλώδιο σε κάθε πυλώνα αφήνοντας ελεύθερα μεγάλα μήκη, για τα οποία απαιτούνταν δοκός με σημαντική καμπτική αντοχή. Όμως με την πάροδο των χρόνων διαμορφώθηκε το σύστημα των αναρτημένων γεφυρών με πολλά καλώδια, το οποίο και χαρακτηρίζεται ως τριγωνικό δικτύωμα με το κατάστρωμα να λειτουργεί ως θλιβόμενο μέλος. Άρα η βασική μορφή της είναι μια σειρά από διαδοχικά τρίγωνα που συντίθενται από τον πυλώνα ή τον πύργο, τα καλώδια και τη δοκό. Τα μέλη αυτά καταπονούνται αξονικά, τα καλώδια εφελκύνονται και ο πυλώνας και η δοκός θλίβονται. Η δυσκαμψία των αναρτημένων γεφυρών με πολλαπλά καλώδια εξαρτάται κυρίως από τη γωνία κλίσης και το επίπεδο της τάσης των καλωδίων.



Εικόνα 3.1.3.8.1 Όψη αναρτημένης γέφυρας.²⁸

3.1.4 Ανάλογα με τη ροή των δυνάμεων

Από πλευράς ροής των δυνάμεων στην ανωδομή της γέφυρας, οι γέφυρες διακρίνονται σε μονοδιάστατα και δισδιάστατα συστήματα. Στα μονοδιάστατα συστήματα το φορτίο διανέμεται σε μια μόνο διεύθυνση, με αποτέλεσμα κάμψη σε μια οριζόντια διεύθυνση, την κάθετη στο διαμήκη άξονα της γέφυρας. Στις γέφυρες τύπου πλάκας με νευρώσεις, η κάμψη γίνεται περί δυο καθέτων μεταξύ τους οριζόντιων διευθύνσεων, οπότε και έχουμε δισδιάστατο σύστημα. Βέβαια η ανωδομή της γέφυρας μπορεί να κατασκευαστεί ως τρισδιάστατο σύστημα αποτελούμενη από πλάκα σκυροδέματος στηριζόμενη σε τρισδιάστατο δικτύωμα από πυραμιδοειδή τετράεδρα.

3.1.5 Ανάλογα με τη χρήση

Ανάλογα με τη χρήση των γεφυρών διακρίνουμε τις οδικές γέφυρες, τις σιδηροδρομικές γέφυρες και τις γέφυρες που φέρουν μη κινητά φορτία δηλαδή γέφυρες μεταφοράς με σωληνώσεις (νερού, φυσικού αερίου, πετρελαίου), γέφυρες αεροδιαδρόμων αεροδρομίων, πεζογέφυρες.

Για τις πεζογέφυρες το ελάχιστο πλάτος αυτών, αν δεν γίνεται ειδική αναφορά, ορίζεται ίσο προς:

Ελάχιστο ωφέλιμο πλάτος 3,00 m

Πλάτος πάκτωσης κυκλιδωμάτων $2 \times 0,25 = 0,50$ m

Ελάχιστο συνολικό πλάτος 3,50 m

Η διατομή του φορέα των πεζογεφυρών εκλέγεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε η πρόσβαση των χρηστών στο κατάστρωμα να γίνεται με τον ελάχιστο αριθμό βαθμίδων. Βασική αρχή της διαστασιολόγησης των πεζογεφυρών πρέπει να είναι η αποφυγή ενόχλησης των χρησιμοποιούντων αυτές, πεζών ή ποδηλατών.

3.1.6 Ανάλογα με τη δυνατότητα μετακίνησης

Ανάλογα με τη δυνατότητα μετακίνησης οι γέφυρες διακρίνονται σε σταθερές και κινητές.

Οι σταθερές διακρίνονται επιμέρους:

- Εκ της γωνίας αυτών κατά διεύθυνση προς τη κοίτη ή εκείνης του εμποδίου σε: "ορθές" ή "ορθογώνιες" και σε "λοξές".
- Εκ της κατασκευής έδρασης παραλλήλων δοκών, γνωστές ως "δοκογέφυρες" και τέλος
- Οι "κρεμαστές" που εδράζονται και ταυτόχρονα αναρτώνται σε πυλώνες.

Οι κινητές με τη σειρά τους διακρίνονται σε οριζόντια περιστρεφόμενες, περιστροφικά ανυψούμενες, κατακόρυφα ανυψούμενες, κυλιόμενες.

Οι κινητές διακρίνονται επιμέρους σε "αναρτώμενες", "περιστροφικές" και "πτυσσόμενες". Στις κινητές γέφυρες υπάγονται και οι "πλωτές".

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΑΙΣΘΗΤΙΚΗ

4.1 Αισθητική των γεφυρών

«Το λανθασμένο και το πομπώδες σπανίως ωφελούν την τέχνη, αλλά η απροσδόκητη ομορφιά μπορεί να πηγάζει από τον αυθορμητισμό των κατασκευών του μηχανικού, που διέπονται από τους νόμους της φύσης και μπορεί συνεπώς να επιτύχουν την αρμονία» σύμφωνα με τον Λε Κορμπιζιέ.

Η αισθητική άποψη είναι πάντα υποκειμενική. Κάποια κριτήρια όμως δεν παύουν να είναι κοινά. Ανά τους αιώνες έχουν κατασκευαστεί γέφυρες όλων των τύπων. Εάν εξαιρεθούν ελάχιστες περιπτώσεις έτοιμων σχεδίων, η αισθητική είναι παράγοντας που οι μελετητές μηχανικοί πάντα λαμβάνουν υπόψη. Αυτό δε σημαίνει όμως πως όλα τα δημιουργήματα τους διέπονται από καλαισθησία.

Οι γέφυρες είναι κατασκευές που χαρακτηρίζονται από τη χρήση της πειθαρχίας της δομικής λειτουργικότητας, ως αρχική βάση για τη δημιουργία των νέων και σημαντικών οπτικών μορφών. Αυτό τις ξεχωρίζει από τα γλυπτικά ή αρχιτεκτονικά έργα.

Στο αστικό περιβάλλον συμβάλλουν στην καθημερινή αστική εμπειρία, γεγονός που δείχνει ότι είναι απαραίτητο κατά τον σχεδιασμό γεφυρών να συνυπολογίζεται και η αισθητική τους. Η οπτική έλξη μιας γέφυρας μπορεί να αποδοθεί στη μορφή, τις λεπτομέρειες και στο περιβάλλον τοποθέτησής της.

Τα χαρακτηριστικά των καλύτερων γεφυρών είναι η απλότητα, η λεπτότητα, οι συνεχείς γραμμές και οι μορφές των στοιχείων της γέφυρας που ανακλάται σε αυτά η δυναμικότητα της κατασκευής. Στοιχεία που καθορίζουν την αισθητική αξία στο σχεδιασμό των γεφυρών είναι :

- η αναλογία μεταξύ των διαφορετικών στοιχείων της γέφυρας
- η συμμετρία, η οποία προσδίδει αρμονία και καλαισθησία
- η διάταξη και ο ρυθμός των επιμέρους στοιχείων
- η αντίθεση και η αρμονία
- η απλότητα και η λεπτότητα τονίζουν την ακεραιότητα της κατασκευής
- η ενότητα του σχεδίου
- η αρμονία και η συνοχή με το περιβάλλοντα χώρο

Βασικές οδηγίες για την αισθητική γίνονται και βάσει Ο.Μ.Ο.Ε.10 (Τεύχος τεχνικών έργων).

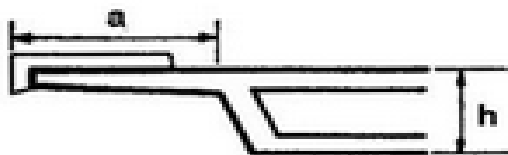
Χαρακτηριστικά, στη διαμόρφωση των φορέων των γεφυρών ανισόπεδων διασταυρώσεων (κάτω και άνω διαβάσεις) οδικών έργων και μάλιστα της κάτω επιφανείας τους (ουρανός), ορίζεται να κατασκευάζονται με φορείς τύπου πλάκας (συμπαγούς ή με διάκενα) ή κιβωτιόμορφους φορείς (Caissons) με δύο το πολύ κιβώτια ανά γέφυρα (ή κλάδο γέφυρας), εκτός αν τα διαμορφούμενα ανοίγματα σε συνδυασμό με το στατικό σύστημα δεν προσιδιάζουν στην τρέχουσα, χρησιμοποίηση των προαναφερομένων τύπων διατομής του φορέα. Στις περιπτώσεις αυτές μπορεί να εφαρμόζεται και

διατομή μορφής πλακοδοκού ή άλλη. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις γεφυρών όλων των χρήσεων, η κάτω επιφάνεια των φορέων επιτρέπεται να επιλεγεί με οποιαδήποτε δόκιμη μορφή, περιλαμβανομένης της διαμόρφωσης αυτών με πλακοδοκούς οποιουδήποτε τύπου, λαμβάνοντας όμως πάντοτε υπόψη την αισθητική και το περιβάλλον.

Αναμφισβήτητα, ένας λεπτός φορέας γέφυρας προξενεί πολύ καλύτερη εντύπωση σε σχέση με φορείς μεγαλύτερου ύψους. Σε αστικές ιδίως περιοχές, πρέπει το ύψος του φορέα να είναι κατά το δυνατόν μικρό. Για τις περιπτώσεις στις οποίες η λυγρηότητα (ο λόγος l/h μήκους ανοίγματος προς ύψος φορέα) είτε από οικονομική άποψη είτε ακόμα και από τεχνική, δεν μπορεί να εκλεγεί τόσο μεγάλη όσο απαιτείται από λόγους αισθητικής, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη δύο στοιχεία τα οποία μπορούν να βελτιώσουν καθοριστικά την εντύπωση που προξενεί η γέφυρα:

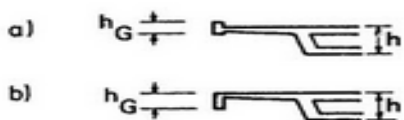
α) Το πρώτο στοιχείο είναι το μήκος του προβόλου της πλάκας κυκλοφορίας το οποίο σκιάζει το ύψος του φορέα.

Όταν η αναλογία μήκους προβόλου a προς ύψος φορέα h είναι μικρότερη της μονάδας, δηλαδή $a/h < 1$, τότε δεν υπάρχει καμία επίδραση της σκιάς του προβόλου. Με αναλογία $a/h > 3$ η επίδραση της σκιάς είναι πολύ έντονη. Αναλογίες της τάξεως $a/h > 2$ μπορούν να αποτελέσουν ουσιαστικό στοιχείο της αρχιτεκτονικής διαμόρφωσης της γέφυρας (Σχήμα 5.1.1.).



Σχήμα 4.1.1 Επίδραση σκιάς προβόλου²⁹

β) Το δεύτερο στοιχείο είναι το ύψος h_G του γείσου της πλευρικής διαμόρφωσης της γέφυρας, που επηρεάζει επίσης την αισθητική αντίληψη που προκαλείται από το ύψος του φορέα h (Σχήμα 5.1.2).



Σχήμα 4.1.2 Επίδραση ύψους γείσου³⁰

Επίσης από αισθητική άποψη σημαντικό ρόλο παίζει και το κιγκλίδωμα, το οποίο όμως, στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων, αποτελεί τυποποιημένη κατασκευή και συνεπώς μόνο σε

περιπτώσεις με έκδηλη αισθητική απαίτηση και σε συμφωνία με τον Κύριο του Έργου, πρέπει να χρησιμοποιείται σαν εργαλείο αισθητικής διαμόρφωσης της γέφυρας.

Οι σύγχρονες γέφυρες λοιπόν εκτός από εντυπωσιακά κομψοτεχνήματα αποτελούν την υπ' αριθμόν ένα τεχνική πρόκληση στον χώρο της αρχιτεκτονικής, ενώ διαρκώς στοιχηματίζουν με τον παράγοντα “χρόνος”.

4.2 Εκτίμηση του τοπίου – Ενσωμάτωση στο περιβάλλον

Η ενσωμάτωση μιας δομής στο περιβάλλον πρέπει να γίνεται πάντοτε με πολύ προσοχή. Πολλά είναι τα λάθη που έχουν πραγματοποιηθεί κατά καιρούς με την δημιουργία και χωροθέτηση τσιμεντένιων όγκων στην καρδιά παραδοσιακών περιοχών - πόλεων. Μερικές φορές οι μεγάλες σε μήκος γέφυρες με τις βαθιές, βαριές ακτίνες χαλούν τα καλά τοπία ή τις πόλεις που με τα ιδιαίτερα σπίτια τους βρίσκονται στην όχθη ενός ποταμού. Η υπάρχουσα κατάσταση του γύρω περιβάλλοντος μελετάται πάντα ώστε να συνδεθεί τελικά σωστά η γέφυρα με το χώρο που θα την φιλοξενήσει.

Η έννοια της εκτίμησης τοπίου είναι μία τεχνική κατά την οποία μελετάται το περιβάλλον τοπίο του χώρου όπου μία κατασκευή πρόκειται να λάβει χώρα, έτσι ώστε να κατανοηθεί σε βάθος η ποιότητά του, οι δυνατότητες βελτίωσης αυτού, οι φυσικοί περιορισμοί που τίθενται εξ αιτίας αυτού, τα δυνατά σημεία και οι αδυναμίες του.

Η Εκτίμηση του Τοπίου είναι η διαδικασία αυτή, μέσω της οποίας παράγεται το πλαίσιο εκείνο που θα κινηθεί ο μελετητής όταν θα χρειαστεί να πάρει αποφάσεις σχετικά με την αποκατάσταση του τοπίου (Ο.Σ.Α.Τ., 1999). Έτσι, λοιπόν, το τοπίο μπορεί να εκτιμηθεί βάση της ποιότητας του ως άριστο, μέτριο και χαμηλής ποιότητας.

Η λεπτομερής αξιολόγηση του τοπίου, θα παράσχει σημαντικές πληροφορίες, όσον αφορά τη διαμόρφωση του εδάφους, την αποστράγγιση και τη μορφή της βλάστησης.

Στρατηγικοί στόχοι της αποκατάστασης του τοπίου είναι (Ο.Σ.Α.Τ.):

- η οδός θα πρέπει να είναι ασφαλής και ελκυστική για τους χρήστες, με σεβασμό στο περιβάλλον
- η κατασκευή και η λειτουργία της οδού θα πρέπει να ανταποκρίνεται στις Μελέτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων
- ο τρόπος αποκατάστασης του τοπίου θα πρέπει να είναι κατάλληλος, πραγματοποιήσιμος, οικονομικά εφικτός, μακροχρόνια βιώσιμος, με αισθητικό κριτήριο.

4.3 Αναλογία

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό, απαραίτητο να επιτευχθεί η ομορφιά μιας κατασκευής είναι οι καλές, αρμονικές αναλογίες, σε τρισδιάστατο σύστημα. Οι καλές αναλογίες πρέπει να υπάρξουν μεταξύ των σχετικών μεγεθών των διάφορων μερών μιας γέφυρας, ανάμεσα στο ύψος της, στο

πλάτος και το εύρος, μεταξύ των μαζών και των κενών, των επιφανειών και των ανοιγμάτων, μεταξύ του φωτός και του σκοταδιού που προκαλείται από το φως του ήλιου και τη σκιά. Είναι οι αναλογίες που πρέπει να μεταδώσουν την εντύπωση της ισορροπίας. Αναλογία και ισορροπία είναι έννοιες που συμβαδίζουν πάντα.

Το στατικό τμήμα των σχεδίων μιας γέφυρας δεν ισοδυναμεί με συνολικά ορθή εν τέλει κατασκευή. Μια βαριά ακτίνα μπορεί να είναι τόσο δομικά σωστή, όσο μια λεπτή ακτίνα αλλά εκφράζει κάτι συνολικά διαφορετικό.

Οι γεωμετρικές διαστάσεις των μερών της γέφυρας αλλά και οι επί μέρους μάζες της δομής της είναι πολύ σημαντικές, αφού καθορίζουν τις σχέσεις μεταξύ των στοιχείων που μπορεί να είναι μεταξύ: των αναρτημένων καλωδίων και των στηλών, του βάθους και της έκτασης της ακτίνας, ή του ύψους, του μήκους, και του πλάτους των ανοιγμάτων. Η αρμονία βέβαια λαμβάνεται και μέσω της επανάληψης των ίδιων αναλογιών σε ολόκληρη τη δομή ή στα διάφορα μέρη της.

Δε πρέπει να ξεχνάμε πως οι διαστάσεις μιας γέφυρας πρέπει να έχουν ως βάση τους την ανθρώπινη κλίμακα.

Κατασκευή στηθαίου από σκυρόδεμα και μάλιστα στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο με την ακραία δοκό του φορέα, προσδίδει χονδροειδή χαρακτήρα στη γέφυρα.



Σχήμα 4.3.1 Στηθαίο από σκυρόδεμα³¹

Οι λοξοί κορμοί των κιβωτίων προσδίδουν ιδιαίτερη λεπτότητα στην κατασκευή.



Σχήμα 4.3.2 Κορμοί κιβωτίων³²

4.4 Ακολουθία

Με την αρχή της ακολουθίας για τις γέφυρες είναι δυνατό να αποφύγουμε τα περιττά σχέδια και εξαρτήματα. Το σχέδιο καθορίζεται συνήθως έτσι ώστε να μην είναι δυνατό να αφαιρεθεί ούτε να προστεθεί κάποιο στοιχείο, χωρίς να διαταραχθεί η αρμονία του συνόλου.

Η συμμετρία είναι ένα δοκιμασμένο στοιχείο της ακολουθίας όπου οι λειτουργικές απαιτήσεις επιτρέπουν τη συμμετρία χωρίς περιορισμό. Μπορεί επίσης να περιληφθεί η επανάληψη των ίδιων στοιχείων σύμφωνα με τον κανόνα της ακολουθίας. Η επανάληψη παρέχει το ρυθμό ο οποίος δημιουργεί την ικανοποίηση. Βέβαια πάρα πολλές επαναλήψεις οδηγούν αποδεδειγμένα στη μονοτονία. Όπου εμφανίζονται πολλές επαναλήψεις, πρέπει να διακόπτονται από άλλα στοιχεία σχεδίου.

Η επιλογή για παράδειγμα ενός συστήματος δοκών σε όλο το οικοδόμημα είναι ένα στοιχείο της καλής ακολουθίας. Αντίθετα η διακοπή μιας σειράς αψίδων με μια ακτίνα θα προκαλέσει πρόβλημα στο αισθητικό σχέδιο. Το μέγεθος των ανοιγμάτων, το είδος των υλικών της κατασκευής, το ύψος τη γέφυρας, η χρήση που αυτή τελικά θα έχει, όλοι αυτοί οι παράγοντες καθορίζουν την ακολουθία που τελικά θα επιτευχθεί από το μελετητή και κατ' επέκταση τον κατασκευαστή ή όχι.

