

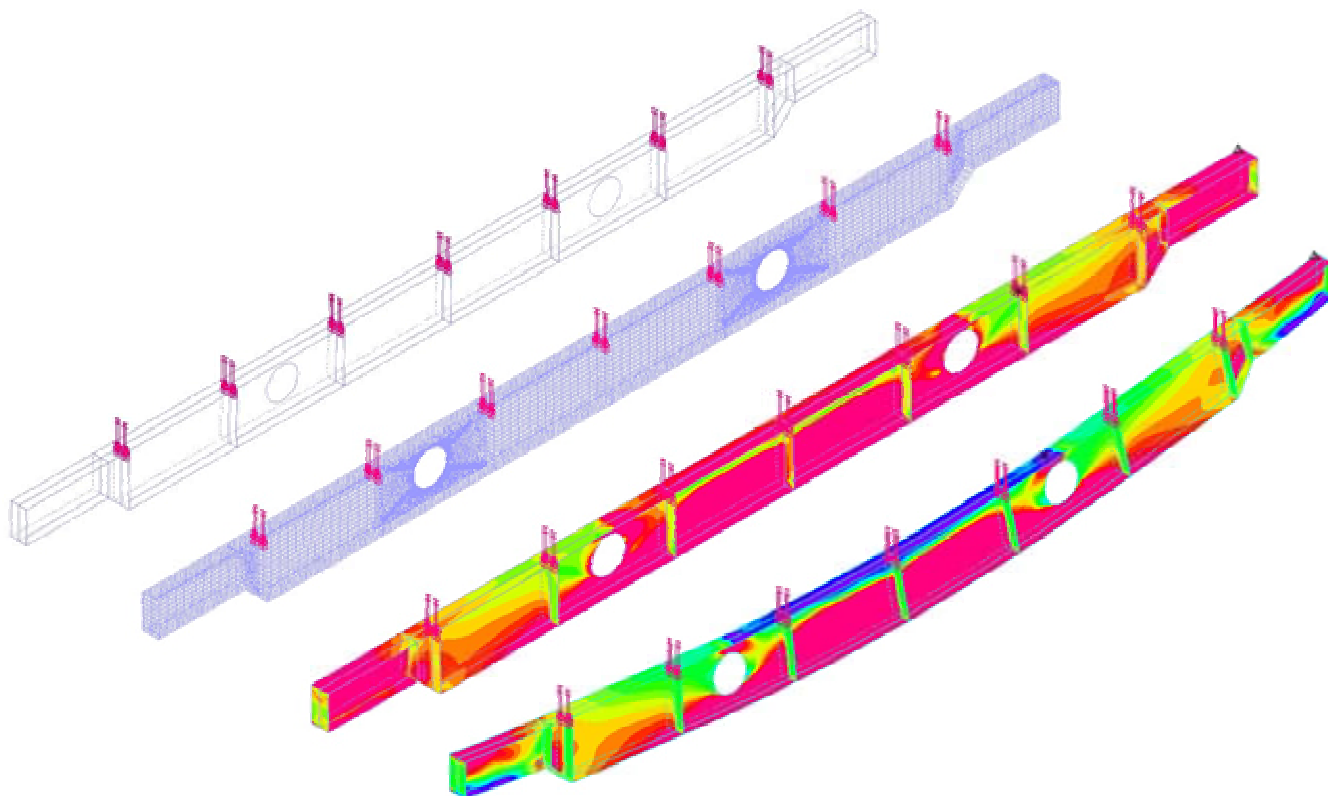


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ»
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

Μεταπτυχιακή εργασία

«ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΛΥΓΙΣΜΟΥ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΔΟΚΩΝ»



Κωνσταντίνος Αθ. Φραγκόπουλος

Επιβλέπων: κ. Χάρης Γαντές, Επίκ. Καθ. Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ 2007



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ «ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ»

Τομέας Δομοστατικής

Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

Μεταπτυχιακή εργασία

«ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΛΥΓΙΣΜΟΥ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΔΟΚΩΝ»

Κωνσταντίνος Αθ. Φραγκόπουλος

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα μεταπτυχιακή εργασία επιχειρήθηκε να διερευνηθεί το φαινόμενο του λυγισμού ενισχυμένων ή μη μεταλλικών δοκών. Η προσέγγιση αυτή βασίστηκε στην θεωρία λεπτών πλακών, λόγω του ότι οι φορείς αυτοί αποτελούνται από επιμέρους πλακοειδή στοιχεία.

