



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών**

Μεταπτυχιακή Εργασία

**«ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΔΙΚΤΥΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΛΟΓΩ
ΑΝΕΜΟΠΙΕΣΕΩΝ»**

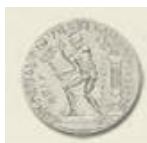


ΚΟΚΚΑΛΗ ΠΛΟΥΜΗ

Επιβλέποντες: Αναπληρωτής Καθηγητής κ. ΧΑΡΗΣ ΓΑΝΤΕΣ

Υποψήφια Διδάκτωρ: Ισαβέλλα Βασιλοπούλου

ΑΘΗΝΑ 2010



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

Μεταπτυχιακή εργασία
της φοιτήτριας Κόκκαλη Πλουμής

Επιβλέποντες: Αναπληρωτής Καθηγητής: κ. Χάρης Γαντές
Υποψήφια διδάκτωρ: Ισαβέλλα Βασιλοπούλου

Στη μεταπτυχιακή αυτή εργασία γίνεται προσπάθεια να διερευνηθεί η δυναμική συμπεριφορά δικτύων καλωδίων, σχήματος υπερβολικού παραβολοειδούς, λόγω ανεμοπιέσεων. Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται αρχικά τα γενικά χαρακτηριστικά των καλωδιωτών κατασκευών, η απόκριση των οποίων είναι μη γραμμική. Στις καλωδιωτές κατασκευές ανήκουν κι οι στέγες με δίκτυα προεντεταμένων καλωδίων, οι οποίες διαμορφώνουν επιφάνειες διπλής καμπυλότητας. Στην τελευταία κατηγορία ανήκουν και οι στέγες σχήματος υπερβολικού παραβολοειδούς.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται συνοπτικά τα φαινόμενα και οι έννοιες που εμφανίζονται τόσο στη γραμμική θεωρία όσο και στη μη γραμμική δυναμική ενώ γίνεται μία διερεύνηση των συνεπειών που προκύπτουν από τη θεώρηση γραμμικής συμπεριφοράς σε ένα σύστημα μη γραμμικό, όπως είναι τα καλώδια.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μία πρώτη επαφή με δίκτυα σχήματος υπερβολικού παραβολοειδούς κι επιλύονται θέματα που αφορούν την εύρεση σχήματος και τον ορισμό της προέντασης των καλωδίων με χρήση του προγράμματος Easy. Επιπλέον, γίνονται μη γραμμικές δυναμικές αναλύσεις στο πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων ADINA θεωρώντας κατακόρυφο ημιτονοειδές φορτίο με συχνότητα διέγερσης την αντίστοιχη ιδιοσυχνότητα του δικτύου, μοναδιαίο πλάτος και χωρική κατανομή ανάλογη με το σχήμα των τεσσάρων πρώτων ιδιομορφών. Εντοπίζονται μη γραμμικοί συντονισμοί.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται μία προσέγγιση για τον χωρικό προσδιορισμό των ανεμοπιέσεων επί του εξεταζόμενου δικτύου. Στο πρώτο μέρος παρουσιάζονται οι διατάξεις του Ευρωκώδικα 1 που αφορούν την φόρτιση των κατασκευών με φορτία ανέμου. Στο δεύτερο μέρος γίνεται υπολογισμός των συντελεστών χωρικής κατανομής του δικτύου βάσει Ευρωκώδικα 1. Η υπολογισθείσα κατανομή συγκρίνεται με κατανομές που προτείνονται σε διάφορες βιβλιογραφικές αναφορές.

Στο πέμπτο κεφάλαιο εξετάζεται η χρονική κατανομή των ανεμοπιέσεων. Δίνονται παραδείγματα χρονοϊστοριών ταχύτητας ανέμου από μετρήσεις στο Bushland του Texas σε ανεμογεννήτριες. Στη συνέχεια υπολογίζονται οι δεσπόζουσες ιδιοσυχνότητες αυτών μέσω των διαγραμμάτων Fourier κι επιλέγεται τελικά η χρονοϊστορία για την οποία θα γίνουν οι αριθμητικές αναλύσεις.

Το έκτο κεφάλαιο αφορά τις αριθμητικές αναλύσεις επί του δικτύου για τις επιλεγείσες χωρικές και χρονικές κατανομές ανεμοπιέσεων. Γίνονται τόσο δυναμικές αναλύσεις όσο και ισοδύναμες στατικές ώστε να γίνει τελικά έλεγχος των ενισχύσεων. Οι αναλύσεις επαναλαμβάνονται θεωρώντας απόσβεση Rayleigh. Τέλος, γίνεται έλεγχος της επίδρασης στα αποτελέσματα της αύξησης της ταχύτητας ανέμου.

Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται συνοπτικά τα συμπεράσματα της εργασίας.



**NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING
STRUCTURAL DIVISION
POSTGRADUATE COURSE OF STUDIES
ANALYSIS AND DESIGN OF EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES**

Laboratory of metal structures

**Post-graduate diploma thesis
By Ploumi Kokkali**

**Supervisors: Associate Professor Charis Gantes
PhD Candidate Isabella Vassilopoulou**

In this post-graduate diploma thesis the dynamic behavior of hyperbolic paraboloid shaped roofs is investigated. In the first chapter the general characteristics of cable structures, which have nonlinear response, are presented. A special category of cable structures are nets of prestressed cables, which create a surface of double curvature. Hyperbolic paraboloid roofs belong to this category.

The second chapter deals with the phenomena and notions of linear and nonlinear theory. Moreover, the consequences of using linear theory in nonlinear systems, such as cables, are discussed.

In the third chapter a first approach of hyperbolic paraboloid shaped roofs is made. Subjects like form finding and definition of stresses are studied. Nonlinear dynamic analyses with the finite element software ADINA are conducted. A vertical sinusoidal load with frequency equal to the frequency of the first four modes of the net is applied. This load has the shape of the first four eigenmodes. Nonlinear resonances are detected.

The fourth chapter is devoted to the spatial determination of the wind pressure upon the net. In the first part, the suggestions of Eurocode 1, which refers to wind loading, are presented. In the second part, pressure coefficients are calculated according to Eurocode and are compared with those found in bibliographic references from numerical analyses and wind tunnel tests.

In the fifth chapter time variations of wind pressures are determined. Wind velocities time histories found in bibliography are presented and the most appropriate is chosen for the numerical analyses.

The sixth chapter presents the results of numerical analyses of cable nets subjected to wind pressures. Dynamic and static analyses are made on undamped cable net and amplification factors are calculated. The analyses are repeated taking this time into account Rayleigh damping.

Finally, in the seventh chapter the conclusions of this post-graduate diploma thesis are summarized.