4.5 Μορφή

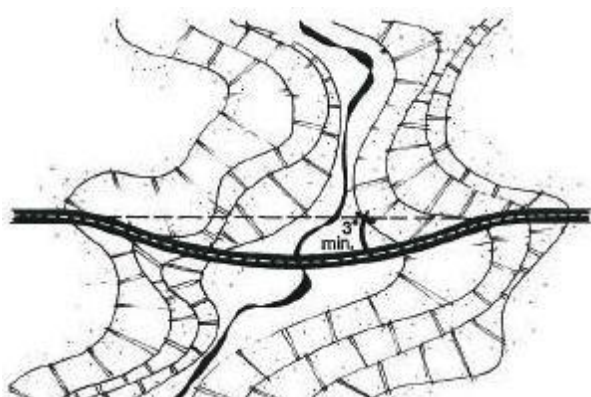
Σε πολλές περιπτώσεις κτιριακοί όγκοι που διαμορφώνονται από παράλληλες ευθείες γραμμές, δύσκαμπτοι και στατικοί, παράγουν ανήσυχο οπτικό αίσθημα στον θεατή. Οι ψηλές αποβάθρες ή οι πύργοι γεφυρών με τις παράλληλες πλευρές εμφανίζονται από κάτω να είναι ευρύτερες στην κορυφή απ' ότι στο κατώτατο σημείο.

Ούτε όμως το ομοιόμορφο πάχος διαμορφώνει την αίσθηση της λειτουργικότητας, επειδή οι δυνάμεις μειώνονται με το αυξανόμενο ύψος. Για αυτόν τον λόγο αρχαίοι Αιγύπτιοι και Έλληνες έδωσαν στις στήλες των ναών τους μια πολύ μικρή κωνικότητα, η οποία είναι σε πολλές περιπτώσεις πραγματικά καμπυλωτή. Στους υψηλούς πύργους και τις αποβάθρες γεφυρών μια παραβολική κωνικότητα φαίνεται καλύτερη από μια ευθεία κωνικότητα. Η μορφή λοιπόν παίζει σπουδαίο ρόλο στο τελικό οπτικό αποτέλεσμα μιας γέφυρας.

Τα ανοίγματα μιας οδογέφυρας που διασχίζει μια κοιλάδα πρέπει να γίνουν μικρότερα στις πλαγιές, και ακόμη και το βάθος των δοκών ή η λωρίδα των ακρών μπορεί να προσαρμοστεί στα ποικίλα ανοίγματα. Στις μακριές ακτίνες των οποίων η κατώτατη άκρη είναι ακριβώς οριζόντια συνήθως δίνουμε μία ελαφρά κυρτότητα.

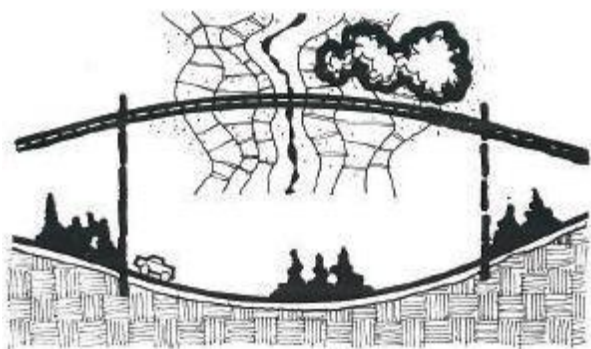
Πρέπει επίσης να ελέγξουμε την εμφάνιση μιας γέφυρας από όλα τα πιθανά πλεονεκτικά σημεία του μελλοντικού παρατηρητή ή χρήστη. Συχνά η μεγάλη ανύψωση είναι εξ ολοκλήρου ικανοποιητική, αλλά κατά τις λοξές απόψεις γωνίας η δυσάρεστη επικάλυψη εντοπίζεται. Παράλληλα με τη μορφή πρέπει να εξετάζεται και η επίδραση του φωτός και της σκιάς. Μια ευρεία πλάκα στήριξης γεφυρών μπορεί να ρίξει τη γέφυρα στη σκιά, ενώ παρόμοιες σκιές σπάζουν τον εκφραστικό χαρακτήρα μιας αψίδας.

Η μορφή βέβαια έχει να κάνει με την γεωμετρία. Ειδικά όταν η γέφυρα αποτελεί τεχνικό έργο οδικού δικτύου, κατά τον σχεδιασμό της τα στοιχεία της μελέτης εξετάζονται χωριστά για την οριζοντιογραφία, τη μηκοτομή και τις κατά πλάτος διατομές ανάλογα με την ταχύτητα μελέτης. Εφαρμόζοντας τα στοιχεία αυτά στην συγκεκριμένη τοπογραφία προκύπτουν διάφοροι συνδυασμοί ένταξης της οδού στο φυσικό περιβάλλον και η αξιολόγησή τους προκύπτει μόνο με την ακριβή και προσεκτική μελέτη της τρισδιάστατης διαμόρφωσης της οδού.



Σχήμα 4.5.1. Απόκλιση της χάραξης της οριζοντιογραφίας κατά γωνία 30° με στόχο τη βελτίωση της οπτικής θέας.³³

Η σημαντικότερη από τις βασικές αρχές ένταξης της αισθητικής στο σχεδιασμό της γεωμετρίας της κατασκευής είναι η ανάγκη για εναρμόνιση της οριζοντιογραφίας με τη μηκοτομή, ώστε να εξασφαλίζεται καλύτερη και ασφαλέστερη λειτουργία του έργου.



Σχήμα 4.5.2. Εναρμόνιση καμπύλης της οριζοντιογραφίας με την καμπύλη στην μηκοτομή.³⁴

Αυτοί οι καθορισμοί της μορφής είναι βασισμένοι στη μακροχρόνια εμπειρία και πρέπει να μελετηθούν σύμφωνα με τα πρότυπα, μεμονωμένα για κάθε περίπτωση έργου.

4.6 Χρώμα

Το χρώμα διαδραματίζει πάντα έναν ιδιαίτερο ρόλο στο γενικό αισθητικό αποτέλεσμα. Πολλοί ερευνητές έχουν μελετήσει την ψυχολογική επίδραση του χρώματος και έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα, πως απλές και καλαίσθητες κατασκευές με προσοχή στη λεπτομέρεια μεταδίδουν πολύ θετική ενέργεια. Ιδιαίτερα στα βάθρα, θα πρέπει να αποφεύγεται η άσκοπη σπατάλη υλικού. Τα βάθρα θα πρέπει να φαίνονται ότι υψώνονται πάνω από σωστά αποκαταστημένα εδάφη, χωρίς παρεμβολή συμπληρωματικών έργων θεμελίωσης.

Επίσης ως προς τα κιγκλιδώματα που είναι το κύριο ορατό μέρος της γέφυρας, ορατό από τους οδηγούς, θα πρέπει να συνδυάζουν αντοχή, ομορφιά και ορατότητα. Ο σχεδιασμός τους, θα πρέπει να είναι μέρος της μελέτης γεφυροποιίας και να μην γίνεται ποτέ εκ των υστέρων. Θα πρέπει να είναι είτε κατασκευασμένα από γαλβανισμένο χάλυβα, είτε να είναι βαμμένα με απαλό χρώμα. Για λόγους αισθητικής, και για να διαφοροποιηθεί η γέφυρα από άλλους δρόμους, θα πρέπει να μελετηθεί η πιθανότητα χρήσης χρωματικών συνδυασμών για τα κιγκλιδώματα, ώστε να είναι πιο αποδεκτοί περιβαλλοντικά υπό τον όρο φυσικά ότι αυτό δεν θα μειώσει την ασφάλεια της οδού.

4.7 Φωτισμός

Ο φωτισμός της γέφυρας είναι ένα ξεχωριστό έργο από μόνος του. Είναι το κομμάτι εκείνο που θα δώσει στην κατασκευή την ξεχωριστή και ιδιαίτερη υπόσταση της στο χώρο, ακόμη και όταν αποχωρώντας το φως της μέρας, θα απειλείται η όποια αισθητική του σε υποβάθμιση. Δίνει τη δυνατότητα ο φωτισμός να φανεί ξανά, αλλά και με τον τρόπο που επιθυμεί κανείς, η κατασκευή και υπάρχει η δυνατότητα να αποτελέσει ένα έργο μοντέρνας τέχνης. Συνεπώς ο μελετητής θα πρέπει να δίνει ιδιαίτερη σημασία στον φωτισμό της γέφυρας και να φροντίζει με την σωστή χρήση αυτού, να τονίζει τις ξεχωριστές γραμμές και τα στοιχεία της γέφυρας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα (υπόδειγμα) εξαιρετικής χρήσης φωτισμού αποτελεί η γέφυρα Χαρίλαος Τρικούπης.

Στην πραγματικότητα το φως είναι ένα εργαλείο για να τροποποιηθεί ο χώρος. Ο φωτισμός δεν πρέπει να είναι απλά ο απαιτούμενος από τις προδιαγραφές αφού είναι αυτός που δίνει προστιθέμενη αξία στην κατασκευή. Ο θαυμασμός μιας γέφυρας από τους ανθρώπους, δεν εκφράζεται μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας αλλά και κατά τις νυχτερινές ώρες. Μόνο που στην δεύτερη περίπτωση τις περισσότερες φορές αυτό που εντυπωσιάζει το θεατή ή τον χρήστη είναι ο φωτισμός ίσως περισσότερο από αυτό καθαυτό το έργο.

Ο εξωτερικός φωτισμός είναι ορατός από μεγάλες αποστάσεις, ενώ η οπτική ενόχληση από αυτόν κατά την διάρκεια της νύχτας μπορεί να γίνει ιδιαίτερα αισθητή σε περίπτωση κακού σχεδιασμού. Υπάρχει ανάγκη ο φωτισμός να ελέγχεται ώστε να μην ενοχλεί αυτούς που θέλουν να τον αποφύγουν

κατά τις νυχτερινές ώρες, αλλά παράλληλα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από αυτούς που τον χρειάζονται.

Ιδιαίτερα στα συγκοινωνιακά έργα, από την ορατότητα και την διαύγεια στο οπτικό πεδίο του χρήστη που καλύπτονται από προδιαγραφές, σημαντικό ρόλο μπορεί να διαδραματίσει και η διατήρηση του ενδιαφέροντος του οδηγού στο δρόμο. Αυτό αν και την ημέρα μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους, τη νύχτα μπορεί να υλοποιηθεί σχεδόν μόνο μέσω του φωτισμού. Δυστυχώς η απαίτηση της ομοιόμορφης κατανομής του φωτός και της απόλυτης διαύγειας δεν επιτρέπει τη δημιουργία φωτεινών εναλλαγών ή έντονων χρωμάτων, αλλά ακόμα και με αυτές τις συνθήκες είναι δυνατόν να παραχθούν εξαιρετικά αποτελέσματα.

Για να δώσουμε σε μια γέφυρα ορθό φωτισμό θα πρέπει η γέφυρα αρχικά να έχει μελετηθεί προσεκτικά υπό το φως του ήλιου. Αυτό δεν σημαίνει ότι η νυχτερινή της όψη πρέπει να μιμηθεί την πρωινή της εμφάνιση, απεναντίας κατά τον σχεδιασμό πρέπει να δίνεται έμφαση στα σημαντικότερα σημεία της (ύψος, καμπυλότητες, καμάρες, συνολική εμφάνιση, σκιές, κ.α.), και να καλύπτονται τυχόν ατέλειες της. Αυτό, προφανώς μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα η κατασκευή να φαίνεται πιο ελκυστική την νύχτα από ότι την μέρα.



Εικόνα 4.7.1 Φωτισμένη η γέφυρα της Βουδαπέστης.³⁵

Είναι πολύ σημαντικό τα φωτιστικά σώματα να βρίσκονται σε σημεία που η κατεύθυνση τους να είναι τέτοια, ώστε να μην προκαλείται θάμβωση σε αυτούς που παρατηρούν, πόσο μάλλον σε αυτούς που χρησιμοποιούν τη γέφυρα. Λιγότερο φως από λιγότερες πηγές οι οποίες είναι τοποθετημένες υπό γωνία, σε σχέση με την επιφάνεια που φωτίζουν, αναδεικνύει πολύ καλύτερα την αρχιτεκτονική μιας γέφυρας.

Ψυχρές, ζεστές αλλά και χρωματιστές πηγές φωτός είναι πλέον τόσο διαδεδομένες που ο σχεδιαστής μπορεί να παρασυρθεί ξεχνώντας ότι η κατασκευή πρέπει να παρουσιάζει ενότητα και αρμονία. Διαφορετικά υλικά επιφάνειας, απαιτούν διαφορετικές πηγές φωτισμού. Ο πίνακας που ακολουθεί δίνει την αντιστοιχία υλικών και κατάλληλων χρωμάτων φωτισμού:

Υλικό	Χρώμα	Προτεινόμενη φωτεινή πηγή
Μπετό & Πέτρα	Λευκό	Tungsten and THD,SON,MBF,MBI,CDM
Τούβλο	Κόκκινο Κίτρινο Μπλε-Γκρι	Tungsten and THD,SON. Red fluorescent. Tungsten and THD,SON,SOX. Gold fluorescent. THD,MB,MBF,MBI,CDM
Αμμόπετρα	Κόκκινο-Καφέ	Tungsten,THD,SON. Gold fluorescent
Γρασίδι & Φυτά	Πράσινο	MB,MBF,MBI. Green fluorescent

Πίνακας 4.7.1. Αντιστοιχία υλικών και χρωμάτων φωτισμού.

Όπου:

Tungsten: λαμπτήρας νήματος βολφραμίου

Fluorescent: λαμπτήρας φθορισμού

THD: λαμπτήρας αλογόνου

SON: λαμπτήρας νατρίου υψηλής πίεσης

SOX: λαμπτήρας νατρίου χαμηλής πίεσης

MBF: λαμπτήρας ατμών υδραργύρου

MBI: λαμπτήρας ατμών υδραργύρου αλογόνου

CDM: λαμπτήρας αλογονιδίων μεταλλικών ατμών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΑΠΟ ΟΛΟ ΤΟΝ ΚΟΣΜΟ

5.1 Καλωδιωτή γέφυρα Ρίου-Αντίρριου

Η γέφυρα αποτελείται από:

- Μια καλωδιωτή γέφυρα μήκους 2.252 μέτρων με τέσσερις πυλώνες. Τα ανοίγματα έχουν μήκος 286m, 560m, 560m, 560m και 286m.
- Δύο γέφυρες πρόσβασης, μήκους 392 μέτρων στην πλευρά του Ρίου και 239 μέτρων στην πλευρά του Αντιρρίου.

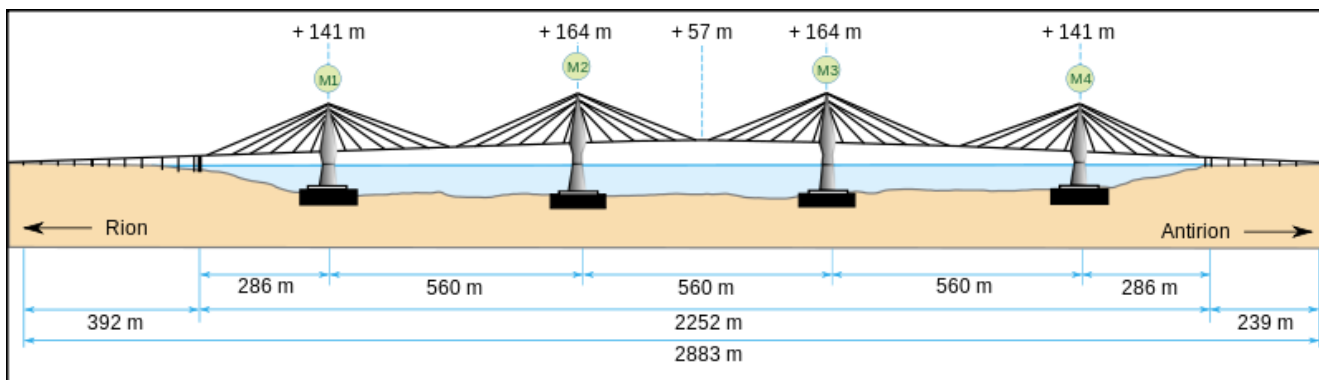
Οι τέσσερις πυλώνες από τους οποίους κρέμεται η γέφυρα έχουν ύψος από 115 έως 160m από την επιφάνεια της θάλασσας, ενώ από τον πυθμένα οι κορυφές τους απέχουν έως και 227m. Το κατάστρωμα έχει πλάτος 27,2m και διαθέτει δύο λωρίδες κυκλοφορίας (συν μία βοηθητική) ανά κατεύθυνση, μια λωρίδα ασφαλείας και πεζοδρόμιο σε κάθε κατεύθυνση. Στο μέγιστο ύψος του από τη θάλασσα αφήνει περιθώριο για το πέρασμα πλοίων ύψους 52m.

Η άνω στρώση του υπεδάφους κάτω από τα θεμέλια των πυλώνων ενισχύεται με ενθέματα, τα οποία είναι κενοί χαλυβδοσωλήνες διαμέτρου 2 μ. και μήκους 25-30 μ. που εμπήγνουνται σε αποστάσεις 7 μ. μεταξύ τους. Στη θέση των τριών από τα τέσσερα βάθρα τοποθετούνται 150 με 200 τέτοιοι σωλήνες. Το τμήμα τους που προεξέχει από τον πυθμένα καλύπτεται από μια επιμελημένα ισοπεδωμένη στρώση αμμοχάλικου, πάχους 3 μ. Τα θεμέλια είναι θάλαμοι από οπλισμένο σκυρόδεμα με διάμετρο 90m, που εδράζονται στην στρώση του αμμοχάλικου. Το κάτω τμήμα του βάθρου αποτελείται από έναν κώνο, του οποίου η διάμετρος κυμαίνεται από 38 έως 26m.

Πρόκειται για μια σύμμικτη κατασκευή με χαλύβδινο σκελετό, που αποτελείται από δύο διαμήκεις κύριες δοκούς ύψους 2,2m σε κάθε πλευρά, με εγκάρσιες δοκούς ανά 4m. Η επάνω πλάκα κατασκευάζεται από προκατασκευασμένα φατνώματα από σκυρόδεμα. Το κατάστρωμα είναι συνεχές και πλήρως ανηρτημένο σε όλο το μήκος του. Τέσσερις μηχανισμοί απόσβεσης συνδέουν το κατάστρωμα με την κορυφή κάθε βάθρου και 21 περιορίζουν την ταλάντωση του καταστρώματος κατά τη διάρκεια σεισμών.

