

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ
ΓΕΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΟΙΟΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

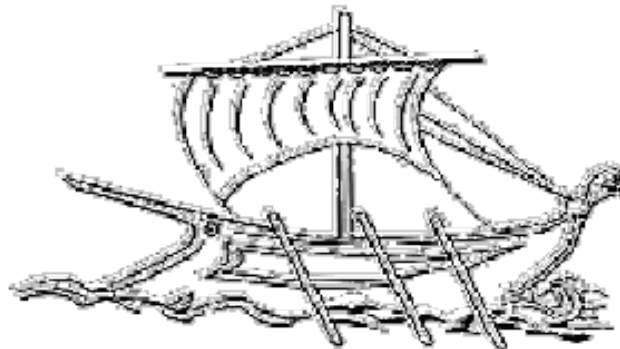
« ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΕΦΕΛΚΥΣΤΙΚΗΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΤΟΥ
ΣΥΓΚΟΛΗΣΙΜΟΥ ΧΑΛΥΒΑ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ B500C, Ø 20, ΜΕ
ΤΟ ΒΑΘΜΟ ΕΝΔΟΤΡΑΧΥΝΣΗΣ ΠΟΥ ΠΡΟΗΛΘΕ ΑΠΟ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ
ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ ΚΑΜΨΗΣ ΜΕΧΡΙ ΔΕΔΟΜΕΝΗ ΙΔΙΑ ΓΩΝΙΑ ΚΑΙ
ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ ΜΕΧΡΙ ΕΠΑΝΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ, ΣΕ ΡΑΟΥΛΑ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ
ΑΠΟ 20 ΕΩΣ 100mm ».

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΔΕΛΗΓΙΑΝΝΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ: Β. ΣΚΑΡΑΚΗΣ & Α. ΦΩΤΟΠΟΥΛΟΣ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΙ ΕΠΙΒΛΕΨΗΣ:
Θ. ΚΟΥΚΟΥ, Δ. ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ & Σ. ΜΕΤΑΞΑ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΠΕΤΥΛ (B216): Φ. ΦΩΤΟΠΟΥΛΟΣ



ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2008

*Στους γονείς μου Αναστάσιο και Φρειδερίκη
που με τόσους κόπους και θυσίες σπούδασαν εμένα και τα αδέρφια μου.*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	σελ 4
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	σελ 5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο – ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ 7
1.1 ΣΚΟΠΟΣ	σελ 8
1.2 ΥΛΙΚΟ	σελ 8
1.3 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	σελ 9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο – ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΥΛΙΚΟΥ	σελ 10
2.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΝΗΓΜΕΝΗΣ ΜΑΖΑΣ	σελ 10
2.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ	σελ 11
2.3 ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΑΛΥΒΑ	σελ 12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο – ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	σελ 13
3.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΟΥ	σελ 13
3.2 ΚΟΠΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ	σελ 13
3.3 ΣΗΜΑΝΣΗ	σελ 13
3.4 ΧΑΡΑΞΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ	σελ 14
3.5 ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ ΣΕ ΚΑΜΨΗ / ΑΝΑΚΑΜΨΗ	σελ 14
3.6 ΔΟΚΙΜΗ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ	σελ 15
3.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΓΕΘΩΝ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ	σελ 15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΩΝ	σελ 16
4.1 ΚΑΜΨΗ	σελ 16
4.2 ΕΠΑΝΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ	σελ 17
4.3 ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ	σελ 20
4.4 ΔΥΣΘΡΑΥΣΤΟΤΗΤΑ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	σελ 22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	σελ 24
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	σελ 25
Α – 1 ΟΡΙΣΜΟΙ	σελ 26
Α – 2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	σελ 27
Β – 1 ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	σελ 29
Β – 2 ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΑ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	σελ 30
Β – 3 ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	σελ 44
Β – 4 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ	σελ 48
Β – 5 ΠΡΟΤΑΣΗ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	σελ 53
Γ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΣΕ ΣΥΝΕΔΡΙΟ	σελ 55

ΑΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ / ΣΤΕΦ / ΠΔΕ
ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΔΕΛΗΓΙΑΝΝΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ: Β. ΣΚΑΡΑΚΗΣ & Α. ΦΩΤΟΠΟΥΛΟΣ

«Πειραματική συσχέτιση των μεταβολών των μηχανικών χαρακτηριστικών εφελκυστικής στατικής φόρτισης του συγκολλησίμου χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος B500C, Ø 20, με το βαθμό ενδοτράχυνσης που προήλθε από προηγούμενη καταπόνηση κάμψης μέχρι δεδομένη ίδια γωνία και ανάκαμψης μέχρι επανευθυγράμμισης, σε ράουλα διαμέτρου από 20 έως 100 mm».

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Προσδιορίζονται πειραματικά οι μεταβολές των μηχανικών χαρακτηριστικών του χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος κατηγορίας B500C, Ø 20, μετά από καταπόνηση σε κάμψη μέχρι δεδομένη πάντοτε ίδια σταθερή γωνία και ανάκαμψη μέχρι το σημείο επανευθυγράμμισης τους. Για το λόγο αυτό η καταπόνηση σε κάμψη γίνεται με 5 διαφορετικά ράουλα διαμέτρου 20, 42, 63, 84 και 90 mm ενώ η γωνία κάμψης παραμένει σταθερή για όλα τα δοκίμια και ράουλα στις 60°. Μετά την επανευθυγράμμιση τα δοκίμια υποβλήθηκαν σε δοκιμή εφελκυσμού στατικής φόρτισης μέχρι και τη θραύση τους. Για να γίνει σύγκριση των μηχανικών χαρακτηριστικών δημιουργήθηκε ακόμη μια ομάδα δοκιμών τα οποία υπέστησαν την δοκιμή της εφελκυστικής στατικής φόρτισης μόνο, χωρίς προηγουμένως να έχουν υποστεί κανενός άλλου είδους καταπόνηση. Από τα αποτελέσματα συμπεραίνεται ότι ο Ελληνικός Κανονισμός Τεχνολογίας Χαλύβων Οπλισμού Σκυροδέματος αλλά και το Σχέδιο της αναθεώρησης του νέου ίδιου κανονισμού ορθά απαγορεύουν ρητά την επανευθυγράμμιση καμφθισών ράβδων.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα μελέτη εκπονήθηκε ως πτυχιακή εργασία σύμφωνα με το άρθρο 16 του Κανονισμού Σπουδών του ΑΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ (ΦΕΚ 1315/15-09-2003).

Καταβλήθηκε προσπάθεια από τον σπουδαστή ώστε η συγγραφή της εργασίας να είναι όσο το δυνατόν πιο σύμφωνη με τους κανόνες και τις οδηγίες του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποίησης (ISO) και συγκεκριμένα σύμφωνα με τα πρότυπα ISO 7144-1986 (E) και ISO 5966-1982 (E).

Σκοπός της παρούσης εργασίας είναι ο προσδιορισμός της επίπτωσης που μπορεί να υπάρχει σε ράβδους οπλισμού σκυροδέματος κατηγορίας B500C, Ø 20, που παράγονται με θερμή έλαση, που ακολουθείται από μία άμεση εν σειρά διαδικασία θερμικής κατεργασίας (χάλυβες ΘΕ-Θ σύμφωνα με το σχέδιο Κανονισμού Τεχνολογίας Χαλύβων 2007), όταν αυτές καταπονούνται με κάμψη και στη συνέχεια με ανάκαμψη μέχρι το σημείο της επανευθυγράμμισης τους. Η γωνία κάμψης των δοκιμών παραμένει σταθερή για όλα τα δοκίμια και είναι 60°. Η εξέταση των δοκιμών έγινε σε 5 ομάδες των 5 δοκιμών η κάθε μια όπως παρακάτω:

- Ομάδα Α → Δοκίμια που κάμφθηκαν με ράουλο κάμψης 20 mm
- Ομάδα Β → Δοκίμια που κάμφθηκαν με ράουλο κάμψης 42 mm
- Ομάδα Γ → Δοκίμια που κάμφθηκαν με ράουλο κάμψης 63 mm
- Ομάδα Δ → Δοκίμια που κάμφθηκαν με ράουλο κάμψης 84 mm
- Ομάδα Ε → Δοκίμια που κάμφθηκαν με ράουλο κάμψης 90 mm

Επίσης δημιουργήθηκε μια ομάδα, με ίδιο αριθμό δοκιμών και το χαρακτηριστικό Χ, όπου τα δοκίμια της δεν θα καταπονούνταν ώστε να μπορεί να γίνει η σύγκριση μεταξύ καταπονούμενων σε κάμψη και επανευθυγράμμιση δοκιμών και μη.

Η ταυτοποίηση του προϊόντος έγινε με χημική ανάλυση που παρατίθεται στο παράρτημα και με τους πειραματικούς προσδιορισμούς των ιδιοτήτων των δοκιμών της ομάδας Χ.

Όλες οι εργαστηριακές μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο ελέγχου ποιότητας (χημείο) της εταιρείας «ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΚΗ Α.Ε.». Ο εργαστηριακός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε είναι διακριβωμένος (είτε με εσωτερική, είτε με εξωτερική διακρίβωση) ώστε τα αποτελέσματα των μετρήσεων να ανταποκρίνονται στις πραγματικές τιμές. Όλες οι πιστοποιήσεις του εργαστηριακού εξοπλισμού παρατίθεται στο παράρτημα.

Προκαταρκτικό μέρος της εργασίας έγινε δεκτό και ανακοινώθηκε σε ειδική συνδρεία στο 1^ο Συνέδριο Δομικών Υλικών & Στοιχείων του ΤΕΕ και παρατίθεται στο παράρτημα.

Η προκαταρκτική αυτή ανακοίνωση στο συνέδριο οδήγησε σε πρόσθετο εργαστηριακό μέρος και επεξεργασία μετρήσεων που ολοκληρώθηκαν στη πτυχιακή εργασία αυτή.

Η εργασία αυτή οδηγεί στην ανάγκη περαιτέρω εργαστηριακής διερεύνησης με εργασίες που θα ακολουθήσουν.

Ο Ελληνικός Κανονισμός Τεχνολογίας Χαλύβων Οπλισμού Σκυροδέματος (2001) τυποποιεί και αναφέρεται σε χάλυβες S500s. Το σχέδιο αναθεώρησης του τυποποιεί και τον χάλυβα B500C με τον οποίο πραγματοποιήθηκε η εργασία αυτή.

Θεωρήθηκε απαραίτητο, πριν διεξαχθούν οι εργαστηριακές μετρήσεις, να γίνει σωστή εκπαίδευση του σπουδαστή. Έτσι πραγματοποιήθηκαν πιλοτικές δοκιμές για να γίνει γνωστή η λειτουργία του εργαστηριακού εξοπλισμού στον σπουδαστή και να βγουν κάποια πρώτα συμπεράσματα για τα αποτελέσματα που θα έχει η έρευνα αυτή. Έτσι ο σπουδαστής απέκτησε την απαραίτητη εμπειρία στο εργαστηριακό μέρος της εργασίας, για την σωστή διεξαγωγή των πειραματικών μετρήσεων και της επεξεργασίας τους. Επίσης, ο σπουδαστής απασχολήθηκε επί 3 συνεχή τυπικά εξάμηνα ως εργαστηριακός βοηθός στο εργαστήριο ΠΕΤΥΛ (B216) του ΑΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ.

