

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ
ENGINEERING
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



NATIONAL UNIVERSITY OF ATHENS
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
DIVISION OF STRUCTURAL
LABORATORY OF STEEL STRUCTURES

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΞΗΡΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ

ΠΡΟΜΕΛΕΤΗ ΥΨΗΛΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ
ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΥ ΠΡΟΒΟΛΟΥ

Επίβλεψη
Δρ. Χάρης Γαντές – Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ
ΙΟΥΛΙΟΣ 2000

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



NATIONAL UNIVERSITY OF ATHENS
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
DIVISION OF STRUCTURAL ENGINEERING
LABORATORY OF STEEL STRUCTURES

DIPLOMA THESIS
XIROU KONSTANTINA

**PRELIMINARY DESIGN OF HIGH-RISE BUILDINGS
USING THE EQUIVELANT BEAM**

Supervisor

Dr. Charis Gantes- Assistant Professor N.T.U.A.

ATHENS
JULY 2000

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα τη διπλωματική εργασία, Επίκουρο Καθηγητή κ. Χάρη Γαντέ για την πολύτιμη καθοδήγηση του και τη συνεχή βοήθεια του σε όλους τους τομείς.

Ευχαριστώ τους Αναπληρωτές Καθηγητές Ι. Βάγια και Β. Κουμούση και τον Επίκουρο Καθηγητή Γ. Ιωαννίδη του τομέα Δομοστατικής του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου για τη συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή της διπλωματικής μου εργασίας.

Τελευταία, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον συνάδελφο Κωνσταντίνο Καλήγερο για τις πολύ χρήσιμες παρατηρήσεις του.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες απευθύνω στην οικογένεια μου, για όλα όσα μου έχουν προσφέρει, στους οποίους αφιερώνω αυτή την εργασία καθώς και στον αγαπημένο μου Γρηγόρη.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αυτή η εργασία έχει σαν σκοπό να αναλύσει την συμπεριφορά των υψηλών κατασκευών, υπό διάφορες συνθήκες φορτίσεων και να καταλήξει σε όσο το δυνατόν ρεαλιστικά συμπεράσματα. Επισημαίνουμε ότι η επεξεργασία των αποτελεσμάτων αναφέρεται σε επίπεδο προμελέτης. Αυτό είναι αναγκαίο ώστε να γίνει σύγκριση και δοκιμή μεταξύ των εναλλακτικών προτάσεων για την κατασκευή, λόγω των απλοποιήσεων που υιοθετήθηκαν στη μόρφωση του στατικού μοντέλου καθώς και στη μορφή των φορτίσεων.

Η μέθοδος στην οποία βασίσθηκε η παρούσα εργασία έχει προταθεί και παρουσιαστεί από το συνάδελφο Πολιτικό Μηχανικό Γ. Γκιώνη στη διπλωματική εργασία του στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο τον Μάρτιο του 1999. Οι βασικές έννοιες της μεθόδου και ο τρόπος που επιτεύχθηκε ο υπολογισμός των κρίσιμων εντατικών μεγεθών παρουσιάζονται αναλυτικά στο πρώτο κεφάλαιο. Έτσι παρουσιάζεται πρώτα η ιδέα της προσομοίωσης, στην οποία στηρίζεται η μέθοδος. Σε αυτή τη μέθοδο καταφέρνουμε να συσχετίσουμε τις δυσκαμψίες των υψηλών κατασκευών με τις δυσκαμψίες ισοδύναμου προβόλου της οικογένειας των δοκών Timoshenko. Μπορούμε δηλαδή, επιλύοντας τη διαφορική εξίσωση κινήσεως του ισοδύναμου προβόλου, υπό την επίδραση διαφόρων φορτίων, να καταλήγουμε σε αντίστοιχες μετακινήσεις του στατικού πλαισίου που εξετάζουμε.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα στατικά συστήματα που επιλέχθηκαν για την περαιτέρω επεξεργασία και εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Μελετάμε την επιρροή ενός συγκεντρωμένου μοναδιαίου φορτίου που ασκείται στο άκρο της κατασκευής μας, τονίζοντας ότι οι διατομές παραμένουν σταθερές καθ' ύψος. Η σύγκριση και επαλήθευση των αποτελεσμάτων γίνεται με την χρήση του προγράμματος Msc/Nastran.