Το φυσικό περιβάλλον της περιοχής χαρακτηρίζεται από ένα σπάνιο συνδυασμό δυσμενών συνθηκών:

- 1) Βάθος θαλάσσης έως και 65m
- 2) Πυθμένας μειωμένων αντοχών
- 3) Έντονη σεισμική δραστηριότητα και πιθανές τεκτονικές μετακινήσεις



Σχήμα 5.1.1 Τομή περιοχής.³⁶

Το ανάγλυφο του πυθμένα εμφανίζει απότομες κλίσεις προς τις δύο ακτές και ένα μεγάλο οριζόντιο πλάτωμα σε βάθος περίπου 60m κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Κατά τη διάρκεια των ερευνών δεν εντοπίστηκε βραχώδες στρώμα σε βάθος έως και 100m κάτω από τον πυθμένα.



Εικόνα 5.1.1 Γέφυρα Ρίου-Αντίρριου.³⁷

Επεβλήθησαν αυστηρότατα σεισμικά φορτία μελέτης: μέγιστη επιτάχυνση εδάφους ίση προς 0.48 g και μέγιστη επιτάχυνση φάσματος ίση προς 1.20 g μεταξύ 0.2 και 1 δευτερολέπτων. Μια πιθανή μετατόπιση έως και 2 μέτρων μεταξύ δυο βάθρων προς οποιαδήποτε κατεύθυνση οριζοντίως ή και καθέτως δε θα δημιουργεί ουσιαστικά προβλήματα στη γέφυρα. Καθοριστική επίσης παράμετρος στη μελέτη της γέφυρας υπήρξε ο αντισεισμικός σχεδιασμός, παρά το ότι η γέφυρα πρέπει παράλληλα να αντέχει σε πρόσκρουση δεξαμενόπλοιου 180.000 τόνων που πλέει με ταχύτητα 18 κόμβων, σε ισχυρότατους ανέμους και σε διέλευση αυτοκινήτων και φορτηγών.

Τα ακόλουθα τεχνικά χαρακτηριστικά αποδεικνύουν τη μοναδικότητα του έργου:

- Η γέφυρα έχει τα μεγαλύτερα θεμέλια, τα οποία κατασκευάστηκαν σε μία ασυνήθιστη ξηρά δεξαμενή, επιφάνειας 20.000 τ.μ., σε βάθος 12 μέτρα κάτω από τη θάλασσα.

- Κάθε πέδιλο που ποντίστηκε στη θάλασσα είναι 6,5 στρεμμάτων με διάμετρο 90 μέτρων, ενώ το βάρος του κάθε «ποδιού» είναι 80.000 τόνοι.
- Δύο τεράστιες πλωτές πλατφόρμες-εργοτάξια, η Λίζα και η Σαρ, επιφάνειας 2,4 και 2 στρεμμάτων στρεμμάτων αντίστοιχα, βοήθησαν την κατασκευή του.
 - Διάμετρος πέλματος βάθρου 90 μέτρα.
 - Συνολικό μήκος γέφυρας με οδικές προσβάσεις 3.500 μέτρα.
 - Συνολικό μήκος καλωδίων για την υποστήριξη του οδοστρώματος 40 km.



Εικόνα 5.1.2 Όψη γέφυρας το βράδυ.³⁸

6.2 Η γέφυρα Golden Gate

Η Golden Gate Bridge είναι κρεμαστή γέφυρα που εκτείνεται, στην "Golden Gate" (Χρυσή Πύλη), στο άνοιγμα του κόλπου του Σαν Φρανσίσκο στον Ειρηνικό Ωκεανό. Έχει χαρακτηριστεί ως ένα από τα σύγχρονα θαύματα του κόσμου από την American Society of Civil Engineers. Ως μέρος και των δύο, της Διαδρομής 101 των ΗΠΑ και της Κρατικής Διαδρομής 1 της Καλιφόρνια, η δομή συνδέει την πόλη του Σαν Φρανσίσκο, το βόρειο άκρο της χερσονήσου του Σαν Φρανσίσκο με την κομητεία του Μαρίν. Η Γέφυρα Golden Gate είχε τη μεγαλύτερη διάρκεια κατασκευής κρεμαστής γέφυρας στον κόσμο, όταν ολοκληρώθηκε το 1937, και έχει γίνει ένα από τα πιο διεθνώς αναγνωρισμένα σύμβολα του Σαν Φρανσίσκο, της Καλιφόρνιας και των Ηνωμένων Πολιτειών.

Ο κόλπος του San Francisco δημιουργήθηκε από αργή βύθιση (σε πρόσφατα γεωλογικά έτη) τμήματος της ακτής της California. Η περιοχή πληρώθηκε από ιζήματα (ιλύς έως λεπτόκοκκη άμμο). Το βραχώδες υπόβαθρο αποτελείται από ψαμμίτες, ιλυόλιθους, αργιλικούς σχιστόλιθους, γραουβάκες και σεπρεντίνες.

Αποτελεί τη δεύτερη μεγαλύτερη κρεμαστή γέφυρα κυρίως στα ανοίγματά της προς τις Ηνωμένες Πολιτείες, μετά τη γέφυρα Verrazano-Narrows στη Νέα Υόρκη. Το συνολικό μήκος της γέφυρας είναι 2.7Km, το πλάτος 27,5m και σε ύψος φτάνει τα 227,4m. Το κάθε καλώδιο αποτελείται από 27.572 σκέλη σύρματος. Τα καλώδια, συνολικά, έχουν μήκος 129.000 χιλιόμετρα. Επιπλέον έχει 1.200.000 καρφιά. Έχει ημερήσια κυκλοφορία 118.000 οχήματα. Βασικό υλικό της κατασκευής είναι το ασάλι. Το χρώμα είναι έντονο πορτοκαλί. Επιλέχτηκε από τον αρχιτέκτονα Irving Morrow, επειδή συμπληρώνει το φυσικό περιβάλλον και ενισχύει την προβολή της γέφυρας στην ομίχλη, η οποία είναι κάτι που συνηθίζεται στην περιοχή.



Εικόνα 5.2.1 Γέφυρα Golden Gate με ομίχλη³⁹



Εικόνα 5.2.2 Όψη της Golden Gate Bridge.⁴⁰

Η Golden Gate αποτελεί μια από τις πιο φωτογραφημένες γέφυρες στον κόσμο. Η πλευρά από την κομητεία του Marin είναι εξαιρετικό μέρος για να βγάλεις φωτογραφίες και να παρακολουθείς κρουαζιερόπλοια να περνούν κάτω από τη γέφυρα. Η εικόνα της γέφυρας το βράδυ είναι μοναδική. Σε εκείνες τις ώρες αναδεικνύονται περισσότερο οι λεπτομέρειες της κατασκευής. Ο φωτισμός είναι τοποθετημένος έτσι ώστε να τονίζει κατάλληλα την ακολουθία των μεταλλικών επί μέρους στοιχείων της κατασκευής. Αποτελεί ένα αριστούργημα αρχιτεκτονικής και αισθητικής.



Εικόνα 5.2.3 Βραδινή λήψη της γέφυρας Golden Gate.⁴¹

5.3 Η γέφυρα του Brooklyn

Η γέφυρα του Brooklyn είναι μια από τις πιο παλαιότερες γέφυρες στις Ηνωμένες Πολιτείες. Η κατασκευή της ολοκληρώθηκε το 1883 και συνδέει τους δύο πιο γνωστούς δήμους της νέας Υόρκης, το Μανχάταν και το Μπρούκλιν. Μια βδομάδα μετά το άνοιγμα της, μια φήμη ότι η γέφυρα θα καταρρεύσει προκάλεσε άτακτη φυγή, η οποία συνέτριψε και οδήγησε στο θάνατο δώδεκα άτομα. Αρχικά ήταν γνωστή ως γέφυρα της Νέας Υόρκης και του Μπρούκλιν και ως γέφυρας Ιστ Ριβερ ,αλλά το 1915 ονομάστηκε επίσημα ως γέφυρα του Brooklyn από την κυβέρνηση της πόλης. Κατά την στιγμή που άνοιξε και για πολλά χρόνια ήταν η μεγαλύτερη κρεμαστή γέφυρα στον κόσμο. Από το 1980 και μετά είναι φωταγωγημένη το βράδυ για να τονίζονται τα αρχιτεκτονικά της χαρακτηριστικά. Έχει συνολικό μήκος 1.825 μέτρα και το πλάτος της αγγίζει τα 26 μέτρα. Το ύψος του καταστρώματος φτάνει τα 41 μέτρα πάνω από τη θάλασσα. Η ημερήσια κυκλοφορία αγγίζει τα 125.000 οχήματα. Μέχρι το 1950 την γέφυρα την διέσχιζαν τρένα και τραμ, αλλά πλέον έχει περιοριστεί σε αυτοκίνητα, πεζούς και ποδήλατα.



Εικόνα.5.3.1 Ασπρόμαυρη φωτογραφία με θέα το Μανχάταν⁴²



Εικόνα.5.3.2. Λήψη της γέφυρας του Brooklyn από ψηλά⁴³



Εικόνα 5.3.3 Γέφυρα Brooklyn⁴⁴

5.4 Η γέφυρα Akashi Kaikyo

Το 1975 πραγματοποιήθηκε η ανάληψη του έργου σύνδεσης του Χόνσου, του μεγαλύτερου νησιού της Ιαπωνίας, με το Σικόκου, ένα από τα τέσσερα κύρια νησιά της. Η κατασκευή ξεκίνησε το 1976 και ολοκληρώθηκε το 1999. Το έργο περιλαμβάνει 18 γέφυρες εκ των οποίων οι περισσότερες είναι κατασκευασμένες με μεγάλα ανοίγματα. Οι επικρατέστεροι τύποι γεφυρών είναι κρεμαστές (10) και καλωδιωτές (5). Και οι δύο τύποι περιλαμβάνουν γέφυρες που κατέχουν το ρεκόρ από πλευράς πλάτους ανοίγματος.

Από τις πιο σημαντικές γέφυρες ολόκληρου του έργου είναι η γέφυρα Akashi Kaikyo, γνωστή και ως Μαργαριταρένια Γέφυρα η οποία στέκει αγέρωχα στα Στενά του Ακάσι. Θεωρείται από τις μεγαλύτερες κρεμαστές γέφυρες στον κόσμο, καθώς το κεντρικό της άνοιγμα εκτείνεται σε 2 χλμ. Έχει συμβάλει τόσο στην ασφαλή μετακίνηση του επιβατικού κοινού όσο και στην αναβάθμιση των εμπορικών συναλλαγών. Και αυτό γιατί ως την ολοκλήρωσή της, το 1998, όλες οι μετακινήσεις πραγματοποιούνταν από θαλάσσης.

Η μορφή της είναι απλή, χωρίς τίποτα το αισθητικά υπερβολικό. Αποτελείται από δυο πυλώνες και τρία ανοίγματα. Δυο μεγάλα καλώδια στηρίζονται στους πυλώνες και είναι αγκυρωμένα στις ακτές. Από τα δυο αυτά καλώδια κρέμεται το κατάστρωμα της γέφυρας. Το μεσαίο άνοιγμα έχει μήκος ακριβώς 1991μ. και τα δυο πλευρικά 960μ. το καθένα. Το συνολικό μήκος της γέφυρας είναι 3911μ. Η

επιλογή του μήκους του μεσαίου ανοίγματος έγινε με βάση το γεγονός πως στη θάλασσα υπάρχει διεθνής ζώνη ναυσιπλοΐας πλάτους 1500μ. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η ζώνη απαιτεί εκατέρωθεν 200μ. ζώνη ασφαλείας το απαιτούμενο πλάτος ανέρχεται στα 1900μ. Αυτό που κάνει τη γέφυρα ξεχωριστή είναι το μήκος του μεσαίου ανοίγματος. Είναι μεγαλύτερο κατά 367μ. από τη δεύτερη στην κατάταξη γέφυρα στο Great Belt της Δανίας και κατά 693μ. από τη μεγαλύτερη κρεμαστή γέφυρα των ΗΠΑ στο Verazzano Narrows από της Νέας Υόρκης.

Πρόκειται για ένα αρχιτεκτονικό κομψοτέχνημα. Μια αντισεισμική κρεμαστή γέφυρα με ειδικές ενισχυτικές δοκούς μεγάλης αντοχής. Σύμφωνα με στοιχεία που παρέθεσε η ιαπωνική εταιρεία Honshu-Shikoku (στην οποία ανήκει η γέφυρα) το σύνολο των εργασιών ανήλθε περίπου σε 3.5 δισ. ευρώ. Άλλαξε όμως κυριολεκτικά τη ζωή των κατοίκων προσφέροντας μεγαλύτερη ασφάλεια στις μετακινήσεις.

Οι δυο πυλώνες είναι χαλύβδινοι και έχουν ύψος 300μ. πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Οι πυλώνες εδράστηκαν σε βάσεις σκυροδέματος που εγχύθηκε επί τόπου μέσα σε τεράστια χαλύβδινα κιβώτια στον πυθμένα της θάλασσας. Το σκυρόδεμα ήταν ειδικού τύπου με προσθήκη πλαστικοποιητών και παρασκευάστηκε επί τόπου από μονάδα τοποθετημένη πάνω σε φορτηγίδα. Λόγω της τεράστιας ποσότητας σκυροδέματος (στη μια βάση η ποσότητα ήταν 355000 κυβικά μέτρα) λήφθηκαν μέτρα για την μείωση των τάσεων λόγω θερμοκρασίας κατά τη σκυροδέτηση.

Χρησιμοποιήθηκε τσιμέντο χαμηλής θερμότητας και το μισό νερό αντικαταστάθηκε με πάγο. Έτσι η μέγιστη εσωτερική θερμοκρασία του σκυροδέματος κρατήθηκε κάτω από 50° C και αποφεύχθηκε η δημιουργία ρωγμών. Για τη θεμελίωση των πυλώνων και τις αγκυρώσεις των καλωδίων στις ακτές χρησιμοποιήθηκαν 1.5 εκατομμύρια κυβικά μέτρα σκυροδέματος. Οι πυλώνες της γέφυρας είναι ψηλές εύκαμπτες κατασκευές και ευαίσθητοι στα φορτία των ανέμων. Υπολογίστηκε ότι θα υφίστανται ταλάντωση λόγω του αέρα και κατά το στάδιο της κατασκευής και κατά το στάδιο της λειτουργίας της γέφυρας. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού τοποθετήθηκαν στους πυλώνες αποσβεστήρες κραδασμών και δόθηκε σε αυτούς αεροδυναμικό σχήμα με την στρογγύλευση των ακμών τους.

Κατασκευασμένη εξ ολοκλήρου από ατσάλι κατέχει υψηλή θέση και στον κατάλογο με τις πλέον καλαίσθητες γέφυρες του κόσμου. Τα καλώδια αυτής είναι εξαιρετικά λεπτά και η δικτυωτή δοκός στήριξης του καταστρώματος φαίνεται επίσης εξαιρετικά λεπτή, όταν συγκρίνεται με το μήκος της γέφυρας και το ύψος των βάθρων. Η χρήση λοιπόν αναλογιών και αντιθέσεων χάρισε στην γέφυρα την απaráμιλλη αισθητική της. Το γκριζοπράσινο χρώμα επελέγη για τα ταιριάζει η γέφυρα με το αστικό τοπίο και να προσφέρει πλήρη αντίθεση με τα έντονα χρώματα της θάλασσας και του ουρανού.

Αποτελεί ένα πραγματικό έργο τέχνης για την Ιαπωνία αλλά και όλο τον κόσμο και φυσικά πρότυπο μελέτης για μεγαλύτερα κατασκευαστικά επιτεύγματα.



Εικόνα 5.4.1 Η γέφυρα Akashi Kaikyo.⁴⁵



Εικόνα 5.4.2 Η γέφυρα Akashi Kaikyo φωτισμένη τη νύχτα⁴⁶

5.5 Γέφυρα Tower

Η Tower Bridge (κατασκευής 1886-1894) είναι ένα είδος κινητής συνδυασμένη με κρεμαστή γέφυρα στο Λονδίνο, πάνω από τον ποταμό Τάμεση. Είναι κοντά στον Πύργο του Λονδίνου, από τον οποία πήρε και το όνομά της. Έχει γίνει σύμβολο του Λονδίνου. Πρόκειται για γέφυρα με εκπληκτική μορφολογία, αναλογία και αισθητική.

Το συνολικό μήκος της φτάνει τα 244μ. (801 πόδια) και το μεγαλύτερο άνοιγμα της τα 61μ. Αποτελεί για τη χώρα διατηρητέο μνημείο. Οι πύργοι που διαθέτει είναι τυπικού γοθικού ρυθμού.



Εικόνες 5.5.1 Εργασίες κατά τη κατασκευή της γέφυρας.⁴⁷



Εικόνα 5.5.2 Ατμομηχανή που κινούσε τον ανυψωτικό μηχανισμό.⁴⁸

Η γέφυρα αποτελείται από δύο πύργους δεμένους μαζί στο ανώτερο επίπεδο, μέσω δύο οριζόντιων διαδρόμων, σχεδιασμένους να αντέχουν τις οριζόντιες δυνάμεις που ασκούνται από τα αιωρούμενα τμήματα της γέφυρας στις πλευρές της ενδοχώρα των πύργων. Η κατακόρυφη συνιστώσα των δυνάμεων στα αιωρούμενα τμήματα και οι κατακόρυφες αντιδράσεις των δύο διαδρόμων είναι ισχυρές. Τα στροφικά κινητά είδη και τα μηχανήματα λειτουργίας στεγάζονται στη βάση του κάθε πύργου. Ο συνολικός μηχανισμός για να ανοίξει η γέφυρα είναι κρυμμένος στους δυο αυτούς πύργους. Κάθε κατάστρωμα είναι πάνω από 30 μέτρα πλάτος και μπορεί να ανοίξει σε μια γωνία 83 μοιρών.

Το χρώμα της γέφυρας χρονολογείται από το 1977, όταν ήταν βαμμένο κόκκινο, λευκό και μπλε για το ασήμι της Βασίλισσας Ελισάβετ. Για την ακρίβεια αρχικά ήταν ζωγραφισμένο ένα πρασινωπό-μπλε χρώμα. Φυσικά με το πέρασμα των χρόνων και την ελλιπή συντήρηση το αρχικό χρώμα χάθηκε και έμεινε ένα συντηρητικότερο ουδέτερο χρώμα. Ο αρχιτέκτονας της γέφυρας Horace Jones, αρχικά ήθελε να επενδύσει τη γέφυρα με τούβλο. Κατά τη διάρκεια κατασκευής της πέθανε και τον διαδέχθηκε ο John Wolfe-Barry που αποφάσισε να επενδυθεί η γέφυρα με πέτρα.

Ο κοντινότερος σταθμός του μετρό του Λονδίνου είναι ο Tower Hill στο Circle και τις γραμμές District και το πλησιέστερο Docklands Light Railway σταθμός Tower Gateway.