Για την εκπαίδευση του αυτή αλλά και για την διεξαγωγή της πτυχιακής εργασίας, θα πρέπει να εκφραστούν οι ευχαριστίες και η βαθύτατη ευγνωμοσύνη στα παρακάτω πρόσωπα:

→ Στον Καθηγητή ΑΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ και Υπεύθυνο του εργαστηρίου ΠΕΤΥΛ του ΑΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ, κ. Φ. Φωτόπουλο, Χημικό Μηχανικό ΕΜΠ, για τις γνώσεις που μου πρόσφερε ως καθηγητής μου αλλά και για την καθοδήγηση μου κατά την διάρκεια της εργασίας αυτής.

→ Στον Δ/ντή παραγωγής της «ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΚΗ Α.Ε.» και Εργαστηριακό Συνεργάτη ΠΕΤΥΛ του ΑΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ κ. Β. Σκαράκη, Χημικό ΕΚΠΑ, για τον πολύτιμο χρόνο που μου αφιέρωσε ώστε η πτυχιακή αυτή να ολοκληρωθεί με χρήσιμα συμπεράσματα.

→ Στην Εργαστηριακή Συνεργάτιδα ΠΕΤΥΛ του ΑΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ κ. Θ. Κούκου, Πολιτικό Μηχανικό ΕΜΠ και Πολιτικός Δομικών Έργων Τ. Ε. ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ, για τις συμβουλές που μου παρείχε καθ'όλη την διάρκεια της πτυχιακής εργασίας αλλά και για χρήσιμα στοιχεία που αποκομίσθηκαν από την πτυχιακή της εργασία με τίτλο: «Εκτίμηση ομοιομορφίας της παραγωγής, με τη μέθοδο Tempcore, χάλυβα οπλισμού S500s, Ø 20».

→ Στον Εργαστηριακό Συνεργάτη ΠΕΤΥΛ κ. Δ. Παπαγεωργίου, Μηχανολόγο Μηχανικό ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ, τελειόφοιτο Μηχανολόγο Μηχανικό ΕΜΠ, για την πολύτιμη βοήθεια του κατά τον σχεδιασμό της πτυχιακής εργασίας.

→ Στον Πολιτικό Δομικών Έργων του ΤΕΙ ΣΕΡΡΩΝ κ. Κ. Δεληγιάννη όπου με την εμπειρία του στον χώρο των εργοταξίων κτιριακών έργων βοήθησε στον σχεδιασμό της πτυχιακής εργασίας.

→ Στον επί πτυχίω Πολιτικό Δομικών Έργων του ΑΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ κ. Γ. Πολυμέρου για τον σχεδιασμό των σχημάτων που υπάρχουν στο κείμενο.

→ Επίσης ευχαριστίες οφείλονται στο προσωπικό του Τμήματος Ελέγχου Ποιότητας (ΤΕΠ) της εταιρείας «ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΚΗ Α.Ε.» για την πολύτιμη βοήθεια τους κατά την εκπαίδευση μου στον εργαστηριακό εξοπλισμό του εργαστηρίου (χημείο) της εταιρείας αλλά και κατά την διάρκεια του εργαστηριακού μέρους της πτυχιακής εργασίας.

Τέλος πολλαπλές και θερμές ευχαριστίες οφείλονται στην εταιρεία «ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΚΗ Α.Ε.» εργοστάσιο παραγωγής χαλύβων, 20^ο χλμ εθνικής οδού Αθηνών – Κορίνθου, Ελευσίνα, για την διάθεση του διακριβωμένου εργαστηριακού εξοπλισμού του εργαστηρίου ελέγχου ποιότητας που διαθέτει, των απαραίτητων ράβδων χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος απ'όπου ελήφθησαν τα δοκίμια της πτυχιακής, τη διάθεση προσωπικού για εκπαίδευση του σπουδαστή και τη σημαντική βοήθεια στο πειραματικό μέρος της πτυχιακής.

Ο σχεδιασμός της παρούσης πτυχιακής εργασίας ξεκίνησε τον Δεκέμβριο του 2006 ενώ το εργαστηριακό της μέρος ξεκίνησε τον Ιούνιο του 2007.

Συνολικά αριθμεί 62 σελίδες εκ των οποίων το κυρίως μέρος είναι 24 σελίδες, τα παραρτήματα 38 ενώ στο εργαστήριο ΠΕΤΥΛ υπάρχει το αρχείο της πτυχιακής με τις πρωτογενής μετρήσεις και διαγράμματα με σύνολο σελίδων περίπου 50.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της παρούσης εργασίας είναι ο προσδιορισμός της επίπτωσης που έχει πάνω σε μια βέργα χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος η καταπόνηση της κάμψης και της επανευθυγράμμισής της.

Συχνά στα τεχνικά έργα, για λόγους εργασιακής ευκολίας, παρατηρείται η καταπόνηση του οπλισμού σε κάμψη και η επανευθυγράμμιση του. Πολλές φορές η κάμψη αυτή γίνεται με τρόπο που δεν είναι σωστός (ράουλα πολύ μικρότερα από αυτά που ορίζει ο ΚΤΧ ή χωρίς ράουλα χτυπώντας με σφυρί την βέργα).

Ο ΚΤΧ απαγορεύει ρητά την επανευθυγράμμιση καμφθεισών ράβδων, ενώ ορίζει σαφέστατα τις διαμέτρους των στελεχών κάμψης. Συγκεκριμένα για ράβδους \varnothing 20 το στέλεχος κάμψης πρέπει να είναι 7 d (d = ονομαστική διάμετρος βέργας), σύμφωνα με τον ΚΤΧ και τον ΕΚΩΣ 2000.

Μέσα από αυτή την εργασία γίνεται προσπάθεια να ελεγχθεί η ορθότητα της συγκεκριμένης απαγόρευσης.

Να σημειωθεί ότι τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται στην παρούσα εργασία είναι σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 10080 ενώ οι ορισμοί για τις τιμές που εξετάζονται παρατίθεται στο παράρτημα Α – 1.

1.2 ΥΛΙΚΟ

Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε για την εργασία αυτή είναι χάλυβας οπλισμού σκυροδέματος τεχνικής κατηγορίας B500C, ονομαστικής διαμέτρου \varnothing 20 που παράγεται με μια θερμή έλαση, που ακολουθείται από μία άμεση εν σειρά διαδικασία θερμικής κατεργασίας.

Δημιουργήθηκαν 6 ομάδες δοκιμίων, με 5 δοκίμια η κάθε μια. Το μήκος του κάθε δοκιμίου είναι 500 mm.

Συγκεκριμένα οι ομάδες είναι οι εξής:

- Ομάδα Α: δοκίμια που καταπονήθηκαν σε κάμψη / επανευθυγράμμιση με στέλεχος κάμψης διαμέτρου 20 mm.
- Ομάδα Β: δοκίμια που καταπονήθηκαν σε κάμψη / επανευθυγράμμιση με στέλεχος κάμψης διαμέτρου 42 mm.
- Ομάδα Γ: δοκίμια που καταπονήθηκαν σε κάμψη / επανευθυγράμμιση με στέλεχος κάμψης διαμέτρου 63 mm.
- Ομάδα Δ: δοκίμια που καταπονήθηκαν σε κάμψη / επανευθυγράμμιση με στέλεχος κάμψης διαμέτρου 84 mm.
- Ομάδα Ε: δοκίμια που καταπονήθηκαν σε κάμψη / επανευθυγράμμιση με στέλεχος κάμψης διαμέτρου 90 mm
- Ομάδα Χ: δοκίμια που καταπονήθηκαν μόνο σε εφελκυσμό χωρίς προηγουμένως να έχουν υποστεί κανενός είδους άλλη καταπόνηση.

Συνολικά εξετάστηκαν 30 δοκίμια.

1.3 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Ο εργαστηριακός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε ανήκει στο τμήμα ελέγχου ποιότητας της εταιρείας «ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΚΗ Α.Ε.», είναι διακριβωμένος (με εσωτερική ή εξωτερική διακρίβωση) και έχει ελεγχθεί για την σωστή λειτουργία του.

Για τη ολοκλήρωση του εργαστηριακού μέρους της πτυχιακής έγινε η χρήση 7 διαφορετικών οργάνων (με τα παρελκόμενα τους) τα οποία είναι:

- Μηχανή εφελκυσμού (0-1000 KN) τύπου ROELL AMSLER μοντέλου UPN 1000 με αύξοντα αριθμό παραγωγής 33/950101. Η βαθμονόμηση πραγματοποιήθηκε από την εταιρεία ALGOSYSTEMS S.A. στις 06/02/2008 . Το λογισμικό που χρησιμοποιεί ο Η/Υ που είναι συνδεδεμένος με την μηχανή εφελκυσμού είναι της ROELL και ονομάζεται TEST EXPERT II.
- Μηχανή κάμψης / ανάκαμψης (0-350 KN) που μπορεί να πραγματοποιήσει και την δοκιμή του εφελκυσμού τύπου MAHR & FEDERHAFF μοντέλου MFL 350 KN με αύξοντα αριθμό παραγωγής 4302. Η βαθμονόμηση πραγματοποιήθηκε από την εταιρεία ALGOSYSTEMS S.A. στις 12/01/2007.
- Τροχός κοπής δοκιμών τύπου MACO μοντέλου TE 250.
- Μηχανή χάραξης των δοκιμών ανά 5 mm.
- Μετροταινία τύπου KDS μοντέλου KS 19-55. Η βαθμονόμηση πραγματοποιήθηκε από την εταιρεία ALGOSYSTEMS S.A. στις 15/01/2007.
- Ζυγός ακριβείας τύπου OHAUS μοντέλου N3D110 με αύξοντα αριθμό παραγωγής 1121051856. Η βαθμονόμηση πραγματοποιήθηκε από την εταιρεία ALGOSYSTEMS S.A. στις 12/01/2007.
- Φασματογράφος οπτικής εκπομπής τύπου THERMO ARL μοντέλου OE SPECTOMETER με αύξοντα αριθμό παραγωγής ARL 3460.

Όλα τα απαραίτητα έντυπα διακριβώσεων παρατίθενται στο παράρτημα Β – 2. Επίσης, στο παράρτημα Β – 3 παρατίθενται φωτογραφίες του εργαστηριακού εξοπλισμού.

Όλες οι εργαστηριακές δοκιμές, καθώς και η προεργασία των δοκιμών πραγματοποιήθηκαν από τον ίδιο τον σπουδαστή, με την επίβλεψη του κ. Σκαράκη, συνεισηγητή του θέματος της πτυχιακής και της κ. Κούκου, ως υπεύθυνης επίβλεψης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΥΛΙΚΟΥ

2.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΝΗΓΜΕΝΗΣ ΜΑΖΑΣ

Το σχέδιο ΚΤΧ 2007 αναφέρει (§ 4.5.2) πως για τον χάλυβα B500C ελέγχονται τρία δοκίμια, μήκους 0,50 m τα οποία λαμβάνονται από τρία διαφορετικά δείγματα μιας παρτίδας. Για να θεωρηθεί ότι μια παρτίδα πέρασε τον έλεγχο πρέπει και τα τρία δοκίμια που θα ελεγχθούν να ικανοποιούν τις απαιτήσεις του κανονισμού. Σε περίπτωση που αν ένα από τα τρία δοκίμια δεν περάσει τον έλεγχο, λαμβάνονται επί πλέον άλλα δέκα δοκίμια από διαφορετικά δείγματα. Σ'αυτή την περίπτωση η παρτίδα είναι δεκτή αν περάσουν τον έλεγχο και τα δέκα δοκίμια. Εάν κάποιο από τα δέκα δοκίμια δεν περάσει τον έλεγχο, τότε η παρτίδα θεωρείται απορριπτέα.

