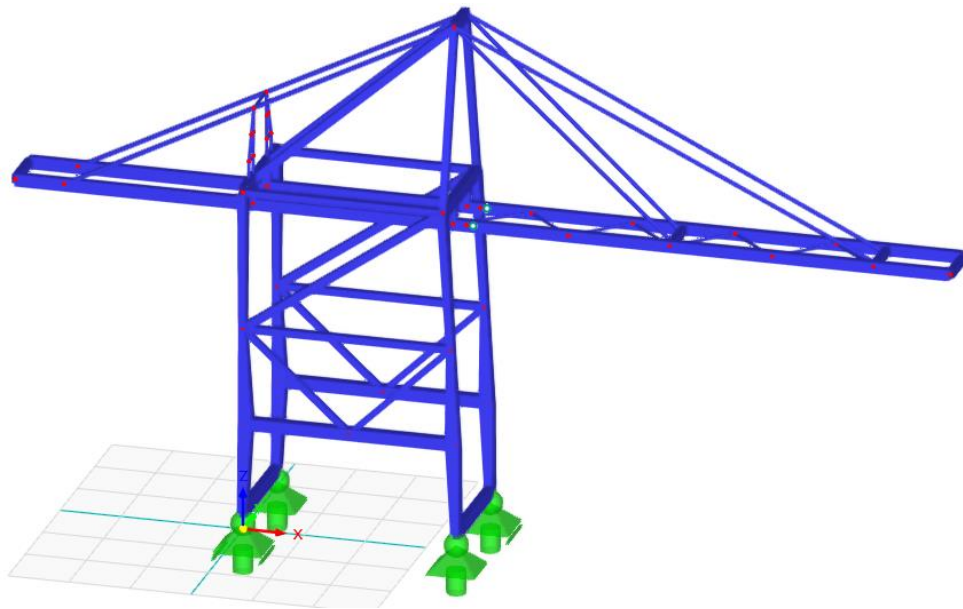




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών



Σχεδιασμός Λιμενικών Γερανών Εμπορευματοκιβωτίων



Διπλωματική Εργασία
Κωνσταντίνος Ντάκος
EMK ΔΕ 007

Επιβλέπων: Χ. Γαντές, Καθηγητής Ε.Μ.Π.
Συνεπιβλέπων: Σ. Γκατζογιάννης, Δρ. & Ακαδημαϊκός Υπότροφος Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2023

Copyright © Κωνσταντίνος Ντάκος, 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 (Ν. 5343/1932, Άρθρο 202).

Copyright © Konstantinos Ntakos, 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).

Κωνσταντίνος Ντάκος (2023)
Σχεδιασμός Λιμενικών Γερανών Εμπορευματοκιβωτίων
Διπλωματική Εργασία ΕΜΚ ΔΕ 007
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Konstantinos Ntakos (2023)
Diploma Thesis ΕΜΚ ΔΕ 007
Ship-to-Shore Container Crane Design
Institute of Steel Structures, National Technical University of Athens, Greece

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά για την υποστήριξη και τη βοήθεια που μου παρείχαν στην εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Χάρη Γαντέ και τον συνεπιβλέποντα Δρ. Στέφανο Γκατζογιάννη. Η βοήθεια, η άμεση ανταπόκριση αλλά και οι συμβουλές που μου προσέφεραν στις μακροσκελείς συναντήσεις μας συνέβαλαν καθοριστικά στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Επίσης, ευχαριστίες οφείλω στην εταιρεία Shanghai Zhenhua Heavy Industries Company Limited (ZPMC) για την μεγάλη βοήθεια που μου προσέφερε παρέχοντάς μου κατάλληλο υλικό το οποίο λειτούργησε ως βάση για τον σχεδιασμό του γερανού.

Πιο πολύ από όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την απεριόριστη στήριξη και βοήθεια που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια του απαιτητικού πενταετούς κύκλου σπουδών δίνοντάς μου τη δυνατότητα να επικεντρωθώ απερίσπαστα στις σπουδές μου. Κλείνοντας, δε θα μπορούσα να μην αναφερθώ στο πολύ όμορφο και δημιουργικό κλίμα που επικράτησε στο στενό κύκλο των συμφοιτητών μου όλα αυτά τα πέντε έτη ανταλλάσσοντας γνώσεις, γνώμες και εμπειρίες που θα θυμάμαι για πάντα.



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΕΜΚ ΔΕ 007

Σχεδιασμός Λιμενικών Γερανών Εμπορευματοκιβωτίων

Κωνσταντίνος Ντάκος

Επιβλέπων: Χ. Γαντές, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Συνεπιβλέπων: Σ. Γκατζογιάννης, Δρ. & Ακαδημαϊκός Υπότροφος Ε.Μ.Π.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ένα πολύ σημαντικό και συνεχώς αυξανόμενο ποσοστό των θαλάσσιων μεταφορών πραγματοποιείται με χρήση εμπορευματοκιβωτίων, η χρήση των οποίων έχει συμβάλει τα μέγιστα στην ανάπτυξη των μεταφορών μέσω θαλάσσης. Οι λιμενικοί γερανοί εμπορευματοκιβωτίων αναλαμβάνουν το σύνθετο έργο της φορτοεκφόρτωσης των εμπορευματοκιβωτίων, μια διαδικασία που σε μεγάλο βαθμό κρίνει την εύρυθμη λειτουργία του λιμένα. Έτσι, επιτακτική κρίνεται η ανάγκη του σωστού σχεδιασμού των κατασκευών αυτών.

