



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

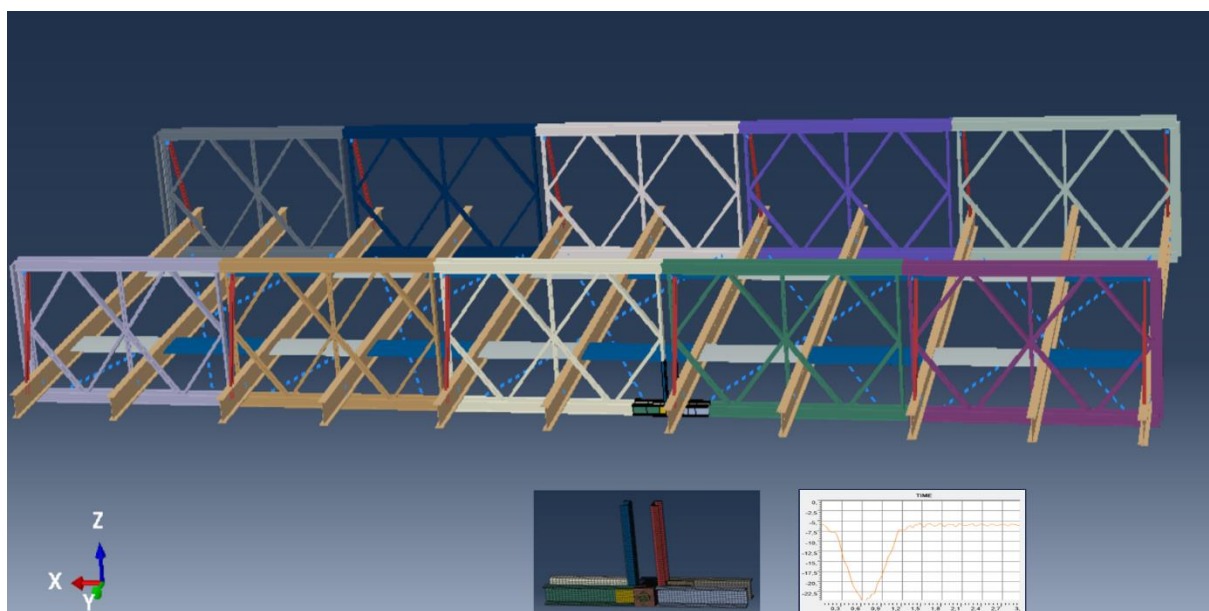
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών

ΔΠΜΣ “Δομοστατικός Σχεδιασμός & Ανάλυση των Κατασκευών”

Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών



ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΟΜΒΩΝ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΠΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΩΝ ΓΕΦΥΡΩΝ BAILEY



Μεταπτυχιακή Εργασία
Αλκαίος Καχριμάνης

ΕΜΚ ΜΕ 2024 9

Επιβλέπων: Χάρης Γαντές, Καθηγητής
Συνεπιβλέπων: Βασίλης Παπαβασιλείου, Υποψήφιος Διδάκτορας

Αθήνα, Οκτώβριος 2024

Copyright © Αλκαίος Καχριμάνης 2024
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 μεταπτυχιακής εργασίας από τη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/1932, Άρθρο 202).

Copyright © Alkaios Kachrimanis, 2024
All Rights Reserved

Neither the whole nor any part of this master 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 master 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).

Αλκαίος Καχριμάνης (2024)

Διερεύνηση συμπεριφοράς κόμβων σύνδεσης προκατασκευασμένων γεφυρών Bailey
Μεταπτυχιακή Εργασία ΕΜΚ ΜΕ 2024 9
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Alkaios Kachrimanis (2024)

Master Thesis ΕΜΚ ΜΕ 2024 9
Investigation of the Behavior of the Joints of Prefabricated Bailey Bridges
Institute of Steel Structures, National Technical University of Athens, Greece

Ευχαριστίες

Θα ήθελα μέσω της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή μου κύριο Χάρη Γαντέ για την εμπιστοσύνη και την ανάθεση του συγκεκριμένου ενδιαφέροντος θέματος, καθώς και για την πολύτιμη συμβολή και καθοδήγηση του σε κομβικά σημεία. Οι γνώσεις που αποκόμισα μέσω της αгаστής συνεργασίας μας, συνετέλεσαν εν γένει στην βαθύτερη κατανόηση των μεταλλικών κατασκευών, και θα αποτελέσουν εφαλτήριο στην μετέπειτα πορεία μου, ως πολιτικού μηχανικού.

