



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

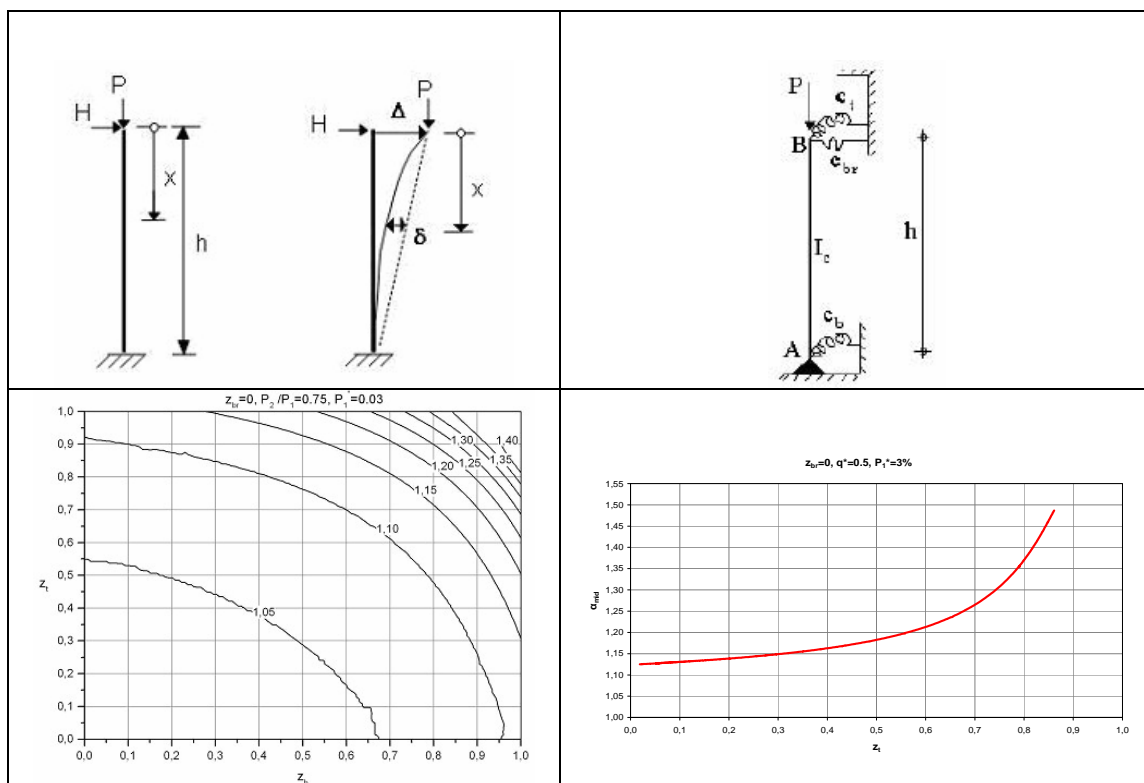
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Δ.Π.Μ.Σ.

«ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

***Μελέτη της επιρροής των φαινομένων β' τάξεως
στην καμπτική συμπεριφορά υποσυλωμάτων
μεταλλικών πλαισίων***



ΜΑΡΚΟΥ ΚΑΛΛΙΡΟΗ

ΜΠΟΥΡΑΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Χ. ΓΑΝΤΕΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, 2005

Μελέτη της επιρροής των φαινομένων β' τάξεως στην καμπτική συμπεριφορά υποστυλωμάτων μεταλλικών πλαισίων

Μάρκου Καλλιρρόη – Μπούρας Χαράλαμπος

Περίληψη

Σκοπός της παρούσης μεταπτυχιακής εργασίας είναι η διερεύνηση των φαινομένων β' τάξεως (P-Δ και P-δ), τα οποία αποτελούν ένα είδος μη γραμμικότητας γεωμετρίας, σε υποστυλώματα μεταλλικών πλαισίων. Τα φαινόμενα αυτά αναφέρονται στις δευτερεύουσες ροπές που οφείλονται στις μετατοπίσεις ενός φορέα.

