



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

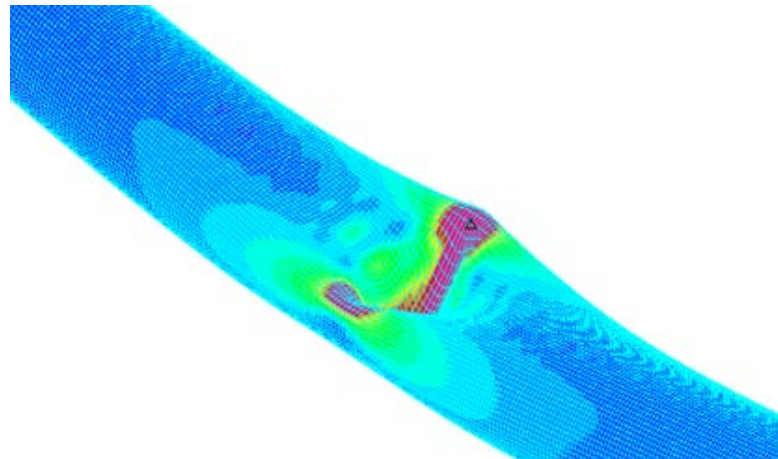
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

Διπλωματική Εργασία

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΠΙΚΟΥ ΛΥΓΙΣΜΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΩΝ
ΚΕΛΥΦΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΑΓΩΓΩΝ**



Άγγελος Χ. Καρβέλης

Επιβλέποντες:

Χάρης Ι. Γαντές, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Βασίλειος Ε. Μελισσιανός, Υπ. Διδάκτορας Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2015

ΕΜΚ ΔΕ 2015 1

Άγγελος Χ. Καρβέλης (2015)

Διερεύνηση τοπικού λυγισμού κυλινδρικών κελυφών και υπόγειων αγωγών

Διπλωματική Εργασία ΕΜΚ ΔΕ 2015 1

Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα

Aggelos Ch. Karvelis (2015)

Local buckling investigation of cylindrical shells and underground pipes

Diploma Thesis ΕΜΚ ΔΕ 2015 1

Institute of Steel Structures, National Technical University of Athens, Greece

Copyright © Aggelos C. Karvelis, 2015

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, 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 τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

No part of these pages, either text or image may be used for any purpose other than personal use. Therefore, reproduction, modification, storage in a retrieval system or retransmission, in any forms or by any mean, electronic, mechanical or otherwise, for reasons other than personal use, is strictly prohibited without prion written permission.



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Διπλωματική Εργασία
ΕΜΚ ΔΕ 2015 1

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΠΙΚΟΥ ΛΥΓΙΣΜΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΩΝ ΚΕΛΥΦΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΑΓΩΓΩΝ
Άγγελος Χ. Καρβέλης

Επιβλέπων: Χάρης Ι. Γαντές, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Συνεπιβλέπων: Βασίλειος Ε. Μελισσιανός, Υπ. Διδάκτορας Ε.Μ.Π.

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετάται η φέρουσα ικανότητα κυλινδρικών κελυφών υπό αξονική θλιπτική φόρτιση και καθαρή ροπή κάμψεως λόγω των οποίων αναπτύσσεται τοπικός λυγισμός στο τοίχωμα του αγωγού. Η διερεύνηση αυτή αποτελεί ένα καθοριστικό βήμα για τη μελέτη του τοπικού λυγισμού υπόγειων μεταλλικών αγωγών μεταφοράς καυσίμων υποκείμενων σε ενεργοποίηση σεισμικού ρήγματος.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται μια συνοπτική εισαγωγή στην καταπόνηση υπόγειων αγωγών καυσίμων λόγω ενεργοποίησης σεισμικού ρήγματος από το οποίο διέρχονται. Περιγράφονται, επίσης, για τον αγωγό τα είδη των σεισμικών καταπονήσεων, οι επιβαλλόμενες φορτίσεις αλλά και η επιρροή τους στη φέρουσα ικανότητα των αγωγών. Ακόμα, παρατίθενται οι κανονιστικές προβλέψεις έναντι του τοπικού λυγισμού σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα και τον ASCE-ALA.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, μελετώνται κυλινδρικά κελύφη καταπονούμενα από κεντρική αξονική θλιπτική δύναμη μέσω αναλυτικής και αριθμητικής προσέγγισης μέσω μη γραμμικών αναλύσεων, των οποίων τα αποτελέσματα συγκρίνονται.

