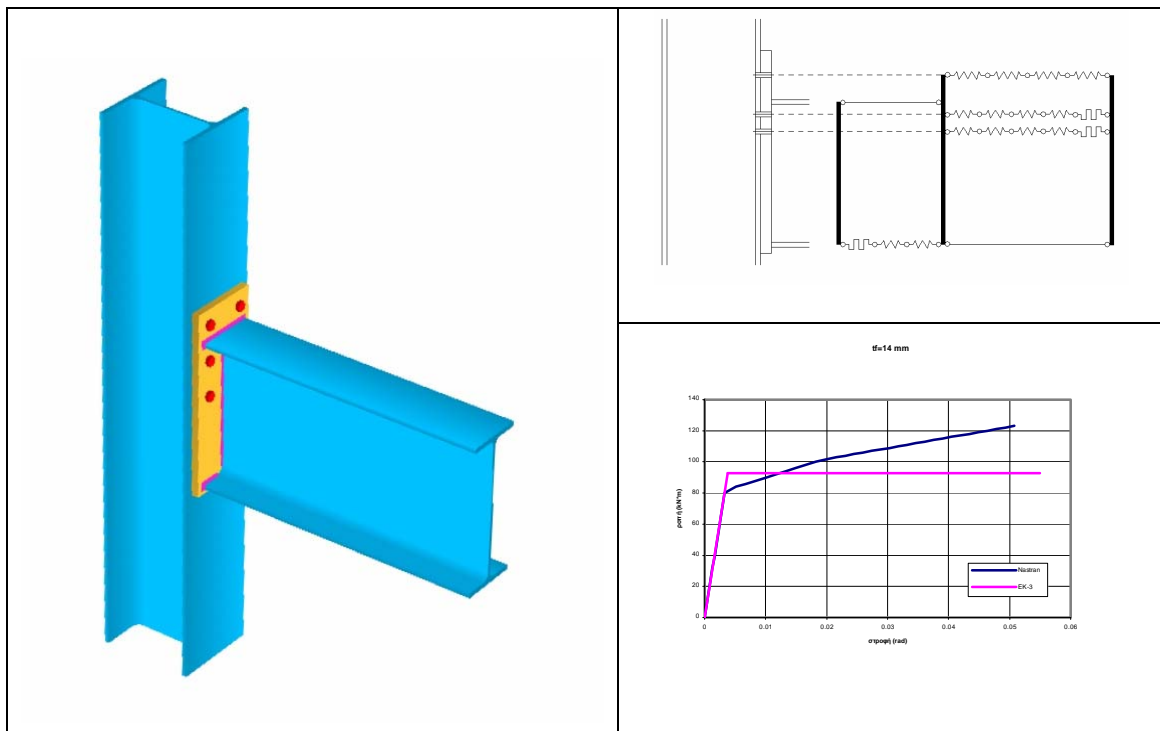




# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

## ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



***Αριθμητική προσομοίωση και  
παραμετρική διερεύνηση ημιάκαμπτων  
κόμβων δοκού-υποστυλώματος***

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΥ ΜΠΟΥΡΑ  
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Χ. ΓΑΝΤΕΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΑΘΗΝΑ, 2003

# Εισαγωγή

Με την θεώρηση των ημιάκαμπτων κόμβων, ο ΕυρωΚώδικας 3 έδωσε νέα διάσταση στη μελέτη και ανάλυση των κατασκευών, αφού η προσέγγιση της πραγματικής συμπεριφοράς των κόμβων σε μεταλλικά πλαίσια μπορεί να προσφέρει αφ' ενός έναν ορθότερο σχεδιασμό της κατασκευής και αφ' ετέρου οικονομία υλικού.

Η μέθοδος που προτείνει ο ΕΚ-3 στο Παράρτημα J για την μελέτη της συμπεριφοράς των ημιάκαμπτων κόμβων είναι η μέθοδος των Συστατικών Μερών η οποία συνίσταται στον υπολογισμό της ροπής αντοχής και της αρχικής στροφικής δυσκαμψίας ενός κόμβου με την χρησιμοποίηση αναλυτικών σχέσεων.

Το παρόν πόνημα ασχολείται τόσο με την προσομοίωση σε πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων του μηχανικού αναλόγου του κόμβου που προτείνει η μέθοδος των Συστατικών Μερών, όσο και με την παραμετρική διερεύνηση της συμπεριφοράς του κόμβου. Πιο συγκεκριμένα, διενεργούνται 9 παραμετρικές αναλύσεις με 45 συνολικά προσομοιώματα. Για κάθε ένα από αυτά εξάγεται η καμπύλη ροπής-στροφής η οποία ορίζει την ροπή αντοχής, την αρχική στροφική δυσκαμψία αλλά και την στροφική ικανότητα (πλαστιμότητα) για την οποία ο ΕυρωΚώδικας 3 δεν δίνει καμία πληροφορία. Για τη δημιουργία και την ανάλυση των προσομοιωμάτων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων "MSC Nastran for Windows, v4.5".