Η παρούσα εργασία εστιάζει στον σχεδιασμό του μεταλλικού φέροντα οργανισμού ενός λιμενικού γερανού ανυψωτικής ικανότητας 70 tn με δυνατότητα ταυτόχρονης εξυπηρέτησης έως και 2 εμπορευματοκιβωτίων χωρητικότητας 2 TEU. Ο σχεδιασμός βασίζεται κυρίως στα κανονιστικά πρότυπα EN 13001:2021, EN 15011:2011 & EN 1993-1-1:2005. Η ανάλυση και διαστασιολόγηση του φορέα βασίζεται σε γραμμικές αναλύσεις με τα μέλη προσομοιωμένα ως γραμμικά στοιχεία. Συνέπεια του ασυνήθιστου στατικού συστήματος αλλά και της αδυναμίας διαστασιολόγησης κάποιων μελών ιδιαίτερης γεωμετρίας μέσω γραμμικών αναλύσεων και θεώρησης μηκών λυγισμού, είναι η εκτέλεση γεωμετρικά μη γραμμικών αναλύσεων με αρχικές στέλειες. Ο υπολογισμός των τοπικών αλλά & των καθολικών ατελειών πραγματοποιείται ακολουθώντας την κατάλληλη μεθοδολογία όπως αυτή ορίζεται στην έκδοση FprEN 1993-1-1:2022. Η συγκεκριμένη μέθοδος καθιστά δυνατή την διαστασιολόγηση των μελών του μεταλλικού γερανού σε όρους τάσεων. Τα δύο είδη αναλύσεων πραγματοποιούνται σε δύο διαφορετικά προσομοιώματα λόγω της διαφορετικής γεωμετρίας της κατασκευής κατά τις εντός & εκτός λειτουργίας καταστάσεις της. Τέλος, την διαστασιολόγηση του φορέα ακολουθεί ο έλεγχος έναντι κόπωσης και ανατροπής.

Αξιολογώντας τα αποτελέσματα των αναλύσεων διαπιστώνεται η σχετικά μικρή επιρροή των αρχικών ατελειών στο φορέα. Επιπλέον, αναδεικνύεται η διαφορά ευκαμψίας και ενδοσιμότητας της κατασκευής σε μετακινήσεις κατά τις δύο διευθύνσεις της. Τέλος, επαληθεύεται η κρισιμότητα του ελέγχου έναντι κόπωσης για τα μέλη που παρουσιάζουν μεγάλες συγκεντρώσεις τάσεων καθώς η κατασκευή σχεδιάζεται για αρκετά μεγάλο αριθμό κύκλων φόρτισης.



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



DIPLOMA THESIS
EMK ΔΕ 007

Ship-to-Shore Container Crane Design

Konstantinos Ntakos

Supervisor: C. Gantes, Professor NTUA

Co-supervisor: S. Gkatzogiannis, Dr.-Ing., Academic Fellow NTUA

ABSTRACT

A significant and continuously increasing percentage of maritime transportation is carried out using shipping containers, the use of which has greatly contributed to the development of sea transport system. Ship-to-Shore (STS) cranes are responsible for the complex task of loading and unloading containers, a process that largely determines the proper functioning of ports. Therefore, the need for the optimal design of these structures is crucial.

This study focuses mainly on the analysis & design of the steel structure of a Ship-to-Shore crane with a lifting capacity of 70 tons, capable of simultaneously serving up to 2 containers with a capacity of 2 TEUs each. The design is mainly based on the standards EN 13001:2021, EN 15011:2011 & EN 1993-1-1:2005. The analysis & design of structure are based on linear analysis, with the members simulated as linear elements. However, because of the non-conventional static system and the inability to design some members with particular geometrical characteristics with linear analysis & buckling length consideration, geometrically nonlinear imperfection analysis (GNIA) is necessary. Calculation of the bow & sway imperfections is performed following the appropriate methodology as defined in the new version of FprEN1993-1-1:2022. This particular method enables the design of the crane's steel structure in terms of stresses. The two analysis types are executed in two different models due to the different structure's geometry during service & non-service states. Following the crane's design, fatigue & stability checks are carried out.

Evaluating the results of the analysis & design, it is noticed that the initial imperfections have relatively a small influence on the structure. Additionally, the difference in flexibility of the crane about the two axes is highlighted. Lastly, the fatigue check is confirmed to be critical for members that exhibit stress concentrations, as the crane is designed for a significant number of stress cycles.