Εικόνα 5.5.3 Νυχτερινή όψη της γέφυρας.⁴⁹

5.6 Η τοξωτή γέφυρα Sant' Angelo

Η γέφυρα Sant' Angelo εκτείνεται στον Τίβερη στη Ρώμη. Χρονολογείται μεταξύ του 200 π.Χ. και 260 μ.Χ. Είναι επίσης γνωστή από την αρχαιότητα σαν Pons Aelius (γέφυρα του Ήλιου) και Pons Hadriani (γέφυρα του Αδριανού), είναι η γέφυρα που ένωνε το Βατικανό με την Μεσαιωνική Ρώμη και τις κύριες οδούς έλευσης των προσκυνητών. Η γέφυρα ενώνει τις συνοικίες Μπόργκο και Πόντε. Είναι λιθόκτιστη με εξαιρετική τεχνική και διαθέτει 5 ανοίγματα (δύο εκ των οποίων προστέθηκαν πρόσφατα) με 18μ. άνοιγμα το καθένα. Κατά την κατασκευή της οι τεχνίτες και μηχανικοί της εποχής την προσέγγισαν μέσω ειδικής ράμπας που υπήρχε στο ποτάμι. Είναι συμπαγής και στερεή και ποτέ δεν έπαθε ζημιές από τις πλημμύρες του ποταμού.

Το συνολικό της μήκος είναι 130 μέτρα και το πλάτος της 9 μέτρα. Σήμερα χρησιμοποιείται μόνο από πεζούς. Διασχίζοντας κάποιος τη γέφυρα νιώθει πραγματικό δέος περιεργάζοντας από ψηλά τα βάθρα της και τις λεπτομέρειες του κτισίματος της. Επάνω στο στηθαίο της γέφυρας βρίσκονται 10 αγάλματα αγγέλων που δημιουργήθηκαν από τους μαθητές του Μπερνίνι και φέρουν τα αντικείμενα του πάθους του Χριστού.



Εικόνα 5.6.1 Τοξωτή πεζογέφυρα Sant' Angelo⁵⁰



Εικόνα 5.6.2 Όψη της γέφυρας Sant'Angelo. ⁵¹



Εικόνα 5.6.3 Βραδινή εικόνα της γέφυρας. ⁵²

5.7 Καλωδιωτή γέφυρα Tatara

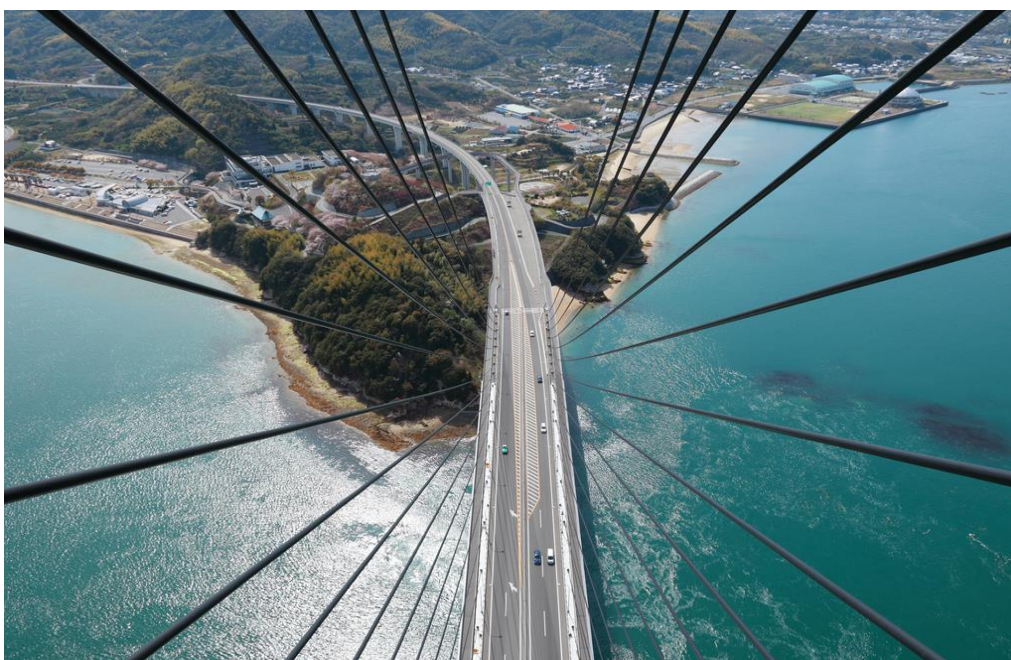
Πρόκειται για καλωδιωτή γέφυρα με συνολικό μήκος 1480μ. (4856 πόδια), μέγιστο άνοιγμα 890 μέτρα και πλάτος 30.6 μέτρα. Συνδέει τα νησιά Χονσού και Σικόκου της Ιαπωνίας. Η λειτουργία της χρονολογείται από την 1^η Μαΐου του 1999. Από το 2010 κατέχει την τέταρτη θέση ως προς το κύριο

άνοιγμα μετά την γέφυρα Sutong. Φέρει δυο λωρίδες κυκλοφορίας σε κάθε κατεύθυνση και έχει επιπλέον λωρίδες για ποδήλατα, μηχανάκια και πεζούς.

Είχε αρχικά μελετηθεί ως κρεμαστή το 1973. Ο σχεδιασμός της όμως άλλαξε το 1989 με το ίδιο άνοιγμα της πρώτης μελέτης. Οι χαλύβδινοι πυλώνες φτάνουν τα 220 μέτρα και σε σχήμα μοιάζουν με ανεστραμμένο Υ. Τα πλευρικά ανοίγματα είναι 164.5 μ. και 257.5 μ. αντίστοιχα και υπάρχουν επίσης τρία πολύ μικρά ανοίγματα καλωδίων. Η κατασκευή της γέφυρας πήρε περίπου 6 χρόνια και ολοκληρώθηκε χωρίς ατυχήματα. Πολλές τεχνολογικές εξελίξεις ήταν μέρος του σχεδιασμού και του ελέγχου της γέφυρας. Από πολλούς μελετητές θεωρείται πως η μορφή των δυο ανάποδων Υ είναι που δίνει αίγλη στη γέφυρα και της χαρίζει μοναδική αρχιτεκτονική.



Εικόνα 5.7.1 Γέφυρα Tatarashiwa⁵³



Εικόνα 5.7.2 Αεροφωτογραφία γέφυρα⁵⁴

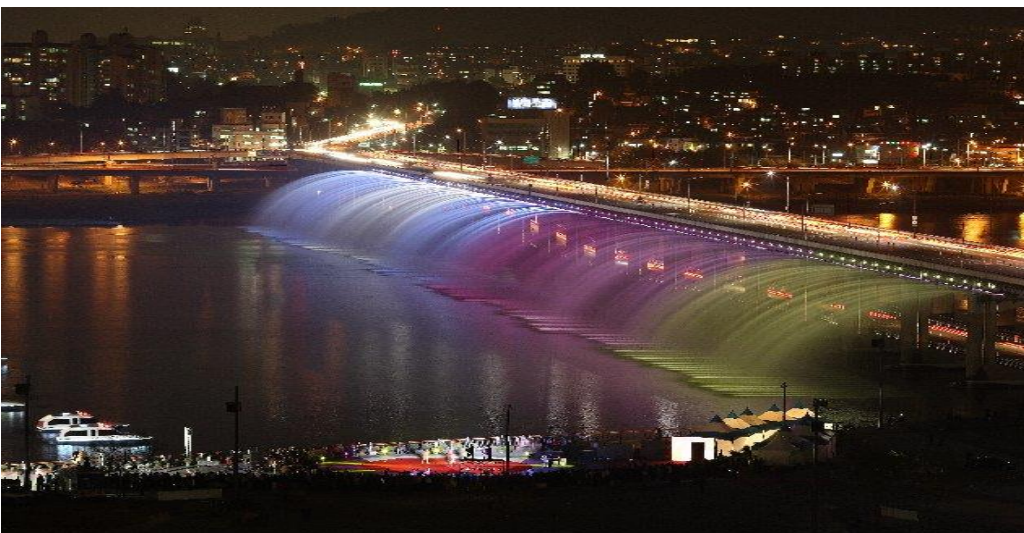
5.8 Γέφυρα Banpo

Η γέφυρα Banpo βρίσκεται στο κέντρο της Σεούλ. Αποτελεί, σύμφωνα με το βιβλίο "Guinness", τη μεγαλύτερη γέφυρα σιντριβάνι που κατασκευάστηκε ποτέ. Έχει 10.000 LED αντλίες, που εκτοξεύουν 190 τόνους νερό το λεπτό. Κατασκευάστηκε το 1982 και έχει συνολικό μήκος 1495μ. (4905 ft). Ουσιαστικά σχηματίζει ένα διπλό κατάστρωμα γέφυρας. Ιδιαίτερα κατά τις περιπτώσεις υψηλών βροχοπτώσεων έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να βυθίζεται στο νερό καθώς η στάθμη του νερού του ποταμού αυξάνεται, καθώς το κάτω κατάστρωμα βρίσκεται κοντά στην ίσαλο γραμμή. Το κατάστρωμα της γέφυρας παρέχει εύκολη πρόσβαση στο Banpo Hangang πάρκο από τη βόρεια πλευρά του ποταμού. Πρόκειται για μια καθαρά γέφυρα δοκών.

Ο φωτισμός της γέφυρας είναι τέτοιος που αναδεικνύει στο έπακρο τη λειτουργία του σιντριβανιού, προσθέτοντας ταυτόχρονα στη γέφυρα μέγεθος και αναλογίες.



Εικόνα 5.8.1 Πανοραμική εικόνα της γέφυρας Banpo⁵⁵



Εικόνα 5.8.2 Νυχτερινή λήψη της γέφυρας Banpo⁵⁶

5.9 Γέφυρα Qingdao Jiaozhou Bay

Η γέφυρα Qingdao Jiaozhou Bay στην Κίνα άρχισε να κατασκευάζεται από τα τέλη του 2007 ενώ άνοιξε στις 30 Ιουνίου 2011. Είναι η μεγαλύτερη θαλάσσια γέφυρα του κόσμου, καθώς έχει μήκος 26.7 χιλιόμετρα και αποτελεί μέρος των 41.58 χιλιομέτρων του Jiaozhou Bay. Χαρακτηρίζεται ως αυτό-αγκυροβολημένη κρεμαστή γέφυρα και καλωδιωτή ταυτόχρονα. Βασικό υλικό κατασκευής της ήταν το προεντεταμένο σκυρόδεμα. Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 450.000 τόνοι χάλυβα και 2.3 εκατομμύρια κυβικά μέτρα σκυροδέματος.

Η γέφυρα είναι σε θέση να αντέξει ισχυρούς σεισμούς, τυφώνες και συγκρούσεις με πλοία. Η προσπάθεια αυτή υποστηρίζεται από ειδικούς πασσάλους σκυροδέματος. Η διατομή αποτελείται από δυο δοκάρια σε σύνολο 35 μ. πλάτους που μεταφέρουν 6 λωρίδες με 2 ‘‘ώμους’’.

Ο σχεδιασμός της γέφυρας είναι σχήμα T με την κύρια είσοδο και έξοδο στα σημεία Huangdao και Licang District. Τα μη πλωτά τμήματα της γέφυρας έχουν άνοιγμα 60μ (200ft).

Η Jiaozhou Bay αποτελείται από δύο μη συνδεδεμένα μέρη: ένα 35,4 χιλιόμετρα (22,0 μίλια) πολύ ταχείας κυκλοφορίας που περιλαμβάνει την Jiaozhou Bay Bridge και ένα 6,17 χιλιόμετρα (3,83 μίλια) πολύ ταχείας κυκλοφορίας που περιλαμβάνει το Qingdao Jiaozhou Bay σήραγγας.

Το τμήμα των 35,4 χιλιομέτρων αναλύεται περαιτέρω στα ακόλουθα μέρη:

- 26,75 χιλιομέτρων (16.62 mi) - Jiaozhou Bay Bridge (εκ των οποίων 25,9 χιλιόμετρα είναι πάνω από το νερό)
 - 5,85 χιλιόμετρα (3,64 μίλια) - Qingdao ξηρά γέφυρα
 - 0,9 χιλιόμετρα (0,56 μίλια) - Huangdao ξηρά γέφυρα
 - 1,9 χιλιόμετρα (1,2 μίλια) – Σύνδεση με το νησί Hongdao



Εικόνα 5.9.1 Γέφυρα Qingdao Jiaozhou Bay⁵⁷



Εικόνα 5.9.2 Αεροφωτογραφία γέφυρας Qingdao Jiaozhou Bay⁵⁸

5.10 Γέφυρα φράγματος Hoover

Το φράγμα Hoover, ή όπως ήταν παλιότερα γνωστό, το φράγμα της “μεγάλης πέτρας”, βρίσκεται στα σύνορα των πολιτειών της Αριζόνα και της Νεβάδα. Από το 1900 ακόμη, είχε δημιουργηθεί η ανάγκη να κατασκευαστεί ένα φράγμα έτσι ώστε να ελέγχονται οι πλημμύρες του ποταμού Κολοράντο, να υπάρχει διαθέσιμο νερό για άρδευση αλλά και να δημιουργηθεί υδροηλεκτρικό εργοστάσιο. Η κατασκευή του ανατέθηκε σε μια σύμπραξη έξι κατασκευαστικών εταιρειών και οι εργασίες ξεκίνησαν το 1931. Αν και ήταν η πρώτη φορά που χτιζόταν ένα τέτοιων διαστάσεων τσιμεντένιο οικοδόμημα και οι τεχνικές ήταν άγνωστες για τους μηχανικούς, το έργο παραδόθηκε το 1936, δύο χρόνια νωρίτερα από ότι υπολογιζόταν αρχικά.

Η γέφυρα του φράγματος αποτελεί πραγματικό επίτευγμα. Πρόκειται για έναν μεγάλο άθλο της εφαρμοσμένης μηχανικής, αφού ο συγκεκριμένος δρόμος στηρίζεται σε δύο ογκώδεις τσιμεντένιες ασίδες, οι οποίες αποτελούν προέκταση της πρόσοψης του βράχου. Οι ασίδες αποτελούνται από 53 ξεχωριστά τμήματα μήκους 7.5 μέτρων το καθένα, τα οποία δημιουργήθηκαν επί τόπου και τοποθετούνται στη θέση τους με τη χρήση ενός πρότυπου γερανού υψηλών καλωδίων που είναι δεμένος σε προσωρινούς πυλώνες χάλυβα. Μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής, το συνολικό μήκος των ασίδων θα ξεπερνά τα 300 μ. Προς το παρόν, η κατασκευή μοιάζει με μια παραδοσιακή κρεμαστή γέφυρα. Όταν όμως ολοκληρωθούν οι ασίδες, τα καλώδια που βρίσκονται στις δύο πλευρές της γέφυρας θα αφαιρεθούν και θα τοποθετηθούν πρόσθετες κάθετες κολώνες πάνω στις οποίες θα στηρίζεται ο αυτοκινητόδρομος.

Η κατασκευή της γέφυρας ξεκίνησε το 2005 και οι εργασίες ουσιαστικά ολοκληρώθηκαν το τέλος

του 2011. Υπολογίστηκε ότι θα τη διασχίζουν καθημερινά περισσότερα από 17000 αυτοκίνητα και φορτηγά.

Στις 16 Οκτωβρίου του 2010 έγιναν τα εγκαίνια για τη γέφυρα του φράγματος Hoover, επισήμως. Πλέον είναι μια από τις υψηλότερες γέφυρες του κόσμου με ύψος 890 ποδιών (~ 271 μέτρα) πάνω από το ποταμό Κολοράντο. Το αψιδωτό της άνοιγμα είναι 1.080 πόδια (~ 330 μέτρα) αλλά ολόκληρο το μήκος της γέφυρας φτάνει τα 1.900 πόδια (~ 579 μέτρα) προσφέροντας εκπληκτική θέα στο φράγμα Hoover, στη λίμνη Mead και στο φαράγγι Black Canyon. Η κατασκευή ξεκίνησε το 2005 ωστόσο οι ισχυροί άνεμοι, η ζέστη και το έδαφος καθυστέρησαν το έργο για 2 χρόνια.

Η γέφυρα ενώνει το Las Vegas με το Phoenix και σε συνδυασμό με τον αυτοκινητόδρομο US 93 η απόσταση θα διανύεται σε 17 λεπτά.

Η εταιρία HDR Inc έκανε την κύρια σχεδίαση, η εταιρία T.Y.LIN International σχεδίασε την γέφυρα και η Jacobs Engineering Group τις συνδέσεις προς αυτή.

Το κόστος του έργου παράκαμψης του φράγματος Hoover είναι αρκετά υψηλό και ανέρχεται στα 240 εκατ. δολάρια (~ 186 εκατ. ευρώ) εκ των οποίων τα 114 εκατ. δολάρια (~ 88.5 εκατ. ευρώ) δόθηκαν για την κατασκευή της γέφυρας.

Το βραχώδες και χωρίς βλάστηση περιβάλλον δένει εκπληκτικά με το ύψος και τις αναλογίες της κατασκευής.



Εικόνα 5.10.1 Γέφυρα φράγματος Hoover⁵⁹



Εικόνα 5.10.2 Λεπτομέρεια αρίδας⁶⁰



Εικόνα 5.10.3 Λεπτομέρεια καλωδίων⁶¹

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΑΣΤΙΚΕΣ ΓΕΦΥΡΕΣ-ΑΘΗΝΑ

6.1 Εισαγωγή

Σε μια αστική περιοχή η κατασκευή μιας γέφυρας γίνεται πάντα για την εξυπηρέτηση κάποιου λειτουργικού σκοπού αλλά και για την αναβάθμιση ενός καθαρά ανθρωπογενούς περιβάλλοντος για λόγους αισθητικής. Στην Αθήνα υπάρχουν πολλά παραδείγματα αστικών γεφυρών, δηλαδή γεφυρών εντός πόλεως. Οι γέφυρες αυτές κατασκευάστηκαν με σκοπό την διέλευση των πεζών, για το λόγο αυτό αναφέρονται ως πεζογέφυρες.

6.1.1 Πεζοί-Οδική ασφάλεια

Πεζός είναι το πρόσωπο που ταξιδεύει με τα πόδια περπατώντας ή τρέχοντας. Επίσης στην κατηγορία των πεζών μπορεί να θεωρηθεί πλέον και ο άνθρωπος που μετακινείται με πατίνια ή άλλου είδους πρόσθετων στα πόδια του.

Αν και το περπάτημα είναι πολύ ευεργετικό τόσο για την υγεία καθώς θεωρείται ένας πολύ καλός τρόπος άθλησης όσο και για το περιβάλλον, οι πεζοί κινδυνεύουν πολύ περισσότερο από ατυχήματα σε σύγκριση με τους άλλους χρήστες του οδικού δικτύου.