Η ονομαστική μάζα που δίνει ο κανονισμός είναι 2,47 Kg/m με απόκλιση $\pm 4,5\%$ για τις βέργες $\varnothing 20$.

Στη συνέχεια ακολουθούν, για το σύνολο των δοκιμών, πίνακες με την μάζα και το μήκος των δοκιμών πριν αυτά υποστούν κάποιο είδος καταπόνησης.

Πίνακας 1: Αρχικό μήκος και μάζα δοκιμών ομάδας Α.

A/A	ΜΑΖΑ (gr)	ΜΗΚΟΣ (mm)
1	1256	501
2	1260	500
3	1256	501
4	1257	500
5	1258	500

Πίνακας 2: Αρχικό μήκος και μάζα δοκιμών ομάδας Β.

A/A	ΜΑΖΑ (gr)	ΜΗΚΟΣ (mm)
1	1259	501
2	1256	500
3	1259	500
4	1258	501
5	1258	501

Πίνακας 3: Αρχικό μήκος και μάζα δοκιμών ομάδας Γ.

A/A	ΜΑΖΑ (gr)	ΜΗΚΟΣ (mm)
1	1257	501
2	1258	501
3	1257	501
4	1258	501
5	1257	501

Πίνακας 4: Αρχικό μήκος και μάζα δοκιμίων ομάδας Δ.

A/A	MAZA (gr)	ΜΗΚΟΣ (mm)
1	1258	500
2	1259	500
3	1259	501
4	1259	500
5	1258	500

Πίνακας 5: Αρχικό μήκος και μάζα δοκιμίων ομάδας Ε.

A/A	MAZA (gr)	ΜΗΚΟΣ (mm)
1	1257	500
2	1255	500
3	1258	500
4	1257	500
5	1258	500

Πίνακας 6: Αρχικό μήκος και μάζα δοκιμίων ομάδας Χ.

A/A	MAZA (gr)	ΜΗΚΟΣ (mm)
1	1259	501
2	1258	501
3	1257	500
4	1256	499
5	1259	500

Από τους παραπάνω πίνακες παρατηρείται πως καμία 3άδα δοκιμίων δεν είναι εκτός των ορίων που δίνει ο κανονισμός.

2.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ

Οι πίνακες 3-3 και 4-2 του σχεδίου ΚΤΧ μας δίνουν τα όρια μηχανικών ιδιοτήτων χαλύβων σε εφελκυσμό (χαρακτηριστικές τιμές) και τις ελάχιστες και μέγιστες τιμές εφελκυστικών ιδιοτήτων για κάθε μεμονωμένη τιμή. Οι πίνακες παρουσιάζονται στη συνέχεια:

Πίνακας 7: Πίνακας 3-3 σχεδίου ΚΤΧ, όρια μηχανικών ιδιοτήτων χαλύβων σε εφελκυσμό (χαρακτηριστικές τιμές, κατά ΕΛΟΤ 1421-3).

ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ
Όριο διαρροής, R_e (MPa)	≥ 500
Λόγος της πραγματικής προς την ονομαστική τιμή του ορίου διαρροής, R_{eH}/R_e	$\leq 1,25$
Λόγος της εφελκυστικής αντοχής προς το όριο διαρροής, R_m/R_{eH}	$\geq 1,15$ $\leq 1,35$
Συνολική ανηγμένη παραμόρφωση (επιμήκυνση) στο μέγιστο φορτίο A_{gt} (%)	$\geq 7,5$

Πίνακας 8: Πίνακας 4-2 σχεδίου ΚΤΧ, ελάχιστες και μέγιστες τιμές εφελκυστικών ιδιοτήτων για κάθε μεμονωμένη τιμή (κατά ΕΛΟΤ 1421-3).

ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΑΠΟΛΥΤΟ ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΑΠΟΛΥΤΟ ΜΕΓΙΣΤΟ
Re (MPa)	485	-
ReH/Re	-	1,27
Rm/ReH	1,13	1,37
Agt (%)	7	-

Από τους πίνακες 24 και 25 που ακολουθούν σε επόμενο κεφάλαιο, εύκολα συμπεραίνουμε πως όλα τα δοκίμια είναι εντός των ορίων που δίνει το σχέδιο ΚΤΧ 2007.

2.3 ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΑΛΥΒΑ

Στον πίνακα που ακολουθεί συγκρίνεται η χημική σύσταση του χάλυβα όπου εξετάζεται, από κομμάτι ενός δοκιμίου, με τα μέγιστα όρια που δίνει το σχέδιο ΚΤΧ στον πίνακα 3-5 (οι τιμές είναι από το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 10080).

Πίνακας 9: Σύγκριση χημικής ανάλυσης ενός δοκιμίου της πτυχιακής με τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές κατά το σχέδιο ΚΤΧ (περιεκτικότητα % κ.β.).

	C	S	P	N	Cu	Ceq
ΚΤΧ	0,24	0,055	0,055	0,014	0,85	0,52
ΠΤΥΧΙΑΚΗ	0,18	0,035	0,011	0,010	0,54	0,41

Εύκολα συμπεράνει κανείς πως το υλικό που εξετάζεται είναι εντός των κανονισμών. Αναλυτικά, η χημική ανάλυση του δοκιμίου της πτυχιακής παρουσιάζεται στο παράρτημα Β – 1.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

3.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΟΥ

Ένας από τους στόχους της πτυχιακής είναι η ομοιομορφία των αποτελεσμάτων. Για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο έπρεπε να γίνει προσεκτική επιλογή υλικού. Έτσι οι αρχικές βέργες που επιλέχθηκαν προέρχονται από το ίδιο χυτήριο και το ίδιο δέμα. Οι βέργες αυτές μπορεί να χαρακτηριστούν και ως «γειτονικές».

3.2 ΚΟΠΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

Η κοπή των δοκιμίων πραγματοποιήθηκε με τροχό κοπής MACO, όπως αναφέρεται και παραπάνω.

Οι ομάδες δοκιμίων δημιουργήθηκαν κατά την κοπή ως εξής:

Από την αρχή και το τέλος κάθε αρχικής βέργας κόπηκε ένα κομμάτι μήκους περίπου 20 cm. Τα κομμάτια αυτά κόπηκαν έτσι ώστε τα δοκίμια που χρησιμοποιήθηκαν για την πτυχιακή να έχουν τη μέγιστη δυνατή ομοιομορφία.

Στη συνέχεια γινόταν η κοπή των δοκιμίων. Η κοπή των δοκιμίων της κάθε ομάδας γινόταν συνεχόμενα και μετά το τελευταίο δοκίμιο για την ομάδα πραγματοποιούταν η κοπή ενός δοκιμίου που προοριζόταν για την ομάδα Χ. Το μήκος των δοκιμίων ήταν $500 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$.

3.3 ΣΗΜΑΝΣΗ

Έγινε προσπάθεια από τον σπουδαστή να γίνει χρήση μιας όσο το δυνατόν πιο απλής σήμανσης έτσι ώστε να είναι εύκολα αντιληπτή από τρίτους.

Η σήμανση της κάθε ομάδας χαρακτηρίζεται από ένα γράμμα και τον αύξοντα αριθμό του δοκιμίου. Έτσι έχουμε τις παρακάτω ομάδες δοκιμίων:

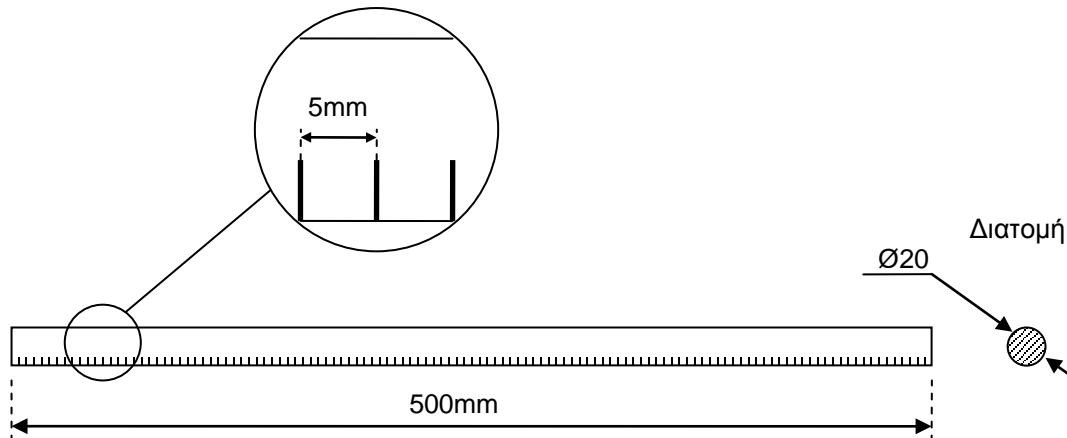
- Α 1 έως 5 → Δοκίμια που καταπονήθηκαν με στέλεχος κάμψης διαμέτρου 20 mm.
- Β 1 έως 5 → Δοκίμια που καταπονήθηκαν με στέλεχος κάμψης διαμέτρου 42 mm.
- Γ 1 έως 5 → Δοκίμια που καταπονήθηκαν με στέλεχος κάμψης διαμέτρου 63 mm.
- Δ 1 έως 5 → Δοκίμια που καταπονήθηκαν με στέλεχος κάμψης διαμέτρου 84 mm.
- Ε 1 έως 5 → Δοκίμια που καταπονήθηκαν με στέλεχος κάμψης διαμέτρου 90 mm.
- Χ 1 έως 5 → Δοκίμια που ελέγχθηκαν μόνο σε εφελκυσμό χωρίς κανενός είδους προηγούμενη καταπόνηση.

Όλα τα δοκίμια πριν από τις καταπονήσεις χαράχθηκαν ανά 5 mm έτσι ώστε να μπορέσει να γίνει η επεξεργασία των μετρήσεων και να εξαχθούν κάποια συμπεράσματα.

3.4 ΧΑΡΑΞΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

Αμέσως μετά την κοπή και την σήμανση των δοκιμίων, έγινε η χάραξη τους. Η χάραξη αυτή έγινε ανά διαστήματα των 5 mm και έτσι μπορούμε να υπολογίσουμε τα διάφορα μεγέθη που ζητούνται από την δοκιμή εφελκυσμού (Agt) καθώς και την επιμήκυνση της εφελκυστικής ίνας μετά από την καταπόνηση σε κάμψη. Η χάραξη φαίνεται και στο σχήμα που ακολουθεί.

Σχήμα 10: Χάραξη δοκιμίου



3.5 ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ ΣΕ ΚΑΜΨΗ / ΑΝΑΚΑΜΨΗ (ΕΠΑΝΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ)

Όπως έχω αναφέρει και παραπάνω, δεν υπάρχει κάποιο πρότυπο, μέθοδος δοκιμής, που να περιγράφει την διαδικασία και τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να πραγματοποιηθεί η καταπόνηση σε κάμψη και επανευθυγράμμιση. Έτσι έπρεπε να βρεθεί ένας νέος τρόπος ώστε να πραγματοποιηθεί η παραπάνω καταπόνηση.

