

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

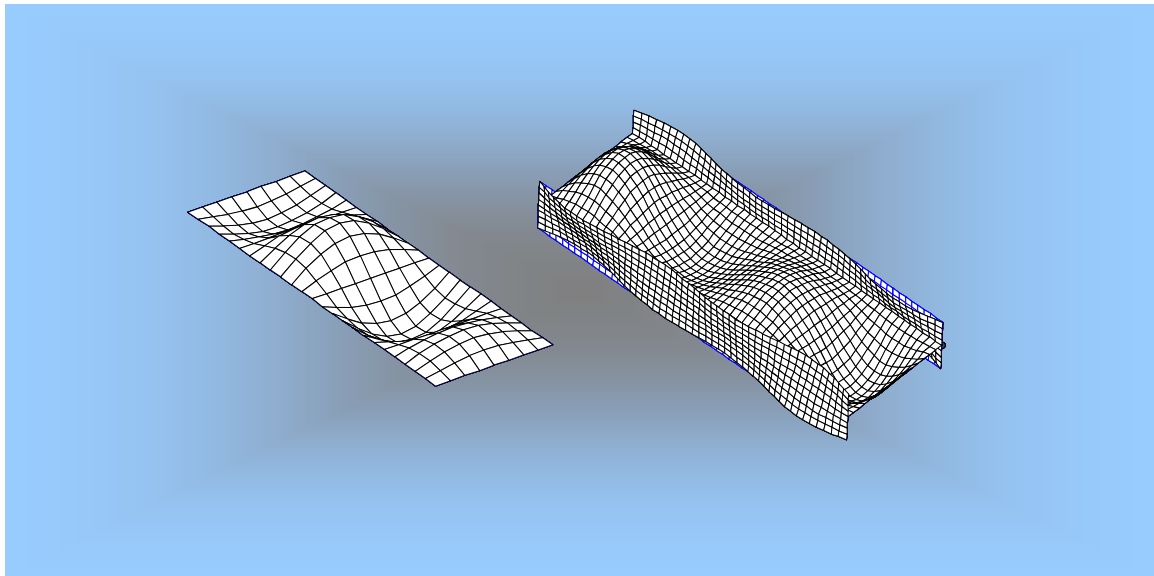
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών



**ΛΥΓΙΣΜΟΣ ΠΛΑΚΩΝ ΚΑΙ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ
ΤΟΥ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΙΑΤΟΜΩΝ**



Διπλωματική Εργασία

Μαρία Μ. Βίλλη Μπίλη

Επιβλέπων

Δρ. Χάρης Γαντές

Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2001

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Τομέας Δομοστατικής

Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών



ΛΥΓΙΣΜΟΣ ΠΛΑΚΩΝ ΚΑΙ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΔΙΑΤΟΜΩΝ

Διπλωματική εργασία

Μαρία Μ. Βίλλη Μπίλη

Επιβλέπων

Δρ. Χάρης Γαντές

Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2001

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με την παρούσα διπλωματική εργασία έγινε προσπάθεια να αναλυθεί το φαινόμενο του τοπικού λυγισμού διατομών από χάλυβα και να συγκριθούν τα αποτελέσματα με τις διατάξεις του EC3, βάσει του οποίου οι διατομές κατατάσσονται σε κατηγορίες με βασικό κριτήριο τον κίνδυνο που διατρέχουν τα επιμέρους πλακοειδή στοιχεία των διατομών να λυγίσουν τοπικά.

Βάση για την προσέγγιση του φαινομένου του τοπικού λυγισμού αποτέλεσε η θεωρία λυγισμού λεπτών πλακών, λόγω του ότι οι κατασκευαστικές διατομές συντίθενται από επιμέρους πλακοειδή στοιχεία.

Στο πρώτο κεφάλαιο αναλύεται η ανάγκη εμβάθυνσης του φαινομένου του τοπικού λυγισμού διατομών από χάλυβα στις σιδηρές κατασκευές.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται στοιχεία από τη θεωρία ελαστικής ευστάθειας πλακών. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζεται η πορεία υπολογισμού φορτίων λυγισμού και ιδιομορφών λυγισμού βάσει της ενεργειακής μεθόδου και της μεθόδου ολοκλήρωσης της διαφορικής εξίσωσης λυγισμού, για διάφορα είδη περιμετρικών στηρίξεων και φόρτισης επίπεδων πλακοειδών στοιχείων.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η χρήση του προγράμματος πεπερασμένων στοιχείων MSC/N4W στην επίλυση προβλημάτων λυγισμού πλακών, καθώς επίσης