Επιπρόσθετα θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον κύριο Βασίλη Παπαβασιλείου, για τις γνώσεις που μου μεταλαμπάδευσε στο αντικείμενο των προκατασκευασμένων γεφυρών. Ο καθένας, με ξεχωριστό τρόπο, αποτέλεσαν αρωγοί στην ορθή διεκπεραίωση της εργασίας.

Αφιέρωση

Την παρούσα εργασία την αφιερώνω στην οικογένεια μου, για την ανυστερόβουλη στήριξη που μου παρείχε όλο αυτό το χρονικό διάστημα.



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΠΜΣ "Δομοστατικός Σχεδιασμός & Ανάλυση
των Κατασκευών
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΕΜΚ ΜΕ 2024 9

**Διερεύνηση συμπεριφοράς κόμβων σύνδεσης προκατασκευασμένων γεφυρών
Bailey**

Αλκαίος Καχριμάνης

Επιβλέπων: Χάρης Γαντές, Καθηγητής
Συνεπιβλέποντες: Βασίλης Παπαβασιλείου, Υποψήφιος Διδάκτορας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι προκατασκευασμένες γέφυρες, ο καινοτόμος σχεδιασμός για τα τότε δεδομένα, η ευκολία εφαρμογής, η ταχύτητα διεκπεραίωσης και η αξιοθαύμαστη λειτουργικότητα συνετέλεσε στην αξιοπρόσεκτη ιστορική πορεία τους. Η ευρεία χρήση τους τοποθετείται στα μέσα του 20^{ου} αιώνα με εμβληματικό το παράδειγμα του στατικού συστήματος Bailey σε στρατιωτικές επιχειρήσεις, ενώ παραδείγματα υλοποίησης τέτοιων φορέων υφίστανται και επί του παρόντος σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης. Ο αρχικός σχεδιασμός, καινοφανής συγκριτικά με το θεωρητικό υπόβαθρο της σύγχρονης γεφυροποιίας, προέβλεπε έναν περατό χρόνο ζωής, μικρότερο των συνήθων κατασκευών, όμως ορισμένοι φορείς συναντώνται σε λειτουργία και σήμερα. Πιθανή απόρροια της επέκτασης ζωής και λειτουργίας των γεφυρών Bailey, χωρίς την εποπτεία συντήρησης και τη διενέργεια απαιτούμενων-κατάλληλων επεμβάσεων επί του δομικού συστήματος, αποτελεί η στατική ανεπάρκεια εξαιτίας του φαινομένου της κόπωσης, ειδικά σε συνδυασμό με πιθανή διάβρωση μελών. Η απουσία πληθώρας μελετών και πειραματικών δεδομένων συνυφασμένες με τις σύγχρονες επιστημονικές μεθόδους και νόρμες, κεντρίζουν το ερευνητικό ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια για την κατανόηση της δυναμικής απόκρισης της γέφυρας Bailey σε δυναμική, επαναληπτικής φύσεως, καταπόνηση. Επιπρόσθετα ο πλούτος αβεβαιοτήτων, συνυφασμένων με τις συγκεκριμένες δομές και τον τρόπο κατασκευής τους, αποτελεί τροχοπέδη για την υιοθέτηση ενός ισοδύναμου στατικού συστήματος. Στο παρόν κομμάτι γίνεται προσπάθεια ανεύρεσης πειραματικών δεδομένων και συντελείται μετά από δοκιμές, όσον αφορά τον κρίσιμο παράγοντα προσομοίωσης των διαφόρων συνδέσεων των μελών, ένα καθολικό μοντέλο με ρεαλιστική στατική και δυναμική συμπεριφορά σε ανάλογες καταστάσεις. Εντοπίζονται σημεία του φορέα με εκτεταμένη καταπόνηση συγκριτικά με τα άλλα, όπως ο κόμβος σύνδεσης πλαισίων, και συγκρίνονται με υφιστάμενες βιβλιογραφικές μελέτες. Η εγγενής μη γραμμικότητα του ζητήματος λόγω της επαφής επιφανειών στον κόμβο σύνδεσης, η ανάγκη πραγμάτωσης πυκνού πλέγματος πεπερασμένων στοιχείων, επιφανειακών και τρισδιάστατων, όπως επίσης και η ανάγκη μελέτης της μη γραμμικότητας του υλικού, αυξάνουν εκθετικά το υπολογιστικό κόστος των αναλύσεων, και έρχονται σε σύγκρουση με μια εξαιρετικά ρεαλιστική απόδοση του κόμβου σύνδεσης. Υιοθετείται έτσι η μόρφωση ενός κατάλληλου υπομοντέλου με επαρκείς λεπτομέρειες να εισάγονται προς το πέρας της κείμενης εργασίας, ενώ παράλληλα μελετάται εκτεταμένα η επιβολή συνωριακών συνθηκών, τόσο στα άκρα του όσο και στα ενδιάμεσα σημεία στα οποία συντρέχουν εξωτερικά μέλη. Για λόγους σύγκρισης και πληρότητας διενεργείται δυναμική ανάλυση για διέλευση οχήματος σε ένα καθολικό προσομοίωμα της γέφυρας γραμμικών πεπερασμένων στοιχείων, με το