Στο πρώτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται βασικά στοιχεία της καμπτικής θεωρίας λυγισμού πλακών και θεωρητική αντιμετώπιση του φαινομένου της κύρτωσης για πλακοειδείς φορείς συγκεκριμένων συνοριακών συνθηκών και συνθηκών φόρτισης. Στη συνέχεια παρουσιάζονται αποτελέσματα μη γραμμικών αναλύσεων ενισχυμένων και μη πλακών υπό καθαρή θλίψη ή διάτμηση. Τέλος, επιλύονται σύμφωνα με τον EC 3 – Part 1.5 δύο τετραγωνικές πλάκες που υφίστανται ομοιόμορφη θλίψη, μία χωρίς και η άλλη με διαμήκεις και εγκάρσιες ενισχύσεις.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, εξετάζονται φαινόμενα τοπικού λυγισμού σε διατομές διπλού-ταυ, όπως αυτές προσεγγίζονται βάσει του EC 3 – Part 1.1. Πέραν της θεωρητικής περιγραφής και των κριτηρίων που ο κανονισμός ορίζει για την κατάταξη των διατομών, παρουσιάζονται γραμμικές αναλύσεις λυγισμού και μη γραμμικές αναλύσεις φορέων υπό θλίψη ή κάμψη, διατομής διπλού-ταυ, χαρακτηριστικών για κάθε κατηγορία, καθώς και

επιμέρους πλακοειδών στοιχείων που προσομοιώνουν τη συμπεριφορά των πελμάτων και του κορμού ανεξάρτητα.

Στο τρίτο κεφάλαιο, διερευνάται το φαινόμενο του διατμητικού λυγισμού σε υψίκορμες δοκούς και η μεταβολή της συμπεριφοράς τους λόγω της παρουσίας διαμήκων ή/και εγκάρσιων ενισχύσεων. Τέλος, επιχειρείται για ένα ενδεικτικό παράδειγμα των παραπάνω φορέων επίλυση βάσει του EC 3 – Part 1.5.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, εξετάζονται δύο συγκεκριμένα παραδείγματα. Αρχικά επιλύεται ένας πρόβλος κιβωτιοειδούς διατομής με εγκάρσιες και διαμήκεις ενισχύσεις σύμφωνα με τον κανονισμό (EC 3 – Part 1.5). Ακολουθεί παραμετρική διερεύνηση των κρίσιμων φορτίων λυγισμού του μεταβάλλοντας το πλήθος και το μέγεθος των ενισχύσεων. Ενώ τέλος, για τέσσερις μόνο περιπτώσεις, γίνονται και μη γραμμικές αναλύσεις. Κατόπιν, ακολουθεί παρόμοια διερεύνηση για αμφιαρθρωτή δοκό διατομής διπλού-ταυ με αποτμήσεις κοντά στις στηρίξεις. Μεταβάλλονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των πελμάτων, του κορμού και των ενισχύσεων, ενώ αποφασίζεται και η διάνοιξη οπών σε συγκεκριμένα φατνώματα της δοκού. Μια σειρά μη γραμμικών αναλύσεων και η σύγκριση των αποτελεσμάτων βοηθούν στην καλύτερη κατανόηση της επίδρασης στη συμπεριφορά τέτοιων δοκών της μεταβολής των γεωμετρικών τους χαρακτηριστικών και του μεγέθους πιθανών οπών.



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS

Inter-Departmental Postgraduate Courses

“Design and Analysis of Structures”

Department of Structural Engineering

Laboratory of Steel Structures

Postgraduate Thesis

“ANALYTICAL AND NUMERICAL STUDY OF BUCKLING PROBLEMS IN STEEL BEAMS”

Konstantinos Fragkopoulos

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

ABSTRACT

The present postgraduate thesis deals with different types of buckling of steel beams with or without stiffeners. This research is based on the thin plate theory, since the beam cross-sections consist of plate elements.

In the first chapter both the theory of elastic stability of plates and a theoretical analysis of the buckling of a plate assembly with different cases of boundary conditions and loading are reviewed. Furthermore, the results of non linear analyses of stiffened and unstiffened plates which are under pure normal or shear stress state are presented. Finally, a comparison between the finite element results and assessments derived from EC 3 – Part 1.5 is included, for an unstiffened, stressed plate as well as a plate with longitudinal and transverse stiffeners.

The second chapter starts with a theoretical analysis of phenomena of local buckling of I sections and continues with pertinent EC 3 – Part 1.1 provisions. Moreover, the results of linearized buckling analyses and non linear analyses of beams under axial or bending stress state are presented. Each one of these beams is characteristic of one of the four

classes defined in EC 3 – Part 1.1. In addition, individual plates with appropriate boundary conditions, to represent either a flange or a web of an I-beam, are analyzed.

The third chapter examines the phenomenon of shear buckling of plate girders and the influence in their behaviour of changes in the position and properties of stiffeners. Furthermore, the dimensioning of one of these examples based on EC 3 – Part 1.5 is presented.

The fourth chapter includes two specific examples of steel beams. Firstly, a cantilever beam with box section with longitudinal and transverse stiffeners is examined according to EC 3 – Part 1.5. Then, linearized buckling analyses are carried out for this beam, with varying number and geometry of the stiffeners. Finally, the results of non linear analyses for four cases of stiffeners are presented. Moreover, an simply-supported I-section beam with transverse stiffeners and varying web height towards its supports is examined, in a similar manner. Parametric analyses include changes in the thickness of flanges, web and stiffeners, as well as opening of holes in the web to accommodate passage of electromechanical ducts. The results help in better understanding the influence of the above factors in the behaviour of the beam before, during and after buckling.