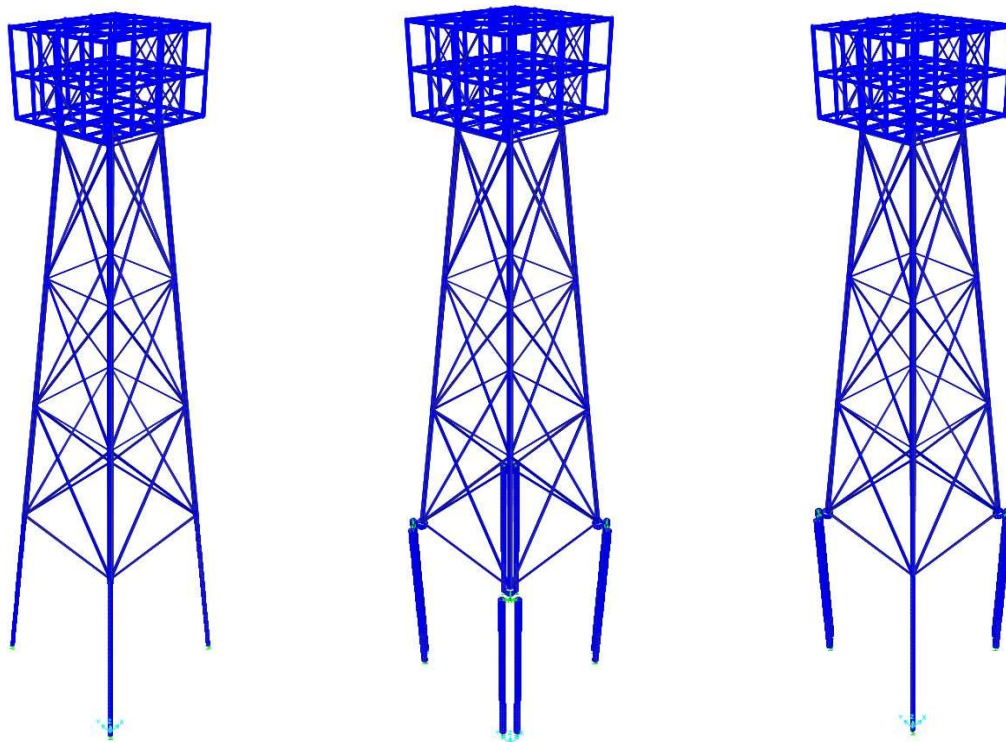




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών



ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΞΕΔΡΩΝ



Διπλωματική Εργασία
Ανδρέας Γιαννούτσος

ΕΜΚ ΔΕ 2024 6

Επιβλέπων: Χάρης Ι. Γαντές Καθηγητής

Αθήνα, Ιούλιος 2024

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

Copyright © Andreas Giannoutsos, 2024
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).

Ανδρέας Γιαννούτσος (2024)
Εναλλακτικοί Τρόποι Θεμελίωσης Θαλάσσιων Εξεδρών
Διπλωματική Εργασία ΕΜΚ 2024 6
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Andreas Giannoutsos (2024)
Diploma Thesis ΕΜΚ 2024 6
Alternative Foundation Solutions for Offshore Jackets
Institute of Steel Structures, National Technical University of Athens, Greece

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως τον επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας, Καθηγητή του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ τον κ. Χάρη Γαντέ για την επιστημονική καθοδήγησή και στήριξη που παρείχε, αλλά και την πολύτιμη βοήθεια που προσέφερε σε κάθε στάδιο εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Ιωάννη Ψαρά, Πολιτικό Μηχανικό και τον κ. Παύλο Θανόπουλο, Επίκουρο Καθηγητή του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ για τον πολύτιμο χρόνο που αφιέρωσαν αλλά και τη σημαντική βοήθεια που προσέφεραν, η οποία είχε καθοριστικό ρόλο σε ζητήματα που αφορούσαν το στατικό πρόγραμμα SAP2000 και συνάμα στην εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Αχιλλέα Παπαδημητρίου, Αναπληρωτή Καθηγητή του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ για τον πολύτιμο χρόνο που αφιέρωσε αλλά και τη σημαντική βοήθεια που προσέφερε, η οποία είχε καθοριστικό ρόλο σε ζητήματα γεωτεχνικής φύσεως.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για τη συνεχή ηθική, πνευματική και υλική υποστήριξη και συμπαράσταση που παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, καθώς και την κατανόηση και την υπομονή της, συμβάλλοντας σε μία ολοκληρωμένη εκπαιδευτική πορεία στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Στην οικογένειά μου



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΕΜΚ ΔΕ 2024 6

Εναλλακτικοί Τρόποι Θεμελίωσης Θαλάσσιων Εξεδρών

Ανδρέας Γιαννούτσος

Επιβλέπων: Χάρης Ι. Γαντές Καθηγητής

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας προπτυχιακής διπλωματικής εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της επιρροής εναλλακτικών τρόπων θεμελίωσης στην συμπεριφορά θαλάσσιων εξεδρών. Σε μία υπεράκτια μεταλλική πλατφόρμα *jacket* διερευνώνται τρεις τρόποι θεμελίωσης, με χρήση:

- pin piles*: μεμονωμένων πασσάλων εμπηγνυόμενων εντός των ποδιών του *jacket*,
- skirt piles*: ζεύγος πασσάλων εμπηγνυόμενων εντός ειδικών περιβλημάτων (*sleeves*) εξωτερικά των ποδιών του *jacket*,
- mixed piles*: μεικτή χρήση των πασσάλων τύπου *pin* και *skirt* με αντιδιαμετρική τοποθέτηση των όμοιων πασσάλων.

