


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
 ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΧΑΡΗΣ Ι. ΓΑΝΤΕΣ
ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΕΜΠ
 ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2015



Περιεχόμενα

- Ερευνητικό πρόγραμμα
- Αγωγοί καυσίμων
- Σεισμικές βλάβες
- Διάρρηξη ρήγματος
- Μορφές αστοχίας
- Προστασία αγωγού
- Εύκαμπτοι κόμβοι



Δρ. ΧΑΡΗΣ ΓΑΝΤΕΣ
ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Ερευνητικό πρόγραμμα


 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
 ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
 ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ


 ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ


ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
«ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ»
ΔΡΑΣΗ
«ΑΡΙΣΤΕΙΑ II»

Πρωτότυπες έννοιες σχεδιασμού μεταλλικών κατασκευών για τον ενεργειακό τομέα με χρήση σύγχρονων υλικών

Δρ. ΧΑΡΗΣ ΓΑΝΤΕΣ
ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Ερευνητικό πρόγραμμα

Ερευνητικές Ομάδες


ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΕΜΠ
 • Δρ. Χάρης Γαντές (Επιστημ. Υπεύθυνος)
 • Δρ. Κωνσταντίνος Καλοχαιρέτης
 • Στέλιος Βερνάρδος
 • Ξενοφών Λιγνός
 • Στέλιος Κατσασιδής
 • Γρηγορία Ζαράκη


ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ ΕΜΠ
 • Δρ. Γιώργος Μπουκοβάλας
 • Δρ. Αλέξανδρος Βαλασάκης
 • Παύλος Αστερίου

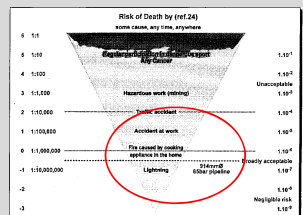

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ ΠΠ
 • Δρ. Αθανάσιος Τριανταφύλλου
 • Αριστομένης Τσαντίλης
 • Κυριάκος Κάρλος

Δρ. ΧΑΡΗΣ ΓΑΝΤΕΣ
ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Αγωγοί Καυσίμων

► Οι αγωγοί ως μέσα μεταφοράς καυσίμων:

- i. Συμβατότητα με κανονισμούς
- ii. Οικονομική αποδοτικότητα
- iii. Ασφάλεια



Πιο μεγάλος ο κίνδυνος από φωτιά στην κουζίνα σπιτιού, παρά από αστοχία αγωγού!

Δρ. ΧΑΡΗΣ ΓΑΝΤΕΣ
ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Αγωγοί Καυσίμων



Υπόγειος αγωγός (buried pipeline)

Δρ. ΧΑΡΗΣ ΓΑΝΤΕΣ
ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Αγωγοί Καυσίμων

Στάδια κατασκευής υπόγειου μεταλλικού αγωγού



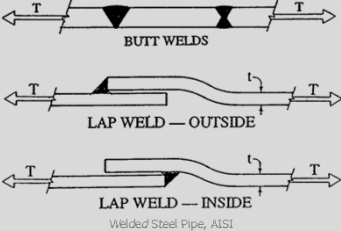
The Williams Companies, Inc.

Διαμόρφωση οριζώντιου Μεταφορά και προστασία τμημάτων αγωγού

Δρ. ΧΑΡΗΣ ΓΑΝΤΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Αγωγοί Καυσίμων

Συγκόλληση διαδοχικών τμημάτων μεταλλικών αγωγών



Welded Steel Pipe, AISI

M.J. SHERIDAN of TEXAS, INC.

Δρ. ΧΑΡΗΣ ΓΑΝΤΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Σεισμικές Βλάβες

➤ Περιπτώσεις σεισμικών βλαβών:

- i. Σχετική εδαφική μετακίνηση ή/και κατολισθηση
- ii. Μετακίνηση ρήγματος
- iii. Διάδοση σεισμικών κυμάτων
- iv. Ρευστοποίηση αμμωδών εδαφών
- v. Διαφορικές καθιζήσεις

Δρ. ΧΑΡΗΣ ΓΑΝΤΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Σεισμικές βλάβες

➤ Διαφορές αντισεισμικού σχεδιασμού υπογείων αγωγών και συνήθων κατασκευών:

- i. Αγωγοί → ακολουθούν την κίνηση του εδάφους
- ii. Συνήθεις κατασκευές → βασική παράμετρος σχεδιασμού οι αδρανειακές δυνάμεις

