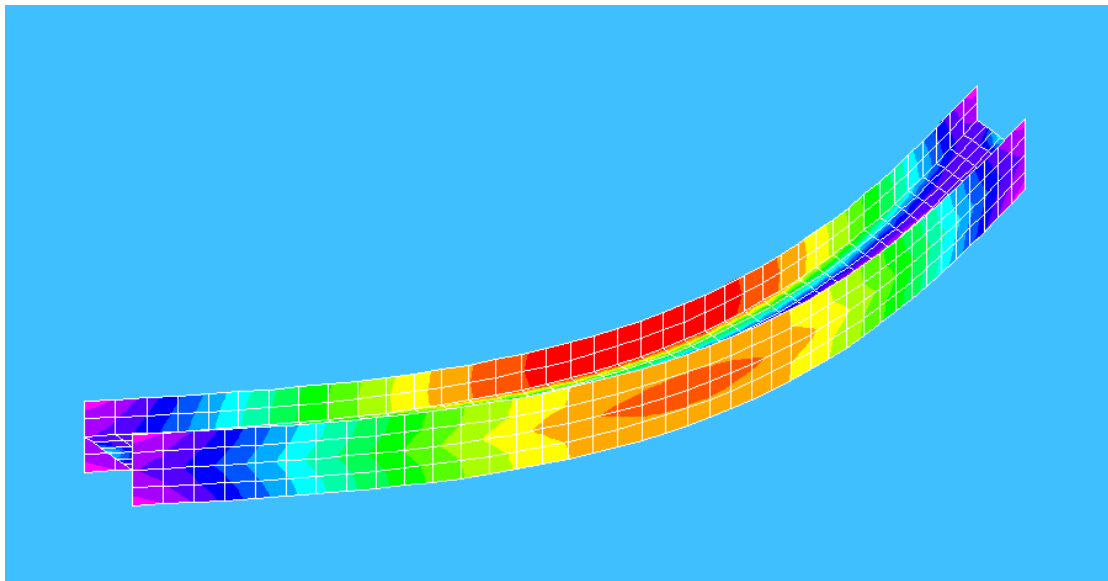




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

# ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ ΥΠΟ ΘΛΙΨΗ ΚΑΙ ΚΑΜΨΗ

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΝΑΛΥΤΙΚΩΝ ΛΥΣΕΩΝ  
ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ  
ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ



Διπλωματική εργασία

**Μακρυγιάννη Μιχαήλ**

Επιβλέπων

**Δρ. Χάρης Γαντές**

**Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.**

Αθήνα

Ιούλιος 2001



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

**ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ**  
**ΥΠΟ ΘΛΙΨΗ ΚΑΙ ΚΑΜΨΗ**  
**ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΝΑΛΥΤΙΚΩΝ ΛΥΣΕΩΝ**  
**ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ**  
**ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ**

Διπλωματική εργασία

Μακρυγιάννη Μιχαήλ

Επιβλέπων

Δρ. Γαντές Χάρης

Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα

Ιούλιος 2001

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η διερεύνηση της αλληλεπίδρασης θλίψης και κάμψης και οι επιπτώσεις της στην αντοχή των μελών που υπόκεινται στον παραπάνω συνδυασμό.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι λόγοι ενασχόλησης με την αλληλεπίδραση θλίψης και κάμψης για την περίπτωση κατασκευών από χάλυβα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο τρόπος υπολογισμού των φορτίων λυγισμού με τη μέθοδο ολοκλήρωσης της διαφορικής εξίσωσης λυγισμού. Επίσης παρουσιάζονται η θεωρία του εφαπτομενικού μέτρου, η θεωρία του διπλού μέτρου και η θεωρία του Shanley. Τέλος γίνεται αναφορά και στις καμπύλες λυγισμού του Ευρωκώδικα 3.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μη γραμμικών αναλύσεων για την περίπτωση ενός γεωμετρικά ατελούς θλιβόμενου υποστυλώματος. Οι επιλύσεις έγιναν με τη χρήση του προγράμματος πεπερασμένων στοιχείων MSC NASTRAN for windows V4.0. Το υποστύλωμα προσομοιώνεται με πεπερασμένα

