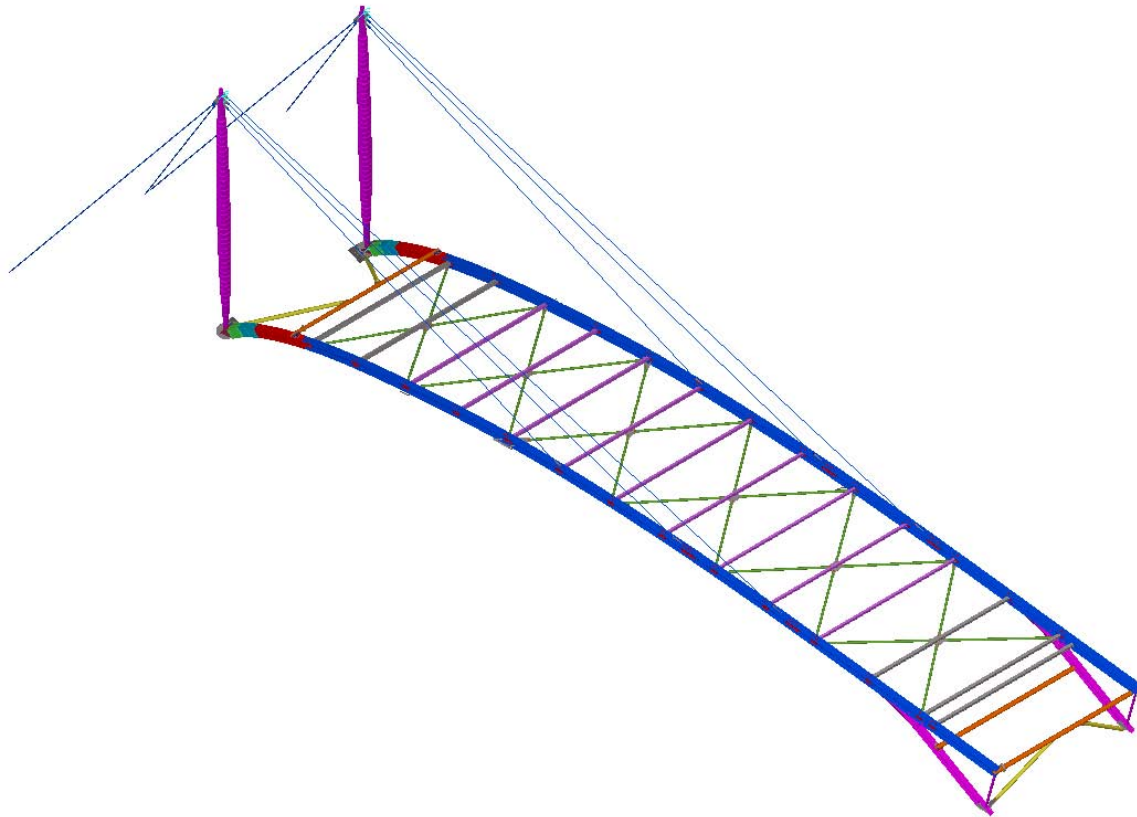




**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ**

**Μεταπτυχιακή Εργασία**

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΙΔΙΚΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ ΑΝΗΡΤΗΜΕΝΟΥ  
ΣΤΕΓΑΣΤΡΟΥ ΜΕΣΩ ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ  
ΜΕ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**



**Κωνσταντίνα Κουλάτσου**

Επιβλέπων: Αναπλ. Καθ. Ε.Μ.Π. Δρ. Χάρης Γαντές

**ΕΜΠ 2009**



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

### **Μεταπτυχιακή Εργασία**

## **ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΙΔΙΚΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ ΑΝΗΡΤΗΜΕΝΟΥ ΣΤΕΓΑΣΤΡΟΥ ΜΕΣΩ ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΜΕ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**

**Κωνσταντίνα Κουλάτσου**

Επιβλέπων: Αναπλ. Καθ. Ε.Μ.Π. Δρ. Χάρης Γαντές

### **Περίληψη**

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία αφορά την περαιτέρω μελέτη βασικών δομικών στοιχείων του μεταλλικού φορέα για τη στέγαση του αρχαιολογικού χώρου του λυκείου Αριστοτέλους, το οποίο ευρίσκεται μεταξύ της οδού Ρηγίλλης και του Βυζαντινού Μουσείου, στην Αθήνα.