ακολουθεί σύγκριση των θεωρητικών αποτελεσμάτων και των αποτελεσμάτων του προγράμματος πεπερασμένων στοιχείων, όσον αφορά τις αριθμητικές τιμές των φορτίων λυγισμού αλλά και τα σχήματα των ιδιομορφών λυγισμού, για δύο περιπτώσεις διαφορετικής φόρτισης και συννοριακών συνθηκών, οι οποίες αναλύονται στο θεωρητικό μέρος της εργασίας. Ακολουθούν μη γραμμικές αναλύσεις γεωμετρικά ατελών πλακών σε συνδυασμό με τη μη γραμμικότητα του υλικού κατασκευής και τη γεωμετρική μη γραμμικότητα.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύεται το θεωρητικό υπόβαθρο της κατάταξης των διατομών σε κατηγορίες βάσει του EC3, καθώς και η διαδικασία εξαγωγής των ορίων πλάτους-πάχους πλακοειδών στοιχείων διατομών για κάθε μία από τις τέσσερις κατηγορίες διατομών.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το φαινόμενο του τοπικού λυγισμού σε διάφορες διατομές θλιβόμενων υποστυλωμάτων I, η επιλογή των οποίων έγινε με κριτήριο την κάλυψη όλων των δυνατών περιπτώσεων διατομών. Οι αναλύσεις έγιναν με χρήση του προγράμματος πεπερασμένων στοιχείων MSC/N4W. Σε πρώτο στάδιο γίνεται μία σύγκριση των φορτίων τοπικού λυγισμού βάσει γραμμικών αναλύσεων, με τις θεωρητικές τιμές των φορτίων διαρροής για διάφορες διατομές, με σκοπό την αξιολόγηση των ορίων, τα οποία θέτει ο EC3 στην αντοχή των διατομών έναντι του φαινομένου τοπικού λυγισμού, ανά κατηγορία. Οι αναλύσεις έγιναν για δύο διαφορετικούς τρόπους προσομοίωσης του θλιπτικού φορτίου του υποστυλώματος, προκειμένου να προσεγγισθεί όσο το δυνατόν καλύτερα η πραγματική συμπεριφορά των διατομών κατά τον τοπικό λυγισμό. Ακολουθούν μη γραμμικές αναλύσεις γεωμετρικά ατελών υποστυλωμάτων λαμβάνοντας υπόψη τη γεωμετρική μη γραμμικότητα σε συνδυασμό με τη μη γραμμικότητα του υλικού κατασκευής και συγκρίνεται και σε αυτήν την περίπτωση το κρίσιμο φορτίο τοπικού λυγισμού με το φορτίο διαρροής.

Τέλος, αξιολογούνται τα αποτελέσματα των παραπάνω αναλύσεων και εξάγονται συμπεράσματα.

NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Division of Structural Engineering

Laboratory of Steel Structures



**BUCKLING OF PLATES AND ITS APPLICATION TO
THE CLASSIFICATION OF CROSS-SECTIONS**

Diploma Thesis

Maria Villi Bili

Supervisor

Dr. Charis Gantes

Associate Professor N.T.U.A.

Athens, March 2001

ABSTRACT

The present diploma thesis concerns an attempt to analyze the phenomenon of local buckling of steel sections and to compare the results with EC3 classification. EC3 defines four classes of cross sections considering the possibility of local buckling in one or more of the plate elements that make up the section.

The essential preliminary step towards the understanding of local buckling behavior of plate assemblies is the examination of the buckling behavior of a single plate supported along its edges.

The first chapter presents the need of delving into the local buckling phenomenon of steel sections on the design of steel structures.

The second chapter presents the theory of elastic stability of plates. More specifically, it presents the steps that are used in the calculation of the critical load that leads to buckling, based on the two theoretical methods, the method of energy and the method of integration of the differential equation for the deflected plate. The plates that are presented have various boundary conditions and different kinds of loading.

The third chapter consists of a detailed presentation of the finite element software MSC/N4W used to analyze the phenomenon of buckling in plates. Moreover, it

includes a comparison between the results based on the finite element theory with the assessments derived from the theory of elastic stability of plates, as long as critical values and shapes of buckling in plates are concerned. These comparisons are focused on two different cases of boundary conditions and loading in plates, which have been analyzed in the theoretical part of plate buckling. The chapter also deals with non-linear analyses of plates, which have initial out-of-plane imperfections accounting both for non-linear material and geometric nonlinearities.

The fourth chapter presents the theoretical background of sections classification according to EC3, and the calculation of width-to-thickness limit ratios of the compressed plates which constitute the section, for each class of structural sections.

The fifth chapter presents the phenomenon of local buckling appearing in I sections of compressed columns, using the finite element software MSC/N4W. The choice of the sections was based on the need to cover every possible kind of steel-I sections within the range of four classes, defined by EC3. The first part presents a comparison between critical loads of local buckling derived from linear analyses with the theoretical values of loads, which lead to yielding of the section. The point of this comparison is to evaluate the width-to-thickness limit ratios, which have been proposed by EC3 with regard to the strength of sections against local buckling. All the analyses are performed for two different cases of applying the compressive load, in order to simulate the actual behavior of local buckling of compressed columns. The second part consists of non-linear analyses of compressed columns, which include initial out-of-plane imperfections, as well as non-linear material and geometric nonlinearities.

The sixth chapter summarizes the conclusions derived from the comparison of the results.