Μετά από αρκετές δοκιμές κατέληξα στον παρακάτω τρόπο δοκιμής:

Η καταπόνηση σε κάμψη πραγματοποιήθηκε όπως αναφέρει το πρότυπο χχ. Το μέσο του κάθε δοκιμίου μαρκαρίστηκε με ανεξίτηλο μαρκαδόρο ώστε η εφαρμογή του στελέχους της κάμψης να γίνει ακριβώς στη μέση του δοκιμίου. Σε ένα δοκίμιο από κάθε ομάδα μετρήθηκε η επιμήκυνση εφελκυστικής ίνας. Η μέτρηση αυτή έγινε ως εξής:

Μετράμε το καμπτόμενο διάστημα που υπάρχει στο δοκίμιο. Αφού προηγουμένως έχουμε χαράξει το δοκίμιο και η χαραγμένη πλευρά του δοκιμίου είναι αυτή που μετράμε την εφελκυστική ίνα, εύκολα μπορούμε να μετρήσουμε την επιμήκυνση που έχει υποστεί το δοκίμιο στο συγκεκριμένο σημείο από την καταπόνηση της κάμψης.

Η ανάκαμψη πραγματοποιήθηκε με τον ίδιο ρυθμό φόρτισης που έγινε η κάμψη. Για την πραγματοποίηση της επανευθυγράμμισης έπρεπε να κατασκευαστεί νέο στέλεχος για την μηχανή κάμψης. Το στέλεχος αυτό έχει μήκος 0,30 m έχει διατομή Π και εσωτερικά είναι επίπεδο ώστε η επανευθυγράμμιση να ολοκληρωθεί ομαλά. Υπήρξε πρόνοια από τον σπουδαστή για την σωστή τοποθέτηση του δοκιμίου στη μέση του στελέχους επανευθυγράμμισης ώστε αυτή να πραγματοποιηθεί σωστά.

3.6 ΔΟΚΙΜΗ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ

Η δοκιμή εφελκυσμού πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 10002-1:2001 (Ε) , ενώ το διάγραμμα που επιλέχθηκε είναι τάσης – παραμόρφωσης.

Το λογισμικό του υπολογιστή που είναι συνδεδεμένος με την μηχανή εφελκυσμού μας παρέχει την δυνατότητα να έχουμε τα αποτελέσματα αρκετών μεγεθών χωρίς κάποιο υπολογισμό. Στο παράρτημα παρατίθενται όλα τα διαγράμματα των δοκιμών που κατέληξαν στη δοκιμή εφελκυσμού καθώς και τα διάφορα μεγέθη που υπολογίστηκαν.

3.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΓΕΘΩΝ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ.

Από την δοκιμή εφελκυσμού υπολογίστηκαν το A_g και το A_{gt} . Ο υπολογισμός των δύο αυτών τιμών πραγματοποιήθηκε όπως ακριβώς αναφέρει το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 10002-1:2001 (Ε).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΩΝ – ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

4.1 ΚΑΜΨΗ

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των καταπονήσεων για όλα τα δοκίμια καθώς και τα διαγράμματα εφελκυσμού. Αναλυτικά οι ορισμοί των μεγεθών δίδονται στο παράρτημα Α – 1.

Πίνακας 11: Δυνάμεις καταπόνησης κάμψης ομάδας Α (στέλεχος κάμψης 20 mm).

Α/Α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΚΑΜΨΗ (KN)	ΟΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ
1	57	ΧΩΡΙΣ ΡΩΓΜΕΣ
2	62	ΧΩΡΙΣ ΡΩΓΜΕΣ
3	57	ΧΩΡΙΣ ΡΩΓΜΕΣ
4	59	ΧΩΡΙΣ ΡΩΓΜΕΣ
5	57	ΧΩΡΙΣ ΡΩΓΜΕΣ

Πίνακας 12: Δυνάμεις καταπόνησης κάμψης ομάδας Β (στέλεχος κάμψης 42 mm).

Α/Α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΚΑΜΨΗ (KN)	ΟΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ
1	75	ΧΩΡΙΣ ΡΩΓΜΕΣ
2	66	ΧΩΡΙΣ ΡΩΓΜΕΣ
3	80	ΧΩΡΙΣ ΡΩΓΜΕΣ
4	71	ΧΩΡΙΣ ΡΩΓΜΕΣ
5	72	ΧΩΡΙΣ ΡΩΓΜΕΣ

Πίνακας 13: Δυνάμεις καταπόνησης κάμψης ομάδας Γ (στέλεχος κάμψης 63 mm).

Α/Α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΚΑΜΨΗ (KN)	ΟΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ
1	29	ΧΩΡΙΣ ΡΩΓΜΕΣ
2	29	ΧΩΡΙΣ ΡΩΓΜΕΣ
3	28	ΧΩΡΙΣ ΡΩΓΜΕΣ
4	29	ΧΩΡΙΣ ΡΩΓΜΕΣ
5	29	ΧΩΡΙΣ ΡΩΓΜΕΣ

Πίνακας 14: Δυνάμεις καταπόνησης κάμψης ομάδας Δ (στέλεχος κάμψης 84 mm).

Α/Α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΚΑΜΨΗ (KN)	ΟΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ
1	37	ΧΩΡΙΣ ΡΩΓΜΕΣ
2	37	ΧΩΡΙΣ ΡΩΓΜΕΣ
3	39	ΧΩΡΙΣ ΡΩΓΜΕΣ
4	39	ΧΩΡΙΣ ΡΩΓΜΕΣ
5	37	ΧΩΡΙΣ ΡΩΓΜΕΣ

Πίνακας 15: Δυνάμεις καταπόνησης κάμψης ομάδας Ε (στέλεχος κάμψης 90 mm).

Α/Α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΚΑΜΨΗ (KN)	ΟΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ
1	31	ΧΩΡΙΣ ΡΩΓΜΕΣ
2	31	ΧΩΡΙΣ ΡΩΓΜΕΣ
3	30	ΧΩΡΙΣ ΡΩΓΜΕΣ
4	30	ΧΩΡΙΣ ΡΩΓΜΕΣ
5	31	ΧΩΡΙΣ ΡΩΓΜΕΣ

Ένα χρήσιμο συμπέρασμα που εξάγεται από τους παραπάνω πίνακες είναι το γεγονός πως κανένα από τα καταπονούμενα δοκίμια δεν παρουσίασε κανενός είδους ριγμάτωση μετά την ολοκλήρωση της καταπόνησης.

4.2 ΕΠΑΝΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ

Πίνακας 16: Δυνάμεις επανευθυγράμμισης ομάδας Α.

Α/Α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΕΠΑΝΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ (KN)	ΟΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ
1	12	ΡΩΓΜΕΣ
2	14	ΡΩΓΜΕΣ
3	13	ΡΩΓΜΕΣ
4	15	ΡΩΓΜΕΣ
5	15	ΡΩΓΜΕΣ

Πίνακας 17: Δυνάμεις επανευθυγράμμισης ομάδας Β.

Α/Α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΕΠΑΝΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ (KN)	ΟΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ
1	15	ΡΩΓΜΕΣ
2	15	ΡΩΓΜΕΣ
3	16	ΡΩΓΜΕΣ
4	16	ΡΩΓΜΕΣ
5	15	ΡΩΓΜΕΣ

Πίνακας 18: Δυνάμεις επανευθυγράμμισης ομάδας Γ.

Α/Α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΕΠΑΝΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ (KN)	ΟΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ
1	18	ΡΩΓΜΕΣ
2	20	ΧΩΡΙΣ ΡΩΓΜΕΣ
3	21	ΡΩΓΜΕΣ
4	20	ΡΩΓΜΕΣ
5	24	ΡΩΓΜΕΣ

Πίνακας 19: Δυνάμεις επανευθυγράμμισης ομάδας Δ.

Α/Α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΕΠΑΝΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ (KN)	ΟΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ
1	21	ΡΩΓΜΕΣ
2	19	ΧΩΡΙΣ ΡΩΓΜΕΣ
3	20	ΡΩΓΜΕΣ
4	20	ΡΩΓΜΕΣ
5	24	ΡΩΓΜΕΣ

Πίνακας 20: Δυνάμεις επανευθυγράμμισης ομάδας Ε.

Α/Α ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΕΠΑΝΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ (KN)	ΟΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ
1	24	ΡΩΓΜΕΣ
2	18	ΡΩΓΜΕΣ
3	25	ΡΩΓΜΕΣ
4	19	ΧΩΡΙΣ ΡΩΓΜΕΣ
5	20	ΧΩΡΙΣ ΡΩΓΜΕΣ

Από τους παραπάνω πίνακες παρατηρούμε πως τα περισσότερα δοκίμια, μετά την επανευθυγράμμισή τους παρουσιάζουν ρωγμές. Στα δοκίμια τα οποία δεν παρουσίασαν καθόλου ρηγματώσεις θα πραγματοποιηθεί η δοκιμή του εφελκυσμού.

Εικόνα 21: Ρωγή σε επανευθυγραμμισμένο δοκίμιο.



Εικόνα 22: Επανευθυγραμμισμένο δοκίμιο.



Πίνακας 23: Επιμήκυνση εφελκυστικής ίνας (%) συναρτήσει του στελέχους κάμψης.

ΡΑΟΥΛΟ (ΣΤΕΛΕΧΟΣ) ΚΑΜΨΗΣ (mm)	ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ ΙΝΑΣ (%)
20	33
42	29
63	22
84	14
90	13

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε πως η διάμετρος του ράουλο κάμψης και η επιμήκυνση της εφελκυστικής ίνας είναι ποσά αντιστρόφως ανάλογα.

4.3 ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ

Πίνακας 24: Μηχανικές ιδιότητες ράβδων που καταπονήθηκαν σε κάμψη / ανάκαμψη και επανευθυγραμμίστηκαν χωρίς να παρουσιάσουν κανενός είδους ρωγμή.

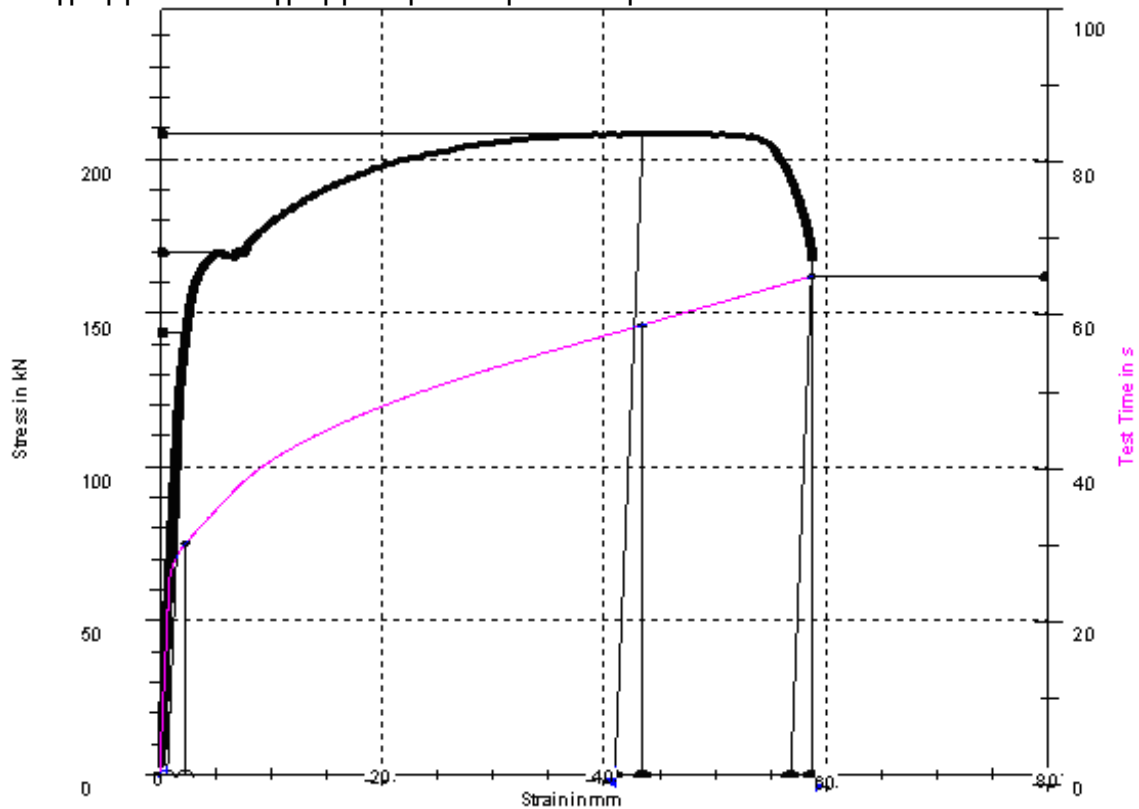
Δοκιμιο Μηχ.Ιδ	Γ3	Δ2	Ε4	Ε5
Lc (mm)	300	300	300	300
So (mm ²)	314,2	314,2	314,2	314,2
Rp 0.2 (MPa)	457,48	417,12	492,63	434,86
FReH (KN)	169,819	169,117	168,623	168,476
ReH (MPa)	541	538	537	536
Fm (KN)	208,444	207,644	207,002	206,819
Rm (MPa)	663	661	659	658
Rm/ReH	1,23	1,23	1,23	1,23
ReH/Re (MPa)	1,08	1,08	1,07	1,07
Ag (%)	12,5	11,0	11,0	10,0
Agt (%)	12,83	11,33	11,33	10,33

