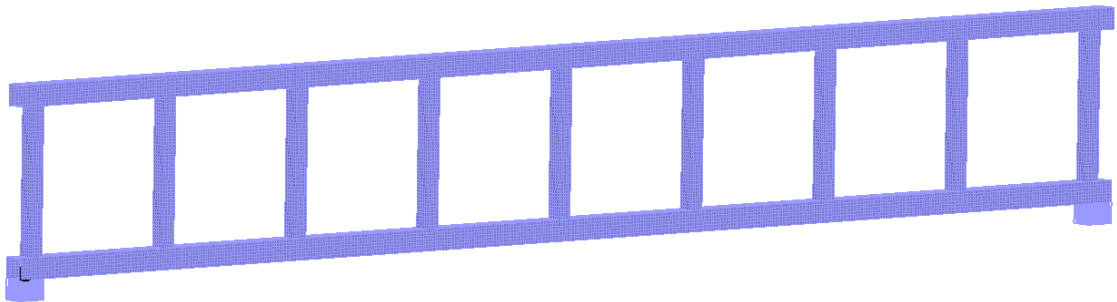




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΦΟΡΕΑ ΤΥΠΟΥ VIERENDEEL ΒΑΣΕΙ ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ



Διπλωματική Εργασία
ΣΕΒΑΣΤΙΑΝΟΣ ΛΥΡΙΣΤΗΣ

ΕΜΚ ΔΕ 2022 7

Επιβλέπων: Καθηγητής Χάρης Γαντές

Αθήνα, Μάρτιος 2022

Copyright © Λυριστής Σεβαστιανός, 2022
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 © Lyrstis Sevastianos, 2021
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).

Σεβαστιανός Λυριστής (2022)
Βελτιστοποίηση μεταλλικού φορέα τύπου Vierendeel βάσει μη γραμμικών αριθμητικών αναλύσεων
Διπλωματική Εργασία ΕΜΚ ΔΕ 2022 7
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Sevastianos Lyrstis (2022)
Diploma Thesis ΕΜΚ ΔΕ 2022 7
Optimization of Vierendeel-type steel structure by means of nonlinear numerical analyses
Institute of Steel Structures, National Technical University of Athens, Greece

Ευχαριστίες

Με το πέρας της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήταν συνετό να αναφέρω και να ευχαριστήσω σημαντικά πρόσωπα που συνεισέφεραν στην εκπόνηση της. Η περίοδος που εκπονήθηκε η διπλωματική εργασία, ήταν περίοδος με πολλές δυσκολίες, όπου διαδραματίζονταν πολλές και συνεχείς μεταβολές στο εξωτερικό περιβάλλον, αν αναλογιστεί κανείς τις συνθήκες που επέβαλε στην καθημερινή ζωή η πανδημία COVID-19. Οι αρνητικές επιπτώσεις αυτής της κρίσης δεν έκαναν διακρίσεις, επηρεάζοντας τον πολίτη τόσο ως άνθρωπο, όσο και ως εργαζόμενο. Επομένως, οι θερμές ευχαριστίες είναι το λιγότερο που θα μπορούσα να εκφράσω προς αυτά τα άτομα.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες να εκφράσω στον επιβλέποντα καθηγητή μου, κο Χάρη Γαντέ, για τη δεκτικότητα, διάθεση και εμπιστοσύνη που έδειξε από την αρχή να αναλάβω ένα θέμα διπλωματικής εργασίας που αφορά την έρευνα και διερεύνηση της συμπεριφοράς των στοιχείων μιας μεταλλικής κατασκευής. Ο συνδυασμός της εμπειρίας του, των χρήσιμων συμβουλών του και της άμεσης ανταπόκρισής του σε όλα τα στάδια της εργασίας, αποτέλεσαν καθοριστικούς παράγοντες για την εκπόνησή της.

Τέλος ευχαριστώ τους ανθρώπους που συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της εργασίας μου, αφιερώνοντας από τον πολύτιμο χρόνο τους, επιδεικνύοντας ιδιαίτερο ζήλο και προθυμία για βοήθεια, τον Δρ. Βασίλειο Μελισσιανό, Μεταδιδάκτορα Ερευνητή, και τον Κωνσταντίνο Ατζαράκη, υποψήφιος Διδάκτορας.