υπομοντέλο να υπεισέρχεται στην αντίστοιχη περιοχή, και παρατηρούνται συγκλίσεις και πιθανές αποκλίσεις με τα διάφορα υπομοντέλα στην προσπάθεια να μειωθεί σε μελλοντικές μελέτες ο κρίσιμος παράγοντας των υπολογιστικών διαδικασιών. Έπειτα από την επικύρωση των αποτελεσμάτων υπολογίζονται οι κύκλοι κόπωσης, σύμφωνα με το ισχύον κανονιστικό πλαίσιο έως την αστοχία σημείων του κόμβου, ενώ διενεργείται εκ νέου συγκριτική ανάλυση με τα πειραματικά δεδομένα.



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING
MSc "Analysis and Design of Structures"
INSTITUTE OF STEEL STRUCTURES



MASTER THESIS
EMK ME 2024 9

Numerical Simulation and Evaluation of Modular Joints of Prefabricated Steel Bridges
Alkaïos Kachrimanis

Supervisor: Charis Gantes, Professor

Co-supervisor: Vasileios Papavasileiou, PhD Candidate

ABSTRACT

Prefabricated bridges, with their innovative design for the time, ease of implementation, speed of completion, and admirable functionality, have contributed to their remarkable historical trajectory. Their widespread use is positioned in the mid-20th century, notably exemplified by the Bailey static system in military operations, while examples of implementing such structures are still present in emergency situations today. The initial design, novel compared to the theoretical background of modern bridge engineering, anticipated a finite lifespan shorter than that of conventional constructions, however, some structures are still operational today. A possible consequence of the extended lifespan and operation of Bailey bridges, without maintenance oversight and the necessary-appropriate interventions on the structural system, is the static inadequacy due to fatigue phenomena, especially in combination with potential corrosion of the members. The lack of numerous studies and experimental data associated with contemporary scientific methods and standards has heightened research interest in understanding the Bailey Bridge's dynamic response to dynamic, repetitive loading. Additionally, the wealth of uncertainties inherent in these specific structures and their construction methods hinders the adoption of an equivalent static system. This section aims to find experimental data that contribute to a universal model with realistic static and dynamic behavior in similar situations after conducting tests regarding the critical factor of simulating the various connections of the members. Areas of the structure experiencing extensive stress compared to others, such as the frame connection node, are identified and compared with existing literature studies. The inherent nonlinearity of the problem due to surface contact at the connection node, the need for a dense finite element mesh, both surface and three-dimensional, as well as the necessity to study material nonlinearity, exponentially increases the computational cost of the analyses, conflicting with an extremely realistic representation of the connection node. Thus, a suitable sub-model is adopted, with sufficient details to be introduced throughout the ongoing work, while extensively studying the suitability of boundary conditions, both at its ends and at intermediate points where external members converge. For reasons of comparison and completeness, a dynamic analysis is conducted for vehicle passage over a universal simulation of the bridge using linear finite elements, with the sub-model entering the corresponding area, and convergences and possible discrepancies with various sub-models are observed in an effort to reduce the critical factor of computational processes in future studies. Following the validation of the results, fatigue cycles are calculated according to the applicable regulatory framework until failure occurs, while a comparative analysis with the experimental data is conducted anew.