



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

Διερεύνηση αξιοπιστίας EC3 για τον έλεγχο αστοχίας μεταλλικών πλαισίων



Διπλωματική Εργασία:

Καλογήρου Χαράλαμπος – Πατσούρας Χρήστος

Επιβλέπων Καθηγητής:

Γαντές Χαράλαμπος (Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.)

Αθήνα, Οκτώβριος 2006



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

**Διερεύνηση αξιοπιστίας EC3 για τον έλεγχο αστοχίας
μεταλλικών πλαισίων**

Διπλωματική Εργασία:

Καλογήρου Χαράλαμπος – Πατσούρας Χρήστος

Επιβλέπων Καθηγητής:

Γαντές Χαράλαμπος (Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.)

Αθήνα, Οκτώβριος 2006

Διερεύνηση αξιοπιστίας EC3 για τον έλεγχο αστοχίας μεταλλικών πλαισίων

Καλογήρου Χαράλαμπος – Πατσούρας Χρήστος

Περίληψη

Σκοπός της παρούσης διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της αξιοπιστίας του Ευρωκώδικα 3 (EC3) για τον έλεγχο αστοχίας μεταλλικών πλαισίων. Η διερεύνηση αυτή επιτυγχάνεται με τον έλεγχο της αξιοπιστίας των αναλυτικών τύπων που θέτει ο EC3 σε προσομοιώματα υποστυλωμάτων για συνθήκες μεταθετού και αμετάθετου μέλους, καθώς και με τη σύγκριση των αποτελεσμάτων του EC3 με τα αποτελέσματα που εξάγονται από τη μη γραμμική ανάλυση υλικού και γεωμετρίας με τη χρήση του προγράμματος πεπερασμένων στοιχείων Adina.

Για το σκοπό αυτό πραγματοποιούνται αναλύσεις για την εύρεση του οριακού φορτίου αστοχίας P_u σε προσομοιώματα μεταθετού και αμετάθετου υποστυλώματος με διαφορετικές κάθε φορά συνοριακές συνθήκες και συνθήκες φορτίσεως. Οι αναλύσεις αυτές γίνονται σύμφωνα με τους αναλυτικούς τύπους του EC3 (Μέθοδος 1 και Μέθοδος 2 σε συνθήκες φόρτισης θλίψης και κάμψης του μέλους) και σύμφωνα με μη γραμμική ανάλυση υλικού και γεωμετρίας με τη χρήση του προγράμματος πεπερασμένων στοιχείων Adina. Στις αναλύσεις αυτές λαμβάνονται υπόψη γεωμετρικές ατέλειες μέλους, οι οποίες υπεισέρχονται στους αναλυτικούς τύπους του EC3 μέσω συντελεστών, ενώ στη μη γραμμική ανάλυση υλικού και γεωμετρίας λαμβάνονται με τη μορφή οριζόντιας δύναμης στην κεφαλή του μέλους και με τη μορφή ισοδύναμου ομοιόμορφου κατανεμημένου οριζόντιου φορτίου, σύμφωνα με τους τύπους του EC3. Για την εύρεση του P_u , στους αναλυτικούς τύπους του EC3 είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της μέγιστης ροπής κάμψης του μέλους, ενώ για τη διαδικασία της μη γραμμικής ανάλυσης υλικού και γεωμετρίας απαραίτητος είναι ο υπολογισμός του κρίσιμου φορτίου λυγισμού P_{cr} . Οι στατικές αναλύσεις και οι γραμμικές αναλύσεις λυγισμού του μέλους για τους δύο αυτούς υπολογισμούς γίνονται με τη χρήση του

προγράμματος πεπερασμένων στοιχείων MSC.Nastran. Για τον πιο εύκολο και γρήγορο υπολογισμό του P_u με βάση τον EC3 χρησιμοποιείται το πρόγραμμα Mathematica. Οι αναλύσεις που πραγματοποιούνται αφορούν προσομοιώματα μεταθετού και αμετάθετου υποστυλώματος που φορτίζονται με αξονικό και συγκεντρωμένο εγκάρσιο φορτίο και με αξονικό και ομοιόμορφα κατανεμημένο εγκάρσιο φορτίο αντίστοιχα.