Πίνακας 25: Μηχανικές ιδιότητες ράβδων που καταπονήθηκαν σε δοκιμή εφελκυσμού, χωρίς προηγουμένως να έχουν υποστεί κανενός είδους καταπόνηση.

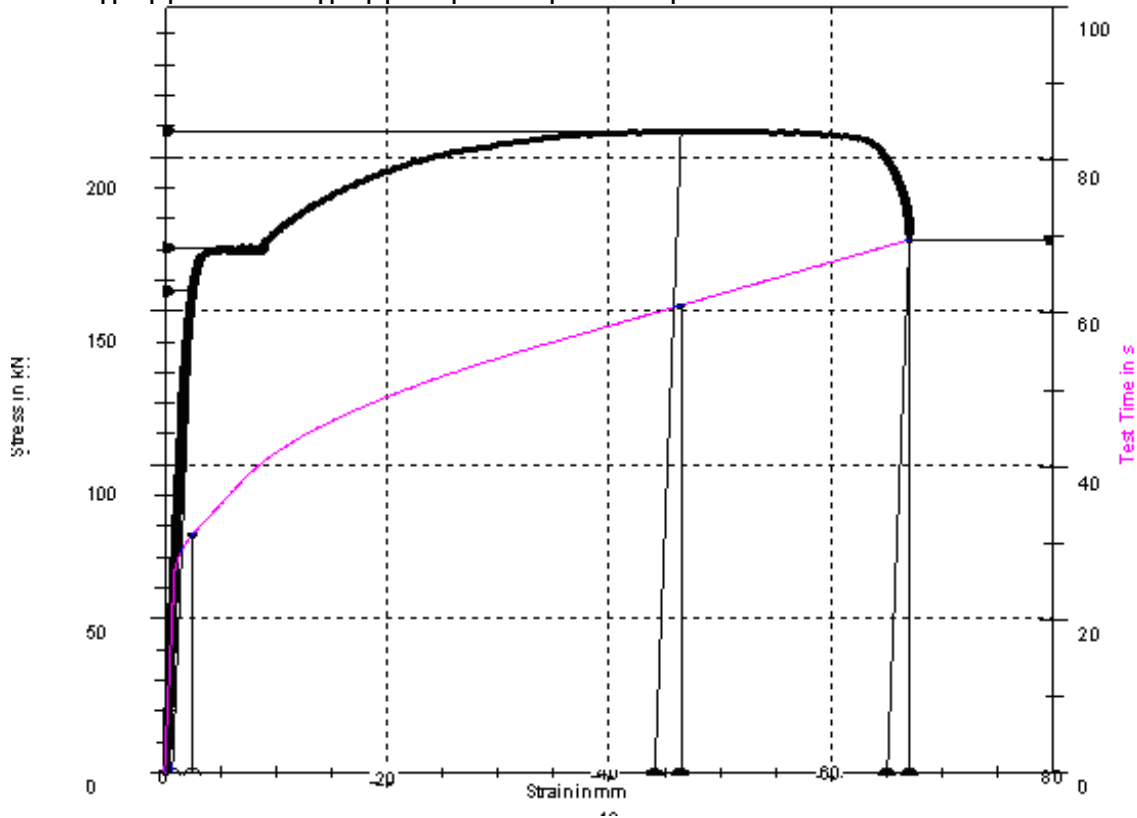
Δοκιμιο Μηχ.Ιδ	X1	X2	X3	X4	X5
Lc (mm)	300	300	300	300	300
So (mm ²)	314,2	314,2	314,2	314,2	314,2
Rp 0.2 (MPa)	498,46	494,73	493,45	489,64	491,79
FReH (KN)	170,754	171,555	171,097	169,853	170,501
ReH (MPa)	544	546	545	541	543
Fm (KN)	208,666	209,440	209,869	207,874	208,545
Rm (MPa)	664	667	668	662	664
Rm/ReH	1,22	1,22	1,23	1,22	1,22
ReH/Re (MPa)	1,09	1,09	1,09	1,08	1,09
Ag (%)	15,0	13,0	11,0	15,0	11,5
Agt (%)	15,33	13,33	11,33	15,33	11,83

Στη συνέχεια ακολουθούν δύο διαγράμματα εφελκυσμού. Το πρώτο είναι από δοκίμιο που έχει προηγουμένως καταπονηθεί σε κάμψη / ανάκαμψη, ενώ το δεύτερο είναι από δοκίμιο που δεν έχει υποστεί κανενός είδους καταπόνηση πριν την δοκιμή σε εφελκυσμό. Για λόγους εξοικονόμησης χώρου, τα δύο αυτά διαγράμματα παρουσιάζονται εδώ ενώ στο παράρτημα Β – 4 παρουσιάζονται όλα τα διαγράμματα.

Διάγραμμα 26: Διάγραμμα εφελκυσμού δοκιμίου Γ3.



Διάγραμμα 27: Διάγραμμα εφελκυσμού δοκιμίου X1.



4.4 ΔΥΣΘΡΑΥΣΤΟΤΗΤΑ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

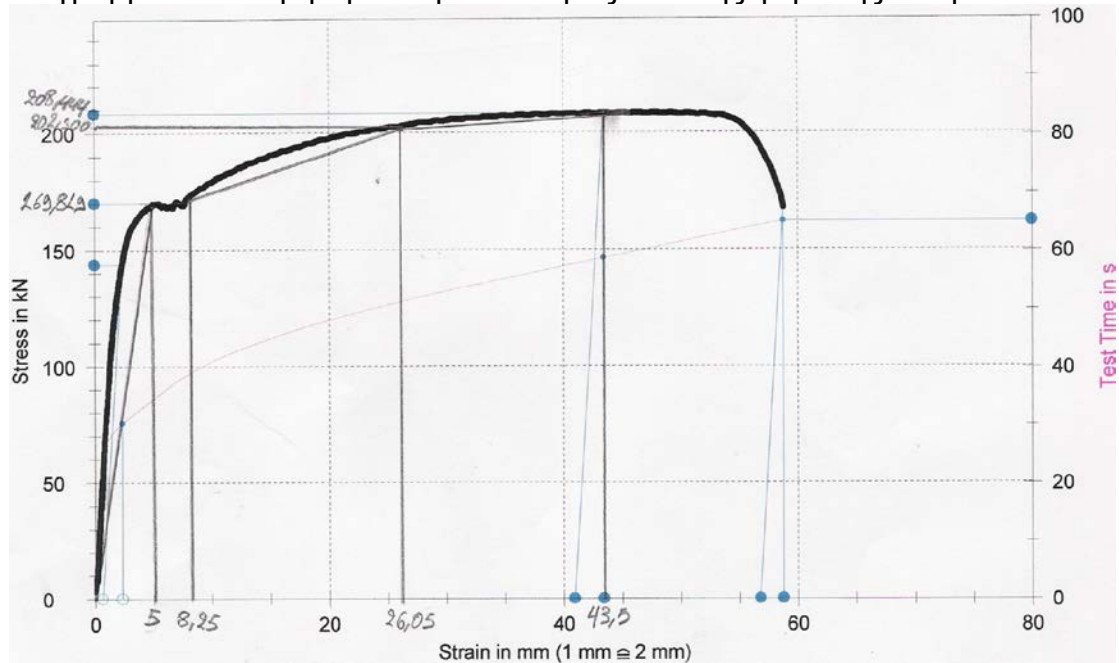
Πραγματοποιήθηκε η μέτρηση της δυσθραυστότητας στατικής φόρτισης σε τρία δοκίμια. Τα δοκίμια στα οποία μετρήθηκε η δυσθραυστότητα είναι το X1, το Γ3 και το Ε4. Η επιλογή των δοκιμίων αυτών έγινε με βάση το μέγεθος της καταπόνησης σε κάμψη που αυτά έχουν υποστεί. Έτσι επιλέχθηκε ένα δοκίμιο που δεν καταπονήθηκε σε κάμψη, ένα με μικρή καταπόνηση και το τρίτο με τη μεγαλύτερη καταπόνηση.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα ενώ τα διαγράμματα από τα οποία μετρήθηκε η δυσθραυστότητα ακολουθούν.

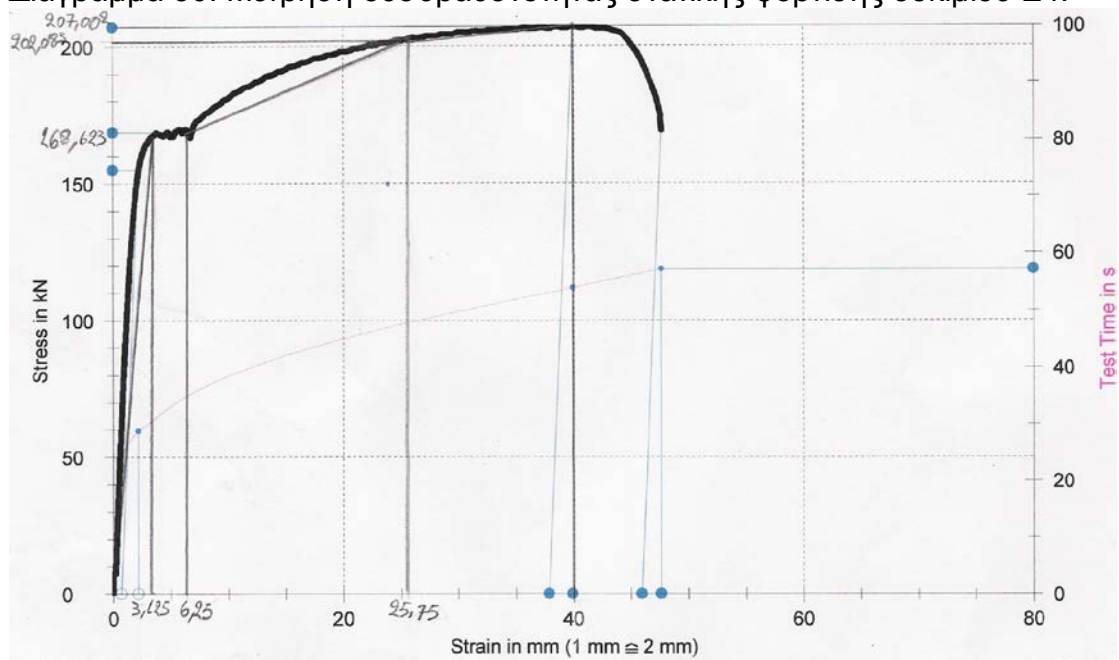
Πίνακας 28: Δυσθραυστότητα στατικής φόρτισης.