Οι πεζοί θεωρούνται συνήθως δευτερεύον στοιχείο της κυκλοφορίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην δίνεται τόσο μεγάλη σημασία στην ασφάλεια τους. Ο αριθμός των θυμάτων πεζών στα οδικά ατυχήματα στην Ελλάδα είναι από τους υψηλότερους αναλογικά στα Ευρωπαϊκά κράτη. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι το κλίμα της Ελλάδος είναι τέτοιο που ευνοεί τις μετακινήσεις με τα πόδια σε σύγκριση με άλλες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Στην Αθήνα υπάρχουν πολλά επικίνδυνα σημεία όπου αυξάνονται οι πιθανότητες για παράσυρση πεζών καθώς υπάρχουν πολλοί δρόμοι ταχείας κυκλοφορίας, κακή σήμανση και φυσικά είναι πολύ συχνό το φαινόμενο μη συμμόρφωσης των οδηγών με τον κώδικα οδικής κυκλοφορίας.

Για την αντιμετώπιση αυτού του τεράστιου προβλήματος, χρειάστηκε να ληφθούν σημαντικές αποφάσεις. Η μείωση των ατυχημάτων των πεζών έπρεπε να ξεκινήσει λαμβάνοντας κατάλληλα μέτρα στις περιοχές που υπάρχει συνεχής ανάμειξη πεζών και οχημάτων. Η ανάγκη για προσπάθεια διαχωρισμού των κινήσεων των πεζών από τα άλλα μηχανοκίνητα οχήματα έγινε επιτακτική. Σε δρόμους ταχείας κυκλοφορίας της Αθήνας, όπως είναι η Μεσογείων και η Κηφισίας ο διαχωρισμός αυτός πραγματοποιήθηκε με την κατασκευή πεζογεφυρών.

Οι πεζογέφυρες της Αθήνας κατασκευάστηκαν για να ικανοποιούν συγκεκριμένα κριτήρια:

- Λειτουργικά
- Αισθητικά
- Τεχνικά
- Οικονομικά

6.1.2 Κατασκευή πεζογέφυρας

Γενικά χαρακτηριστικά

Η πεζογέφυρα είναι η γέφυρα που κατασκευάζεται με σκοπό την διέλευση των πεζών. Το τεχνητό εμπόδιο που γεφυρώνεται είναι ένας οδικός άξονας ταχείας κυκλοφορίας, με όριο ταχύτητας που κυμαίνεται συνήθως τα 50-70 km/h ή μια σιδηροδρομική γραμμή πόλης, όπως είναι ο ΗΣΑΠ και ο προαστιακός σιδηρόδρομος.

Κύριο χαρακτηριστικό του εμποδίου είναι το περιτύπωμα. Το περιτύπωμα είναι το περίγραμμα στο επίπεδο της διατομής που δεν πρέπει να παραβιαστεί από κανένα στοιχείο της γέφυρας. Για διάβαση πάνω από οδούς, σε περιπτώσεις πεζογεφυρών, το περιτύπωμα προκύπτει έμμεσα από το ελάχιστο ύψος και από το πλάτος κυκλοφορίας. Σε γενικές γραμμές στις ελληνικές οδούς το ελάχιστο ύψος είναι περίπου 5m.

Τα κύρια μέρη της πεζογέφυρας είναι, όπως σε όλων των ειδών γεφυρών, η ανωδομή και η υποδομή. Η ανωδομή περιλαμβάνει τον κύριο φορέα του καταστρώματος καθώς και όλα τα έργα μετάβασης από τη γη σε αυτό (ανεγκυστήρες, κυλιόμενες σκάλες, κανονικές σκάλες) και η υποδομή τα βάθρα θεμελίωσης και τοίχους αντιστήριξης.

Πλάτος πεζογεφυρών

Γενική αρχή για την επιλογή του πλάτους γενικά όλων των γεφυρών είναι η εξυπηρέτηση της κυκλοφορίας πάνω από τη γέφυρα, στη συγκεκριμένη περίπτωση των πεζών. Το πλάτος καθορίζεται αναλογικά με το μήκος και την αναμενόμενη κυκλοφορία. Ποτέ δεν είναι μικρότερο από 1,30m.

Άνοιγμα πεζογεφυρών

Γενική αρχή για την επιλογή του ανοίγματος, δηλαδή του συνολικού μήκους του καταστρώματος είναι η ασφαλής εξυπηρέτηση της κυκλοφορίας του μέσου που κυκλοφορεί κάτω από τη γέφυρα. Πρέπει να μελετηθούν όλα τα είδη οχημάτων που χρησιμοποιούν το οδικό άξονα που θα γεφυρωθεί.

Στις πόλεις επιδιώκονται μεγαλύτερα ανοίγματα από αυτά που απαιτεί η κυκλοφορία από κάτω από τη γέφυρα κυρίως για γενικότερους λειτουργικούς σκοπούς αλλά και για λόγους αισθητικής.

Αισθητική πεζογέφυρας

Η αισθητική αποτελεί ένα πολύ μεγάλο κλάδο στις πεζογέφυρες. Επειδή το περιβάλλον που κατασκευάζονται είναι καθαρά ανθρωπογενές πρέπει ο σχεδιασμός τους πέρα από την στατική ακεραιότητα να διαθέτει όλα εκείνα τα στοιχεία που να προσελκύει τους χρήστες. Τα στοιχεία που επιδρούν οπτικά στους χρήστες είναι η ποιότητα του σχεδιασμού και των υλικών κατασκευής, η καλαισθησία κυρίως στη λεπτομέρεια, τα κιγκλιδώματα καθώς μια πεζογέφυρα δεν χρησιμοποιείται μόνο για διέλευση.

6.2 Πεζογέφυρες στην Αθήνα

Αφού είδαμε τα βασικά χαρακτηριστικά και το σκοπό για τον οποίο κατασκευάζονται οι πεζογέφυρες θα αναλύσουμε χαρακτηριστικά παραδείγματα της Αθήνας από αρχιτεκτονικής-μορφολογικής και αισθητικής άποψης αλλά και κατά πόσο έχουν επιτευχθεί οι κύριοι στόχοι της κατασκευής αυτών των έργων. Περιγράφονται ακριβώς οι περιοχές όπου κατασκευάστηκαν οι γέφυρες ,η επιλογή του σημείου και κατά πόσο αυτή ήταν ορθή. Τα ονόματα των γεφυρών έχουν επιλεγεί είτε από τον δημιουργό είτε από την περιοχή ή το έργο ακριβώς στο σημείο που βρίσκεται η εκάστοτε πεζογέφυρα που κατασκευάστηκε.

6.2.1 Πεζογέφυρα Sadiago Calatrava – Κατεχάκη

Η πεζογέφυρα Calatrava βρίσκεται στη διασταύρωση των οδών Μεσογείων και Κατεχάκη, επί της λεωφόρου Μεσογείων, πάνω ακριβώς από το σταθμό του υπόγειου σιδηρόδρομου (μετρό) Κατεχάκη. Στο σημείο αυτό συνορεύουν τέσσερις περιοχές, Γουδί, Παπάγου, Αμπελόκηποι και Ελληνορώσων (Νέο Ψυχικό).

Η γέφυρα αυτή κατασκευάστηκε με σκοπό να ενώσει την απρόσκοπτη δυτική πλευρά της λεωφόρου Μεσογείων (Ελληνορώσων) με το σταθμό του μετρό Κατεχάκη που βρίσκεται στην ανατολική πλευρά της οδού (Παπάγου).



Εικόνα 6.2.1.1 Όψη της γέφυρας από νότια πλευρά⁶²

Η πεζογέφυρα Calatrava είναι καλωδιωτή γέφυρα κατασκευασμένη από χάλυβα. Συγκεκριμένα αποτελεί ειδική περίπτωση καλωδιωτής γέφυρας καθώς διαθέτει καλώδια μόνο από την ανατολική πλευρά. Ο εναέριος πεζοδιάδρομος έχει συνολικό μήκος 93,7 μέτρα ,δηλαδή αποτελεί μεσαίου ανοίγματος γέφυρας. Το πλάτος της είναι από 5 έως 6 μέτρα και η γέφυρα υψώνεται 6 μέτρα πάνω από τη λεωφόρο Μεσογείων.

Βασικό στοιχείο της αποτελεί ο μεταλλικός πυλώνας σε σχήμα τόξου στην ανατολική πλευρά ο οποίος υψώνεται 50 μέτρα πάνω από το επίπεδο της εισόδου του σταθμού του μετρό. Ο πυλώνας διαθέτει 14 καλώδια υψηλής αντοχής τα οποία παραλαμβάνουν το βάρος του διαδρόμου και τον συγκρατούν κυριολεκτικά στον αέρα.



Εικόνα 6.2.1.2 Όψη πυλώνα και καλωδίων⁶³

Η υποδομή αποτελείται από δύο ακρόβαθρα κατασκευασμένα από σκυρόδεμα με μεταλλικό σκελετό και συνδεδεμένα με την ανωδομή αρθρωτά. Η ανωδομή περιλαμβάνει τον κύριο φορέα της γέφυρας ο οποίος αποτελείται από δύο κύριες δοκούς και διαδοκίδες. Ο εναέριος πεζοδιάδρομος είναι επιστρωμένος με ξύλο. Υπάρχουν και στις δύο πλευρές ανελκυστήρες, από την ανατολική πλευρά συνδέει τη γέφυρα με τον σταθμό,

από τη δυτική με το επίπεδο της λεωφόρου Μεσογείων, Επιπλέον κυλιόμενες κλίμακες μόνο για άνοδο στην πεζογέφυρα εκατέρωθεν καθώς και κανονικές κλίμακες.

Το σημείο που επιλέχθηκε για να κατασκευαστεί η πεζογέφυρα είναι μια περιοχή ενός καθαρά αστικού περιβάλλοντος χωρίς κανένα στοιχείο φυσικής ομορφιάς. Από την μια πλευρά υπάρχουν πολυκατοικίες και καταστήματα και από την άλλη ο σταθμός μετρό ,πάρκινγκ και το 401 στρατιωτικό νοσοκομείο Αθηνών.

Για τους λόγους αυτούς το έργο που θα κατασκευαζόταν σε αυτό το σημείο θα έπρεπε να αναβαθμίσει την περιοχή αισθητικά.

Αισθητική πλευρά γέφυρας

Μελωδικός φουτουρισμός στη υπηρεσία των πεζών αποτελεί η γέφυρα Calatrava. Το σχέδιο εμπνεύστηκε ο αρχιτέκτονας Sadiago Calatrava από την περίφημη στήλη της Ηγασού στον Κεραμεικό. Η γέφυρα δίνει την εντύπωση μιας άρπας όπου τα καλώδια της αποτελούν τις εντυπωσιακές μεταλλικές της χορδές.

Το χρώμα της μεταλλικής γέφυρας είναι λευκό. Η θέα από τη γέφυρα είναι εξαιρετική ειδικά τις ώρες που δύει ο ήλιος. Οι όμορφες καμπύλες της δομής της συναρπάζουν τους ερασιτέχνες φωτογράφους. Ο φωτισμός της είναι απλός ,ορατός από μεγάλες αποστάσεις για να γίνει αντιληπτή γέφυρα από τους χρήστες της λεωφόρου Μεσογείων κατά τη διάρκεια της νύχτας.



Εικόνα 6.2.1.3 Πεζογέφυρα Κατεχάκη-νυχτερινή λήψη⁶⁴

Αδιαμφισβήτητητα είναι η πιο όμορφη πεζογέφυρα της Αθήνας. Κατασκευάστηκε για να αποτελέσει την κύρια είσοδο της πόλης της Αθήνας από το Διεθνή Αερολιμένα Αθηνών. Παραδόθηκε λίγο πριν την έναρξη των αγώνων της 28^{ης} Ολυμπιάδας της Αθήνας το 2004. Αποτελεί ένα σημαντικό αστικό μνημείο που χάρισε η Ολυμπιακή Αθήνα στις μετέπειτα γενιές.

Επιλογή σημείου-ορθή ή όχι απόφαση

Η λεωφόρος Μεσογείων είναι κύριος οδικός άξονας των Αθηνών, που συνδέει το κέντρο της πρωτεύουσας με τα Μεσόγεια. Είναι μία οδός όπου τα οχήματα αναπτύσσουν μεγάλες ταχύτητες, συχνά ξεπερνώντας το όριο ταχύτητας που είναι 50km/h, κυρίως τις βραδινές ώρες. Το γεγονός αυτό την καθιστά επικίνδυνη για την διέλευση των πεζών σε σημεία όπου δεν υπάρχουν διαβάσεις και σήμανση.

Το σημείο όμως που επιλέχθηκε για να κατασκευαστεί η γέφυρα αποτελεί σταυροδρόμι με ελεγχόμενη κυκλοφορία από φωτεινή σηματοδότηση και επιπλέον υπάρχουν επαρκείς νησίδες για την παραμονή των πεζών μέχρι να τους επιτραπεί η διέλευση. Ο χρόνος για να ανέβει ο πεζός τη γέφυρα με τις κυλιόμενες κλίμακες ή τους ανελκυστήρες για να περάσει στην απέναντι πλευρά είναι πολύ μεγάλος. Ο πεζός που βιάζεται να πάει στη δουλειά του ή γένικα να κάνει κάποια δραστηριότητα της καθημερινότητας του δεν θα επιλέξει τη γέφυρα για να περάσει απέναντι. Από την στιγμή που παραδόθηκε στους κατοίκους της Αθήνας μέχρι σήμερα η χρήση της είναι μειωμένη και σε συνδυασμό με το μεγάλο κόστος κατασκευής της η πεζογέφυρα δεν ικανοποίησε τα οικονομικά της κριτήρια.

Η γέφυρα κατάφερε να κερδίσει τους αισθητικούς στόχους καθώς αποτελεί ακριβό κόσμημα της περιοχής αλλά δεν αγαπήθηκε ποτέ γιατί δεν ικανοποίησε τους λειτουργικούς και οικονομικούς της στόχους.

6.2.2 Πεζογέφυρα ΟΛΠ

Η πεζογέφυρα αυτή βρίσκεται στον Πειραιά. Συνδέει την πλατεία Οδησού η οποία βρίσκεται μπροστά στο σταθμό του ΗΣΑΠ με την αποβάθρα του επιβατικού λιμένα Πειραιά όπου εξυπηρετούνται τα πλοία από και προς Κυκλάδες.

Η κατασκευή του συγκεκριμένου έργου έγινε από τον Οργανισμό Λιμένος Πειραιώς (ΟΛΠ Α.Ε.), προκειμένου να εξυπηρετήσει την κυκλοφορία σε ένα νευραλγικό σημείο εισόδου του Λιμανιού στο οποίο καταλήγουν η γραμμή του ΗΣΑΠ, του ΟΣΕ και μελλοντικά του Μετρό και του Τραμ, καθώς και στάσεις και αφετηρίες Αστικών Λεωφορείων και Ταξί.

Η ανάγκη για ανισόπεδη σύνδεση του λιμανιού της πόλης προέκυψε από το γεγονός ότι η διακίνηση πεζών εγκάρσια της λεωφόρου, που περιβάλλει το κεντρικό λιμάνι και ειδικότερα στην περιοχή περι

λιμάνι. Η φέρουσα κατασκευή του καταστρώματος της πεζογέφυρας αποτελείται από ένα κεντρικό, μεταλλικό φορέα κιβωτιοειδούς διατομής, ως

“ραχοκοκαλιά” ο οποίος αναρτάται με συρματόσχοινα από τον πυλώνα-ιστίο και από τον οποίο προβάλλονται εκατέρωθεν τα στοιχεία του “σκελετού” που φέρουν το τελικό δάπεδο κυκλοφορίας.

Το συνολικό μήκος της κατασκευής της πεζογέφυρας στον κύριο άξονά της ανέρχεται σε 64,50 μ. Οι διαστάσεις του καταστρώματος της γέφυρας είναι 46.00 μ. μήκος και 6,40 μ πλάτος. Το κατώτερο σημείο της κατασκευής βρίσκεται σε ύψος 6.00 μ. περίπου από την την ασφάλτο, ενώ το ύψος του ιστού από τον οποίο αναρτάται η κατασκευή είναι 25.50 μ.



Εικόνα 6.2.2.2 Πεζογέφυρα ΟΛΠ⁶⁶

Ο κύριος φορέας είναι μεταλλικός, κιβωτιοειδούς διατομής με άνω πέλμα από οπλισμένο σκυρόδεμα. Ο φορέας λειτουργεί ως σύμμικτη δοκός συνολικού ύψους 1,16μ η οποία αναρτάται από τον πυλώνα μέσω καλωδίων ανά ίσες αποστάσεις.

Ο πυλώνας είναι μεταλλικός, βρίσκεται στην πλευρά του λιμανιού και έχει ύψος 25μ περίπου. Είναι κιβωτιοειδούς μεταβλητής διατομής, εδράζεται αρθρωτά και διαπερνά κάθετα τον κύριο φορέα χωρίς να παρέχει κατακόρυφη στήριξη στο κατάστρωμα

Στήριξη.

Ο φορέας στα δύο άκρα του στηρίζεται αρθρωτά σε έναν αντηριδωτό σύνδεσμο τύπου V στην πλευρά του λιμανιού, και σε ένα διπλό αντηριδωτό κλιμακοστάσιο στην πλευρά του σταθμού. Η ενδιάμεση στήριξη του φορέα κατά τη διαμήκη έννοια επιτυγχάνεται με από τέσσερα προεντεταμένα

καλώδια (forestays) τα οποία αγκυρώνονται στο άνω άκρο του πυλώνα και στις αντίστοιχες θέσεις ανάρτησης κατά μήκος του φορέα. Στήριξη κατά την εγκάρσια έννοια επιτυγχάνεται μέσω δύο αντηριδωτών κλιμακοστασίων που βρίσκονται στην πλευρά του λιμανιού. Όλοι οι φορείς στήριξης αποτελούνται από μεταλλικές κοίλες σύνθετες διατομές και οι εδράσεις τους είναι αρθρωτές.

Θεμελίωση

Λόγω της υψηλής στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα στην περιοχή θεμελίωσης (γεινίαση με τη θάλασσα) καθώς και της ύπαρξης μαλακού – σαθρού εδάφους σε βάθος 8μ περίπου από την στάθμη εδάφους, κρίθηκε απαραίτητη η υλοποίηση βαθιάς θεμελίωσης και όχι επιφανειακής. Οι φορείς στήριξης θεμελιώθηκαν σε εσχάρα φρεατοπασσάλων μέσω κεφαλόδεσμου από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η διάμετρος των φρεατοπασσάλων κυμαίνεται μεταξύ 1,0μ – 1,2μ και το μήκος τους μεταξύ 10μ - 21μ.