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρουσιάζονται με τη μορφή πινάκων και διαγραμμάτων, στα οποία δίνονται, για διάφορες αδιαστατοποιημένες τιμές δυσκαμψίας του στροφικού ελατηρίου του κάτω κόμβου του μέλους (z_b) και για συγκεκριμένο λόγο H/P (μεταθετό μέλος), qh/P (αμετάθετο μέλος) και συγκεκριμένο αδιάστατο συντελεστή στροφικής δυσκαμψίας άνω κόμβου μέλους (z_t), οι τιμές των οριακών φορτίων αστοχίας P_u που προέκυψαν από τις αναλύσεις. Από τις αναλύσεις εξάγεται το συμπέρασμα ότι στη μεν περίπτωση καθαρής θλίψης του μέλους τα αποτελέσματα του EC3 συγκλίνουν σε μεγάλο βαθμό με τα αποτελέσματα της μη γραμμικής ανάλυσης υλικού και γεωμετρίας για συνθήκες αμετάθετου μέλους, ενώ για συνθήκες μεταθετού μέλους τα αντίστοιχα αποτελέσματα αποκλίνουν σημαντικά, στη δε περίπτωση θλίψης και κάμψης του μέλους τα αποτελέσματα της μεθόδου 2 του EC3 συγκλίνουν σε ικανοποιητικό βαθμό με τα αποτελέσματα της μη γραμμικής ανάλυσης υλικού και γεωμετρίας, τόσο για το μεταθετό όσο και για το αμετάθετο μέλος, ενώ παρατηρούνται σημαντικές αποκλίσεις μεταξύ των αποτελεσμάτων της μεθόδου 1 του EC3 και της μη γραμμικής ανάλυσης (Adina) και μάλιστα αυτό διακρίνεται πιο έντονα στο μεταθετό μέλος.

Τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως κριτήριο για την αξιοπιστία των αναλυτικών τύπων του EC3, καθώς και ως κριτήριο για την επιλογή κατάλληλης μεθόδου ανάλυσης, τόσο για συνθήκες μεταθετού όσο και για αμετάθετου μέλους.

Investigating the Reliability of EC3 in Failure Checks of Members Subjected to Bending and Compression

Kalogirou Charalambos – Patsouras Christos

Summary

The present thesis aims to investigate the reliability of Eurocode 3 (EC3) in Failure Checks of Members Subjected to Bending and Compression. This investigation is achieved by comparing the results obtained with the EC3 analytical formulae with finite element results produced by material and geometric non-linear analysis with the use of *Adina*.

Analyses are carried out for this reason so that the ultimate failure load P_u could be calculated in simulations of sway and non-sway columns under different boundary and loading conditions each time. These analyses are carried out in accordance with the analytical formulae of EC3 (Method 1 and Method 2 under conditions of compression loading and bending of the member) and with material and geometric non-linear analysis with the use of the finite element program *Adina*. These analyses take into account geometric imperfections of the member, which are included in the analytic formulae of EC3 by means of coefficients, while the numerical analysis takes them into account in the form of a horizontal force on the top of the member and a tantamount, uniformly distributed horizontal load, according to the EC3 formulae. In order to calculate P_u , the analytic formulae of EC3 should necessarily include the calculation of the maximum bending moment of the member, while in the process of numerical analysis the calculation of the critical buckling load P_{cr} is necessary. The static analyses and linear buckling analyses of the member with respect to these two calculations are carried out through the *MSC.Nastran* program of finite elements. The *Mathematica* program is used for easier and fast calculation of P_u in accordance with EC3. The analyses carried out concern simulations of sway and non-sway columns, loaded with an axial and concentrated transverse load and an axial and uniformly distributed transverse load, respectively.

The results of the analyses are presented in the form of tables and diagrams, which include the values of the ultimate failure loads P_u resulting from the analyses of various nondimensionalised stiffness values of the rotational spring of the lower node of the member (z_b) and with respect to a specific ratio H/P (sway member), qh/P (non-sway member) and a specific dimensionless coefficient of rotational stiffness of the upper member node (z_t). It is concluded by the analyses that in case of pure compression of the member, the results of EC3 and the results of the numerical analysis for non-sway members converge to a large degree, while, for sway member the respective results diverge significantly; in case of compression and bending of the member, the results of Method 2 of EC3 and the results of the numerical analysis converge very well for both sway and non-sway members, while the results of Method 1 of EC3 and the finite element results present considerable divergence; this is more obvious in the sway member.

These results may act as a criterion for both the reliability of the analytical formulae of EC3 and the selection of the proper method of analysis, for both sway and non-sway members.