Στο τρίτο κεφάλαιο, πραγματοποιείται αριθμητική διερεύνηση κυλινδρικών κελυφών υπό ροπή κάμψεως. Επιπροσθέτως, εξετάζεται η επιρροή του μήκους του κυλίνδρου στην ανάπτυξη της ωειδούς παραμόρφωσης της διατομής του αγωγού αλλά και η αντίστοιχη μείωση της φέρουσας ικανότητας λόγω του αναπτυσσόμενου τοπικού λυγισμού στο τοίχωμα του, αναδεικνύοντας σε όλες τις περιπτώσεις τη μη γραμμική συμπεριφορά του κυλίνδρου.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, εξετάζεται η επιρροή του πάχους του αγωγού στο κρίσιμο φορτίο λυγισμού και στις αναπτυσσόμενες διαμήκεις παραμορφώσεις για τον αγωγό υπό καθαρή ροπή κάμψεως. Πέραν τούτου μελετάται η επιρροή του εδάφους στο οριακό φορτίο λυγισμού για τον κύλινδρο υπό κεντρική αξονική θλιπτική φόρτιση αλλά και για τον αγωγό υπό καθαρή ροπή κάμψεως λαμβάνοντας υπόψη τη σχετική ολίσθηση ή μη στη διεπιφάνεια κυλίνδρου και εδάφους.

Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα γενικά συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας και γίνονται προτάσεις για την περαιτέρω διερεύνηση του φαινομένου.



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

Diploma Thesis
EMK ΔΕ 2015 1

LOCAL BUCKLING INVESTIGATION OF CYLINDRICAL SHELLS AND UNDERGROUND PIPES
Aggelos C. Karvelis

Supervisor: Charis J. Gantes, Professor N.T.U.A.

Co-Supervisor: Vasileios E. Melissianos, PhD Candidate N.T.U.A.

Abstract

In this diploma thesis the bearing capacity of cylindrical shells subjected to axial force and pure bending is investigated, which lead to local buckling of the pipe wall. This investigation is a decisive step towards the investigation of local buckling of oil steel buried pipelines subjected to seismic fault activation.

In the first chapter a brief introduction on buried pipeline stressing due to faulting is presented. Additionally, seismic loading on buried pipelines is described, as well as its effect on pipe integrity. Also, Eurocode and ASCE-ALA provisions for local buckling are outlined.

In the second chapter, cylindrical shells subjected to axial compression force are analytically and numerically studied through advanced nonlinear analyses, whose results are then compared.

In the third chapter, cylindrical shells under pure bending moment are numerically investigated. Also, the influence of cylinder length in the development of cross section ovalization is examined and the corresponding bearing capacity reduction due to local buckling is highlighted, indicating in all cases the nonlinear behavior of the cylinder.

In the fourth chapter, the influence of the wall thickness at the critical buckling load and the developing longitudinal strains for the pipeline under pure bending moment are examined. Furthermore, the influence of surrounding soil on the ultimate buckling load of the cylinder subjected to axial compression and pure bending moment are investigated.

In the fifth and last chapter, the conclusions of the diploma thesis are presented and proposals for the further investigation of this phenomenon are suggested.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με τη διπλωματική μου εργασία ολοκληρώνεται ο κύκλος των προπτυχιακών σπουδών μου στη σχολή πολιτικών μηχανικών του ΕΜΠ. Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για τη στήριξη και συμπαράσταση κατά τη διάρκεια των σπουδών μου. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστώ τον κ. Χάρη Γαντέ για την καθοδήγηση και την επιστημονική κατάρτιση που μου παρείχε για την υλοποίηση της εργασίας αλλά και τον υποψήφιο διδάκτορα Βασίλειο Μελισσιανό για τη συνεχή παρακολούθηση της εργασίας και συνεχούς πολύτιμης βοήθειας. Ευχαριστώ την διδάκτορα πολιτικό μηχανικό Ε.Μ.Π. Ισαβέλλα Βασιλοπούλου για την συνεισφορά της στη μορφοποίηση του κειμένου. Ως μέλη της εξεταστικής επιτροπής τον αναπληρωτή καθηγητή Ιωάννη Ραυτογιάννη και τον καθηγητή Γεώργιο Μπουκοβάλα. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω φίλους και γνωστούς οι οποίοι με προέτρεψαν όπως επίσης μου έδωσαν τη δύναμη να συνεχίσω.

Άγγελος Χ. Καρβέλης

Φεβρουάριος 2015