Η ύλη της παρούσης εργασίας διαρθρώνεται σε 6 Κεφάλαια συνοδευόμενα από ένα Παράρτημα. Στο Κεφάλαιο 1 παρουσιάζονται συνοπτικά το αντικείμενο των ημιάκαμπτων κόμβων και οι σχετικές διατάξεις του ΕΚ-3. Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται η μέθοδος των Συστατικών Μερών και πιο συγκεκριμένα τα 2 προτεινόμενα από τον ΕΚ-3 προσομοιώματα για τον υπολογισμό της ροπής αντοχής και της αρχικής στροφικής δυσκαμψίας αντιστοίχως. Το Κεφάλαιο 3 ασχολείται με την προσομοίωση των ημιάκαμπτων κόμβων στο πρόγραμμα Nastran μέσω του συνδυασμού των

2 προσομοιωμάτων που προτείνει η μέθοδος των Συστατικών Μερών. Το σημαντικό μέρος της αξιολόγησης της προσομοίωσης με βάση διαθέσιμα πειραματικά δεδομένα γίνεται στο Κεφάλαιο 4. Το Κεφάλαιο 5 περιλαμβάνει τις παραμετρικές αναλύσεις με την παρουσίαση των προσομοιωμάτων και των αποτελεσμάτων της ανάλυσής τους. Στο Κεφάλαιο 6 λαμβάνει χώρα η σύγκριση και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των παραμετρικών αναλύσεων. Τέλος, στο Παράρτημα Α επιλύεται με τις αναλυτικές σχέσεις του Παραρτήματος J του ΕυρωΚώδικα 3 ένας από τους κόμβους που αξιολογήθηκαν στο Κεφάλαιο 4 και αποτέλεσε τον πρότυπο κόμβο των παραμετρικών αναλύσεων.

Στο σημείο αυτό οφείλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Επίκουρο Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π. κ. Χαράλαμπο Γαντέ για την υποδειγματική συνεργασία και την επιστημονική καθοδήγηση, στον υποψήφιο Διδάκτορα του Ε.Μ.Π. κ. Μηνά Λεμονή για την πολύτιμη βοήθεια που προσέφερε για την υλοποίηση της εργασίας και τέλος στην οικογένεια και τους φίλους μου για την αμέριστη συμπαράσταση και εμπιστοσύνη που μου επέδειξαν σε αυτά τα 5 χρόνια σπουδών μου στο Ε.Μ.Π..

Χαράλαμπος Μπούρας

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2003

# Introduction

By adopting the consideration of semi-rigid joints, EuroCode 3 set a new dimension to the design and analysis of structures, since the modeling of the actual behavior of the joints in steel frames can offer both a more realistic structural design and material savings.

The method that EC-3 suggests in Annex J for the design of structural joints, is the Basic Component method which considers any joint as a set of individual basic components and calculates the flexural resistance and the initial rotation stiffness by using analytical formulas.

The present thesis, on the one hand studies the modeling, in a Finite Element Method program, of the spring model of a joint that is suggested by the Basic Component method and, on the other hand, examines parametrically the joint behavior subject to bending. In particular, 9 parametric analyses including 45 models are carried out. For each model, the moment-rotation curve is extracted, curve which defines the flexural resistance, the initial rotation stiffness and also the rotation capacity (ductility) for which EC-3 gives no information. All models were created and analyzed by using the F.E.M. program "MSC Nastran for Windows, v4.5".

The Thesis is divided into 6 Chapters accompanied by an Annex. In Chapter 1, the semi-rigid joint subject and EC-3 requirements are presented compendiously. Chapter 2 presents the Basic Component method and, more specifically, the 2 spring models suggested for the calculation of the flexural resistance and the initial rotation stiffness of a joint. Chapter 3 is dedicated to the modeling in the program Nastran of a semi-rigid structural joint by combining the 2 models suggested by the Basic Component method. The very important part of validating the modelling by comparing the analysis results with available experimental results, is presented in Chapter 4. Chapter 5 includes all the parametric analyses, presenting the models and the analysis results. In Chapter 6 the

comparison takes place and the parametric analyses results are presented. Finally, in Annex A, a semi-rigid joint that is validated in Chapter 4 and became the basic joint for the parametric analyses, is computed by using the analytical formulas of Annex J of EuroCode 3.

At this point, I would like to express my deepest acknowledgements to Dr. Ch.Gantes, Assistant Professor at the Faculty of Civil Engineering of N.T.U.A. for the exemplary cooperation we had and the scientific guidance he provided, to Mr. M. Lemonis for the precious help he offered throughout the implementation of the Thesis, and finally to my family and my friends for the unreserved encouragement and trust they offered me during my 5 years of studies at N.T.U.A..

Charalampos Bouras

Athens, September 2003