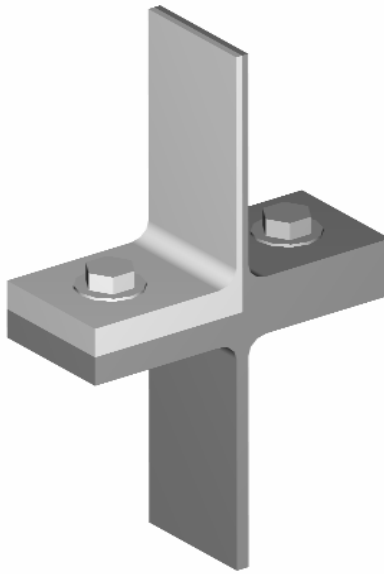


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ



ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ  
*Δομοστατικός Σχεδιασμός και Ανάλυση Κατασκευών*



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΤΟΥ ΚΩΝ/ΝΟΥ ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΜΕ ΘΕΜΑ  
*Παραμετρικές Αναλύσεις Μεταλλικών Κόμβων  
με Δισδιάστατα και Τρισδιάστατα Προσομοιώματα  
Πεπερασμένων Στοιχείων*

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ  
*Χ. Γαντές*  
*Επίκουρος Καθηγητής*

ΑΘΗΝΑ 2004



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**



**ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
*Δομοστατικός Σχεδιασμός και Ανάλυση Κατασκευών*

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**  
**ΤΟΥ ΚΩΝ/ΝΟΥ ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΜΕ ΘΕΜΑ**  
*Παραμετρικές Αναλύσεις Μεταλλικών Κόμβων*  
*με Δισδιάστατα και Τρισδιάστατα Προσομοιώματα*  
*Πεπερασμένων Στοιχείων*

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ**  
**Χ. Γαντές**  
*Επίκουρος Καθηγητής*

**ΑΘΗΝΑ 2004**

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
*«Δομοστατικός Σχεδιασμός και Ανάλυση Κατασκευών»*

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΚΩΝ/ΝΟΥ ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ**  
*«Παραμετρικές Αναλύσεις Μεταλλικών Κόμβων με Δισδιάστατα και Τρισδιάστατα Προσομοιώματα Πεπερασμένων Στοιχείων»*

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ**  
*Χ. Γαντές Επίκουρος Καθηγητής*

## *Εισαγωγή*

Η ευρεία ανάπτυξη λογισμικού πεπερασμένων στοιχείων σε συνδυασμό με την αύξηση των δυνατοτήτων των ηλεκτρονικών υπολογιστών μας δίνει σήμερα τη δυνατότητα για αρκετά ακριβή πρόβλεψη της συμπεριφοράς φορέων, που λόγω των προσεγγίσεων και παραδοχών των μέχρι σήμερα χρησιμοποιούμενων μεθόδων ήταν παλαιότερα αδύνατη.

Ένας τέτοιος τομέας στο αντικείμενο του σχεδιασμού μεταλλικών κατασκευών είναι και ο σχεδιασμός των συνδέσεων, για τις οποίες οι μέχρι σήμερα μέθοδοι αρκούσαν στην απλουστευτική θεώρησή τους είτε ως πακτώσεων (άκαμπτοι κόμβοι) είτε ως αρθρώσεων (εύκαμπτοι κόμβοι). Η πραγματική όμως συμπεριφορά των συνδέσεων βρίσκεται μεταξύ των δύο αυτών θεωρήσεων, καθόσον σε κάθε σύνδεση έχουμε τόσο στροφή όσο και μεταβίβαση ροπής (ημιάκαμπτοι κόμβοι), γεγονός που υπαγορεύει την ακριβή γνώση αυτής της σχέσης ροπής – στροφής. Η σχέση αυτή σήμερα μπορεί να αποτυπωθεί μέσα από προσομοιώματα πεπερασμένων στοιχείων για κάθε μορφή σύνδεσης και να χρησιμοποιείται, έτοιμη πλέον, από το μελετητή της κατασκευής. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι ο ΕΚ-3 επιχειρεί την εισαγωγή των ημιάκαμπτων κόβων στο σχεδιασμό μεταλλικών κατασκευών, αλλά πάλι μέσα από προσεγγιστικές μεθόδους και παραδοχές.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εκμετάλλευση λογισμικών πεπερασμένων στοιχείων για τη διερεύνηση της

αποτελεσματικότητάς τους και της εφαρμογής τους στην εύρεση της πραγματικής συμπεριφοράς μεταλλικών κόμβων. Η προσπάθεια αυτή γίνεται μέσω της μελέτης της σχέσης δύναμης – παραμόρφωσης βραχέων ταυ, τα οποία αποτελούν το βασικό συστατικό στοιχείο όλων των μεταλλικών κόμβων.