Το μεταλλικό στεγάστρο αποτελείται από έξι κύριους τοξωτούς φορείς μεταβλητής διατομής παράλληλους μεταξύ τους, οι οποίοι συνδέονται εγκάρσια με τεγίδες και διαγώνιους συνδέσμους δυσκαμψίας. Οι τοξωτοί φορείς αναρτώνται σε τρία ενδιάμεσα σημεία τους από πυλώνα, μέσω προεντεταμένων καλωδίων. Η ευστάθεια του πυλώνα εντός και εκτός επιπέδου των κύριων φορέων εξασφαλίζεται μέσω δύο προεντεταμένων καλωδίων αντιστήριξης. Από τις πλευρές της οδού Ρηγίλλης και του Βυζαντινού Μουσείου διατάσσονται ανεξάρτητα πτερύγια για την προέκταση της επικάλυψης.

Λόγω της πολυπλοκότητας του στατικού συστήματος του στεγάστρου, των μη συνηθισμένων διατομών αλλά και της σπουδαιότητας του χώρου που στεγάζει ο φορέας, αποφασίστηκε η πραγματοποίηση μιας σειράς ειδικών αναλύσεων και ελέγχων του μεταλλικού φορέα. Ο έλεγχος πραγματοποιείται για τρία δομικά στοιχεία, τα σημαντικότερα για την ευστάθεια του στεγάστρου.

Στο πρώτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται αναλυτικά ο μεταλλικός φορέας του στεγάστρου και το στατικό του σύστημα. Επίσης γίνεται μια αναφορά στο περιεχόμενο της μεταπτυχιακής εργασίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, διερευνάται η θέση των καλωδίων ανάρτησης. Η τοξωτή μορφολογία του στεγάστρου δημιούργησε πρόβλημα στην τοποθέτηση των καλωδίων στις θέσεις που υποδείκνυε η αρχιτεκτονική μελέτη, καθώς τα μισά από τα καλώδια ανάρτησης χαλάρωναν. Αφού οριστικοποιήθηκε η θέση των καλωδίων ανάρτησης, διερευνήθηκε η τιμή της προέντασης τόσο των καλωδίων ανάρτησης όσο και των καλωδίων αντιστήριξης. Και οι δύο διαδικασίες πραγματοποιήθηκαν για κάθε φορέα ξεχωριστά, γεγονός που βοήθησε και στη σύγκλιση της μη γραμμικής ανάλυσης.

Στο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται μια σειρά μη γραμμικών αναλύσεων για τον πυλώνα του στεγάστρου. Δεδομένης της ιδιομορφίας της διατομής του, ο υπολογισμός της θλιπτικής αντοχής του είναι δύσκολος. Ο υπολογισμός γίνεται και βάση των διατάξεων του Ευροκώδικα 3 (ΕΚ3). Η αντοχή που υπολογίστηκε συγκρίνεται με τα αριθμητικά