στοιχεία δοκού και με πεπερασμένα στοιχεία πλάκας. Στις επιλύσεις λαμβάνεται υπόψη η επιρροή των γεωμετρικών μη γραμμικοτήτων και της μη γραμμικότητας του υλικού και γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων με τις σχέσεις που προβλέπει ο Ευρωκώδικας 3.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο τρόπος υπολογισμού της μέγιστης ροπής και του μέγιστου βέλους για την περίπτωση φορέων που υπόκεινται σε συνδυασμό θλίψης και κάμψης με τη μέθοδο ολοκλήρωσης της διαφορικής εξίσωσης. Επίσης παρουσιάζονται οι σχέσεις ελέγχου που ο Ευρωκώδικας 3 ορίζει και ο ρόλος του συντελεστή  $k_y$ .

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μη γραμμικών αναλύσεων για την περίπτωση ενός υποστυλώματος υπό θλίψη και κάμψη. Οι επιλύσεις έγιναν με τη χρήση του προγράμματος πεπερασμένων στοιχείων MSC NASTRAN for windows V4.0. Το υποστύλωμα προσομοιώνεται με πεπερασμένα στοιχεία δοκού και με πεπερασμένα στοιχεία πλάκας, ενώ οι επιλύσεις περιλαμβάνουν συνδυασμό γεωμετρικών μη γραμμικοτήτων και μη γραμμικότητας υλικού.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι διαφορές μεταξύ των τιμών του συντελεστή  $k_y$  και των τιμών των συντελεστών επαύξησης της στατικής ροπής, για διάφορους τύπους φορέων και φορτίσεων.

Τέλος στο παράρτημα παρουσιάζεται ο τρόπος εισαγωγής του φορέα στο πρόγραμμα MSC NASTRAN καθώς επίσης και ο τρόπος εισαγωγής των γεωμετρικών ατελειών.



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

**METALLIC COLUMNS  
UNDER COMPRESSION AND BENDING  
COMPARISON OF THE ANALYTICAL SOLUTIONS  
REGULATIVE ARRANGEMENTS  
AND THE RESULTS OF THE FINITE ELEMENTS METHOD**

Diploma Thesis

Michael Makrigiannis

Supervisor

Dr. Charis Gantes

Associate Professor N.T.U.A.

Athens

July 2001

**ABSTRACT**

The purpose of this diploma thesis is to research the effects of the interaction between compression and bending onto the members strength.

The first chapter presents the reasons of the occupation with the interaction between compression and bending for the case of steel structures.

The second chapter presents the calculation of the buckling load based on the method of integration of the differential equation. It also presents the tangent modulus theory, the double modulus theory and Shanley's inelastic column theory. Finally it presents the buckling curves according to EC3.

The third chapter presents the results of nonlinear analyses for the case of a geometrical imperfect column under compression. All the analyses have been made with the use of the finite elements software MSC NASTRAN for windows V4.0. The column is assimilated by two different types of elements, beam and plate elements.

All the analyses take into account the influence of both nonlinear material and geometric nonlinearities and the results are compared with the equations of EC3.

The fourth chapter presents the calculation of the maximum bending moment and the maximum displacement for members under compression and bending based on the method of integration of the differential equation. It also presents the control equations according to EC3 and the role of the factor  $k_y$ .

The fifth chapter presents the results of nonlinear analyses for the case of a column under compression and bending. All the analyses have been made with the use of the finite elements software MSC NASTRAN for windows V4.0. The column is assimilated by two different types of elements, beam and plate elements. All the analyses take into account the influence of both nonlinear material and geometric nonlinearities.

The sixth chapter presents the difference between the factor  $k_y$  and the moment amplification factor for various types of members and different kinds of loading.

Finally the appendix includes a detailed presentation of the finite elements software MSC NASTRAN for windows V4.0 as well as the insertion procedure of geometrical imperfections.