Αρχικά, γίνεται μία γενικότερη αναφορά στις υπεράκτιες κατασκευές και εν συνεχεία εξειδίκευση στο δικτύωμα *jacket*, το οποίο πρόκειται να προσομοιωθεί με το πρόγραμμα SAP2000.

Επιλέγεται, η εξεταζόμενη υπεράκτια πλατφόρμα να έχει λειτουργία υποσταθμού αιολικού πάρκου, καθώς επίσης να χωροθετηθεί σε ελληνικά ύδατα και συγκεκριμένα στο Θρακικό Πέλαγος.

Σύμφωνα με τις διατάξεις του Ευρωκώδικα, υπολογίζονται τα φορτία που ασκούνται στην κατασκευή. Σε αυτά περιλαμβάνονται τα μόνιμα, τα κινητά, οι περιβαλλοντικές δράσεις, δηλαδή το χιόνι, ο άνεμος, η ανάπτυξη θαλάσσιας ζωής, το κύμα και οι σεισμικές δράσεις. Έτσι, προκύπτουν οι συνδυασμοί δράσεων.

Η αλληλεπίδραση εδάφους-κατασκευής κατά την οριζόντια διεύθυνση προσομοιώνεται μέσω μη γραμμικών μεταβαλλόμενων ελατηρίων. Σε κάθε ελατήριο, αντιστοιχεί μια καμπύλη πίεσης-υποχώρησης ($p-y$), η οποία εξαρτάται από τις συνθήκες του εδάφους και από το βάθος του ελατηρίου. Η κατακόρυφη μετακίνηση των πασσάλων περιορίζεται στην βάση τους με ελατήρια αντίστασης ίσης με τη φέρουσα ικανότητα αυτών.

Κατά τη στατική ανάλυση, τα προσομοιώματα διαστασιολογούνται βάσει των συνδυασμών Οριακής Κατάστασης Αστοχίας (ΟΚΑ) και ελέγχονται σε επιτρεπόμενες μετατοπίσεις βάσει των συνδυασμών Οριακής Κατάστασης Λειτουργικότητας (ΟΚΛ). Στην συνέχεια γίνεται ιδιομορφική ανάλυση και σύγκριση των μετατοπίσεων των προσομοιωμάτων κατά το δυσμενέστερο συνδυασμό φόρτισης. Το προσομοίωμα με τη μεγαλύτερη μετατόπιση είναι εκείνο των *pin piles*, ενώ ακολουθούν με φθίνουσα σειρά τα προσομοιώματα με *mixed piles* και *skirt piles*.

Τέλος, γίνεται παραμετρική ανάλυση ως προς το μήκος των πασσάλων, την πυκνότητα του εδάφους και το πρότυπο διαστασιολόγησης. Μειώνοντας το μήκος των πασσάλων ή την πυκνότητα του εδάφους, με καθοριστική την πυκνότητα, αυξάνεται η μετατόπιση της κατασκευής. Υιοθετώντας ένα διαφορετικό πρότυπο διαστασιολόγησης όπως το API και συγκρίνοντάς το με τον Ευρωκώδικα προκύπτουν μικροδιαφορές ως προς τις μετατοπίσεις της υπό εξέταση κατασκευής.



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



DIPLOMA THESIS
EMK ΔΕ 2024 6

Alternative Foundation Solutions for Offshore Jackets

Andreas Giannoutsos

Supervisor: Charis J. Gantes Professor

ABSTRACT

The purpose of this undergraduate diploma thesis is to investigate the effect of alternative foundation methods on the behavior of offshore platforms. On an offshore steel jacket platform, three types of foundation are investigated, using:

- a) *pin piles*: single piles driven into the jacket legs,
- b) *skirt piles*: a pair of piles driven into special sleeves on the outside of the jacket legs,
- c) *mixed piles*: a mixed use of pin and skirt piles with counter-diametric placement of similar piles.

Initially, a general reference to offshore structures is made, with a specialization on jacket structure, which is simulated with SAP2000.

It is decided that the offshore platform will operate as a wind farm substation and will be located in Greek territory, specifically in the Thracian Sea.

According to the Eurocode provisions, the loads applied to the structure are calculated, which include permanent, mobile, environmental actions, i.e. snow, wind, marine growth, wave and seismic actions. This is how the combinations of actions are formed.

The soil-structure interaction in the horizontal direction is simulated by using non-linear adjustable springs. For each spring, there is a pressure - yield curve (p-y), which depends on the soil conditions and the depth of the spring. The vertical movement of the piles is limited at their base using resistance springs with a resistance equal to their load-bearing capacity.

During the static analysis, the simulations are designed according to the Ultimate Limit State (ULS) combinations and checked for allowable displacements according to the Serviceability Limit State (SLS) combinations. An eigenmodal analysis is then performed and the displacements of the simulations are compared under the most unfavorable loading combination. The simulation with the highest displacement is that of pin piles, followed in descending order by the simulations with mixed piles and skirt piles.

Finally, a parametric analysis is performed in terms of pile length, soil density and design standard. Decreasing the length of the piles or the soil density, with density being the crucial factor, the displacement of the structure increases. By adopting a different design standard such as the API and comparing it with the Eurocode results in minor differences in the displacements of the structure.