➤ Αποτελέσματα σεισμικής βλάβης αγωγού:

- i. Έντονη επιρροή γεγονικών κατοικημένων περιοχών
- ii. Πυρκαγιά
- iii. Οικονομικές απώλειες
- iv. Διακοπή λειτουργίας υπογείων δικτύων

Δρ. ΧΑΡΗΣ ΓΑΝΤΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Διάρρηξη Ρήγματος

Διασταύρωση αγωγού με σεισμικό ρήγμα

➤ Διασταύρωση με ρήγμα → αναπόφευκτο λόγω μεγάλου μήκους



Δίκτυο φυσικού αερίου (ΔΕΣΦΑ ΑΕ) Ρήγματα στον Ελλαδικό χώρο (USGS)

➤ Ενεργοποίηση ρήγματος → μεγάλες μόνιμες εδαφικές παραμορφώσεις

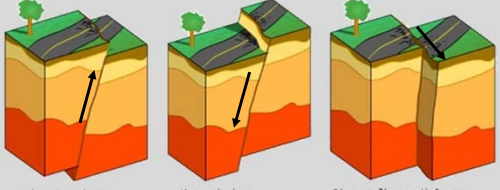
Δρ. ΧΑΡΗΣ ΓΑΝΤΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Διάρρηξη Ρήγματος

Διασταύρωση αγωγού με σεισμικό ρήγμα

➤ Κρίσιμη η μορφή του ρήγματος για τη συμπεριφορά και την απόκριση του αγωγού.

➤ Είδη ρημάτων:



Ανάστροφο ρήγμα Κανονικό ρήγμα Ρήγμα οριζόντιας ολισθήσεως

Δρ. ΧΑΡΗΣ ΓΑΝΤΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Διάρρηξη Ρήγματος

initial pipeline route
deformed pipeline
 Δx
 Δy
 Δz
 Δf
 β
 γ
 ν
Karamitros et al., 2007

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΕΜΠ
ΑΘΗΝΑ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2015

Δρ. ΧΑΡΗΣ ΓΑΝΤΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΑΓΓΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Διάρρηξη Ρήγματος

Σχεδιασμός με Βάση τις Παραμορφώσεις

Κατάλληλος όταν τα όρια απόδοσης περιγράφονται καλύτερα σε όρους παραμορφώσεων αντί τάσεων, π.χ.:

Καμπυλότητα εδάφους
↓
Καμπυλότητα αγωγού
↓
Καθορισμός παραμορφώσεων αγωγού απευθείας από την καμπυλότητα της επιφάνειας
↑
Ο υπολογισμός των παραμορφώσεων δεν «περνά» πρώτα από τον υπολογισμό των τάσεων

Ελάχιστες απαιτήσεις εφαρμογής:

- Πρόβλημα επιβαλλόμενης μετακίνησης
- Αναμενόμενη πλαστικοποίηση διατομής

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΕΜΠ
ΑΘΗΝΑ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2015

Δρ. ΧΑΡΗΣ ΓΑΝΤΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΑΓΓΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Μορφές Αστοχίας

Θλιπτικές παραμορφώσεις → τοπικός λυγισμός τοιχώματος

T. Ariman et al., 1981

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΕΜΠ
ΑΘΗΝΑ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2015

Δρ. ΧΑΡΗΣ ΓΑΝΤΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΑΓΓΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Μορφές αστοχίας

"Shell - Mode Buckling"

- i. Αγωγοί μεγαλύτερης διαμέτρου
- ii. Βαθύ όρυγμα
- iii. Συμπεριφορά κελύφους
- iv. Τοπικός λυγισμός και μεγάλες παραμορφώσεις
- v. Θραύση αγωγού
- vi. Παρακάλυση ροής

Yun & Kyriakides, 1990

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΕΜΠ
ΑΘΗΝΑ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2015

Δρ. ΧΑΡΗΣ ΓΑΝΤΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΑΓΓΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Μορφές Αστοχίας

Εφελκυστικές παραμορφώσεις → εφελκυστική θραύση

US National Transportation Safety Board

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΕΜΠ
ΑΘΗΝΑ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2015

Δρ. ΧΑΡΗΣ ΓΑΝΤΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΑΓΓΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Μορφές Αστοχίας

Θλιπτικές δυνάμεις → καθολικός λυγισμός


International Pipeline and Offshore Contractors Association

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΕΜΠ
ΑΘΗΝΑ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2015

