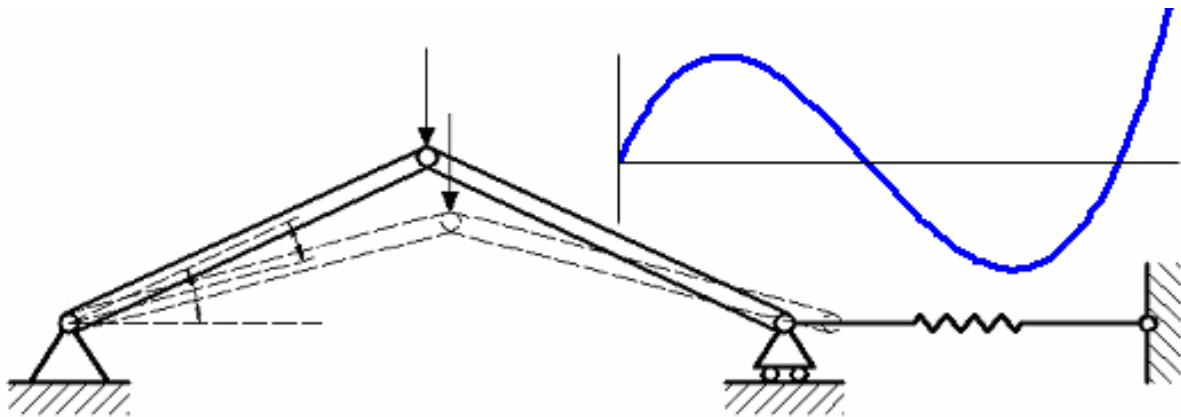




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



Μεταπτυχιακή Εργασία

Μεταπτυχιακός Φοιτητής

Γιώργος Χρυσοβιτσιώτης

Επιβλέπων

Δρ. Χάρης Γαντές

Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα

Σεπτέμβριος 2005



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

Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας είναι η συστηματική αντιμετώπιση της μη γραμμικής συμπεριφοράς μεταλλικών κατασκευών και η εξασφάλιση της ευστάθειάς τους. Λαμβάνονται υπόψη όλα τα είδη μη γραμμικοτήτων, καθώς και συνδυασμοί αυτών.

Αρχικά, αναφέρονται συνοπτικά τα είδη μη γραμμικότητας που μπορούν να παρουσιαστούν σε μια κατασκευή, καθώς και οι διάφοροι τρόποι μελέτης που μπορούν να εφαρμοστούν. Εξηγείται η σημασία των αρχικών ατελειών, και τέλος παρουσιάζονται γενικά παραδείγματα.

Στη συνέχεια, αναλύεται η μη γραμμικότητα του υλικού. Παρουσιάζονται οι ιδιότητες του δομικού χάλυβα, καθώς και διάφορες θεωρίες αστοχίας των υλικών. Ακόμη, αναφέρονται κάποια παραδείγματα επίδρασης της μη γραμμικότητας του υλικού σε απλούς φορείς (πλαστική ανάλυση).

Έπειτα, γίνεται εκτενής αναφορά στη μη γραμμικότητα της γεωμετρίας. Εξηγούνται αναλυτικά η μέθοδος ισορροπίας (ή Euler) και η ενεργειακή μέθοδος. Αναλύονται πολλά παραδείγματα απλών μονοβάθμιων συστημάτων, στα οποία περιγράφονται και οι τέσσερις πιθανοί τρόποι λυγισμού, καθώς και όλοι οι τρόποι ανάλυσης. Ακόμα, γίνεται αναφορά και σε κάποια παραδείγματα συστημάτων με δύο βαθμούς ελευθερίας, για τη μελέτη των οποίων χρησιμοποιούνται και πάλι οι γνωστές μέθοδοι ανάλυσης.

Ακολουθούν πιο ειδικά θέματα μη γραμμικής συμπεριφοράς μεταλλικών κατασκευών. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται τα θέματα του τοπικού και διατμητικού λυγισμού. Έχουν γίνει κυρίως παραμετρικές αναλύσεις σε προγράμματα πεπερασμένων στοιχείων, όπου μεταβάλλονταν διάφορες παράμετροι, όπως για παράδειγμα τα πάχη των στοιχείων των διατομών ή η θέση και οι διαστάσεις των ενισχύσεων. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν είναι χρήσιμα για τον σχεδιασμό ενός μεταλλικού μέλους.

Τέλος, μελετήθηκαν δύο χαρακτηριστικά είδη φορέων που παρουσιάζουν προβλήματα αστάθειας. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται ο λυγισμός τόξων και κελυφών. Ύστερα από σύντομα θεωρητικά υπόβαθρα, γίνεται κυρίως αριθμητική αντιμετώπιση των θεμάτων, μέσω προγράμματος πεπερασμένων στοιχείων.



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

THE IMPORTANCE OF NONLINEAR BEHAVIOUR FOR THE DESIGN OF STEEL STRUCTURES

ABSTRACT

The purpose of this MSc thesis is the methodical treatment of the nonlinear behaviour of steel structures and the reassurance of their stability. All types of nonlinearities, as well as their combinations, are taken into consideration.

First of all, the possible types of nonlinearities are briefly discussed, together with the various analysis methods that can be implemented. The importance of initial imperfections is explained, and finally general examples are presented.

Then, the material nonlinearity is addressed. The properties of structural steel are presented, as well as various theories of materials' yield criteria. Furthermore, some examples regarding the effect of the material nonlinearity on simple structures are mentioned (plastic analysis).

A thorough discussion on the geometric nonlinearity follows. The method of equilibrium (Euler's method) and the energy method are explained. Many examples of simple structural models with one degree of freedom are presented, which describe all four possible types of instability, as well as all methods of analysis. Moreover, some examples concerning structural models with two degrees of freedom are mentioned. For their study, the known methods of analysis are again implemented.

Special topics of the nonlinear behaviour of steel structures are discussed next. Specifically, the subjects of local and shear buckling are presented. Mostly, parametric analyses with finite element software have been done, varying different parameters, like for example the thickness of the cross-section elements or the position and the dimensions of the reinforcements. The conclusions are useful for the design of a steel member.

Finally, the thesis presents two characteristic types of structures, which exhibit instability problems. In particular, the buckling of arches and shells is presented. After a short theoretical background, these subjects are discussed mostly arithmetically, with finite element software.