

---

---

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ**

---

---

# **ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΝΑΛΥΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΛΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ**



**ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ: Γ.ΦΕΒΡΑΝΟΓΛΟΥ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Χ.ΓΑΝΤΕΣ**

**ΑΘΗΝΑ,  
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2000**

---

---

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ**

---

---

# **ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΝΑΛΥΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΛΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ**



**ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ: Γ.ΦΕΒΡΑΝΟΓΛΟΥ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Χ.ΓΑΝΤΕΣ**

**ΑΘΗΝΑ,  
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2000**



**Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο  
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών  
Τομέας Δομοστατικής**

## **ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΝΑΛΥΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΛΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ**

Διπλωματική εργασία της φοιτήτριας Γ.ΦΕΒΡΑΝΟΓΛΟΥ  
Επιβλέπων: Χ.ΓΑΝΤΕΣ, επίκουρος καθηγητής Ε.Μ.Π

### **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Σκοπός της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι η σύγκριση αναλυτικών και αριθμητικών μεθόδων σε ότι αφορά στη στατική συμπεριφορά των απλών μεμονωμένων καλωδίων. Αρχικά γίνεται αναφορά στη συμπεριφορά των μεμονωμένων καλωδίων, στον τρόπο με τον οποίο αυτά ανταποκρίνονται στις διάφορες περιπτώσεις φορτίσης και ακόμα επισημαίνεται η διαφοροποίησή τους με τους στύλους και τις δοκούς. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στα είδη και στους τύπους καλωδίων και αναπτύσσονται τα γενικά χαρακτηριστικά μορφής, κατασκευής και προστασίας τους. Επιπλέον αναφέρεται ο τρόπος χρήσης τους σε διάφορες κατασκευές. Ακολούθως παρατίθενται οι αναλυτικές λύσεις για τη στατική ανάλυση μεμονωμένων καλωδίων για διάφορες περιπτώσεις φόρτισης με συγκεντρωμένο και ομοιόμορφα κατανεμημένο φορτίο. Πιο συγκεκριμένα εξετάζονται οι περιπτώσεις φόρτισης καλωδίου με συγκεντρωμένο φορτίο στο μέσο, με συγκεντρωμένο φορτίο σε τυχαία θέση, με πολλαπλά συγκεντρωμένα φορτία, με ομοιόμορφα κατανεμημένο φορτίο κατά μήκος της οριζόντιας προβολής και κατά μήκος του τόξου. Επίσης, εξετάζεται και η περίπτωση συνδυασμού συγκεντρωμένου φορτίου σε τυχαία θέση και ομοιόμορφα κατανεμημένου κατά μήκος του τόξου.

Κατόπιν αναλύεται η έννοια του ισοδύναμου μέτρου ελαστικότητας του Dischinger και η αναγκαιότητα της εισαγωγής του λόγω της γεωμετρικής μη γραμμικότητας που παρουσιάζεται στη συμπεριφορά των καλωδίων. Γίνεται ανάλυση του προβλήματος και παρατίθεται επίσης πρόγραμμα υπολογισμού του ισοδύναμου αυτού μέτρου ελαστικότητας του Dischinger. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στη δυναμική των καλωδίων και στις μορφές ταλάντωσής τους για διάφορες περιπτώσεις φορέων και αναφέρεται η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων στη δυναμική ανάλυση των καλωδίων με τη μέθοδο των ιδιομορφών. Τέλος, πραγματοποιείται σύγκριση αναλυτικών και αριθμητικών μεθόδων για όλες τις περιπτώσεις φόρτισης των απλών μεμονωμένων καλωδίων που αναφέρθηκαν. Γι' αυτή τη σύγκριση γίνεται χρήση των προγραμμάτων NASTRAN και SOFISTIK (αριθμητικές μέθοδοι) και των μαθηματικών τύπων (αναλυτικές μέθοδοι) και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε διαγράμματα φορτίου-μετατόπισης P-z . Οι αποκλίσεις μεταξύ των καμπυλών που προκύπτουν από την ανάλυση με τις παραπάνω μεθόδους παρέχει χρήσιμα συμπεράσματα για την αξιοπιστία των μεθόδων αυτών για κάθε περίπτωση φόρτισης. Ο τρόπος μόρφωσης και επίλυσης των φορέων στα NASTRAN και SOFISTIK για τις διάφορες περιπτώσεις φόρτισης αναφέρεται αναλυτικά στο Παράρτημα.

**National Technical University of Athens**  
**Department of Civil Engineering**  
**Division of Structural Engineering**

**COMPARISON BETWEEN ANALYTICAL AND ARITHMETIC METHODS  
FOR THE STUDY OF SINGLE CABLES**

Graduate diploma Thesis of G.FEVRANOGLOU  
Supervisor :Dr.Ch.GANTES

**ABSTRACT**

The object of this thesis is the comparison between analytical and arithmetic methods in what refers to the static behavior of single cables. In the first place the behavior of simple single cables and the way they respond to various loadcases are given. Their differentiation in their behavior from that of beams and columns is also emphasized. Afterwards the cable types and their general shape, construction and protection characteristics are presented. In addition to this, their mode of use in various constructions is mentioned. Furthermore, the analytical solutions concerning the static analysis of single cables for loadcases with concentrated and distributed loads are quoted. More specific the following loadcases are examined: Single cable with a transverse load  $P$  at midspan, single cable with a transverse load  $P$  at an arbitrary location  $x$  from the left support, single cable with multiple concentrated loads, single cable with uniformly distributed load along the arc length of the cable segment and over the horizontal span. The case of a cable with an in-service concentrated load of magnitude  $P$  superimposed upon the prestressed state due to a uniform load with intensity  $q$  is also examined.

After that, the meaning of the equivalent elasticity modulus  $E$  of Dischinger and its importance due to the geometrical non-linearity of cable behavior are presented. Here, the problem is analysed, the equivalent elasticity modulus  $E$  is demonstrated and a program for the calculation of this modulus is cited. Next, the dynamic behavior of the single cable, its natural frequencies and the methods of finite elements in the dynamic cable analysis using the vibration modes are analysed. Finally, a comparison between analytical and arithmetic methods for all already mentioned loadcases of simple single cables are presented. The analysis of each cable is achieved using the analysis softwares SOFISTIK and NASTRAN. The results are presented in the form of load-displacement  $P$ - $Z$  diagrams. The divergence between the curves presented offers useful conclusions for the reliability of the method used in each loadcase. The introduction of data and the method of analysis used in NASTRAN and SOFISTIK are cited extensively in the appendix.