Στο τρίτο κεφάλαιο κάνουμε μια προσέγγιση σε όσον το δυνατόν πλησιέστερες στην πραγματικότητα συνθήκες. Αυτό το επιτυγχάνουμε μεταβάλλοντας την κατανομή της καμπτικής και διατμητικής δυσκαμψίας του κτιρίου καθ' ύψος. Θεωρώντας γραμμική την κατανομή των δυσκαμψιών και χρησιμοποιώντας τα τυπολόγια που έχουν προκύψει από την προτεινόμενη μέθοδο, καταλήγουμε στα αδρανειακά χαρακτηριστικά των οριζόντιων και κατακόρυφων στοιχείων που απαρτίζουν το κτίριο. Αυτά τα χαρακτηριστικά πρέπει να επαληθεύουν

τις τιμές των δυσκαμψιών ανά όροφο. Συνεχίζουμε την ανάλυση της κατασκευής μας όταν αυτή καταπονείται από δυο ειδών φορτία. Το ομοιόμορφα κατανεμημένο και το τριγωνικά κατανεμημένο. Μορφώνουμε τη διαφορική εξίσωση που μας δίνει την μετακίνηση του ισοδύναμου προβόλου συναρτήσει των δυσκαμψιών του και κάνουμε σύγκριση των αντίστοιχων αποτελεσμάτων με το πρόγραμμα Msc/Nastran.

Στο τέταρτο κεφάλαιο μελετάμε τη δυναμική συμπεριφορά των στατικών συστημάτων, όταν δηλαδή καταπονούνται από χρονικά μεταβαλλόμενα φορτία και συγκεκριμένα υπολογίζουμε ιδιοπερίόδους και ιδιομορφές. Αυτή η ανάλυση έχει ιδιαίτερη σημασία για την ανάλυση των κατασκευών όταν καταπονούνται από σεισμικά φορτία. Και σε αυτό το κεφάλαιο ακολουθεί σύγκριση των αποτελεσμάτων προκειμένου να εξαχθούν πολύτιμα συμπεράσματα.

Στο πέμπτο κεφάλαιο εφαρμόζουμε παραμετρικές αναλύσεις στη διαφορική εξίσωση που μας δίνει τις μετατοπίσεις του ισοδύναμου προβόλου για μεταβλητές διατομές καθ' ύψος. Θέλουμε να καταλήξουμε στον ιδανικό συνδυασμό κατανομής των δυσκαμψιών για να επιτύχουμε τη μικρότερη δυνατή παραμόρφωση του φορέα.

Τέλος, στο παράρτημα παρατίθενται τα τυπολόγια που μας δίνουν τις εκφράσεις των ισοδυνάμων ποσοτήτων δυσκαμψιών συναρτήσει των αδρανειακών χαρακτηριστικών των επιμέρους φερόντων μελών.

ABSTRACT

In the present thesis we propose to analyze the behavior of high-rise buildings, for several loading cases. We underline that this is necessary in order to compare the various design alternatives, due to the simplifications that have been taken under consideration.

The present thesis has been based on the diploma thesis of my colleague Civil Engineer G.Gkionis. In the first chapter is presented the fundamental concept and the way in which the calculation of lateral deformations of multi-story structural systems has been achieved. This suggested method is based on the transformation of the properties of various tall building structures, to stiffness equivalent vertical cantilevers which belong to the Timoschenko beam family. What this means is that we can calculate the deflection of any structure by solving the differential equations of equilibrium of the equivalent beam.

The second chapter consists of a presentation of the structural systems that have been chosen to be analyzed in this thesis. Furthermore, we investigate the influence of a concentrate lateral load acted at the top of our structure. In order to draw conclusions concerning the reliability of the method, we use the finite element software Msc/Nastran.

In the third chapter the stiffness properties at the equivalent beam are considered to vary linearly along the height of the beam. We proceed to the determination of the inertia characteristics of the beams that comprise the building by using the approximate analytical expressions that have been derived from the suggested method. These characteristics must verify the bending and shear stiffness of each story of the structural system. In this chapter the equivalent beam is subjected to uniform and triangular distributed loads. In addition we form the differential equation describing the motion of the equivalent beam subjected to the previous load. At the end we incorporate the same numerical applications, solved by Msc/Nastran.

In the fourth chapter we investigate the dynamic behavior of the structural systems. To be more specific, we calculate eigenfrequencies and eigenmodes. This kind of analysis is very significant for the design of a structure when a frame is subjected to seismic loading.

In the fifth chapter a series of parametric studies, for distributed bending and shear stiffness with height is presented.

Finally there is an appendix where the analytical expressions, which lead to the calculation of equivalent stiffness properties for various structural systems is presented.