X_1 (J/mm ³)	Γ_3 (J/mm ³)	E_4 (J/mm ³)
0,090	0,084	0,075

Διάγραμμα 29: Μέτρηση δυσθραυστότητας στατικής φόρτισης δοκιμίου Γ3.



Διάγραμμα 30: Μέτρηση δυσθραυστότητας στατικής φόρτισης δοκιμίου Ε4.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την επεξεργασία μετρήσεων των παραπάνω αποτελεσμάτων των δοκιμών, αλλά και από την εμπειρία που έχει αποκτηθεί από την εργασία που πραγματοποιήθηκε για το 1^ο Συνέδριο Δομικών Υλικών και Στοιχείων καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα:

i). Η εταιρεία «ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΚΗ Α.Ε.» το διάστημα όπου ελήφθησαν τα δοκίμια της πτυχιακής, παράγει χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος σύμφωνα με τα όσα ορίζουν ο ΚΤΧ και τα πρότυπα του ΕΛΟΤ.

ii). Η καταπόνηση σε κάμψη χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος, όταν αυτή δεν γίνεται όπως ορίζει ο ΚΤΧ, μπορεί να επιφέρει σημαντική υποβάθμιση των μηχανικών ιδιοτήτων του υλικού. Η υποβάθμιση αυτή είναι τόσο μεγάλη που το υλικό παρουσιάζει ρηγματώσεις. Έτσι πρέπει να είμαστε ιδιαίτερος προσεκτικοί όταν καταπονούμε χάλυβα σε κάμψη γιατί οι ρωγμές που παρουσιάζονται είναι αρκετά μικρές και πρέπει να είμαστε προσεκτικοί κατά την εξέταση του υλικού. Επομένως σε περίπτωση που χρειαστεί να καμφθεί μια βέργα χάλυβα οπλισμού πρέπει να γίνει προσεκτικά και με στελέχη κάμψης που ορίζει ο ΚΤΧ, σύμφωνα με την ονομαστική διάμετρο της βέργας.

iii). Το ποιο σημαντικό συμπέρασμα είναι το εξής: Ο ΚΤΧ απαγορεύει την επανευθυγράμμιση καμφθεισών ράβδων. Στην συντριπτική τους πλειοψηφία, όσες ράβδοι επανευθυγραμμίστηκαν παρουσίασαν ρηγματώσεις. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουμε και με τα αποτελέσματα της εργασίας για το συνέδριο, όπου όσα δοκίμια επανευθυγραμμίστηκαν μετά από καταπόνηση σε κάμψη 60^ο και 90^ο παρουσίασαν ρηγματώσεις. Μπορεί τα δοκίμια που κάμφθηκαν με γωνία κάμψης 30^ο να μην παρουσίασαν ρηγματώσεις, αυτό όμως δεν σημαίνει πως «δουλεύουν» σωστά. Η μείωση της ολκιμότητας είναι σημαντική.

iv). Από την εξέταση των διαγραμμάτων εφελκυσμού παρατηρούμε ότι μπορεί τα δοκίμια που επανευθυγραμμίστηκαν χωρίς ρωγμές να παρουσίασαν παρόμοιες αντοχές σε θραύση με αυτά που εφελκυστικαν χωρίς κάποια προηγούμενη καταπόνηση, αλλά είναι λιγότερο όλκιμα. Αυτό σημαίνει πως σε ενδεχόμενη σεισμική δραστηριότητα δεν θα αντιδράσουν σωστά.

v). Η εργασία αυτή οδηγεί στο συμπέρασμα μιας μεγαλύτερης εργαστηριακής διερεύνησης και στην κατάρτιση ενός πίνακα όπου θα παρουσιάζεται ο βαθμός καταπόνησης ενός δοκιμίου σε συνάρτηση του στελέχους κάμψης και της γωνίας κάμψης / ανάκαμψης.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α-1 ΟΡΙΣΜΟΙ

Οι ορισμοί έχουν κυρίως έχουν παρθεί από το σχέδιο ΚΤΧ 2007 και από τα πρότυπα ΕΛΟΤ EN 1421-3, ΕΛΟΤ EN 10080 και ΕΛΟΤ EN 10002.01

- ◆ Χάλυβας: Κράμα σιδήρου – άνθρακα (Fe – C) με περιεκτικότητα σε άνθρακα έως 2% και προσθήκη άλλων στοιχείων.
- ◆ Χάλυβας οπλισμού: Χάλυβας με κυκλική ή πρακτικά κυκλική διατομή, για τον οπλισμό του σκυροδέματος.
- ◆ Χάλυβας οπλισμού με νευρώσεις: Χάλυβας οπλισμού με δύο τουλάχιστον σειρές πλάγιων ανάγλυφων νευρώσεων ομοιόμορφα κατανομημένων κατά μήκος.
- ◆ Ονομαστικές διάμετροι: Τυποποιημένες διάμετροι χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος.
- ◆ R_m = Εφελκυστική αντοχή: Η τάση που αντιστοιχεί στο μέγιστο φορτίο.
- ◆ Ράουλο = Στέλεχος κάμψης: Κυλινδρικό στέλεχος κάμψης ώστε το καμπύλο τμήμα της ράβδου να έχει σταθερή ακτίνα καμπυλότητας.
- ◆ Ελάχιστη τιμή: Τιμή κάτω από την οποία το αποτέλεσμα μιας μέτρησης δεν είναι δεκτό.
- ◆ Μέγιστη τιμή: Τιμή την οποία κανένα αποτέλεσμα δεν είναι δεκτό.
- ◆ R_e = Όριο διαρροής: Η τάση μετά την οποία κατά την αποφόρτιση παρατηρείται στο δοκίμιο παραμένουσα παραμόρφωση.
- ◆ R_{eH} : Άνω όριο διαρροής.
- ◆ R_m / R_{eH} : Λόγος εφελκυστικής αντοχής προς το άνω όριο διαρροής.
- ◆ L_c : Καταπονούμενο μήκος ανάμεσα στις αρπάγες κατά την δοκιμή του εφελκυσμού.
- ◆ S_0 : Αρχική ισοδύναμη κυκλική διατομή.
- ◆ $R_{p0,2}$ = Συμβατικό όριο διαρροής: Όταν το όριο διαρροής δεν είναι εμφανές, υπολογίζεται το συμβατικό όριο διαρροής. Λαμβάνεται η τιμή της τάσης για την οποία η παραμένουσα παραμόρφωση είναι 0,2%.
- ◆ F_{Re} : Η δύναμη διαρροής.
- ◆ F_m : Το μέγιστο φορτίο.
- ◆ A_{gt} : Συνολική ανηγμένη επιμήκυνση στο μέγιστο φορτίο.
- ◆ A_g : Συνολική επιμήκυνση μετά τη θραύση.
- ◆ Δύναμη κάμψης: Η δύναμη που επιβλήθηκε στο δοκίμιο ώστε να αποκτήσει την επιθυμητή γωνία κάμψης.
- ◆ Δύναμη ανάκαμψης: Η δύναμη που επιβλήθηκε στο δοκίμιο ώστε να επιτευχθεί η επανευθγράμμιση του.
- ◆ R_{eH}/R_e : Ο λόγος του άνω ορίου διαρροής με το όριο διαρροής.
- ◆ Οπτικός έλεγχος: Ο έλεγχος που πραγματοποιήθηκε από τον σπουδαστή για κάθε δοκίμιο ξεχωριστά χωρίς την χρήση κάποιου βοηθητικού οργάνου.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α-2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΡΟΤΥΠΑ – ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ

- ΕΛΟΤ EN 10080:2005 (Ε). Χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος – Συγκολλησιμοι χάλυβες – Γενικές απαιτήσεις.
- ΕΛΟΤ EN 10002-1:2001 (Ε). Μεταλλικά υλικά – Δοκιμές εφελκυσμού – Μέρος 1: Μέθοδος δοκιμής σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.
- ΕΛΟΤ 1421 – 3. Χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος – Συγκολλησιμοι χάλυβες – Μέρος 3: Τεχνική κατηγορία B500C.
- BS EN ISO 15630-1:2002. Steel for the reinforcement and prestressing of concrete – Test methods – Part 1: Reinforcing bars, wire rod and wire.
- ISO 7144-1986 (Ε). Documentation – Presentation of thesis and similar documents.
- ISO 5966-1982 (Ε). Documentation – Presentation of scientific and technical reports.
- Κανονισμός Τεχνολογίας Χαλύβων (ΚΤΧ) 2001.
- Σχέδιο Κανονισμού Τεχνολογίας Χαλύβων 2007.

ΠΤΥΧΙΑΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

- Δημήτρης Κιάμος. «Συγκολλήσεις χαλύβων οπλισμού/ Σχεδιασμός, εφαρμογή και εργαστηριακός έλεγχος ποιότητας κατά περίπτωση χρήσης». Πτυχιακή εργασία ΠΕΤΥΛ – ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ 1997.
- Δημήτρης Ζαχαράτος. «Επιρροή μηχανικών και θερμικών κατεργασιών σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες της άνω κρίσιμης (AC_3) στις μηχανικές ιδιότητες του συγκολλησιμου χάλυβα οπλισμού S500s επιφανειακά επιβελτιωμένου με τη μέθοδο Temprore». Πτυχιακή εργασία ΠΕΤΥΛ – ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ 1999.
- Θεοδώρα Κούκου. «Εκτίμηση ομοιομορφίας της παραγωγής με τη μέθοδο Temprore, συγκολλησιμοι χάλυβα οπλισμού συγκεκριμένης ποιότητας (S500s) και διαμέτρου ($\varnothing 20$)». Πτυχιακή εργασία ΠΕΤΥΛ – ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ 2001.
- Λουκία Σανίδα. «Ο βαθμός ικανοποίησης των κριτηρίων συμμόρφωσης παρτίδων (χυτεύσεων) χάλυβα οπλισμού (ίδιας ποιότητας και περιόδου παραγωγής του ίδιου εργοστασίου) σε συνάρτηση με την ονομαστική διάμετρο που είναι διαφορετική για κάθε παρτίδα (εργαστηριακή εκτίμηση)». Πτυχιακή εργασία ΠΕΤΥΛ – ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ 2002.

- Αριάδνη Γερακάρη. «Επιρροή μηχανικών και θερμικών κατεργασιών σε θερμοκρασίες μικρότερες της κάτω κρίσιμης (AC1) στις μηχανικές ιδιότητες του συγκολλησιμου χάλυβα οπλισμού S500s (μεθόδου παραγωγής Tempcore)». Πτυχιακή εργασία ΠΕΤΥΛ – ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ 2003.
- Βασίλης Καρβούνης, Απόστολος Παπαγιαννόπουλος. «Δοκιμή δυσθραυστότητας με μετρήσιμη ιδιότητα την αντοχή σε κρούση χάλυβα οπλισμένου σκυροδέματος σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και σε υπομηδενικές θερμοκρασίες». Πτυχιακή εργασία ΠΕΤΥΛ – ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ 2005.

ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΙΣ ΣΕ ΣΥΝΕΔΡΙΑ

- Θεοδώρα Κούκου, Άρης Φωτόπουλος, Βασίλης Σκαράκης, Ιωάννης Σιδέρης. «Συγκριτικός έλεγχος ποιότητας χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος (Ελληνικού και Εισαγωγής) με βάση τα κριτήρια συμμόρφωσης των τεχνικών όρων παράδοσης, που ισχύουν για χάλυβες οπλισμού που εισάγονται στην Ευρωπαϊκή Ένωση από τρίτες χώρες». 14^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Σκυροδέματος, Κώς 15-17/10/2003.
- Δημήτρης Δεληγιάννης, Άρης Φωτόπουλος, Βασίλης Σκαράκης, Κάρμεν Μέντρεα. «Μελέτη μεταβολής των μηχανικών χαρακτηριστικών συγκολλησιμου χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος μετά από καταπόνηση κάμψης και ανάκαμψης». 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Δομικών Υλικών & Στοιχείων. Αθήνα 21-23/05/2008.
- Θεοδώρα Κούκου, Άρης Φωτόπουλος, Βασίλης Σκαράκης, Κάρμεν Μέντρεα. «Επιρροή του συντελεστή εφελκυστικής εδοτράχυνσης στα μηχανικά χαρακτηριστικά εφελκυσμού του συγκολλησιμου χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος». 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Δομικών Υλικών & Στοιχείων. Αθήνα 21-23/05/2008.
- Δημήτρης Παπαγεωργίου, Άρης Φωτόπουλος, Βασίλης Σκαράκης, Αριάδνη Γερακάρη. «Επιρροή υποκρίσιμων θερμικών κατεργασιών στα μηχανικά χαρακτηριστικά εφελκυσμού συγκολλησιμου χάλυβα οπλισμού με προηγούμενη ίδια εφελκυστική ενδοτράχυνση». 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Δομικών Υλικών & Στοιχείων. Αθήνα 21-23/05/2008.
- Άρης Φωτόπουλος, Δημήτρης Παπαγεωργίου, Βασίλης Σκαράκης, Κάρμεν Μέντρεα. «Χαρτογράφηση κατανομής της τιμής του ορίου διρροής στη διατομή ράβδου συγκολλησιμου χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος με προσομοίωση δομής και σκληρότητας σημείων της με αντίστοιχες θερμικές κατεργασίες». 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Δομικών Υλικών & Στοιχείων. Αθήνα 21-23/05/2008.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β-1 ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΟΚΙΜΙΟΥ
ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ.**

ΔΟΚΙΜΙΟ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ

Χημικό Στοιχείο	C	Mn	S	P	Si	Ni	Cr	Cu
% Αναλογία	0,18538	0,95017	0,03502	0,01118	0,15451	0,10235	0,07395	0,53553

Χημικό Στοιχείο	V	Al	Sn	Mo	Fe	Ti	Pb
% Αναλογία	0,00191	0,00001	0,01765	0,01920	97,8641	0,00001	0,00282

Χημικό Στοιχείο	Co	As	Ca	Nb	N	O	Ceq	Mn_S
% Αναλογία	0,00970	0,00826	0,00001	0,00080	0,01023	0,01725	0,40528	27,13108

ΔΟΚΙΜΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ

Χημικό Στοιχείο	C	Mn	S	P	Si	Ni	Cr	Cu
% Αναλογία	0,19641	1,04690	0,04377	0,03767	0,21911	0,11500	0,10057	0,55802

Χημικό Στοιχείο	V	Al	Sn	Mo	Fe	Ti	Pb
% Αναλογία	0,00221	0,00001	0,01807	0,02275	97,5913	0,00001	0,00597

Χημικό Στοιχείο	Co	As	Ca	Nb	N	O	Ceq	Mn_S
% Αναλογία	0,01225	0,01202	0,00001	0,00088	0,01166	0,00546	0,44087	23,92066

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β-2 ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΑ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΥ
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ.**

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ
CERTIFICATE OF CALIBRATION

Έκδοση από : ALGOSYSTEMS S. A. – METROLOGY DIVISION
Issued by

Ημ/νία Έκδοσης : 15 Ιανουαρίου 2007 Αριθμός Ταυτοποίησης : HALYB-0027
Date of Issue 15 January 2007 Asset Number



ALGOSYSTEMS S. A. - METROLOGY DIVISION

Σάρδεων 4, 171 21 Ν. Σμύρνη
4 Sardeon Str., N. Smirni - Athens - Greece

Τηλ.: 210 93 10 281 – 4, Φαξ: 210 93 32 641
Tel.: + 30 (210) 93 10 281 - 4, Fax: +30 (210) 93 32 641

Internet: www.algosystems.gr
e-mail: sales-metdiv@algosystems.gr

Σελίδα 1 από 2
Page 1 of 2

Εγκεκριμένος Υπογράφων
Approved Signatory

Δ. Γρηγορίου

Πελάτης : ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΚΗ Α.Ε.
Customer
Διεύθυνση : 2 χλμ Λεωφ. Αθηνών Κορίνθου, Ελευσίνα
Address

Περιγραφή : Μετροταινία
Description Measuring Tape

Κατασκευαστής : KDS
Manufacturer

Μοντέλο : KS 19-55
Model

Σειριακός Αριθμός : 1
Serial No.

Κωδικός Συσκευής : ---
Instrument Code

Εντολή Εργασίας : 0037
Work Order

Τοποθεσία Διακρίβωσης : Εργαστήριο Διαστατικών Διακρίβωσεων
Place of Calibration Dimensional Calibration Laboratory

Ημ/νία Διακρίβωσης : 15 Ιανουαρίου 2007
Date of Calibration 15 January 2007

Διαδικασία Διακρίβωσης : ALGO-DIM-0006 (συνοπτική διαδικασία στη σελ. 2 / brief description at page 2)
Calibration Procedure

Τύπος Αποτελεσμάτων : Με Ρυθμίσεις / After Adjustment
 Χωρίς Ρυθμίσεις / Without Adjustment
Results Type

Μεταβολή θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της διακρίβωσης : 20 °C ± 1 °C
Temperature variation during the calibration

Συνθήκες Περιβάλλοντος : Σχετική Υγρασία : 50 %RH ± 5 %RH
Ambient Conditions Relative Humidity

Ατμοσφαιρική Πίεση : 1010 hPa ± 5 hPa
Atmospheric Pressure

Υπογραφή : 
Signature

Το Πιστοποιητικό αυτό εκδίδεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προτύπου ISO/IEC 17025. Παρέχει την ιχνηλασιμότητα των μετρήσεων προς αναγνωρισμένα (εθνικά) διεθνή πρότυπα και τις μονάδες που έχουν υλοποιηθεί σε αναγνωρισμένα εθνικά πρότυπα εργαστηρίων. Σε περίπτωση διαπιστευμένου πιστοποιητικού η ιχνηλασιμότητα έχει επιδειχθεί στο Φορέα Διαπίστευσης. Το παρόν πιστοποιητικό μπορεί να αναπαραχθεί μόνο εξ' ολοκλήρου, εκτός και αν υπάρχει γραπτή συναίνεση του εκδίδοντος εργαστηρίου.

This Certificate is issued in accordance with the requirements of ISO/IEC 17025. It provides traceability of measurements to recognized (inter) national standards and to the units of measurement realised at recognized national standards laboratories. In case of accredited certificate the traceability has been demonstrated towards to the Accreditation Body. This certificate may not be reproduced other than in full, except with the prior written approval of the issuing laboratory.

Z:\Customers 2007\H\HALYB\0027-0037.doc

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ
CERTIFICATE OF CALIBRATION

Σελίδα 2 από 2
Page 2 of 2

Έκδοση από : ALGOSYSTEMS S. A. – METROLOGY DIVISION
Issued by

Ημ/νία Έκδοσης : 15 Ιανουαρίου 2007 Αριθμός Ταυτοποίησης : HALYB-0027
Date of Issue 15 January 2007 Asset Number

Πρότυπα - Ιχνηλασιμότητα
Standards used - Traceability

ALGO-0033 Set of Gauge Blocks, Starrett RC88MA1, S/N: 70993.11, Cert. No.: Δ2-06-010/EIM
ALGO-0522 Set of Long Gauge Blocks, Tesa MB11, S/N: 101807, Cert. No.: 2276K0006/UKAS-0067

ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ
Calibration Procedure (Brief Description)

Η διακρίβωση της μετροταινίας πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας πρότυπα πλακίδια. Η κλίμακα της μετροταινίας ελέγχθηκε σε 6 σημεία. Για κάθε ονομαστική τιμή των πρότυπων πλακιδίων καταγράφεται η ένδειξη του οργάνου.

Κατά τον οπτικό έλεγχο η μετροταινία βρέθηκε σε ικανοποιητική κατάσταση.

Το όργανο τοποθετήθηκε μαζί με τα πρότυπα αναφοράς στο χώρο του εργαστηρίου για χρονικό διάστημα 24 ωρών προς επίτευξη θερμικής ισορροπίας.

Οι ανοχές των περιβαλλοντικών συνθηκών (θερμοκρασία, σχετική υγρασία) καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια της διακρίβωσης.

The calibration of the measuring tape was carried out using gauge blocks. The scale of the measuring tape was checked at 6 points. For every standard nominal value the indication was recorded.

During visual inspection the measuring tape was found in acceptable condition.

The measuring tape and the standards were placed at the laboratory, for a period of not less than 24 hours, in order to reach thermal equilibrium.

The ambient conditions tolerances (temperature, relative humidity) were recorded during the calibration.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
MEASUREMENTS

ΜΗΚΟΣ
LENGTH

Κλίμακα <i>Range</i>	Ονομαστική τιμή <i>Standard nominal value</i> (mm)	Τιμή υπό διακρίβωση οργάνου <i>Test instrument reading</i> (mm)	Απόκλιση από την ονομαστική τιμή <i>Deviation from nominal value</i> (mm)	Αβεβαιότητα μέτρησης <i>Uncertainty of measurement</i> (mm)	Ανοχή <i>Tolerance</i> (±) (mm)	
0 m ~ 5.5 m	50	50	0	0.7	---	
	200	200	0	0.7	---	
	d: 1 mm	500	500	0	0.7	---
	1 000	1 000	0	0.7	---	
	3 000	3 000	0	1	---	
	5 500	5 500	0	1	---	

Η αναφερόμενη αβεβαιότητα μέτρησης βασίστηκε σε κανονική αβεβαιότητα, πολλαπλασιαζόμενη με τον συντελεστή κάλυψης k=2, παρέχοντας ένα επίπεδο εμπιστοσύνης 95 % περίπου. Ο υπολογισμός της αβεβαιότητας υπολογίστηκε σύμφωνα με τις απαιτήσεις του EA 4 / 02.

The reported expanded uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor k=2, providing a level of confidence of approximately 95 %. The uncertainty evaluation has been carried out in accordance with the EA 4 / 02 requirements.