Ανωδομή

Πρόσβαση στην πεζογέφυρα και από τις δύο πλευρές, επιτυγχάνεται μέσω δύο μεταλλικών κλιμακοστασίων, δύο κλιμακοστασίων κυλιομένων βαθμίδων, και ενός ανελκυστήρα. Τα φρεάτια των ανελκυστήρων βρίσκονται στην ανατολική πλευρά του άξονα της πεζογέφυρας.

Ο τυπικός φορέας του μεταλλικού κλιμακοστασίου αποτελείται από δύο κύριες δοκούς κιβωτιοειδούς διατομής πάνω στις οποίες εδράζονται οι βραχίονες της κλίμακας. Οι βαθμίδες με τη σειρά τους εδράζονται αμφιαρθρωτά επάνω στους βραχίονες για την τελική μόρφωση του κλιμακοστασίου. Εντός του επιπέδου των δύο κύριων δοκών υπάρχουν χιαστί σύνδεσμοι ακαμψίας διατομής κυκλικής κοιλοδοκού. Ο τυπικός φορέας του φρεατίου του ανελκυστήρα αποτελείται από μεταλλικά υποστυλώματα διατομής διπλού ταυ τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με οριζόντια στοιχεία κοίλης κυκλικής διατομής. Για τη εξασφάλιση ευστάθειας τοποθετούνται χιαστί σύνδεσμοι κοίλης κυκλικής διατομής.



Εικόνα 6.2.2.3 Οψη κλιμακοστασίου κατά τη φάση κατασκευής⁶⁷



Εικόνα 6.2.2.4 Πυλώνας και καλώδια πεζογέφυρας ΟΛΠ⁶⁸



Εικόνα 6.2.2.5 Γενική όψη της γέφυρας ΟΛΠ⁶⁹

Αισθητική πλευρά γέφυρας

Η ιδέα της κατασκευής βασίστηκε σε μία γραμμική εναέρια κυκλοφορία πεζών που ξεκινάει από το χώρο της πλατείας Οδησσού, παρακάμπτει την Λεωφόρο της Ακτής Καλλιμασιώτη διαχέεται στο πεζοδρόμιο της προβλήτας του λιμανιού. Η πεζογέφυρα αποτελεί στοιχείο συνέχειας της πλατείας, “διαγράφει” μία ελαφριά κίνηση στον αέρα και εντάσσεται με την παρουσία της στον χώρο που ορίζεται από τα σημαντικά κτίρια του σταθμού και του επιμελητηρίου. Στόχος της κατασκευής ήταν η διακριτική αλλά παράλληλα σημαντική παρουσία της, που παραπέμπει συνειρμικά σε στοιχεία που αναφέρονται στο ταξίδι στη θάλασσα, τόσο με την μορφολογία της όσο και με επιλογή των υλικών της.

Η πρόσβαση στην πεζογέφυρα γίνεται στα δύο άκρα της με ένα κατακόρυφο σύστημα επικοινωνίας που αποτελείται από δύο κυλιόμενες σκάλες, ένα σταθερό κλιμακοστάσιο και ένα ανελκυστήρα. Για να επιτευχθεί ένα αρμονικό αποτέλεσμα τα κλιμακοστάσια τοποθετήθηκαν ως εξής :

- Προς την πλευρά της πόλης τα κλιμακοστάσια τοποθετούνται στον άξονα της γέφυρας, ο οποίος είναι παράλληλος με τον άξονα της πλατείας, δημιουργώντας την αίσθηση της φυσικής συνέχειάς της πάνω από τον δρόμο.
- Προς την πλευρά της θάλασσας τα κλιμακοστάσια τοποθετούνται κάθετα στον άξονα της γέφυρας, προκειμένου να μην περιορίζουν το πλάτος της προβλήτας και να αφήνουν ελεύθερη την οπτική φυγή του άξονα κυκλοφορίας ο οποίος καταλήγει σε ένα μπαλκόνι - “γέφυρα” γύρω από τον πυλώνα-ιστίο με θέα το λιμάνι.

Το χρώμα της γέφυρας είναι λευκό. Συνυπάρχει πολύ όμορφα με τη θάλασσα και αποτελεί ένα αξιόλογο έργο και ένα όμορφο κόσμημα στη παραλιακή λεωφόρο.

Εξέταση ορθότητας της επιλογής της θέσης

Η επιλογή της θέσης κατασκευής της πεζογέφυρας έγινε με βάση το γεγονός ότι είναι κεντροβαρική του ανοίγματος των κρηπιδωμάτων του λιμένα. Γίνεται άμεση σύνδεση του ΗΣΑΠ με τον λιμένα Πειραιά ,ο οποίος ηλεκτρικός σιδηρόδρομος είναι αυτός που μεταφέρει το μεγαλύτερο ποσοστό των επιβατών των πλοίων.

Επιπλέον, εκτός από το πρόβλημα της ταλαιπωρίας εξαιτίας των ταυτόχρονων ωρών αιχμής επιβατών και οχημάτων, τα πεζοδρόμια και τις δύο κατευθύνσεις δεν είναι επαρκή για την αναμονή του τεράστιου όγκου των επιβατών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργείται μεγάλος κίνδυνος ατυχημάτων, πέραν της άθλιας τριτοκοσμικής εικόνας που έδινε ο Λιμένας με ανθρώπους και αποσκευές να στοιβάζονται πάνω στα πεζοδρόμια αναμένοντας να διασχίσουν το δρόμο.

Όλα αυτά καθιστούν τη γέφυρα χρηστική και εξυπηρετική, ειδικά κατά την τουριστική περίοδο, για το λόγο ότι οι επιβάτες δεν έρχονται καθόλου σε επαφή με τον οδικό άξονα.

6.2.3 Πεζογέφυρες στη λεωφόρο Κηφισίας

Η λεωφόρος Κηφισίας είναι ένας κεντρικός άξονας του βορειοανατολικού λεκανοπεδίου Αττικής, ο οποίος συνδέει την πόλη των Αθηνών με την Κηφισιά. Ξεκινά στον κόμβο των Αμπελοκήπων και συγκεκριμένα στη διασταύρωση των λεωφόρων Αλεξάνδρας, βασιλίσσης Σοφίας και Μεσογείων. Διέρχεται από τρεις γέφυρες, Αμπελοκήπων, Ψυχικού και Χαλανδρίου, διακλαδίζεται με τη λεωφόρο Σπύρου Λούη στον κόμβο του Πολυδρόσου και διέρχεται από το οδικό δαχτυλίδι του ομώνυμου κόμβου Κηφισίας, στον παράδεισο Αμαρουσίου, όπου συνδέεται με την Αττική Οδό και τον Προαστιακό Σιδηρόδρομο.

Είναι μια τεράστια οδός όπου προτεραιότητα έχουν οι χρήστες της, δηλαδή τα οχήματα. Εφόσον διέρχεται από πολλές περιοχές, είναι αναμενόμενο ότι πρέπει να χρησιμοποιηθεί από το πλήθος των κατοίκων των περιοχών αυτών. Για την ασφαλή διέλευση και την εξυπηρέτηση των πεζών έχουν προνοηθεί υπόγειες διαβάσεις και υπέργειες διαβάσεις, δηλαδή πεζογέφυρες. Θα αναφερθούμε σε δύο χαρακτηριστικές περιπτώσεις, στο Κολέγιο Αθηνών και στο ύψος του Ολυμπιακού Σταδίου.

6.2.3.1 Πεζογέφυρα Κολεγίου Αθηνών

Η πεζογέφυρα Κολεγίου (ή αλλιώς είναι γνωστή ως Ψυχικού ή ως ‘γέφυρα των παιδιών-γέφυρα των ονείρων’) βρίσκεται επί της λεωφόρου Κηφισίας στη διασταύρωση της με την οδό Στεφάνου Δέλτα στο Ψυχικό. Συνδέει τρεις δήμους, Παλαιού Ψυχικού, Φιλοθέης και Χαλανδρίου.

Η επιλογή του σημείου για να κατασκευαστεί η γέφυρα ήταν σαφής. Στην περιοχή υπάρχουν πολλά σχολεία με καθημερινή διέλευση δεκάδων χιλιάδων παιδιών. Οι ώρες προσέλευσης στα σχολεία συμπίπτουν με τις ώρες αιχμής των οχημάτων. Το όριο ταχύτητας στη λεωφόρο Κηφισίας είναι 70km/h.



Εικόνα 6.2.3.1.1 Κίνηση επί της λεωφόρου Κηφισίας.⁷⁰

Η ανάγκη για τον διαχωρισμό των κινήσεων των οχημάτων και των πεζών ήταν πολύ μεγάλη. Για τους λόγους αυτούς αποφασίστηκε η κατασκευή της. Πρόκειται για μία ελαφριά γέφυρα. Η φάση κατασκευής της απαίτησε πολλές κυκλοφοριακές ρυθμίσεις και μεταφορές του δικτύου καθώς η λεωφόρος Κηφισίας χρησιμοποιείται καθημερινά από τους χιλιάδες κατοίκους των περιοχών από όπου διέρχεται.

Η υποδομή της αποτελείται από δύο ακρόβαθρα τα οποία παραλαμβάνουν μέσω εφεδράνων όλες τις δράσεις της ανωδομής. Οι πυλώνες αποτελούνται από κατακόρυφους στύλους που μεταφέρουν στη θεμελίωση τα κατακόρυφα φορτία του καταστρώματος, κατακόρυφους συνδέσμους δυσκαμψίας που παραλαμβάνουν τα οριζόντια φορτία του καταστρώματος και κεφαλοδοκούς.

Η υποδομή συνδέεται με τον κύριο φορέα της ανωδομής ο οποίος έχει άνοιγμα 30 μέτρων. Το κατάστρωμα έχει πλάτος 4 μέτρα. Ο φορέας αποτελείται από δύο κύριες δοκούς, διαδοκίδες τοποθετημένες εγκάρσια ως προς το διαμήκη άξονα της γέφυρας και μηκίδες τοποθετημένες παράλληλα προς το διαμήκη άξονα. Ο εναέριος πεζοδιάδρομος αναρτάται μέσω 16 μεταλλικών καλωδίων υψηλής αντοχής, 8 σε κάθε πλευρά. Η ανωδομή επιπλέον περιλαμβάνει και τους τρόπους επιβίβασης στον εναέριο πεζοδιάδρομο ο οποίος μπορεί να γίνει είτε με ανελκυστήρες είτε με κλιμακοστάσιο. Έχει προνοηθεί να μπορούν να χρησιμοποιήσουν τη γέφυρα άτομα με ειδικές ικανότητες. Επίσης διαθέτει ραμπόσκαλα για τη μεταφορά ποδηλάτων.



Εικόνα 6.2.3.1.2 Πεζογέφυρα κατά τη φάση κατασκευής-νότια πλευρά⁷¹



Εικόνα 6.2.3.1.3 Βόρεια όψη κατά τη φάση κατασκευής⁷²

Αισθητική γέφυρας

Η γέφυρα, πέρα από τον πολύ σημαντικό σκοπό για τον οποίο κατασκευάστηκε έπρεπε να συνδυάζει καλαισθησία και ομορφιά καθώς αποτελεί μια γέφυρα αφιερωμένη στα παιδιά, για αυτό το λόγο ένα από τα ονόματά της είναι γέφυρα των Παιδιών. Ο σχεδιασμός της θυμίζει το παιδικό παιχνίδι της διελκυστίνδας. Ο κύριος άξονας στήριξης έχει το σχήμα Z που σημαίνει ζωή. Αντί για σιδερένια κιγκλιδώματα τοποθετήθηκαν γυάλινα όπως ακριβώς και στα κελύφη των ανελκυστήρων.

Τα γυάλινα κιγκλιδώματα κοσμούνται με δύο εικαστικά έργα καθώς και στίχους από δύο ποιήματα του Οδυσσέα Ελύτη. Το κατάστρωμα επιπλέον διαθέτει καθίσματα έτσι ώστε να αποτελεί σημείο συνάντησης και επικοινωνίας των δήμων που συνδέει η γέφυρα.



Εικόνα 6.2.3.1.4 Τελική μορφή γέφυρας. ⁷³

Ο συνδυασμός δύο κύριων λόγων συμβάλλει στην ορθότητα της επιλογής του συγκεκριμένου σημείου για την κατασκευή της γέφυρας

- Ταυτόχρονοι μεγάλοι φόρτοι οχημάτων και πεζών (κυρίως μαθητών)
- Ανεπάρκεια νησίδων και πεζοδρομίων για την αναμονή των πεζών

που είχαν ως αποτέλεσμα να καθιστούν το σημείο εξαιρετικά επικίνδυνο για ασφάλεια των πεζών.

6.2.3.2 Πεζογέφυρα στο ύψος του Ολυμπιακού Σταδίου Αθηνών

Το 2004 κατασκευάστηκε με τη μέθοδο της προκατασκευής επί της λεωφόρου Κηφισίας, στο Μαρούσι, στο ύψος του Ο.Α.Κ.Α μεταλλική δικτυωτή πεζογέφυρα με σκοπό την πιο εύκολη προσέγγιση στους χώρους του αθλητισμού για τους θεατές που προσέρχονται με μέσα μαζικής μεταφοράς (λεωφορεία , τρόλεϊ).

Η υποδομή της αποτελείται από δύο μεταλλικά ακρόβαθρα τα οποία περιλαμβάνουν κατακόρυφους στύλους και κατακόρυφους συνδέσμους δυσκαμψίας. Το μέγιστο ύψος των ακροβάθρων είναι 8,55μετρα. Η ανωδομή αποτελείται από μεταλλικό κατάστρωμα συνολικού μήκους 36,40 μέτρα. Η μεταφορά στον εναέριο πεζοδιάδρομο της γέφυρας γίνεται με μόνιμο κλιμακοστάσιο.

Από άποψη αισθητικής, η γέφυρα αυτή δεν προσφέρει στην αναβάθμιση του χώρου καθώς ούτε ο φορέας της (δικτυωτή γέφυρα), ούτε το χρώμα ούτε γενικά όλος ο αρχιτεκτονικός της σχεδιασμός δίνουν νότες καλαισθησίας. Αποτελεί ένα έργο εξ ολοκλήρου πρακτικό.



Εικόνα 6.2.3.2.1 Πεζογέφυρα στην Κηφισίας-Μαρούσι⁷⁴

6.2.4 Πεζογέφυρες σε σταθμούς του ηλεκτρικού

Ο Ηλεκτρικός ή η γραμμή 1 του Μετρό Αθηνών είναι η γραμμή Πειραιάς- Κηφισιά. Παλαιότερα ήταν και γνωστή ως γραμμή ΗΣΑΠ. Διαθέτει 24 σταθμούς, επίγειους και υπόγειους. Το μεγαλύτερο τμήμα του αποτελούν οι επίγειοι καθώς υπόγειο είναι μόνο το τμήμα Μοναστηράκι- Αττική.

Οι επίγειοι σταθμοί αφού κατασκευάστηκαν δημιούργησαν ένα πολύ συγκεκριμένο πρόβλημα. Χώριζαν την εκάστοτε περιοχή σε δύο μέρη, κάνοντας με αυτόν τον τρόπο δύσκολη την επικοινωνία των κατοίκων αλλά και την πρόσβαση, καθώς δεν υπάρχει δυνατότητα να διασχίσει κάποιος τη σιδηροδρομική γραμμή για να βρεθεί στην αντίθετη πλευρά από αυτή της κατεύθυνσης του τρένου που χρησιμοποιεί. Για αυτούς σταθμούς ήταν πολύ μεγάλη η ανάγκη για κατασκευή πεζογέφυρας ή υπόγειας διάβασης. Οι ήδη υπάρχουσες κατασκευές και η συνεχής επέκταση των σιδηροδρομικών γραμμών δημιουργούν επιπλέον προβλήματα στις μετακινήσεις των πεζών.

Σε όλο το μήκος του επίγειου τμήματος του ηλεκτρικού σιδηρόδρομου έχουν τοποθετηθεί πεζογέφυρες, όχι μόνο στους ίδιους του σταθμούς, αλλά και ενδιάμεσα καθώς οι αποστάσεις είναι μεγάλες. Οι σταθμοί συχνά διαθέτουν ταυτόχρονα και υπόγειες διαβάσεις με πρόσβαση με ανελκυστήρα. Οι γέφυρες αυτές είναι συνήθως μεταλλικές και δικτυωτές. Αποτελούν πολύ απλές κατασκευές, χωρίς να διαθέτουν ούτε ένα στοιχείο καλαισθησίας. Το χρώμα που επιλέγεται όταν η πεζογέφυρα είναι στο σταθμό είναι συνήθως το χρώμα που έχει κατασκευασθεί ο σταθμός, ενώ στις ενδιάμεσες αποστάσεις είναι σκούρο πράσινο ή μπλε. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο σταθμός Νερατζιώτισσα.

6.2.4.1 Μεταλλική πεζογέφυρα στο σταθμό Νερατζιώτισσα

Ο Σιδηροδρομικός Σταθμός Νερατζιώτισσας είναι ένα συγκρότημα δύο σιδηροδρομικών σταθμών που βρίσκεται στο Μαρούσι. Βρίσκεται επί της γραμμής 1 των Η.Σ.Α.Π., στη χιλιομετρική θέση 21,900 από Πειραιά. Εγκαινιάστηκε τον Αυγούστου 2004. Είναι υπέργειος, στο σημείο όπου η γραμμή 1 του μετρό γεφυρώνει την Αττική Οδό. Διαθέτει δύο πλευρικές αποβάθρες. Ο ομώνυμός του σταθμός του Προαστιακού Σιδηροδρόμου βρίσκεται σε χαμηλότερο επίπεδο, ακριβώς κάτω από τον σταθμό του μετρό και κάθετα σ' αυτόν.

Το 2005 κατασκευάστηκε το εμπορικό κέντρο Mall. Η σύνδεση του σταθμού με το εμπορικό κέντρο γίνεται μέσω μια δικτυωτής μεταλλικής πεζογέφυρας. Το τεχνικό εμπόδιο που γεφυρώνει είναι η σιδηροδρομική γραμμή του ηλεκτρικού. Και η υποδομή και η ανωδομή είναι κατασκευασμένες από χάλυβα. Διαθέτει μεταλλικές κλίμακες.

Δεν παρουσιάζει καμία καλαισθησία. Κατασκευάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να φαίνεται ότι είναι ένα μέρος του σταθμού και όχι ένα ξεχωριστό έργο.



Εικόνα 6.2.4.1.1 Πεζογέφυρα πάνω από τον ΗΣΑΠ Νερατζιώτισσα⁷⁵

Παρόλα αυτά, υπάρχουν δύο χαρακτηριστικές περιπτώσεις κατασκευής πεζογεφυρών όπου οι κατασκευαστές προσπάθησαν να αποδώσουν ένα καλαίσθητο αποτέλεσμα. Οι δύο αυτοί σταθμοί είναι του Θησειού και του Κατ.