Για το σκοπό αυτό πραγματοποιείται ένα μεγάλο πλήθος στατικών αναλύσεων α' και β' τάξεως σε μεμονωμένα υποστυλώματα με διαφορετικές κάθε φορά συνοριακές συνθήκες και συνθήκες φορτίσεως. Παρουσιάζεται επιπλέον η μέθοδος αντικατάστασης των συντρεχόντων μελών στους κόμβους υποστυλώματος πλαισίου με στροφικά ελατήρια. Για τις απαιτούμενες για τη μελέτη των φαινομένων P-Δ αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα SECAN v2.0, στη γλώσσα προγραμματισμού FORTRAN, το οποίο δημιουργήθηκε με τροποποίηση του προγράμματος SECANE. Η αξιοπιστία του προγράμματος ελέγχθηκε με την πραγματοποίηση αναλύσεων στο πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων ADINA. Οι αναλύσεις αυτές αφορούν υποστυλώματα που φορτίζονται με αξονικό και συγκεντρωμένο εγκάρσιο φορτίο.

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων του SECAN v2.0 παρουσιάζονται με τη μορφή νομογραφημάτων, στα οποία δίνεται για διάφορες αδιαστατοποιημένες τιμές του ελατηρίου μετάθεσης (το οποίο προσομοιώνει το σύστημα δυσκαμψίας του πλαισίου) και των φορτίων η τιμή του λόγου α της ροπής β' τάξεως προς τη ροπή α' τάξεως στην κορυφή του υποστυλώματος, για όλο το εύρος των τιμών των αδιαστατοποιημένων σταθερών των στροφικών ελατηρίων στην κορυφή και στη βάση του υποστυλώματος. Ο λόγος αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κριτήριο για την επιλογή κατάλληλης μεθόδου ανάλυσης καθώς και ως συντελεστής μεγέθυνσης των ροπών που προέρχονται από τη γραμμική ανάλυση, λαμβάνοντας έτσι έμμεσα υπόψη την επιρροή των φαινομένων β' τάξεως. Διαπιστώθηκε ότι ο λόγος α είναι ανεξάρτητος της λυγερότητας του υποστυλώματος καθώς και ότι οι περιπτώσεις διαρροής δεν μπορούν να απεικονιστούν στα νομογραφήματα.

Στη συνέχεια μελετήθηκε η επιρροή και των φαινομένων P-δ με τη δημιουργία και την πραγματοποίηση αναλύσεων με το πρόγραμμα SECAN4, στο οποίο το υποστυλώμα χωρίστηκε σε τέσσερα στοιχεία. Οι αναλύσεις σε αυτή την περίπτωση αφορούν υποστυλώματα που φορτίζονται με αξονικό και κατανεμημένο εγκάρσιο φορτίο. Μετά τον έλεγχο με το πρόγραμμα ADINA, την αδιαστατοποίηση των φορτίων και τον έλεγχο της επιρροής της λυγερότητας, δημιουργήθηκαν διαγράμματα και νομογραφήματα που δίνουν τους λόγους a_{mid} και a_{top} , δηλαδή τους λόγους της ροπής β' τάξεως προς τη ροπή α' τάξεως στο μέσο και την κορυφή του υποστυλώματος αντιστοίχως.

Study of the influence of second order effects in the bending behaviour of steel frame columns

Markou Kallirroï – Bouras Charalampos

Abstract

The objective of this thesis is the investigation of second order effects (P- Δ and P- δ), a form of geometric non-linearity, in steel frame columns. These effects refer to the secondary moments due to the displacements of the frame.

To this objective a large number of first and second order analyses have been conducted using individual columns of various boundary and loading conditions. Furthermore, the method of replacing the members that converge at the end nodes of a column of a frame with equivalent rotational springs has been used.

The program SECAN v2.0 (in FORTRAN) has been applied to conduct the analysis for the study of the P- Δ effects. This program has been created by modifying the program SECANE. The reliability of the program has been established by a number of analyses in the finite element program ADINA. Columns with an axial and a concentrated transverse load have been analysed.

The results of the SECAN analysis are presented in the form of nomograms, in which the amplification factor α , thus the ratio of the second order moment to the first order moment at the top node of the column, is given for different non-dimensionalized values of the translational spring (which models the bracing system of the frame) and of the loads (vertical and concentrated horizontal) and for all the values of the non-dimensionalized stiffnesses of the rotational springs at the top and bottom node of the column. It is found that the amplification factor α does not depend on the buckling strength of the column and that the cases of yielding cannot be shown on the nomograms.

Moreover, the influence of the P- δ effects has been studied by writing the program SECAN4, in which the column consists of four members, and by conducting a number of analyses for columns with an axial and a distributed transverse load. After the checking of accuracy of SECAN4 by using the program ADINA, the non-dimensionalization of the loads and the study of the influence of the buckling strength of the column, a few nomograms that give the amplification factors α_{mid} and α_{top} , thus the ratio of the second order moment to the first order moment at the middle and at the top node of the column, respectively, have been created.