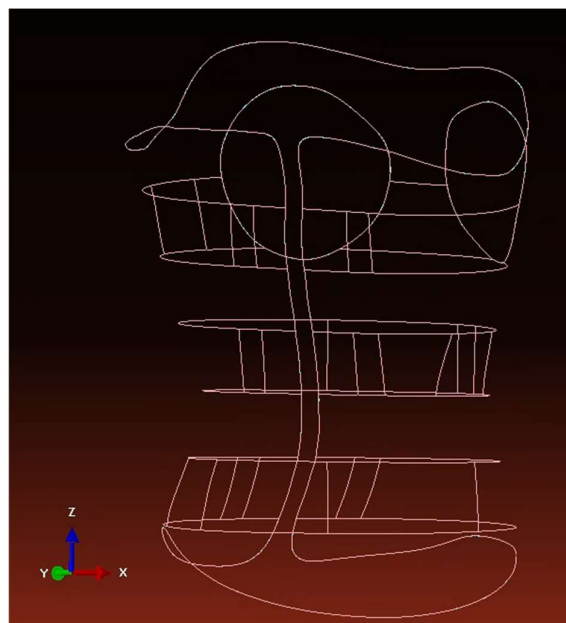




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών



ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΙ ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΗΔΕΜΟΝΩΝ ΣΠΟΝΔΥΛΙΚΗΣ ΣΤΗΛΗΣ



Διπλωματική Εργασία
Ιάσωνας Ροσσέτος

EMK ME 2023 10

Επιβλέπων: Χ.Ι. Γαντές, Καθηγητής

Αθήνα, Οκτώβριος 2023

Copyright © ΙΑΣΩΝΑΣ ΡΟΣΣΕΤΟΣ, 2023
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 © Iasonas Rossetos, 2023
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).

Ιάσωνας Ροσσέτος (2023)
Αριθμητική Προσομοίωση Και Μη Γραμμική Ανάλυση Κηδεμόνων Σπονδυλικής Στήλης
Διπλωματική Εργασία ΕΜΚ ΜΕ 2023 10
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Iasonas Rossetos (2023)
Diploma Thesis EMK ME 2023 10
Numerical Simulation And Nonlinear Analysis of Spine Braces
Institute of Steel Structures, National Technical University of Athens, Greece

Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εκπονήθηκε κατά την θερινή περίοδο του Ακαδημαϊκού Έτους 2022-2023, στα πλαίσια του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Δομοστατικός Σχεδιασμός και Ανάλυση Κατασκευών» του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου υπό την επίβλεψη του Καθηγητή κ. Χαράλαμπου Γαντέ. Πριν την παρουσίαση της εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Χαράλαμφο Γαντέ για την πολύτιμη καθοδήγηση του και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον και πρωτότυπο αντικείμενο. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους υποψήφιους διδάκτορες Γεώργιο Καζάκη και Στέφανο Βούλγαρη για τις πολύτιμες συμβουλές τους και τις παρεμβάσεις τους κατά την εκπόνηση της εργασίας. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή της Ιατρικής Σχολής του ΕΚΠΑ κ. Σουλτάνη Κωνσταντίνο, για την πολύτιμη συνεισφορά του στις συμβουλές και πληροφορίες ιατρικού χαρακτήρα, οι οποίες ήταν απαραίτητες για την εκπόνηση της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας.

Αφιέρωση

Η παρούσα εργασία αφιερώνεται στους γονείς μου Νίκο και Αργυρώ καθώς και στην αδερφή μου Μαριαέλενα, που με την βοήθεια και την στήριξη τους όλα τα χρόνια προπτυχιακών και μεταπτυχιακών σπουδών, κατάφερα να αποκτήσω όλα τα εφόδια και τις γνώσεις που έχω σήμερα.



