



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ ΥΠΟ ΕΚΚΕΝΤΡΗ ΘΛΙΨΗ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΙΧΑΗΛ Δ. ΜΑΥΡΟΓΙΑΝΝΗ

Επιβλέπων: Χάρης Ι. Γαντές, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Συνεπιβλέπων: Κωνσταντίνος Ε. Καλοχαιρέτης, Υποψήφιος Διδάκτωρ ΕΜΠ



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ ΥΠΟ ΕΚΚΕΝΤΡΗ ΘΛΙΨΗ

**Διπλωματική εργασία
του Μιχαήλ Μαυρογιάννη**

Επιβλέπων: Χάρης Ι. Γαντές, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ
Συνεπιβλέπων: Κωνσταντίνος Ε. Καλοχαιρέτης, Υποψήφιος Διδάκτωρ ΕΜΠ

Περίληψη

Τα σύνθετα υποστυλώματα συχνά αποτελούν συμφέρουσα κατασκευαστική λύση διότι συνδυάζουν υψηλά μεγέθη δυσκαμψίας και αντοχής με χρήση μικρότερης ποσότητας υλικού, σε σχέση με αντίστοιχα συμπαγή μέλη. Το τίμημα της μη ολόσωμης φύσης τους είναι η ευαισθησία στις διατμητικές παραμορφώσεις, ο κίνδυνος τοπικού λυγισμού και η αλληλεπίδραση μορφών αστοχίας καθώς λειτουργούν ως σύνθετοι υπερστατικοί φορείς. Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζεται η συμπεριφορά σύνθετων υποστυλωμάτων με ράβδους δικτύωσης υπό έκκεντρη θλίψη.

Στο 1^ο Κεφάλαιο γίνεται εισαγωγή στα εν λόγω υποστυλώματα με αναφορά των σχέσεων του Ευρωκώδικα 3 (EC3). Ακολούθως, παράγεται και προτείνεται ελαστική γραμμή για την περιγραφή της συμπεριφοράς τους, η οποία απουσιάζει από τον EC3.

Στο 2^ο Κεφάλαιο παρουσιάζεται η πιο τεκμηριωμένη μέχρι στιγμής πειραματική διερεύνηση σύνθετων υποστυλωμάτων από τη βιβλιογραφία, που διεξήγαγαν οι Klöppel και Ramm. Στα πλαίσια αυτής, δοκιμάζονται υπό έκκεντρη θλίψη 43 υποστυλώματα που ανήκουν σε 11 ευρύτερες κατηγορίες και καταγράφεται το οριακό φορτίο, ο τρόπος αστοχίας και σε ορισμένες περιπτώσεις ο δρόμος ισορροπίας τους.

Για τα υποστυλώματα αυτά, στο 3^ο Κεφάλαιο, κατασκευάζονται προσομοιώματα στο πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων ADINA και διεξάγονται αναλύσεις με μη γραμμικότητα υλικού και γεωμετρίας (GMNIA) και ατέλειες σύμφωνα με τον EC3, με σκοπό να αναπαραχθούν οι συνθήκες του πειράματος. Διαπιστώνεται ο κυρίαρχος μηχανισμός αστοχίας κατά τον οποίο λυγίζει το εκάστοτε κρίσιμο φάτνωμα.

Στο 4^ο Κεφάλαιο συγκρίνονται τα οριακά φορτία που προέκυψαν από το πείραμα, τις αριθμητικές αναλύσεις με το Adina και τις σχέσεις του EC3 με και χωρίς επέκταση πλαστικοποίησης στη διατομή του κρίσιμου φάτνωματος. Αξιολογούνται οι αποκλίσεις μεταξύ των φορτίων των μεθόδων αυτών, η ποιοτική επιρροή των παραμενουσών τάσεων λόγω συγκολλήσεων και ο ρόλος της φοράς της τοπικής ατέλειας στη μορφή αστοχίας. Εν συνεχεία, για τις περιπτώσεις υποστυλωμάτων με διαθέσιμο δρόμο ισορροπίας, αναζητούνται μεγέθη ατελειών ώστε ο αριθμητικός και ο προτεινόμενος αναλυτικός δρόμος ισορροπίας να προσεγγίσουν τον πειραματικό. Η διαδικασία αυτή αναδεικνύει τις διαφορές μεταξύ των παραπάνω προσεγγίσεων με κυρίαρχο το ρόλο των ατελειών και των παραμενουσών τάσεων.



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Division of Structural Engineering
Laboratory of Steel Structures

NUMERICAL AND ANALYTICAL INVESTIGATION OF BUILT- UP COLUMNS SUBJECTED TO ECCENTRIC COMPRESSIVE LOAD

**Diploma Thesis
of Michail Mavrogiannis**

Supervisor: Dr. Charis Gantes, Associate Professor NTUA
Co- Supervisor: Konstantinos E. Kalochairetis, PhD Candidate

ABSTRACT

Built-up columns often seem to offer an optimum structural solution, since they offer high stiffness and strength combined with less material use. However, by not being homogenous, they are more susceptible to shear deformation and they may suffer from local buckling phenomena or interaction of failure types, as they behave as hyperstatic structures. This thesis examines the behavior of built-up columns connected with lacing bars under eccentric compressive load.

In the 1st chapter the above columns are introduced and the relevant equations of Eurocode 3 (EC3) are presented. Proceeding, a new elastic line, not included in EC3, is derived and proposed in order to delineate such columns' behavior.

In the 2nd chapter the most substantiated experimental research so far, conducted by Klöppel and Ramm, is presented. In this research, 43 columns of 11 general categories are tested and their ultimate load, failure mechanism and, in some cases, their equilibrium path are provided.

In the 3rd chapter, numerical models of all above columns are built using the finite element program ADINA. Analyses with material and geometry nonlinearity (GMNIA) are conducted taking into account EC3- prescribed imperfections, in order for the experimental conditions to be reproduced. The prominent failure mechanism is observed, according to which the eventual critical panel buckles to failure.

The 4th chapter contains a comparison between the ultimate loading values that are derived from the experiment, the ADINA numerical analyses and the EC3 equations, with or without consideration of full-section failure. An evaluation of the ultimate load deviations, the qualitative effect of the residual stresses and the relationship between the local imperfection's orientation and the failure type takes place. Additionally, as regards the columns with available equilibrium path, a quantitative research on imperfections is conducted so that both the numerical and the analytical paths coincide with the experimental ones. The latter process points out the differences between the above views on the column behavior and the utmost importance of imperfections and residual stresses.