Δρ. ΧΑΡΗΣ ΓΑΝΤΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΑΓΓΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Μορφές Αστοχίας

- "Beam – Mode Buckling"
- i. Αγωγοί μικρής διαμέτρου
- ii. Ρηχό όρυγμα
- iii. Συμπεριφορά δοκού
- iv. Κάμψη στον αέρα με σχήμα «Ω»
- v. Πλάσιμη παραμόρφωση
- vi. Ανεπηρέαστη λειτουργία



Yun & Kyriakides, 1990

Δρ. ΧΑΡΗΣ ΓΑΝΤΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Μέτρα Προστασίας

Συνήθη μέτρα προστασίας αγωγού

- Μείωση τριβής στη διεπιφάνεια αγωγού - εδάφους

Χρήση γεωφρασμάτων



Gantes and Bouckovalas, 2013

Επίχωση με μη συνεκτικό υλικό



Pipelines International

Δρ. ΧΑΡΗΣ ΓΑΝΤΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

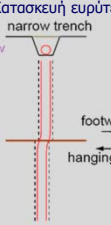
Μέτρα Προστασίας

Συνήθη μέτρα προστασίας αγωγού

- Ελεύθερη παραμόρφωση αγωγού στο όρυγμα

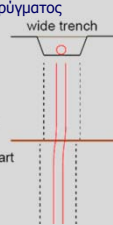
Κατασκευή ευρύτερου ορύγματος

narrow trench



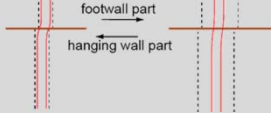
section view

wide trench



section view

plan view



footwall part

hanging wall part

Δρ. ΧΑΡΗΣ ΓΑΝΤΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Μέτρα Προστασίας

Συνήθη μέτρα προστασίας αγωγού

- Χρήση culverts




- Μικρό βάθος τοποθέτησης
- Αύξηση πάχους ή βελτίωση ποιότητας χάλυβα
- Χρήση πιο λείων επικαλύψεων για μειώσεις τριβών

Δρ. ΧΑΡΗΣ ΓΑΝΤΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Εύκαμπτοι Κόμβοι

Προτεινόμενο μέτρο προστασίας αγωγού

Εισαγωγή εύκαμπτων κόμβων μεταξύ διαδοχικών χαλύβδινων τμημάτων

- Μείωση αναπτυσσόμενων παραμορφώσεων
- Συγκέντρωση παραμορφώσεων στους κόμβους
- Λειτουργία εσωτερικής άρθρωσης



Δρ. ΧΑΡΗΣ ΓΑΝΤΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Εύκαμπτοι Κόμβοι



Ελληνικά Πετρέλαια Α.Ε.

- Δέσμευση αξονικής και πλευρικής μετακίνησης
- Χαμηλή στρωφική δυσκαμψία
- Ικανότητα παραλαβής υψηλών εσωτερικών πιέσεων





Δρ. ΧΑΡΗΣ ΓΑΝΤΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Ερευνητικό πρόγραμμα

Ενότητες εργασίας

- Ε.Ε. 7: Βιβλιογραφική επισκόπηση υπόγειων αγωγών
- Ε.Ε. 8: Προκαταρκτική αναλυτική και αριθμητική διερεύνηση χρήσης εύκαμπτων κόμβων σε υπόγειους αγωγούς
- Ε.Ε. 9: Πειραματικές δοκιμές υπόγειων αγωγών με εύκαμπτους κόμβους
- Ε.Ε. 10: Βαθμονόμηση προσομοιωμάτων πεπερασμένων στοιχείων υπόγειων αγωγών με εύκαμπτους κόμβους έναντι πειραματικών αποτελεσμάτων
- Ε.Ε. 11: Ανάπτυξη αναλυτικής μεθοδολογίας για σχεδιασμό υπόγειων αγωγών με εύκαμπτους κόμβους
- Ε.Ε. 12: Παραμετρικές αναλύσεις απόκρισης υπόγειων αγωγών με εύκαμπτους κόμβους
- Ε.Ε. 13: Μεθοδολογία σχεδιασμού και κατασκευής υπόγειων αγωγών με εύκαμπτους κόμβους

Δρ. ΧΑΡΗΣ ΓΑΝΤΣΕΣ
ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΑΓΓΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Σας ευχαριστώ

Δρ. ΧΑΡΗΣ ΓΑΝΤΣΕΣ
ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΑΓΓΟΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