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΕΜΚ ΜΕ 2023 10

**Αριθμητική Προσομοίωση Και Μη Γραμμική Ανάλυση Κηδεμόνων
Σπονδυλικής Στήλης**

Ιάσωνας Ροσσέτος

Επιβλέπων: Χαράλαμπος Γαντές

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι κηδεμόνες σπονδυλικής στήλης αποτελούν εξωτερική στήριξη του ανθρώπινου κορμού για την αντιμετώπιση της σκολίωσης κυρίως στις εφηβικές ηλικίες. Οι παραδοσιακοί κηδεμόνες δημιουργούσαν δυσφορία στους ασθενείς καθώς πρόκειται για βαριές και ογκώδεις κατασκευές. Οι σύγχρονες απαιτήσεις και οι νέες τεχνολογίες γεννούν τη δυνατότητα σχεδιασμού και παραγωγής εύχρηστων, ελαφριών και βελτιστοποιημένων κηδεμόνων σπονδυλικής στήλης. Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στην διερεύνηση του αρχικού σταδίου αυτής της διαδικασίας που αποτελεί η αριθμητική προσομοίωση τυπικών κηδεμόνων σπονδυλικής στήλης προκειμένου να υπολογιστεί η δομική τους συμπεριφορά. Αξιοποιώντας αρχείο CAD το οποίο δημιουργήθηκε από σάρωση υφιστάμενου κηδεμόνα σπονδυλικής στήλης δημιουργήθηκε αριθμητικό προσομοίωμα στο λογισμικό πεπερασμένων στοιχείων Abaqus CAE. Βασικό στάδιο για την δημιουργία αριθμητικού προσομοιώματος είναι η παραδοχή λειτουργίας κηδεμόνα με ιμάντες πρόσδεσης στην πίσω όψη και ύπαρξης υποστηρικτικών μαξιλαριών εσωτερικά του κηδεμόνα, τα οποία συμβάλουν στην ανάπτυξη διορθωτικών δυνάμεων στον σκελετό του ασθενούς με στόχο τον περιορισμό της ανάπτυξης της κλίσης της σπονδυλικής στήλης. Σύμφωνα με την παραπάνω παραδοχή δημιουργούνται διαφορετικά σενάρια φόρτισης τα οποία αξιοποιούν ως δεδομένα αρκετές παραμέτρους όπως τα μηχανικά χαρακτηριστικά διαφορετικών υλικών, διαφορετικά πάχη διατομής κηδεμόνα, συντομικές συνθήκες, επιβαλλόμενα φορτία και μετακινήσεις καθώς και τις παραμέτρους για την προσομοίωση της αλληλεπίδρασης κηδεμόνα και ανθρώπινου σώματος. Η χρήση μη γραμμικών αναλύσεων κρίθηκε αναγκαία εξαιτίας της γεωμετρίας και της αλληλεπίδρασης σώματος-κηδεμόνα προκειμένου να μπορέσουν να παραχθούν τα κατάλληλα και ακριβή αποτελέσματα. Τα αποτελέσματα τα οποία εξάγονται αφορούν τις αναπτυσσόμενες τάσεις στην επιφάνεια του κηδεμόνα, τις παραμορφώσεις καθώς και τις πιέσεις στο ανθρώπινο σώμα του ασθενούς, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν σε μετέπειτα βήματα για την βελτιστοποίηση της τοπολογίας του αριθμητικού προσομοιώματος προκειμένου να μπορέσουν να παραχθούν κηδεμόνες με την λιγότερη δυνατή μάζα. Οι βασικές αρχές της μηχανικής βρίσκουν εφαρμογή στην προσομοίωση με πεπερασμένα στοιχεία σε αντικείμενα σύνθετης γεωμετρίας όπως οι κηδεμόνες, με τις αναπτυσσόμενες τάσεις και παραμορφώσεις να κινούνται σε λογικά όρια και τιμές οι οποίες συνάδουν με αποτελέσματα πειραματικών και κλινικών δοκιμών σύμφωνα με την βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιείται στα αρχικά κεφάλαια της εργασίας. Τέλος η υλοποίηση παραμετρικών αναλύσεων στο τέταρτο κεφάλαιο της μεταπτυχιακής εργασίας συμβάλει στην εξαγωγή συμπερασμάτων αναφορικά με τα πάχη διατομής του κηδεμόνα και του μέτρου ελαστικότητας του εκάστοτε υλικού του κηδεμόνα.



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



DIPLOMA THESIS
EMK ME 2023 10

Numerical Simulation and Nonlinear Analysis of Spine Braces

Iasonas Rossetos

Supervisor: Charalambos Gantes

ABSTRACT

Spine braces are an external support of the human trunk for the treatment of adolescent idiopathic scoliosis. Traditional braces caused discomfort to patients as they are heavy and bulky structures. Modern requirements and new technologies are giving rise to the possibility of designing and producing easy-to-use, lightweight and optimized spine braces. This thesis focuses on the investigation of the initial stage of this process, which is the numerical simulation of typical braces in order to calculate their structural behavior. Utilizing a CAD file created from a scan of an existing spine brace, a numerical simulation was created in the finite element software Abaqus CAE. A key stage in the creation of the numerical simulation is the assumption of a brace operation with tethering straps on the rear face and the existence of supporting pads inside the brace, which contribute to the development of corrective forces on the patient's skeleton in order to limit the development of spinal inclination. According to the above assumption, different loading scenarios are generated which utilize as data several parameters such as the mechanical characteristics of different materials, different cross-sectional thicknesses of the brace, boundary conditions, applied loads and displacements as well as the parameters for simulating the interaction between the brace and the human body. The use of non-linear analyses was deemed necessary due to the geometry and body-guide interaction in order to produce appropriate and accurate results. The results obtained concern the stresses developed on the surface of the brace, the deformations as well as the pressures on the human body of the patient, which can be used in later steps to optimize the topology of the numerical simulation in order to produce braces with the least possible mass. The basic principles of mechanics find application in finite element simulation to objects of complex geometry such as spine braces, with the developing stresses and deformations being within reasonable limits and values that are consistent with experimental and clinical test results according to the literature review carried out in the initial chapters of the thesis. Finally, the implementation of parametric analyses in the fourth chapter of the thesis contributes to the conclusions regarding the cross-sectional thicknesses of the brace and the elastic modulus of the respective brace material, different brace cross-sectional thicknesses, boundary conditions, applied loads and displacements as well as the parameters for the simulation of the brace-human body interaction.