



**Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Δομοστατικής
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών**

Σύγκριση Καλωδιωτών και Συμβατικών λύσεων για στέγαση μεγάλων ανοιγμάτων



Διπλωματική Εργασία: Σταθά Διονυσίου

Επιβλέπων: Χ. Γαντές, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
Τομέας Δομοστατικής
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

Σύγκριση Καλωδιωτών και Συμβατικών Λύσεων για
στέγαση μεγάλων ανοιγμάτων

Προπτυχιακή Εργασία του Διονυσίου Σταθά
Επιβλέπων: Χ. Γαντές, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Ιούλιος 2007

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να εξελίσσεται και ταυτόχρονα να διαδίδεται ένας νέος τύπος κατασκευών, ικανός να στεγάσει μεγάλους χώρους χωρίς την χρήση ενδιάμεσων υποστυλωμάτων. Οι εφελκόμενες κατασκευές πρωτοεμφανίστηκαν, με την μορφή καλωδιωτής οροφής, το 1953 όταν και ολοκληρώθηκε το στάδιο Raleigh στην βόρεια Καρολίνα. Με την μορφή μεμβρανών εμφανίστηκαν το 1957 χάρη στον γερμανό αρχιτέκτονα και μηχανικό Frei Otto, ενώ την πρώτη σημαντική εφαρμογή τους αποτέλεσε η στέγη του ολυμπιακού σταδίου στο Μόναχο το 1972. Στο πρώτο και δεύτερο κεφάλαιο αυτής της διπλωματικής γίνεται μία παρουσίαση των μορφών, των χαρακτηριστικών τους και των στατικών τους συστημάτων, ενώ στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα υλικά κατασκευής των καλωδίων και των μεμβρανών.

Στο τέταρτο κεφάλαιο ο αναγνώστης έρχεται σε επαφή με τους υπάρχοντες κανονισμούς που αφορούν το σχεδιασμό των εφελκόμενων κατασκευών. Θα πρέπει ωστόσο να σημειωθεί ότι οι κανονισμοί αυτοί βρίσκονται σε ένα πρώιμο στάδιο, υποδηλώνοντας τα περιθώρια εξέλιξης αυτού του τύπου κατασκευής και ότι οι εφελκόμενες κατασκευές έχουν πολλά ακόμα να μας δώσουν στο μέλλον.

Βασικό κριτήριο επιλογής για την κατασκευή ενός έργου από τον μηχανικό, αποτελεί η οικονομικότητα του έργου και η κατά το δυνατόν μεγαλύτερη αξιοποίηση των αντοχών του. Αυτό το πλεονέκτημα προσφέρουν οι εφελκόμενες κατασκευές αφού αξιοποιούν το 100% της αντοχής τους, λειτουργώντας μόνο με εφελκυστικές τάσεις. Έτσι δεν υπάρχει ο κίνδυνος λυγισμού λόγω θλίψης, ο οποίος μειώνει την αξονική αντοχή της διατομής, αλλά ούτε και η κάμψη η οποία έχει ως αποτέλεσμα να μην αξιοποιείται το μεσαίο τμήμα της. Έτσι στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η στατική λειτουργία των αναρτημένων καλωδίων και στο έκτο μελετώνται οι παράμετροι δυσκαμψίας τους και πως εφαρμόζονται στο πρόγραμμα ανάλυσης.

Μειονέκτημα των κατασκευών αυτών αποτελεί το σχετικά υψηλό κόστος κατασκευής, αφού απαιτείται υψηλή τεχνογνωσία και εξειδικευμένο προσωπικό. Είναι γνωστό ότι οι εφελκόμενες κατασκευές αποτελούν σε ορισμένες περιπτώσεις μεγάλων έργων πολιτικού μηχανικού, αν όχι την μοναδική, τουλάχιστον την οικονομικότερη λύση. Σκοπός της εργασίας είναι να προσδιοριστούν τα οφέλη του καλωδιωτού φορέα σε σχέση με συμβατικού τύπου κατασκευές για συνηθισμένα μεγάλα ανοίγματα. Στα κεφάλαια 7,8,9 προτείνονται τρεις εναλλακτικοί τρόποι στέγασης, δύο καλωδιωτές και μία αμιγώς μεταλλική κατασκευή, ενός συνηθισμένων διαστάσεων, χώρου. Στο κεφάλαιο 10 τέλος, γίνεται η τελική σύγκριση των λύσεων σε μονάδες βάρους χάλυβα ανά τετραγωνικό κάτοψη που απαιτήθηκαν, ενώ το αισθητικό αποτέλεσμα επαφίεται στην κρίση του αναγνώστη.

**National Technical University of Athens
School of Civil Engineering
Division of Structural Engineering
Metal Structures Laboratory**

Comparison between Cable-Supported and Conventional Solutions for Covering Large Spans

Diploma Thesis of Dionysios Stathas

Supervisor: C.J. Gantes, Associate Professor NTUA

July 2007

ABSTRACT

In recent years a relatively new type of structure is developed and spread, namely tensile structures. They are capable of covering large spans without the use of any intermediate columns. Tensile structures made their first appearance, in the form of a cable network, in the year 1953, when the structure of Raleigh Arena in North Carolina of USA was completed. Tensile structures in the form of membranes were developed since 1957, first by the German engineer and architect Frei Otto. The first significant application of membranes was the roof of the Olympic stadium in Munich in 1972. In the first and second chapter of this diploma thesis the forms, the characteristics and structural function of cable and membrane structures are presented. In the third chapter the reader is provided with information about the materials from which cables and membranes are manufactured.

In the fourth chapter existing design codes are described. Thus, the reader can get information about the design loads and the safety factors that an engineer should use, in order to design and build such a structure. It must be mentioned that those design codes are still in a development stage, and there is still a lot of research to be done, until they can be considered as final.

A basic criterion for the engineer, for the choice of the type of structure is, apart from the economy, the fact that the materials should use a maximum percentage of their strength. This advantage is offered by tensile structures, since through the use of tensile stresses, the strength is exploited 100%. There is no chance of buckling or moments that would cause the cross-section to develop triangular stress diagrams. The fifth chapter refers to the structural function of single cables and in the sixth chapter the parameters that affect the stiffness of the cable are investigated and how they can be applied in the analysis software.

A disadvantage of these structures is their high cost. This is due to the high level of specialization that it is demanded in order to build such structures. It is well known that tensile structures, in many cases of large spans (bridges), are the best solution or the only solution. In this thesis an effort has been made to compare cable solutions to conventional structures, for ordinary spans. In chapters 7, 8, 9 three alternative solutions are recommended, two cable-based and one of a steel frame, in order to cover a space of ordinary dimensions. In chapter 10 the final weight comparison between the solutions is presented, while the aesthetic comparison is left to the judgment of the reader.