



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών

Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

## **ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΞΩΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ**

Μεταπτυχιακή Εργασία

**Δημήτριος Ευσταθίου**

ΕΜΚ ΜΕ 2018/11

Επιβλέπων: Χάρης Γαντές, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούνιος 2018

Copyright © Δημήτριος Ευσταθίου, 2018

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση σε αρχείο πληροφοριών, διανομή, αναπαραγωγή, μετάφραση ή μετάδοση της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό, υπό οποιαδήποτε μορφή και με οποιοδήποτε μέσο επικοινωνίας, ηλεκτρονικό ή μηχανικό, χωρίς την προηγούμενη έγγραφη άδεια του συγγραφέα. Επιτρέπεται η αναπαραγωγή, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν στη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από τη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/1932, Άρθρο 202).

Copyright © Dimitrios Efstathiou, 2018

All Rights Reserved

Neither the whole nor any part of this diploma thesis may be copied, stored in a retrieval system, distributed, reproduced, translated, or transmitted for commercial purposes, in any form or by any means now or hereafter known, electronic or mechanical, without the written permission from the author. Reproducing, storing and distributing this thesis for non-profitable, educational or research purposes is allowed, without prejudice to reference to its source and to inclusion of the present text. Any queries in relation to the use of the present thesis for commercial purposes must be addressed to its author.

Approval of this diploma thesis by the School of Civil Engineering of the National Technical University of Athens (NTUA) does not constitute in any way an acceptance of the views of the author contained herein by the said academic organisation (L. 5343/1932, art. 202).

Δημήτριος Ευσταθίου (2018)  
Εναλλακτικές Μέθοδοι Σχεδιασμού Τοξωτής Μεταλλικής Γέφυρας  
Μεταπτυχιακή Εργασία ΕΜΚ ΜΕ 2018/11  
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Dimitrios Efstathiou (2018)  
Master Thesis ΕΜΚ ΜΕ 2018/11  
Alternative Methods for the Design of Steel Arch Bridge  
Institute of Steel Structures, National Technical University of Athens, Greece

## **Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή κ. Χάρη Γαντέ για την ανάθεση της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας και για την πολύτιμη βοήθεια, που μου προσέφερε σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της. Του είμαι ευγνώμων, για τις γνώσεις, που μου μετέδωσε, το χρόνο, που αφιέρωσε και τη συνεχή υποστήριξη.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα. Ισαβέλλα Βασιλοπούλου, για τη βοήθεια, που μου προσέφερε στα πρώτα στάδια της εργασίας με το προσομοίωμα του φορέα.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω το Ίδρυμα Μποδοσάκη για τη χορήγηση της υποτροφίας για μεταπτυχιακές σπουδές.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Βάγια Ιωάννη και το Λέκτορα κ. Παύλο Θανόπουλο για τη συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή.



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΕΜΚ ΜΕ 2018/11

## **Εναλλακτικές Μέθοδοι Σχεδιασμού Τοξωτής Μεταλλικής Γέφυρας**

**Δημήτριος Ευσταθίου**

Επιβλέπων: Χάρης Γαντές, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, Καθηγητής ΕΜΠ

### **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας αποτελεί η εφαρμογή εναλλακτικών μεθόδων σχεδιασμού τοξωτής μεταλλικής γέφυρας. Οι μέθοδοι αυτές βρίσκονται στο νέο υπό διαμόρφωση κείμενο του Ευρωκώδικα 3 και αναφέρονται σε πλαισιακές κατασκευές. Στόχος της εργασίας είναι η εφαρμογή των μεθόδων σε ένα φορέα με διαφορετική γεωμετρία από εκείνη των πλαισίων, όπως είναι ο φορέας μίας τοξωτής γέφυρας. Για την επίτευξη του παραπάνω στόχου εξετάστηκε μία ήδη διαστασιολογημένη τοξωτή μεταλλική γέφυρα με τις διατάξεις των υφιστάμενων Κανονισμών. Σε αυτήν τη γέφυρα εφαρμόστηκαν οι νέες μέθοδοι, με κατάλληλες τροποποιήσεις ώστε να είναι δυνατή η εφαρμογή τους σε έναν τοξωτό φορέα. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε μέσω σύγκρισης των βαθμών αξιοποίησης των μελών της γέφυρας.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται κάποιες βασικές έννοιες για την ανάλυση των μεταλλικών κατασκευών. Επίσης, παρουσιάζονται οι μέθοδοι, που περιέχονται στο νέο Ευρωκώδικα 3.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται η γεωμετρία της γέφυρας και το προσομοίωμα πεπερασμένων στοιχείων, που δημιουργήθηκε. Γίνεται παρουσίαση της γεωμετρίας κάθε μέλους, των διατομών και των υλικών, που χρησιμοποιήθηκαν. Επίσης, αναφέρονται και οι παραδοχές, που πραγματοποιήθηκαν κατά τη δημιουργία του αριθμητικού προσομοιώματος.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα φορτία, που θεωρήθηκαν κατά την στατική ανάλυση της γέφυρας. Τα φορτία έχουν υπολογιστεί σύμφωνα με τις αντίστοιχες διατάξεις του Ευρωκώδικα αλλά έχουν γίνει και κάποιες απλοποιήσεις.

Στα επόμενα τέσσερα κεφάλαια (4,5,6,7) γίνεται η εφαρμογή των μεθόδων M1, M2, M3 και M5 αντίστοιχα. Υπολογίστηκαν για το κάθε μέλος και την κάθε μέθοδο οι βαθμοί αξιοποίησης και πραγματοποιήθηκαν συγκρίσεις των αποτελεσμάτων. Πραγματοποιήθηκαν στατικές αναλύσεις 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> τάξης, ενώ τοποθετήθηκαν και διάφορα σχήματα αρχικών ατελειών στο φορέα. Τέλος, στο όγδοο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας.



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS  
SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF STEEL STRUCTURES

MASTER THESIS  
EMK ME 2018/11

## **Alternative Methods for the Design of Steel Arch Bridge**

**Dimitrios Efstathiou**

Supervisor: Charis Gantes, Dr. Civil Engineer, Professor N.T.U.A.

### **ABSTRACT**

The present master thesis deals with the implementation of alternative methods for the design of a steel arch bridge. These methods are included in the text of the new (currently under revision) Eurocode 3 and are oriented towards frame structures. The aim of the present master thesis is the implementation of these methods in a structure with different geometry from frames. A steel arch bridge is a structure which fulfills this requirement. Thus, an already designed with the existing Eurocodes steel arch bridge was examined. The new methods were implemented in the design of this bridge, after appropriate modification and the utilization factor of each member was calculated. The utilization factors, which were calculated in each method were finally compared.

The first chapter presents some basic issues of the analysis of steel structures. There are also presented the methods, that are included in the new Eurocode 3.

The second chapter presents the geometry of the bridge and the finite element model, which was created. The geometry of each member, the cross sections and the materials used are described. Also, in this chapter are presented the assumptions made in order to create the finite element model.

The third chapter presents the loads, which were considered in the analysis of the bridge. The loads were calculated in accordance with the Eurocodes but there were made some simplifications.

The next four chapters (4,5,6,7) present the implementation of methods M1, M2, M3 and M5. The utilisation factors of each member and for each method are calculated and compared. Different types of analysis (first order and second order) are conducted and different shapes of initial imperfection are used. Finally, the eighth chapter presents the final conclusions of this thesis.