6.2.4.2 Πεζογέφυρα στο σταθμό του Θησειού

Ο σταθμός Θησειού είναι σταθμός του Μετρό της Αθήνας, επί της γραμμής 1 των ΗΣΑΠ, στη χιλιομετρική θέση 8,603 από Πειραιά. Βρίσκεται στην Αθήνα και πήρε το όνομά του από τον παρακείμενο αρχαίο ναό του Ηφαίστου, ο οποίος είναι γνωστός ως Θησειό. Διαθέτει δύο πλευρικές αποβάθρες, αμαξοστάσιο και γραμμή εναπόθεσης αμαξοστοιχιών.

Το Θησειό είναι από τα πιο όμορφα και γραφικά μέρη της Αθήνας. Βρίσκεται βορειοδυτικά της Ακρόπολης, μεταξύ της συνοικίας του Αστεροσκοπείου (νότια), των Πετραλώνων (νοτιοδυτικά), του Κεραμεικού (δυτικά), του Ψυρρή (βόρεια) και δυτικά από το Μοναστηράκι. Εξαιτίας της ιστορίας της περιοχής, στο σταθμό του ηλεκτρικού οι κατασκευαστές φρόντισαν να κατασκευαστεί μια πεζογέφυρα που να προσαρμόζεται απόλυτα στον περιβάλλοντα χώρο.

Πρόκειται για μία πολύ απλή και ταυτόχρονα όμορφη γέφυρα μορφής δοκού, που ενώνει τις δύο αποβάθρες και γεφυρώνει την σιδηροδρομική γραμμή. Από τις αποβάθρες, οι χρήστες του ηλεκτρικού μπορούν να έχουν πρόσβαση είτε με κλιμακοστάσιο, είτε με ανελκυστήρες είτε με ειδικές ράμπες.

Η κύρια στήριξη γίνεται με κυλινδρικές κολώνες. Είναι κατασκευασμένη από οπλισμένο σκυρόδεμα και είναι μικρού μήκους γέφυρα, καθώς το άνοιγμά της είναι περίπου όση και η συνολική απόσταση των δύο αποβάθρων. Το χρώμα που έχει επιλεγεί είναι το λευκό. Διαθέτει όμορφα προστατευτικά κάγκελα. Αποτελεί μία κλασική κατασκευή. Επιπλέον στοιχείο που προσδίδει μια πιο μοντέρνα όψη στην κλασική κατασκευή της είναι το μεταλλικό στέγαστρο.



Εικόνα 6.2.4.2.1 Όψη πεζογέφυρας⁷⁶



Εικόνα 6.2.4.2.2 Μεταλλικό στέγαστρο, όψη πάνω από την πεζογέφυρα⁷⁷

6.2.4.3.Πεζογέφυρα στο σταθμό ΚΑΤ

Ο σταθμός Κ.Α.Τ. είναι σταθμός του Μετρό της Αθήνας επί της γραμμής 1 των ΗΣΑΠ, στη χιλιομετρική θέση 24,631 από Πειραιά. Βρίσκεται στην Κηφισιά και το όνομά του προέρχεται από το παρακείμενο νοσοκομείο ατυχημάτων Κ.Α.Τ Διαθέτει δύο πλευρικές αποβάθρες.

Η σύνδεση των δύο πλευρών του σταθμού γίνεται με δύο πεζογέφυρες. Η μια είναι αδιάφορη από άποψη καλαισθησίας, μεταλλική κατασκευή σε χρώματος βυσσινί.

Η δεύτερη είναι μία εξ ολοκλήρου μεταλλική κατασκευή. Οι κύριοι σκελετοί των πυλώνων είναι κατασκευασμένοι από χάλυβα και διαθέτουν χιαστί κατακόρυφους συνδέσμους. Πρόκειται για μορφής δοκού. Το κατάστρωμα στηρίζεται σε δύο κύριες μεταλλικές δοκούς και διαδοκίδες εγκάρσιες ως προς το διαμήκη άξονα. Η πρόσβαση στο κατάστρωμα γίνεται με κλιμακοστάσιο και με τη χρήση ανελκυστήρων εκατέρωθεν. Από άποψη μορφολογίας δεν παρουσιάζει κάτι το πρωτότυπο και το σημαντικό.

Αξιόλογη δουλειά έκαναν οι κατασκευαστές από άποψη αισθητικής. Τα κουβούκλια των ανελκυστήρων τοποθετήθηκαν έτσι ώστε αυτά να προσδίδουν την τελική μορφή της κατασκευής, δημιουργώντας την αίσθηση δυο πύργων εκατέρωθεν της σιδηροδρομικής γραμμής. Μεγάλη προσοχή δόθηκε στα προστατευτικά κιγκλιδώματα. Αξιοπρόσεκτο είναι το υπέροχο χρώμα του κρυστάλλου στους ανελκυστήρες πράγμα που καθιστά την γέφυρα πρωτότυπη και την κάνει να ξεφεύγει από τη μονοτονία του χρώματος του σταθμού.



Εικόνα 6.2.4.3.1 Πεζογέφυρα σταθμού ΚΑΤ⁷⁸



Εικόνα 6.2.4.3.2 Όψη της γέφυρας από το επίπεδο του σταθμού⁷⁹

6.2.5 Πεζογέφυρες στη Δυτική Αττική-Πεζογέφυρα Amstel

Η γέφυρα αυτή κατασκευάστηκε το 1993 κοντά στα Κτελ Κηφισού, στην περιοχή του Αιγάλεω προκειμένου να εξυπηρετήσει τους εργαζόμενους του εργοστασίου της Amstel που βρίσκεται πολύ κοντά. Η ανάγκη ήταν μεγάλη για γίνει εκεί καθώς με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίστηκε η ασφαλής μετάβαση των εργαζομένων από οποιοδήποτε μέρος της Αθήνας, σε μια δύσκολη περιοχή όπου ο δρόμος είναι ταχείας κυκλοφορίας.

Πρόκειται για ειδική περίπτωση καλωδιωτής σύμμικτης γέφυρας. Το κατάστρωμα είναι κατασκευασμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα και χάλυβα και έχει συνολικό μήκος 70,70 μέτρα. Αναρτάται από χαλύβδινα καλώδια υψηλής αντοχής σε ακτινωτή μορφή τα οποία μεταφέρουν το βάρος του σε έναν πυλώνα μέγιστου ύψους 27,7 μέτρα. Η μετάβαση στον πεζοδίαδρομο γίνεται με κλιμακοστάσιο. Η υποδομή της αποτελείται από δύο κιβωτοειδή ακρόβαθρα.



Εικόνα 6.2.5.1. Πεζογέφυρα Amstel⁸⁰

Αισθητική πεζογέφυρας

Είναι μία όμορφη και απλή πεζογέφυρα η οποία αδιαμφισβήτητα βοηθάει στην αναβάθμιση του περιοχής. Εξυπηρετεί την επιχείρηση. Η μορφή της γέφυρας προσδίδει κύρος στην περιοχή του εργοστασίου. Δεν ενδείκνυνται για σημείο συνάντησης, θέα, ερασιτεχνικές φωτογραφίες. Σίγουρα όμως βοηθάει στην καθημερινότητα των εργαζόμενων που την χρησιμοποιούν, καθώς αποδεικνύεται ότι η επιχείρηση δεν ήθελε απλά να τους προσφέρει μια πρόχειρη πεζογέφυρα για την ασφαλή προσέλευση στον τόπο εργασίας αλλά φρόντισε να συνδυάζεται με μια άρτια και καλαίσθητη κατασκευή, για τα δεδομένα της περιοχής.

6.2.6 Σύμπλεγμα μεταλλικών πεζογεφυρών ΑΘΗΝΑ 2004 στο Ελληνικό

Βρίσκεται στην περιοχή του Ελληνικού στο παλαιό αεροδρόμιο Αθηνών. Πρόκειται για μια μεταλλική πεζογέφυρα συνολικού μήκους, για το κυρίως έργο, 101.5μ και πλάτους 4.80μ (μαζί με τις κλίμακες πρόσβασης). Το κυρίως έργο αποτελείται από την διάβαση της λεωφόρου Ποσειδώνος και από τις προσβάσεις από μεταλλικές κλίμακες μήκους 24.1μ προς την πλευρά της θάλασσας και 17.2μ προς την πλευρά του παλαιού αεροδρομίου ήτοι: $L=24.1+60.2+17.2=101.5\mu$. Η διάβαση της λεωφόρου είναι ένας υπερστατικός (δίστηλο αμφιπροέχον πλαίσιο) δικτυωτός φορέας, από κοιλοδοκούς, μορφής τόξου και μήκους 60.2μ. Τα κύρια βάθρα είναι διατομής κιβωτίου, από οπλισμένο σκυρόδεμα, διαστάσεων σε κάτοψη 3x4μ.

Στα βάθρα συντρέχουν, παράλληλα με τα κλιμακοστάσια, ράμπες ΑΜΕΑ από κλειστές καμπύλες, σε κάτοψη, συνολικού μήκους 158.5μ προς την θάλασσα και 132.4μ προς το παλαιό αεροδρόμιο και πλάτους καταστρώματος 3.0μ. Οι ράμπες έχουν τυπικά ανοίγματα 11.5μ με κύριο φορέα από μια

μεταλλική σωλήνα διαμέτρου 457mm σε μονόστηλα μεταλλικά μεσόβαθρα από την ίδια σωλήνα πλαισιακά συνδεδεμένα.

Η γενική διάταξη του έργου σε κάτοψη καθώς και το εξωτερικό περίγραμμα σε όψη του κυρίως ανοίγματος προτάθηκε από το αρχιτεκτονικό γραφείο ενώ η μόρφωση του κυρίως πλαισίου είχε προταθεί προκαταρκτικά από τον πολιτικό μηχανικό Νίκο Σπανό της ΑΔΚ ΑΕ.



Εικόνα 6.2.6.1 Άποψη από την παραλία-κατασκευή⁸¹

Αισθητική γέφυρας

Η γέφυρα αυτή κατασκευάστηκε το 2004 για τους Ολυμπιακούς αγώνες της Αθήνας το 2004. Από τη βόρεια πλευρά είναι το παλαιό αεροδρόμιο και από τα νότια η θάλασσα. Δεν πρόκειται για μια γέφυρα ιδιαίτερης αισθητικής, καθώς δεν έχει κάποιο ιδιαίτερο σχέδιο. Κατασκευάστηκε για καθαρά πρακτικούς λόγους, δηλαδή για την πιο εύκολη και ασφαλή πρόσβαση των θεατών στα ολυμπιακά συγκροτήματα της περιοχής, καθώς η άμεση διέλευση της λεωφόρου Ποσειδώνος είναι πολύ επικίνδυνη.

Το μόνο χαρακτηριστικό αισθητικής που διαθέτει είναι το χρώμα. Επιλέχθηκε το μπλε για να συνδέεται άμεσα με τη θάλασσα. Βασικό μειονέκτημα είναι η έκθεση στις περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως συμβαίνει με όλες τις μεταλλικές κατασκευές που αυξάνουν το κόστος συντήρησης.

6.3 Συμπεράσματα πάνω στις αστικές γέφυρες

Χωρίς καμία αμφιβολία η γεφυροποιία στα πλαίσια ενός αστικού περιβάλλοντος είναι ένας πολύ σημαντικός κλάδος τόσο για την επιστήμη των μηχανικών όσο και για την καθημερινότητα των ανθρώπων. Μετά την έρευνα των χαρακτηριστικών πεζογεφυρών που έχουν κατασκευαστεί στην Αθήνα επισημαίνουμε τα βασικά σημεία που αποτελούν κόμβο για τη μελέτη των αστικών γεφυρών.

Αυτά είναι:

- Μελέτη της μορφολογικής κατασκευής των γεφυρών και ποια είναι η πιο συνήθης μορφή
- Αξιολόγηση της αισθητικής, προσαρμογή στο περιβάλλον
- Επισύναψη των λαθών που μπορεί να γίνουν κατά τον σχεδιασμό
- Συμπέρασμα για το κατά πόσο έχουν επιτευχτεί οι στόχοι

Γενικά συμπεράσματα

Σε μια αστική περιοχή το τεχνικό εμπόδιο που γεφυρώνεται μπορεί να είναι είτε οδικός άξονας ταχείας κυκλοφορίας είτε υπέργεια σιδηροδρομική γραμμή εντός πόλεως.

Σε έναν οδικό άξονα ταχείας κυκλοφορίας είναι η καλωδιωτή γέφυρα είναι μια συνήθης επιλογή. Αδιαμφισβήτητα μια καλωδιωτή γέφυρα αποτελεί από τις πλέον ενδιαφέρουσες λύσεις στατικά, αισθητικά και οικονομικά. Συνήθως η εσχάρα δοκών του καταστρώματος αποτελείται από δύο κύριες σύμμικτες δοκούς κατά την διαμήκη έννοια και εγκάρσιες σύμμικτες διαδοκίδες. Τα καλώδια ανάρτησης και αγκύρωσης αποτελούν βασικό στοιχείο αυτού του τύπου γεφυρών. Τα καλώδια αυτά είναι υψηλής αντοχής όπου μεταφέρουν τα φορτία του καταστρώματος στους πυλώνες μέσω αξονικού εφελκυσμού. Ο αριθμός των καλωδίων εξαρτάται κάθε φορά από τις υπόλοιπες παραμέτρους της γέφυρας.

Η μορφή καλωδίων που χρησιμοποιείται στις πεζογέφυρες είναι η ακτινωτή που το πλεονέκτημα της είναι η καλύτερη απόδοση των καλωδίων.

Σε ότι αφορά τους σιδηρόδρομους η πιο κατάλληλη μορφή γέφυρας είναι η δικτυωτή. Επειδή ο σιδηρόδρομος είναι ένα έργο υποδομής μεγάλης κλίμακας, οι χώροι είναι ήδη περιορισμένοι και ακολουθείται αυτή η παράδοση στις γέφυρες αυτές. Είναι απλές και μικρές, για να εξοικονομούνται οικοδομικά υλικά και να προσαρμόζονται στο χώρο. Καθώς δεν υπάρχει ευελιξία έτσι ώστε να κατασκευαστούν αξιόλογες αρχιτεκτονικές πεζογέφυρες, μπορεί να ο σχεδιασμός από άποψη αισθητικής να εστιαστεί στο χρώμα και στον φωτισμό.

Στις περισσότερες σύγχρονες πόλεις ο κύριος αρχιτεκτονικός σχεδιασμός της είναι οι μουντές, απρόσωπες, χωρίς κανένα όμορφο αισθητικό στοιχείο πολυκατοικίες. Το οπλισμένο σκυρόδεμα

κυριαρχεί. Μια τέτοια πόλη προκαλεί απογοήτευση στους κατοίκους της, ειδικά αν μπει κάποιος στη διαδικασία να συγκρίνει με άλλες πόλεις που έχουν διατηρήσει την παλιά αρχιτεκτονική και έχουν φροντίσει να προσαρμόσουν τις νέες κατασκευές σ αυτή. Είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι κανένας άνθρωπος σ αυτές τις μεγάλες πόλεις δεν κυκλοφορεί με τα μάτια στραμμένα προς τα πάνω κοιτάζοντας τα κτίρια και τα διάφορα έργα που έχουν κατασκευαστεί.

Με την ανάπτυξη των πεζογεφυρών έγινε μια καινούρια αρχή. Παρατηρήσαμε σε πολλές περιπτώσεις ότι οι μηχανικοί δεν θέλουν απλά να αποδώσουν μια άρτια και στατικά ορθή κατασκευή αποκλειστικά. Στη μελέτη προστίθεται η προσωπική έμπνευση, η προσαρμογή και ένταξη στο περιβάλλον, σωστή επιλογή χρωμάτων και σχημάτων αποδίδοντας ένα αποτέλεσμα που αλλάζει τελείως την ψυχολογία των κατοίκων.

Από τη μελέτη πάνω σε χαρακτηριστικές πεζογέφυρες της Αθήνας επισημάναμε το πόσο σημαντική είναι η επιλογή του σωστού σημείου για την κατασκευή τους.

Οι σημαντικοί παράμετροι που πρέπει να αναλυθούν για την τον σκοπό αυτό από την έρευνα συνοψίζονται ως εξής :

- Η αστική περιοχή
- Το τεχνικό εμπόδιο που θα γεφυρωθεί (αστικός οδικός άξονας ή σιδηροδρομική γραμμή πόλης)
- Φόρτοι πεζών και οχημάτων
- Η ύπαρξη επαρκών πεζοδρομίων, ενδιάμεσων νησίδων σε συνδυασμό με ελεγχόμενη κυκλοφορία από φωτεινή σήμανση

Με την επαρκή ανάλυση όλων των παραπάνω θα πραγματοποιηθεί ο λειτουργικός στόχος της κατασκευής της πεζογέφυρας. Γιατί υπήρξαν οι περιπτώσεις όπου κατασκευάστηκαν άρτιες κατασκευές τόσο από μορφολογική όσο και από αισθητική άποψη που όμως έγιναν σε λάθος σημείο και δεν χρησιμοποιούνται.

Οι πεζογέφυρες πρέπει να συνδυάζουν όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά έτσι ώστε να έχουν επιτύχει τους στόχους όλους συνολικά .Ο σωστός αυτός συνδυασμός, μέσα σε εύλογα οικονομικά πλαίσια, τις καθιστά χρηστικές. Στην πράξη ελάχιστες περιπτώσεις έχουν επιτύχει όλους αυτούς τους στόχους. Η ανάπτυξη της γεφυροποιίας εντός πόλεως συνεχίζεται σε όλες τις πόλεις με ολοένα και καινούριες μελέτες σε επικίνδυνα σημεία. Η ορθή μελέτη των καινούριων γεφυρών θα βοηθήσει το μεγάλο πρόβλημα κυρίως της οδικής ασφάλειας. Αυτό θα αποτελέσει και ένα αρχικό στάδιο για την μείωση των ατυχημάτων. Το περιβάλλον γίνεται πιο φιλικό για τον πεζό. Ο πεζός νιώθει ότι είναι σημαντικό κομμάτι της κυκλοφορίας. Απώτερος στόχος είναι η μείωση της χρήσης των οχημάτων και κατ επέκταση περιβαλλοντική, αστική και κοινωνική ανάπτυξη.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αναμφισβήτητα η γεφυροποιία αποτελεί έναν από τους βασικότερους κλάδους των μηχανικών. Η σημαντικότητα των κατασκευών αυτών και η πολυπλοκότητα της δομής τους ωθεί σήμερα μικρή μερίδα μηχανικών να μελετήσουν εκτενώς τις γέφυρες και να ασχοληθούν με τον κλάδο αυτό. Οι γέφυρες στις μέρες μας έπαψαν να είναι τα απλά έργα σύζευξης τμημάτων ή δημιουργία συνέχειας μιας γραμμής επικοινωνίας. Η γεφυροποιία εντατικοποιήθηκε με την ανάπτυξη των πόλεων και των πολιτισμών γενικότερα. Αποτελεί πλέον μια σύνθετη δομή.