This research has been supported by the ADDOPTML project: "ADDitively Manufactured OPTimized Structures by means of Machine Learning" (No: 101007595) belonging to the Marie Skłodowska-Curie Actions (MSCA) Research and Innovation Staff Exchange (RISE) H2020-MSCA-RISE-2020



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΕΜΚ ΔΕ 2022 7

Βελτιστοποίηση μεταλλικού φορέα τύπου Vierendeel βάσει μη γραμμικών αριθμητικών αναλύσεων

Σεβαστιανός Λυριστής

Επιβλέπων: Καθηγητής Χάρης Γαντές

Μάρτιος 2022

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εξέλιξη της τεχνολογίας σε συνδυασμό με τη βελτίωση και ανανέωση των αλγορίθμων των λογισμικών που χρησιμοποιούν οι μηχανικοί, προσφέρουν τη δυνατότητα να διερευνηθεί η συμπεριφορά μιας κατασκευής κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες, με πολύ καλή ακρίβεια. Στην παρούσα εργασία αντικείμενο αποτελεί η εμπειρική διερεύνηση ως προς το περιθώριο για βελτιστοποίηση του πάχους των διατομών που έχουν τα μεταλλικά μέλη και οι συνδέσεις μιας δοκού Vierendeel. Τα αποτελέσματα αυτής της εργασίας μπορούν να αποτελέσουν τη βάση για τη δημιουργία και εφαρμογή αλγορίθμων βελτιστοποίησης που θα έχουν το πλεονέκτημα της αυτοματοποίησης. Αρχικά γίνεται σχεδιασμός του μοντέλου με στοιχεία δοκού ώστε να γίνει επιλογή των διαστάσεων και του πάχους των διατομών με κριτήριο το βέλος κάμψης του φορέα. Οι διατομές είναι κοίλες τετραγωνικές και αφού ελεγχθούν τα αποτελέσματα σε επίπεδο τάσεων και βέλους κάμψης, τότε σχεδιάζεται και ένα δεύτερο μοντέλο του ίδιου φορέα με στοιχεία κελύφους. Στο μοντέλο με τα στοιχεία κελύφους έχουν σχεδιαστεί οι διατομές με γωνίες και όχι με καμπύλα τμήματα. Αυτή η απλοποίηση συνεπάγεται μεγαλύτερη συγκέντρωση τάσεων στα σημεία σύνδεσης των πελμάτων με τους ορθοστάτες. Ωστόσο αυτή η μικρή διαφορά δεν επηρεάζει σημαντικά τα συμπεράσματα στο πέρας της εργασίας. Για το σκοπό αυτό οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν αρχικά είναι γραμμικές και γίνεται επιλογή των περιοχών-ζωνών που είναι υποψήφιες για βελτιστοποίηση. Με τα αποτελέσματα της γραμμικής ανάλυσης λαμβάνεται μία γενική εικόνα της καταπόνησης του φορέα και της κατανομής των τάσεων. Συνεπώς μπορούν να οριστούν κατάλληλα κάποιες ζώνες γύρω από τις συνδέσεις, που ενδέχεται να επιλεγθούν για βελτιστοποίηση του πάχους τους. Τελικώς, εκτελώντας μη γραμμικές αναλύσεις προκύπτουν κάποια μοντέλα τα οποία θα έχουν διαφορετικό πάχος σε ορισμένες ζώνες σε σχέση με το αρχικό μοντέλο. Τα αποτελέσματά τους οδηγούν σε ασφαλή συμπεράσματα για το είδος της βελτιστοποίησης που μπορεί να υλοποιηθεί. Η βελτιστοποίηση των διατομών έχει ως στόχο να οδηγηθούμε σε ένα μοντέλο, το οποίο θα συμπεριφέρεται όμοια με το διαστασιολογημένο με χρήση όσο το δυνατό λιγότερου υλικού.



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

DIPLOMA THESIS
EMK ΔΕ 2022 7

Optimization of Vierendeel-type steel structure by means of nonlinear numerical analyses

Sevastianos Lyrstis

Supervisor: Professor Charis Gantes

March 2022

ABSTRACT

The development of technology combined with the improvement and upgrade of the software algorithms used by engineers, provides the opportunity of investigating the behavior of a construction under any conditions with very good accuracy. In the present work, the object is to empirically investigate the margin for optimizing the plate thickness of the steel parts and the connections of a Vierendeel beam (upper chord, lower chord and vertical members). The results of this work can form the basis for the creation and application of optimization algorithms that will have the advantage of automation.

Initially the model is designed with beam elements, in order to select the dimensions and thickness of the cross sections based on the deflection displacement of the structure. The cross sections are hollow square, and after checking the results at the level of stresses and deflection displacement, then a second model of the same structure with shell elements is drawn. In the shell-element model, cross sections are designed with corners and not with curved sections. This simplification implies greater concentration of tensions at connection points of vertical members with chords. However, this small difference does not significantly affect the conclusions in the end. For this purpose, initially the analyses carried out are linear and the areas-zones that are candidates for optimization are being selected. An overview of the strain and stress distribution on the structure is taken by the results of the linear analysis. Furthermore, some zones can be accordingly defined around the connections, which may be selected to optimize their thickness. Eventually, by performing non-linear analyses, some models get to emerge which have a different thickness in some zones compared to the original model. The results of the non-linear analyses lead to conclusions about the type of optimization that can be implemented. The optimization of cross-sections aims to lead to a model that behaves similar to the designed one, using as much less material as possible.