Συγκεκριμένα δοκιμάζονται δισδιάστατα προσομοιώματα πεπερασμένων στοιχείων με το πρόγραμμα “Msc Nastran for Windows” και “ADINA”, συγκρίνονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων με αντίστοιχα πειραματικά και επιλέγεται εκείνο το προσομοίωμα που προσεγγίζει καλύτερα τα πειραματικά αποτελέσματα. Το προσομοίωμα αυτό χρησιμοποιείται σε παραμετρικές αναλύσεις βραχέων ταυ και την αποτύπωση των σχέσεων δύναμης – μετατόπισης σε διαγραμματική απεικόνιση.

Η συγκεκριμένη εργασία αποτελεί συνέχεια της Διπλωματικής και της Μεταπτυχιακής Εργασίας του υποψήφιου Διδάκτορα του ΕΜΠ κ. Μηνά Λεμονή “Προσομοίωση Μεταλλικών Συνδέσεων με τη Μέθοδο των Πεπερασμένων Στοιχείων”, μέρος I και II αντίστοιχα, οι οποίες έχουν τον ίδιο στόχο και χρησιμοποιούν την ίδια διαδικασία, αλλά με την υιοθέτηση τρισδιάστατων προσομοιωμάτων. Αυτό έχει ως συνέπεια τη μεγαλύτερη ακρίβεια αποτελεσμάτων, με αντίτιμο την πολυπλοκότητα μόρφωσης των προσομοιωμάτων και τη χρονοβόρα ανάλυσή τους. Γι’ αυτό μέσα από την παρούσα εργασία γίνεται και μια σύγκριση των δύο τύπων προσομοιωμάτων με απώτερο στόχο τον καθορισμό των ορίων χρήσης του καθενός.

Τον ανωτέρω ευχαριστώ τόσο για την καθοδήγηση που μου παρείχε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μου, όσο και για τη συμμετοχή του σ’ αυτή με τη μόρφωση τρισδιάστατων προσομοιωμάτων στο πρόγραμμα “Nastran”. Ευχαριστίες οφείλω και στον Επίκουρο Καθηγητή κ. Χαράλαμπο Γαντέ, ο οποίος για δεύτερη φορά ανέλαβε την επίβλεψη εργασίας μου, μέσω μιας άριστης και εποικοδομητικής συνεργασίας.

Κ. Αθανασίου

Απρίλιος 2004

**NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS**  
**CIVIL ENGINEERING SCHOOL**  
**INTERDISCIPLINARY POSTGRADUATE PROGRAM OF STUDIES**  
*«Structural Design and Analysis»*

**K.ATHANASIOU 's POSTGRADUATE THESIS**  
*«Parametric Analyses of Steel Joints with 2D and 3D Models  
of Finite Elements»*

**SUPERVISOR**  
*Assistant Professor Ch. Gantes*

## *Introduction*

The wide development of software based on the Finite Element Method (FEM) combined with the increased capabilities of today's computers allows a nearly accurate prediction of the real behavior of structures, which until recently was impossible, because of the approximations adopted by previous methods.

One such application in the design of steel structures is the design of steel joints. The present methods being used for this subject induce a simplifying adoption of steel joints, considering them as either completely rigid or pinned. However, the reality stands between the above considerations, because both relative rotation and moment transmission occur at every joint (semi rigid joints). This fact imposes the need for exact knowledge of the relation between moment and relative rotation. This relationship can be estimated with the help of finite element models made for every type of joints and can then be used by the structural engineer. Furthermore, Eurocode 3 induces the adoption of semi – rigid joints in steel structures by the use of approximate methods.

The objective of this work is the use of FEM programs, so that their effectiveness in the estimation of the real behavior of steel joints can be established. In order to achieve this objective, an effort is made to estimate the relation between the concentrated force applied on T –stubs, and the resulting

displacement. These T- stubs are the basic parts in which every steel joint can be divided.

With the help of two FEM programs, “Msc Nastran for Windows” and “ADINA”, 2D and 3D models of steel joints are analyzed and the results are compared with those obtained from experiments. The model, whose results are closer to the experimental ones, is chosen to be used for parametric analyses of T-stubs. The results of these analyses are used to make graphs for the force – displacement relationship.

This work follows two previous pertinent works, elaborated by Mr. Minas Lemonis, “Simulation of Steel Joints by Finite Elements Method”, parts I and II, which have the same objective and use the same process for 3D model simulations. The use of 3D models has the advantage of more exact results, but also the disadvantage of more difficult models to be made and much more time needed for the analyses. In order to propose when 2D or 3D models are the most suitable, this work compares both of them in each analysis.

At this point I have to express my acknowledgements to Mr. Minas Lemonis for his guidance to me during the elaboration of my work and for his help in setting up the 3D finite element T-stub models for the FEM program “Msc Nastran“. I also have to express my acknowledgements to Dr. Ch. Gantes, Assistant Professor at the Faculty of Civil Engineering of N.T.U.A. who supervised me again on a thesis through an excellent and effective cooperation.

K. Athanasiou

April 2004