



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών



Σχεδιασμός Πτυσσόμενων Στεγάστρων για Αντιμετώπιση Έκτακτων Αναγκών



Διπλωματική Εργασία
Γεώργιος Δ. Πανταζής

EMK ΔΕ 2022 8

Επιβλέπων: Καθηγητής Χάρης Γαντές

Αθήνα, Ιούλιος 2022

Copyright © Γεώργιος Δ. Πανταζής, 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 © Georgios D. Pantazis, 2022

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).

Γεώργιος Δ. Πανταζής (2022)
Σχεδιασμός Πτυσσόμενων Στεγάστρων για Αντιμετώπιση Έκτακτων Αναγκών
Διπλωματική Εργασία ΕΜΚ ΔΕ 2022 8
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Georgios D. Pantazis (2022)
Diploma Thesis ΕΜΚ ΔΕ 2022 8
Design of Deployable Shelters for Emergency Response
Institute of Steel Structures, National Technical University of Athens, Greece

Acknowledgements

«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»

Ευχαριστίες

Με την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, ολοκληρώνεται ένας ακόμα κύκλος σπουδών, και πραγματοποιείται ένα ακόμα βήμα στην ακαδημαϊκή μου πορεία.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Χάρη Γαντέ, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας, για την πολύτιμη καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκειά της, αλλά και για την προθυμία του να προσφέρει γνώσεις και συμβουλές σε ζητήματα επιστημονικά και μη.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς και την αδερφή μου, που στηρίζουν κάθε επιλογή μου, και ιδιαίτερα την Κλεοπάτρα μου, που ήταν μαζί μου σε όλο αυτό το ταξίδι, και σε κάθε ταξίδι.



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΕΜΚ ΔΕ 2022 8

Σχεδιασμός Πτυσσόμενων Στεγαστρων για Αντιμετώπιση Έκτακτων Αναγκών Γεώργιος Δ. Πανταζής

Επιβλέπων: Καθηγητής Χάρης Γαντές
Ιούλιος 2022

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ανάγκη για το σχεδιασμό και την υλοποίηση πτυσσόμενων στεγαστρων, πηγάζει από την ανάγκη για την ταχύτατη ανέγερση μίας προσωρινής κατασκευής, η οποία θα στεγάσει ανθρώπινες δραστηριότητες ή υπηρεσίες. Τέτοιες κατασκευές είναι ιδιαίτερα χρήσιμες σε περιπτώσεις έκτακτων αναγκών, όπως φυσικές ή ανθρωπογενείς καταστροφές, για την προσωρινή διαμονή των πληγέντων, ή την παροχή υπηρεσιών αποκατάστασης σε αυτούς.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε ένα πτυσσόμενο κυλινδρικό στέγαστρο εσωτερικών διαστάσεων κάτοψης 6.00x5.72m, και μέγιστου εσωτερικού ύψους 3.00m, του οποίου ο φορέας αποτελείται από ραβδωτά ψαλιδωτά στοιχεία από αλουμίνιο. Βασικό αντικείμενο μελέτης, αποτέλεσε η διαστασιολόγηση των ψαλιδωτών στοιχείων αλλά και των χαλύβδινων κόμβων μεταξύ αυτών. Λόγω της πολυπλοκότητας που παρουσιάζει η συνδεσμολογία μεταξύ των ψαλιδωτών στοιχείων, αλλά και οι εκκεντρότητες που εισάγονται στο στατικό σύστημα λόγω των διατομών τους, και των διαστάσεων των κόμβων, η διαστασιολόγηση του φορέα πραγματοποιήθηκε σε τρία στάδια.

Αρχικά πραγματοποιήθηκε η διαστασιολόγηση των ραβδωτών στοιχείων μέσω μη γραμμικών αναλύσεων γεωμετρίας και υλικού (GMNA), στο λογισμικό ADINA [5]. Η προσομοίωση ψαλιδωτών στοιχείων του φορέα έγινε μέσω γραμμικών πεπερασμένων στοιχείων δοκού, ενώ έγινε η θεώρηση άκαμπτων κόμβων μεταξύ των ψαλιδωτών στοιχείων, οι οποίοι εισήχθησαν στο προσομοίωμα μέσω των περιοριστικών εξισώσεων του λογισμικού. Κατά το στάδιο αυτό, κρίθηκε αναγκαία η προσομοίωση ενός συστήματος δυσκαμψίας μέσω καλωδιωτών στοιχείων μικρής διαμέτρου, για την παραλαβή φορτίων κατά τη διαμήκη διεύθυνση του στεγαστρου, λόγω της ευκαμψίας του φορέα στη διεύθυνση αυτή.

Στη συνέχεια έγινε διερεύνηση της επιρροής των γεωμετρικών ατελειών στη συμπεριφορά του φορέα, μέσω μη γραμμικών αναλύσεων υλικού και γεωμετρίας με ατέλειες (GMNIA). Σαν σχήμα αρχικών ατελειών χρησιμοποιήθηκαν οι απαραίτητες ιδιομορφές λυγισμού, που προέκυψαν από γραμμικές αναλύσεις λυγισμού που προηγήθηκαν.

Τέλος, πραγματοποιήθηκε η προσομοίωση τριών χαλύβδινων κόμβων, μέσω επιφανειακών πεπερασμένων στοιχείων σε διάταξη σταυρού, και η προσομοίωση των κοχλιών σύνδεσης μέσω γραμμικών πεπερασμένων στοιχείων δοκού, και σχολιάστηκε η επιρροή τους στη συμπεριφορά του φορέα, σε σχέση με το αρχικό προσομοίωμα.



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

DIPLOMA THESIS
EMK ΔΕ 2022 8

Design of Deployable Shelters for Emergency Response **Georgios D. Pantazis**

Supervisor: Professor Charis Gantes
July 2022

ABSTRACT

The need for the design and implementation of deployable shelters stems from the necessity for the rapid erection of a temporary structure, in order to house human activities or services. These constructions are particularly useful in cases of emergency, such as natural or man-made disasters, for the temporary accommodation of the affected, or the provision of rehabilitation services to them.

In this thesis, a deployable cylindrical canopy with internal dimensions of 6.00x5.72m plan view, and a maximum internal height of 3.00m, whose structural system consists of scissor - like elements, was studied. The main object of the study was the design of the scissor elements, and the steel joints between them. Due to the complexity presented by the connections between the scissor elements, and the eccentricities introduced into the static system due to their cross-sections, and the dimensions of the joints, the design of the structure was carried out in three stages.

Initially, the design of the scissor - like elements was carried out through Nonlinear Geometry and Material Analysis (GMNA), in the ADINA software [5]. The scissor elements were simulated using linear beam finite elements, while rigid links between the scissor elements were considered, which were added into the simulation through the software's constraint equations. During this stage, it was considered necessary to simulate a bracing system through small diameter cable elements, to receive external loads in the longitudinal direction of the roof, due to the flexibility of the structure in this direction.

Subsequently, the influence of geometric imperfections on the structural system behaviour was investigated through Nonlinear Geometry and Material Analysis with Imperfections (GMNIA). The necessary buckling modes, obtained from previous Linear Buckling Analyses, were used as an initial imperfection shape.

Finally, the simulation of three steel joints, through surface finite elements in a cruciform arrangement, and the simulation of the connection bolts through linear beam finite elements were carried out, and their influence on the behaviour of the structure, in relation to the original simulation, was discussed.