αποτελέσματα των μη γραμμικών αναλύσεων για ελαστοπλαστικό υλικό και για ατέλεια που έχει τη μορφή της πρώτης κύριας ιδιομορφής του πυλώνα, η οποία εξάγεται από τη γραμμική ανάλυση λυγισμού. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται μέσω δρόμων ισορροπίας, εικόνων τάσεων και παραμορφώσεων για χαρακτηριστικά σημεία του δρόμου ισορροπίας και μέσω συγκριτικών διαγραμμάτων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται ομοίως τα αποτελέσματα μη γραμμικών αναλύσεων για τον κύριο φορέα του στεγάστρου. Γίνεται μια προσπάθεια για να διερευνηθεί η συμπεριφορά του φορέα έναντι πλευρικού λυγισμού. Και στο κεφάλαιο αυτό, γίνεται σύγκριση της αντοχής που προκύπτει βάση των διατάξεων του Ευρωκώδικα 3 (EK3) και των αριθμητικών αποτελεσμάτων. Αντίστοιχα με τον πυλώνα, οι μη γραμμικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν για ελαστοπλαστικό υλικό και για ατέλεια που έχει τη μορφή της πρώτης ιδιομορφής του πυλώνα, η οποία εξάγεται από τη γραμμική ανάλυση λυγισμού. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται μέσω δρόμων ισορροπίας, εικόνων τάσεων και παραμορφώσεων για χαρακτηριστικά σημεία του δρόμου ισορροπίας και μέσω συγκριτικών διαγραμμάτων.



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
DIVISION OF STRUCTURAL ENGINEERING  
LABORATORY OF STEEL STRUCTURES

**Post-Graduate Diploma Thesis**

**SPECIAL ISSUES INVESTIGATION OF A CABLE-SUSPENDED  
ROOF VIA NON-LINEAR FINITE ELEMENT ANALYSES**

**Konstantina Koulatsou**

Supervisor: Dr. Charis Gantes, Associate Professor N.T.U.A.

**Abstract**

The diploma thesis deals with the investigation of basic structural elements of a steel roof, covering the archaeological site of the School of Aristotle. The site is located between Rigillis Street and the Byzantine Museum, in Athens.

The steel roof is constituted of six parallel suspended arches. The arches are protected against lateral buckling by transverse beams and bracings. They are suspended by pylons at three points from three prestressed cables. The stability of the pylons, in- and out-of-plane of the arches, is ensured by two prestressed back-stay cables. At the sides of Rigillis Street and Byzantine Museum, the roof is expanded by means of independent grid structures.

The steel roof has a very complex structural system. Because of that, the non-ordinary sections of the structural elements and the importance of the archaeological site, it was decided to carry out a series of advanced analyses and checks. These analyses are presented here for the three most important structural elements of the steel roof.

In the first chapter, the steel structure and the transfer of loads are described comprehensively. Moreover, the contents of this thesis are elaborated referring to each chapter separately.

The second chapter looks into the issue of obtaining the optimum locations where the suspended cables will be connected to the arches. The shape of the steel roof created problems to the behavior of the cables. According to the architectural study, the suspending cables should be five but as a result of the arch shape of the roof, half of the cables were found to relax under normal loads. As soon as the site of the suspended cables was defined, the magnitude of the prestress of the cables was obtained. Both of these approaches were carried out for each arch separately, so that there would not be a problem with the convergence of the non-linear analysis.

The third chapter presents the results of non-linear buckling analysis of the pylon. Because of its unusual shape, it is difficult to define its buckling resistance against compression. Moreover the definition of the resistance is made according to the normative recommendations of Eurocode 3 (EC3). The non-linear analyses are based on an elastic-plastic material and accounting for initial imperfections, which have the shape of the first buckling mode and are obtained with linear buckling analysis. The results are

presented by load-deflection paths, pictures of stress and deformation at characteristic points along the paths and comparative diagrams.

The fourth chapter presents the results of non-linear lateral buckling analysis of the main arches of the cover. The chapter focuses on the behavior of the arches against lateral buckling. As it was done for the pylon, non-linear lateral buckling analyses are based on an elastic-plastic material and accounting for initial imperfections, which have the shape of the first lateral buckling mode and are obtained with linear buckling analysis. The numerical resistance is compared with the resistance which is calculated by Eurocode 3 (EC3) recommendations. Once again, the results are presented by load-deflection paths, pictures of stress and deformation at characteristic points along the paths and comparative diagrams.