

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο  
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών  
Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
Δομοστατικός Σχεδιασμός και Ανάλυση Κατασκευών

**Ανάλυση τοπικού και πλευρικού λυγισμού κυρίων δοκών μεταλλικού  
στεγάστρου νέου γηπέδου Παναθηναϊκού στον Βοτανικό**

Μεταπτυχιακή Εργασία: Σταματόπουλου Ηλία  
Επιβλέπων: Χάρης Γαντές  
Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ  
Αθήνα, Οκτώβριος 2010

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία επικεντρώνεται σε θέματα ανάλυσης τοπικού και πλευρικού λυγισμού των κυρίων δοκών του μεσαίου ζεύγους του μεταλλικού στεγάστρου του νέου γηπέδου του Παναθηναϊκού, που πιθανολογείται να κατασκευαστεί στον Βοτανικό. Οι συγκεκριμένες αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του λογισμικού προσομοίωσης με πεπερασμένα στοιχεία, Adina. Βεβαίως, η στατική ανάλυση του γηπέδου είχε ήδη πραγματοποιηθεί με τη χρήση του λογισμικού ανάλυσης με πεπερασμένα στοιχεία, Sofistik.

Το μεταλλικό στέγαστρο αρχικά προσομοιώθηκε με γραμμικά στοιχεία δοκού και δικτύωματος και ελέγχθηκε με βάση τον προγενέστερο σχεδιασμό του στο Sofistik. Στη συνέχεια προσομοιώθηκαν οι κύριες δοκοί του μεσαίου ζεύγους δοκών με επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία και εισήχθησαν στο γραμμικό μοντέλο στο Adina. Το προσομοίωμα που προέκυψε, συγκρίθηκε εκ νέου με το αρχικό γραμμικό μοντέλο για τους κατάλληλους συνδυασμούς φορτίσεων.

Μετά την ολοκλήρωση του επιθυμητού προσομοιώματος, πραγματοποιήθηκε η ανάλυση γραμμικού λυγισμού των κυρίων δοκών. Κατά τον τρόπο αυτό, υπολογίστηκαν οι ιδιομορφές λυγισμού, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για να παραχθούν τα σχήματα των αρχικών ατελειών των δοκών. Έπειτα, πραγματοποιήθηκε η μη γραμμική ανάλυση των κυρίων δοκών με ταυτόχρονη θεώρηση των μη γραμμικοτήτων υλικού και γεωμετρίας με τη μέθοδο Arc-Length, από όπου προέκυψε και το φορτίο κατάρρευσης του μεσαίου ζεύγους των κυρίων δοκών του μεταλλικού στεγάστρου.

Τελικά, αξιολογήθηκε ο αρχικός σχεδιασμός των κυρίων δοκών βάσει των αναλύσεων. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων υπέδειξαν την ορθότητα του αρχικού σχεδιασμού, καθώς υπό τις συγκεκριμένες παραδοχές, αποδείχτηκε ότι οι κύριες δοκοί έχουν πολλαπλάσια αντοχή σε πλευρικό και τοπικό λυγισμό από την απαιτούμενη.

National Technical University of Athens  
School of Civil Engineer  
Interdisciplinary Graduate Program of Studies  
Structural Design and Analysis of Structures

**Analysis of main beams of the Metal Roof of the New football Stadium of Panathinaikos at Votanikos in Local and Lateral Buckling**

Thesis of: Stamatopoulos Ilias  
Associate Professor NTUA: Ch. Gantes  
Athens, October 2010

The present thesis focuses on issues of local and lateral buckling of the middle pair of main beams of the metal roof of the new football stadium of Panathinaikos, which should be built in Votanikos. The analysis undertaken was realized by implementing Adina finite elements simulation software. The static analysis of the football stadium metal roof was previously realized by implementing Sofistik finite elements software.

The metal roof was originally simulated by using linear beam and truss elements and was checked according to its previous simulation performed by implementing Sofistik software. The main beams were then simulated by using surface finite elements and were imported in the linear Adina model. The results of the simulation were then compared anew to the initial linear model as regards the appropriate load combinations.

Once the desirable simulation was completed, the linear buckling of the middle pair of main beams was analysed. The buckling modeshapes were thus calculated and used to produce the forms of the initial imperfections of the main beams. Then, the Arc-Length method was applied to realize a non-linear analysis taking into account the non-linearities of material and geometry, which resulted in the calculation of the post-collapse response of the middle pair of main beams of the metal roof.

Finally, the results of the Linearized buckling and Collapse analysis were used to evaluate the initial planning of the middle pair of main beams of the metal roof. The results obtained by the analysis indicated the correctness of the original planning, as it

was proven that the resistance of the main beams in terms of local and lateral buckling was manifold than required.