



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ:
ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ & ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

**ΑΝΑΛΥΣΗ & ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ
ΜΕ ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΟΤΗΤΑ ΥΛΙΚΟΥ**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ : ΑΘΑΝΑΣΙΑ Κ. ΜΕΜΤΣΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΧΑΡΗΣ ΓΑΝΤΕΣ,

Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π

**ΑΘΗΝΑ
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2006**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο στόχος της μεταπτυχιακής αυτής εργασίας, είναι η περιγραφή της μη γραμμικής συμπεριφοράς του χάλυβα, η μελέτη των διαφόρων μεθόδων για την εκτέλεση πλαστικών αναλύσεων ενός φορέα, αλλά και η εφαρμογή πλαστικών αναλύσεων σε διάφορα χαρακτηριστικά παραδείγματα.

Η μελέτη της μη γραμμικότητας, ξεκινά από τα ίδια τα υλικά και τα διάφορα μη γραμμικά μοντέλα προσομοίωσής τους. Σε ότι αφορά την εργασία αυτή γίνεται εκτενέστατη αναφορά στο χάλυβα. Έτσι περιγράφονται μαθηματικά προσομοιώματα του χάλυβα, καθώς και νόμοι, όπως είναι τα διάφορα κριτήρια αστοχίας, που διέπουν τη συμπεριφορά του. Στο σημείο αυτό, γίνεται μια μικρή επέκταση, η οποία αφορά νόμους συμπεριφοράς και άλλων υλικών, σε μία προσπάθεια να δούμε το φαινόμενο επιγραμματικά και στα υπόλοιπα υλικά.

Στη συνέχεια βλέπουμε, πως η μη γραμμική αυτή συμπεριφορά περιγράφεται από διαγράμματα - καμπύλες, όπως είναι η καμπύλη ροπών – καμπυλοτήτων και η καμπύλη αλληλεπίδρασης ροπών – αξονικών δυνάμεων. Επιπλέον στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται τα επίπεδα επιτελεστικότητας, όπως αυτά αναφέρονται στον αμερικάνικο κανονισμό ATC-40.

Καθώς προχωράμε στην περιγραφή της πλαστικής συμπεριφοράς, θα δούμε πως πλαστικοποιούνται διάφορες μορφές διατομών, υπό ποια φορτία καθώς και ποιες σχέσεις διέπουν την επιρροή αυτή. Το ίδιο ακριβώς θα παρατηρήσουμε και ορισμένα προσομοιώματα μελών.

Προχωρώντας τη μελέτη της μη γραμμικότητας υλικού και αναφορικά με το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για τις αναλύσεις, το πρόγραμμα Adina, εμβαθύνουμε στις μεθόδους και τους αλγορίθμους, που αυτό χρησιμοποιεί για την προσέγγιση μιας μη γραμμικής λύσεως. Επιπλέον περιγράφονται διάφορες επαναληπτικές μέθοδοι επίλυσης εξισώσεων, που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα, όπως είναι η μέθοδος Newton – Raphson, καθώς και τα διάφορα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την επίτευξη σύγκλισης.

Συνεχίζοντας, περιγράφουμε τους διάφορους μηχανισμούς που μπορούν να οδηγήσουν μια κατασκευή ή ένα μέλος σε κατάρρευση και τις μεθόδους προσδιορισμού τους, όπως είναι η ελαστοπλαστική μέθοδος «βήμα προς βήμα» και η μέθοδος επαλληλίας των ανεξάρτητων μηχανισμών κατάρρευσης.

Τέλος, παρουσιάζονται παραδείγματα εφαρμογής πλαστικών αναλύσεων σε μέλη και πλαίσια, για δύο διαφορετικά προσομοιώματα υλικού. Η επιλογή των παραδειγμάτων αυτών έγινε, με βάση το πόσο συχνά συναντούνται στην καθημερινότητα ενός μηχανικού, έτσι επιλέχθηκαν τα παραδείγματα της αμφίπακτης δοκού, του κοντού προβόλου, καθώς και ενός πλαισίου.

ABSTRACT

The purpose of this thesis, is the description of the nonlinear behavior of steel, the study of various plastic analysis methods and of course the implementation of such methods in some characteristic examples.

The study of nonlinearity begins from the actual materials and the various models, used for simulating their behavior. In this thesis, we have emphasized in steel. We then describe the mathematical models of steel, but also the laws that govern this material, such as failure criteria. At this point, we have made a small reference on other materials, in an attempt to see the phenomenon in a more general manner.

Continuing, we are able to see how this nonlinear behavior is being described by charts, such as the moment – curvature chart and the moment – axial force chart. In addition in this chapter, the performance levels are being outlined, exactly as they are mentioned in the U.S. regulation ATC-40.

As we proceed in the description of the plastic behavior, we will see how sections with various forms are being plasticized, under various load types and also what mathematical relationships govern their effect. We will also be able to observe this plastic behavior in several member models.

Advancing in our study of material nonlinearity and referring to the finite element program that we used (Adina), we deepen in the methods and the algorithms, which the program uses, in an effort to reach the nonlinear solution. Also, there are some iterative methods that are being described, such as Newton – Raphson and some convergence criteria, which are also being used by Adina.

As we continue, we are referring the various collapse mechanisms of a structure or a member of a structure and the methods, which define them. These methods are the “step by step” method and the method of superpositioning the independent collapse mechanisms.

Concluding this thesis, some examples of plastic analysis are presented. This examples concern members and frames for two different material models. The choice of these examples has been made considering the appearance frequency of such problems in an engineers’ prosaism.