Ο γεωμετρικός σχεδιασμός τέτοιων έργων στοχεύει στην αρμονική συνύπαρξη, πολλές φορές και αντικρουόμενων στην εφαρμογή, βασικών κριτηρίων όπως είναι η λειτουργική ικανότητα και ασφάλεια, η ποιότητα της κατασκευής, η οικονομία, η προσαρμογή της γέφυρας με το περιβάλλον και φυσικά η αισθητική. Η απόλυτα βέλτιστη χάραξη μίας οδού και κατά συνέπεια ο γεωμετρικός σχεδιασμός της αποβλέπει στην εύρεση μίας αποδεκτής συμβιβαστικής λύσης ικανοποιώντας τα διάφορα κριτήρια.

Ο αισθητικός έλεγχος και σχεδιασμός κάθε γέφυρας δεν καλείται να αντιμετωπίσει ένα απλό πρόβλημα ποιότητας μορφών αλλά ταυτόχρονα και προκλήσεις πολιτισμού. Τα οδικά έργα αποκτώντας όλο και μεγαλύτερες κλίμακες σχεδιασμού, για να εξυπηρετούν συνεχώς τις αυξανόμενες ανάγκες για μεταφορά, ενσωματώνονται όλο και δυσκολότερα στο φυσικό τοπίο τους. Κατά κανόνα ανατρέπουν τις ισορροπίες του, διαταράσσουν την ηρεμία του και επιβάλλουν την δική τους παρουσία. Η ένταξη μιας γέφυρας στο χώρο που ανήκει είναι απαραίτητη. Η αξία της φύσης είναι σημαντική και αναντικατάστατη και έτσι η αισθητική ενός τμήματος ή του συνόλου του έργου δεν θα πρέπει να απομονωθεί από την συνολική αισθητική του δικτύου στο οποίο ανήκει.

Το πρώτο βήμα για την αισθητική προσέγγιση της χάραξης ενός έργου γεφυροποιίας πραγματοποιείται στο επίπεδο του στρατηγικού σχεδιασμού. Η αρχιτεκτονική του τοπίου είναι σε συνεχή εξέλιξη και θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη. Κατά το σχεδιασμό και την κατασκευή ενός νέου τέτοιου έργου θα πρέπει να πραγματοποιείται σύζευξη των παραμέτρων του σωστού σχεδιασμού, έτσι ώστε το πέρασμα από μια γέφυρα ή η οπτική της εικόνα να αποτελεί ευχάριστη εμπειρία, χωρίς να κουράζει το χρήστη ή τον παρατηρητή.

Ο σχεδιασμός μιας σύγχρονης γέφυρας έχει ως στόχο, εκτός από την ικανοποίηση των αναγκών κυκλοφορικής ροής και το επιθυμητό επίπεδο ασφάλειας, να εξασφαλίσει τη διαφύλαξη της ποιότητας του φυσικού αλλά και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος και να λαμβάνει υπόψη την εξοικονόμηση των

φυσικών διαθέσιμων πόρων. Καθοριστικής σημασίας είναι η ένταξη και ενσωμάτωση του έργου στο περιβάλλον χώρο.

Το μεγαλύτερο ποσοστό των γεφυρών χρησιμοποιείται στα μεγάλα οδικά έργα, όπως είναι οι αυτοκινητόδρομοι. Όμως εκτός από τις θετικές τους επιπτώσεις, προκαλούν και μία σημαντική επίπτωση στο ότι επιβάλλουν στο γενικότερο τοπίο στοιχεία και κλίμακες καθόλου συμβατές με τα χαρακτηριστικά του.

Το κριτήριο της αισθητικής στο γεωμετρικό σχεδιασμό της γέφυρας αλλά και η αποκατάσταση του τοπίου, μετά την κατασκευή της, αποσκοπεί στην οικολογική και αισθητική εναρμόνιση του έργου στο περιβάλλον από όπου διέρχεται. Ο σωστός σχεδιασμός των διαφόρων τεχνικών έργων ή εξοπλισμού συμβάλλει στην βελτίωση της αισθητικής του έργου. Μια όμορφη όψη της γέφυρας αντανακλά αντίστοιχα συναισθήματα στο χρήστη ή παρατηρητή της.

Η προστασία του περιβάλλοντος και η ανάπτυξη θεωρούνται ως δύο τομείς που συμβαδίζουν και αλληλοσυμπληρώνονται. Η προστασία του περιβάλλοντος αποκτά νόημα και γίνεται πιο εντατική όταν οι άνθρωποι ευημερούν, ενώ αντίστοιχα η ευημερία των ανθρώπων τροφοδοτείται, και τελικά είναι επιτεύξιμη μονάχα σε ένα υγιές περιβάλλον.

Ας μην ξεχνάμε (με βάση τον Παναγιωτακόπουλο Δ. - 2007) πως μια ανάπτυξη είναι αειφόρος εφόσον λαμβάνει υπόψη της: α) τους κοινωνικούς, οικολογικούς και οικονομικούς παράγοντες, β) τους έμβιους και άβιους πόρους και γ) τα μακροπρόθεσμα και βραχυπρόθεσμα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των εναλλακτικών δράσεων. Η ανάπτυξη οφείλει να ικανοποιεί τις ανάγκες της παρούσας γενιάς χωρίς να διακυβεύεται η δυνατότητα των μελλοντικών γενιών να ικανοποιήσουν τις δικές τους.

Τέτοια έργα λοιπόν όπως οι γέφυρες αφήνονται παρακαταθήκη στις επόμενες γενιές και αν κρίνουμε από τα δείγματα-αριστουργήματα των τελευταίων δεκαετιών, η κληρονομιά που τους παραδίδεται είναι πολύ σημαντική.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Αναστασιάδου Α., Αρνάκη Β. (2010), Η Αισθητική των Οδών και των Οδικών Έργων, Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ.
2. Θεοδωρακόπουλος Δ. - Μπούσιας Ε. - Γιαννόπουλος Π. (2003), Ανάλυση και Σχεδιασμός Κατασκευών, Πάτρα.
3. Κανακάκη Μ. (2006), Μελέτη Φωτισμού Λίθινης Σιδηροδρομικής Γέφυρας στο Μάναρη Αρκαδίας, Διπλωματική εργασία Ε.Μ.Π.
4. Καρλαύτης Μ. - Κ. Κεραπτσόγλου - Ι. Σφήκας (2005), Συστήματα Διαχείρισης γεφυρών, Αθήνα.
5. Κεχαγιά Φ. – Τσαβάλα Α., Η ένταξη του κριτηρίου της αισθητικής στο σχεδιασμό του οδικού έργου.
6. Κοκκίνου Ε. (2007), Καταγραφή ταλαντώσεων σιδηροδρομικής γέφυρας γοργοποτάμου με ρομποτικό θεοδόλιχο RTS, Διατριβή Μ.Δ.Ε.
7. Κωνσταντινίδης Δ. (2012), Γεφυροποιία, Σημειώσεις τμήματος Πολιτικών Έργων Υποδομής Α.Τ.Ε.Ι.Θ.
8. Μισοκεφάλου Ε. (2008), Η Συμβολή στην αισθητική των οδών και οδικών έργων, Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία των Τμημάτων Πολιτικών Μηχανικών και Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών Α.Π.Θ.
9. Παναγιωτακόπουλος Δ., (2007). Βιώσιμη Διαχείριση Αστικών Στερεών Αποβλήτων, Β. Έκδοση, Θεσσαλονίκη.
10. Προβλήματα σχεδιασμού οδογεφυρών (1998), Επιστημονική Διμερίδα, Θεσσαλονίκη
11. Περιφερειακό τμήμα ΤΕΕ (2008), Τα 45χρονα της “συρταρωτής” γέφυρας Ευρίπου
12. ΥΠΕΧΩΔΕ, ΠΕΤΕΠ 05-01-02-02, 2006.
13. Φαρδής Μ.(2008), Σύνθεση γεφυρών σκυροδέματος, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πάτρα.
14. Σιγάλας (2005) Εισαγωγή στη γεφυροποιία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ

Διεθνής Βιβλιογραφία

1. Ermopoulos, J., “Steel and Composite bridges according to Eurocodes”, ed Kleidarithmos, Athens, Greece (2000).
2. Tregenza Peter, The design of lighting, London : E & FN Spon , (1998).
3. *fib* “Design and Use of Externally Bonded FRP Reinforcement (FRP EBR) for Reinforced Concrete Structures”
4. Meier Urs, “Composite Materials in Bridge Repair” (Applied Composite Materials , 7: 75-94,2000 –2000 Kluwer Academic Publishers).

Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία

INT 1: <https://www.technologismiki.com/nomos/>

INT 2: <http://library.tee.gr>

INT 3: <http://dspace.lib.ntua.gr>

INT 4: <http://www.tmth.edu.gr>

INT 5: <http://eureka.lib.teithe.gr>

INT 6: <http://www.civilengineering.gr>

INT 7: <http://history-pages.blogspot.gr>

INT 8: <http://en.wikipedia.org/>

INT 9 : <http://e-archimedes.gr/component/k2/item/3391-> , <http://e-archimedes.gr/contact-us/item/3392->

INT 10 <http://www.ergotaxiaka.gr>

INT 11 : http://library.tee.gr/digital/m2591/m2591_karydakis.pdf

INT 12: <http://www.gazzetta.gr/article/item/240281-h-gephura-ton-paidion>

INT 13 : <http://www.ethnos.gr/article.asp?catid=22768&subid=2&pubid=11269004>

INT 14: <http://news.in.gr/greece/article/?aid=134761>

INT 15 : <http://www.athensattica.gr/el/%CE%B5%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B5-%CE%B5%CE%B4%CF%89/%CF%84%CE%B9-%CE%BD%CE%B1-%CE%B4%CE%B5%CE%B9%CF%84%CE%B5/%CE%B1%CF%81%CF%87%CE%B9%CF%84%CE%B5%CE%BA%CF%84%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%B7/item/5967-calatrava-footbridge>

INT 16 : http://www.domi-ae.gr/10_pezogefyres.php

INT 17 : http://okeanis.lib.teipir.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/104/pol_00454.pdf?sequence=1

INT 18 : http://ec.europa.eu/transport/road_safety/users/pedestrians/index_el.htm

INT 19 <http://www.diolkos-eng.gr/>

ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

¹ Repository.edull.gr/edull/retieve/4047/1228.pdf

²http://www.kanon.gr/portal.php?action=browse_package&menu=reservation&language=GR&hotel_id=TRP0023GR

³http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%93%CE%AD%CF%86%CF%85%CF%81%CE%B1_%CF%84%CF%89%CE%BD_%CE%9B%CE%B9%CE%BC%CF%8D%CF%81%CF%89%CE%BD

⁴ Repository.edull.gr/edull/retieve/4047/1228.pdf

⁵ Lysari.blogspot.gr/2012/04blog-post_21.html

⁶ <http://www.panoramio.com/photo/10869827>

⁷ http://panagiotis-hatzis.blogspot.gr/2013/06/blog-post_6957.html

⁸ Kpe-makrin-mag.sch.gr/smngefyr13/erg1213/gefyres.pdf

⁹ Kpe-makrin-mag.sch.gr/smngefyr13/erg1213/gefyres.pdf

¹⁰ <https://www.technologismiki.com/nomos/>

¹¹ Kpe-makrin-mag.sch.gr/smngefyr13/erg1213/gefyres.pdf

¹² <http://3lyk-komot.rod.sch.gr/env2006/simera-odiko.htm>

¹³ O.M.O.E 10 :Τεύχος τεχνικών έργων

¹⁴ Repository.edull.gr/edull/retieve/4047/1228.pdf

¹⁵ http://okeanis.lib.teipir.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/504/pol_00910.pdf?sequence=1

¹⁶ http://www.namanet.gr/gr/struct/fld/g_struct_Steel.htm

¹⁷ O.M.O.E 10 :Τεύχος τεχνικών έργων

-
- ¹⁸ Ο.Μ.Ο.Ε 10 :Τεύχος τεχνικών έργων
- ¹⁹ Ο.Μ.Ο.Ε 10 :Τεύχος τεχνικών έργων
- ²⁰ Ο.Μ.Ο.Ε 10 :Τεύχος τεχνικών έργων
- ²¹ Ο.Μ.Ο.Ε 10 :Τεύχος τεχνικών έργων
- ²² Ο.Μ.Ο.Ε 10 :Τεύχος τεχνικών έργων
- ²³ Ο.Μ.Ο.Ε 10 :Τεύχος τεχνικών έργων
- ²⁴ Ο.Μ.Ο.Ε 10 :Τεύχος τεχνικών έργων
- ²⁵ <http://www.ioannispadiotis.com/gefures.html>
- ²⁶ Ο.Μ.Ο.Ε 10 :Τεύχος τεχνικών έργων
- ²⁷ <http://www.ioannispadiotis.com/gefures.html>
- ²⁸ <http://www.ioannispadiotis.com/gefures.html>
- ²⁹ Ο.Μ.Ο.Ε 10 :Τεύχος τεχνικών έργων
- ³⁰ Ο.Μ.Ο.Ε 10 :Τεύχος τεχνικών έργων
- ³¹ Ο.Μ.Ο.Ε 10 :Τεύχος τεχνικών έργων
- ³² Ο.Μ.Ο.Ε 10 :Τεύχος τεχνικών έργων
- ³³ http://library.tee.gr/digital/m2571/m2571_kehagia.pdf
- ³⁴ http://library.tee.gr/digital/m2571/m2571_kehagia.pdf
- ³⁵ <http://www.agelioforos.gr/default.asp?pid=7&ct=55&artid=31475>
- ³⁶ http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rio_AntiRio_Bridge_Elevation-fr.svg
- ³⁷ http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dsc06226_rio_antirio_bridge_monniaux.jpg
- ³⁸ <http://www.panoramio.com/photo/34221187>
- ³⁹ <http://www.fanpop.com/clubs/scenic-photos-club/images/24343264/title/golden-gate-bridge-san-francisco-photo>
- ⁴⁰ <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:GoldenGateBridge-001.jpg>
- ⁴¹ http://en.wikipedia.org/wiki/File:Ggb_by_night.jpg
- ⁴² <http://www.veamea.com/blog/bid/59785/UC-Unified-Communications-the-Brooklyn-Bridge>
- ⁴³ http://wirednewyork.com/bridges/brooklyn_bridge/

-
- 44 <http://blogs.villagevoice.com/runninscared/2010/08/manhattan-bound.php>
- 45 <http://www.nssmc.com/en/product/use/case/bridge/akashi.html>
- 46 <http://www.hothdwallpaper.net/wallpapers/hd/336334/akashi-kaikyo-bridge>
- 47 <http://demi-zouzounews.blogspot.gr/2011/11/tower-bridge.html>
- 48 <http://demi-zouzounews.blogspot.gr/2011/11/tower-bridge.html>
- 49 <http://sciencelakes.com/ct/8828351-tower-bridge-at-night.html>
- 50 http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sant_Angelo_bridge.jpg
- 51 [http://www.welcometorome.net/en/gallery/sant-angelo-bridge/sant-angelo-bridge\(1\).jpg](http://www.welcometorome.net/en/gallery/sant-angelo-bridge/sant-angelo-bridge(1).jpg)
- 52 http://foodloversodyssey.typepad.com/my_weblog/2011/08/photos-rome-monuments-night.html
- 53 http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tatara_Bridge.jpg
- 54 <http://www.listof5.com/top-5-longest-cable-stayed-bridges/>
- 55 http://en.wikipedia.org/wiki/File:Rainbow_fountain_Seoul.JPG
- 56 <http://architectism.com/the-banpo-bridge-and-the-moonlight-rainbow-fountain/>
- 57 <http://www.cloutonline.com/2011/07/worlds-longest-bridge-opened-in-china/>
- 58 <http://www.caroto.gr/2012/06/01/jiaozhou-bay-bridge-%CE%B7-%CE%BC%CE%B5%CE%B3%CE%B1%CE%BB%CF%8D%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%B7-%CE%B3%CE%AD%CF%86%CF%85%CF%81%CE%B1-%CF%83%CF%84%CE%BF%CE%BD-%CE%BA%CF%8C%CF%83%CE%BC%CE%BF/>
- 59 http://www.likecool.com/The_Hoover_Dam_Bypass_Bridge--Projects--Gear.html
- 60 https://www.mcnarybergeron.com/project_highlights.php?id=9
- 61 https://www.mcnarybergeron.com/project_highlights.php?id=9
- 62 <http://www.panoramio.com/photo/87788134>
- 63 <http://foto.miestai.net/inkelti/20070219/Katehaki%20Bridge2.jpg>
- 64 http://assets.in.gr/dGenesis/assets/Content200/Photo/11500_b.jpg
- 65 <http://www.athenstransport.com/2011/07/piraeus-port/>
- 66 http://www.atenet.gr/cms/index.php?option=com_content&view=article&id=208&Itemid=222&lang=el
- 67 <http://www.yen.gr/wide/yen.chtm?prnbr=29757>
- 68 http://www.majowiecki.com/studio/wp-content/uploads/2011/05/DSC_0058.jpg

-
- ⁶⁹ http://www.atenet.gr/cms/images/atenet/special-use/pezo-olp-1/pezo-olp_07.jpg
- ⁷⁰ http://www.newsbomb.gr/media/k2/items/cache/c1e5dc0b50a944686522d64928d3612c_XL.jpg
- ⁷¹ http://4.bp.blogspot.com/-M5s_MreT-NM/Tr2MpQpPQ4I/AAAAAAAAAASo/YBxudVHG78M/s1600/gefyra.jpg
- ⁷² <http://www.dimokratianews.gr/sites/default/files/pezogefira563.jpg?1321210870>
- ⁷³ http://2.bp.blogspot.com/-Xsly9Gp5dDg/Tr_YVnnugRI/AAAAAAAAAFU/8w0J3Ulg7LE/s1600/DSC_0692.JPG
- ⁷⁴ http://www.domi-ae.gr/10_pezogefyres.php
- ⁷⁵ http://static.madata.gr/files/20_T/TRENO4N_784986284.jpg
- ⁷⁶ Προσωπικό αρχείο
- ⁷⁷ Προσωπικό αρχείο
- ⁷⁸ Προσωπικό αρχείο
- ⁷⁹ Προσωπικό αρχείο
- ⁸⁰ http://www.domi-ae.gr/10_pezogefyres.php
- ⁸¹ http://www.diolkos-eng.gr/simplegma_metallikon_pezogefiron_athina_2004_sto_elliniko-pr-6.html