Z:\Customers 2007\H\HALYB\0027-0037.doc

ΜΗΧΑΝΗ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ (ΚΑΜΨΗΣ / ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ)

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ
CERTIFICATE OF CALIBRATION

Έκδοση από : ALGOSYSTEMS S. A. – METROLOGY DIVISION
Issued by

Ημ/νία Έκδοσης : 30 Ιανουαρίου 2007 Αριθμός Ταυτοποίησης : HALYB-0009
Date of Issue 30 January 2007 Asset Number



ALGOSYSTEMS S. A. - METROLOGY DIVISION

Σάρδεων 4, 171 21 Ν. Σμύρνη
4 Sardeon Str., N. Smirni - Athens - Greece

Τηλ.: 210 93 10 281 – 4, Φαξ: 210 93 32 641
Tel.: + 30 (210) 93 10 281 - 4, Fax: +30 (210) 93 32 641

Internet: www.algosystems.gr
e-mail: sales-metdiv@algosystems.gr

Σελίδα 1 από 3
Page 1 of 3

Εγκεκριμένος Υπογράφων
Approved Signatory

Κ. Δεληγιώργος

Πελάτης : ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΚΗ Α.Ε.
Customer

Διεύθυνση : 2 χλμ Λεωφ. Αθηνών Κορίνθου, Ελευσίνα
Address

Περιγραφή : Μηχανή Εφέλκυσμού (0-350 KN)
Description

Κατασκευαστής : MAHR & FEDERHAFF
Manufacturer

Μοντέλο : MFL 350 KN
Model

Σειριακός Αριθμός : 4302
Serial No.

Κωδικός Συσκευής : ---
Instrument Code

Εντολή Εργασίας : 0041
Work Order

Τοποθεσία Διακρίβωσης : Στη παραπάνω διεύθυνση
Place of Calibration At the above address


Ημ/νία Διακρίβωσης : 12 Ιανουαρίου 2007
Date of Calibration 12 January 2007

Διαδικασία Διακρίβωσης : ALGO-FORCE-0002 (συνοπτική διαδικασία στη σελ. 2 / brief description at page 2)
Calibration Procedure

Τύπος Αποτελεσμάτων : Με Ρυθμίσεις / After Adjustment
 Χωρίς Ρυθμίσεις / Without Adjustment
Results Type

Συνθήκες Περιβάλλοντος : Μεταβολή θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της διακρίβωσης : $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$
Ambient Conditions Temperature variation during the calibration

Σχετική Υγρασία : $40\text{ \%RH} \pm 10\text{ \%RH}$
Relative Humidity

Υπογραφή : 
Signature

Το Πιστοποιητικό αυτό εκδίδεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προτύπου ISO/IEC 17025. Παρέχει την ιχνηλασιμότητα των μετρήσεων προς αναγνωρισμένα (εθνικά) διεθνή πρότυπα και τις μονάδες που έχουν υλοποιηθεί σε αναγνωρισμένα εθνικά πρότυπα εργαστηρίων. Σε περίπτωση διαπιστευμένου πιστοποιητικού η ιχνηλασιμότητα έχει επιδειχθεί στο Φορέα Διαπίστευσης. Το παρόν πιστοποιητικό μπορεί να αναπαραχθεί μόνο εξ' ολοκλήρου, εκτός και αν υπάρχει γραπτή συναίνεση του εκδίδοντος εργαστηρίου.

This Certificate is issued in accordance with the requirements of ISO/IEC 17025. It provides traceability of measurements to recognized (inter) national standards and to the units of measurement realised at recognized national standards laboratories. In case of accredited certificate the traceability has been demonstrated towards the Accreditation Body. This certificate may not be reproduced other than in full, except with the prior written approval of the issuing laboratory.

Z:\Customers 2007\HALYB\0009-0041.doc

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ
CERTIFICATE OF CALIBRATION

Σελίδα 3 από 3
Page 3 of 3

Έκδοση από : ALGOSYSTEMS S. A. – METROLOGY DIVISION
Issued by

Ημ/νία Έκδοσης : 30 Ιανουαρίου 2007 Αριθμός Ταυτοποίησης : HALYB-0009
Date of Issue 30 January 2007 Asset Number

Δύναμη

Force

Κλίμακα Range	Ένδειξη Πρότυπης Συσκευής Standard Reading (kN)	Τιμή συσκευής υπό διακρίβωση Test Instrument Reading (kN)	Απόκλιση Deviation (kN)	Αβεβαιότητα Μέτρησης Uncertainty of the Measurement	Ανοχή Tolerance (±)
0 ~ 70 kN	0.00	0.0	0.00	0.5 %	---
d : 200 N	10.07	10.0	-0.07	0.5 %	---
	19.92	20.0	0.08	0.5 %	---
	29.80	30.0	0.20	0.5 %	---
	39.72	40.0	0.28	0.5 %	---
	49.75	50.0	0.25	0.5 %	---
	59.70	60.0	0.30	0.5 %	---

Δύναμη

Force

Κλίμακα Range	Ένδειξη Πρότυπης Συσκευής Standard Reading (kN)	Τιμή συσκευής υπό διακρίβωση Test Instrument Reading (kN)	Απόκλιση Deviation (kN)	Αβεβαιότητα Μέτρησης Uncertainty of the Measurement	Ανοχή Tolerance (±)
0 ~ 175 kN	0.00	0.0	0.00	0.5 %	---
d : 500 N	30.20	30.0	-0.20	0.5 %	---
	59.87	60.0	0.13	0.5 %	---
	89.74	90.0	0.26	0.5 %	---
	119.61	120.0	0.39	0.5 %	---
	150.23	150.0	-0.23	0.5 %	---

Δύναμη

Force


Κλίμακα Range	Ένδειξη Πρότυπης Συσκευής Standard Reading (kN)	Τιμή συσκευής υπό διακρίβωση Test Instrument Reading (kN)	Απόκλιση Deviation (kN)	Αβεβαιότητα Μέτρησης Uncertainty of the Measurement	Ανοχή Tolerance (±)
0 ~ 350 kN	0.00	0	0.00	0.5 %	---
d : 1000 N	40.25	40	-0.25	0.5 %	---
	80.31	80	-0.31	0.5 %	---
	119.87	120	0.13	0.5 %	---
	160.04	160	-0.04	0.5 %	---
	199.76	200	0.24	0.5 %	---
	240.04	240	-0.04	0.5 %	---
	279.79	280	0.21	0.5 %	---

Η αναφερόμενη αβεβαιότητα μέτρησης βασίστηκε σε κανονική αβεβαιότητα, πολλαπλασιαζόμενη με τον συντελεστή κάλυψης k=2, παρέχοντας ένα επίπεδο εμπιστοσύνης 95 % περίπου. Ο υπολογισμός της αβεβαιότητας υπολογίστηκε σύμφωνα με τις απαιτήσεις του EA 4 / 02.

The reported expanded uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor k=2, providing a level of confidence of approximately 95 %. The uncertainty evaluation has been carried out in accordance with the EA 4 / 02 requirements.

Z:\Customers 2007\H\HALYB\0009-0041.doc

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΖΥΓΟΣ

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ CERTIFICATE OF CALIBRATION		
Έκδοση από <i>Issued by</i>	: ALGOSYSTEMS S. A. – METROLOGY DIVISION	
Ημ/νία Έκδοσης <i>Date of Issue</i>	: 30 Ιανουαρίου 2007 <i>30 January 2007</i>	Αριθμός Πιστοποιητικού <i>Certificate Number</i> : 31347



ALGOSYSTEMS S. A. - METROLOGY DIVISION

Σάρδεων 4, 171 21 Ν. Σμύρνη
4 Sardeon Str., N. Smirni – Athens – Greece

Τηλ.: 210 93 10 281 – 4, Φαξ: 210 93 32 641
Tel.: + 30 (210) 93 10 281 - 4, Fax: + 30 (210) 93 32 641

Internet: www.algosystems.gr
e-mail: sales-metdiv@algosystems.gr

Σελίδα 1 από 4
Page 1 of 4

Εγκεκριμένος Υπογράφων
Approved Signatory

Κ. Δεληγιώργος

Πελάτης
Customer : ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΚΗ Α.Ε.

Διεύθυνση
Address : 2 γλμ Λεωφ. Αθηνών Κορίνθου, Ελευσίνα

Περιγραφή
Description : Ηλεκτρονικός Ζυγός (max: 4100 g, d: 0.1 g)
Electronic Balance

Κατασκευαστής
Manufacturer : OHAUS

Μοντέλο
Model : N3D110

Σειριακός Αριθμός
Serial No. : 1121051856

Κωδικός Συσκευής
Instrument Code : ---

Αριθμός Ταυτοποίησης
Asset Number : HALYB-0026

Τοποθεσία Διακρίβωσης
Place of Calibration : Στη παραπάνω διεύθυνση
At the above address

Ημ/νία Διακρίβωσης
Date of Calibration : 12 Ιανουαρίου 2007
12 January 2007

Διαδικασία Διακρίβωσης
Calibration Procedure : ALGO-MASS-0001 (συνοπτική διαδικασία στη σελ. 2/ brief description at page 2)

Τύπος Αποτελεσμάτων
Results Type : Με Ρυθμίσεις / After Adjustment
 Χωρίς Ρυθμίσεις / Without Adjustment

Θερμοκρασία στη αρχή της διακρίβωσης
Temperature at the beginning of the calibration : 22.0 °C

Συνθήκες Περιβάλλοντος
Ambient Conditions : Θερμοκρασία μετά το πέρας της διακρίβωσης : 22.0 °C
Temperature at the end of the calibration

Σχετική Υγρασία
Relative Humidity : 42 %RH

Υπογραφή
Signature : 

Το Πιστοποιητικό αυτό εκδίδεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προτύπου ISO/IEC 17025. Παρέχει την ιχνηλασιμότητα των μετρήσεων προς αναγνωρισμένα (εθνικά) διεθνή πρότυπα και τις μονάδες που έχουν υλοποιηθεί σε αναγνωρισμένα εθνικά πρότυπα εργαστηρίων. Σε περίπτωση διαπιστευμένου πιστοποιητικού η ιχνηλασιμότητα έχει επιδειχθεί στο Φορέα Διαπίστευσης. Το παρόν πιστοποιητικό μπορεί να αναπαραχθεί μόνο εξ' ολοκλήρου, εκτός και αν υπάρχει γραπτή συναίνεση του εκδίδοντος εργαστηρίου.

This Certificate is issued in accordance with the requirements of ISO/IEC 17025. It provides traceability of measurements to recognized (inter) national standards and to the units of measurement realized at recognized national standards Laboratories. In case of accredited certificate the traceability has been demonstrated towards the Accreditation Body. This certificate may not be reproduced other than in full, except with the prior written approval of the issuing laboratory.

Z:\Customers 2007\H\HALYB\0026-31347.doc

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ
CERTIFICATE OF CALIBRATION

Έκδοση από : ALGOSYSTEMS S. A. – METROLOGY DIVISION
Issued by

Ημ/νία Έκδοσης : 30 Ιανουαρίου 2007 Αριθμός Πιστοποιητικού : 31347
Date of Issue : 30 January 2007 *Certificate Number*

RvA No.: K106
ΔΙΑΠΙΣΤΕΥΜΕΝΟ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ

RvA ACCREDITED CALIBRATION
LABORATORY

Σελίδα 2 από 4
Page 2 of 4

ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ

Calibration Procedure (Brief Description)

Η διακρίβωση του ηλεκτρονικού ζυγού πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τη τεχνική διαδικασία **DKD R7-1**, χρησιμοποιώντας πρότυπα βάρη κλάσης ακριβείας κατά OIML R-111, τα οποία εξασφαλίζουν ισηλασιμότητα στο διεθνές πρωτότυπο χιλιόγραμμα που βρίσκεται στο BIPM στις Σέρβες της Γαλλίας.

Ελέγχθηκαν τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του ζυγού, αφού προηγήθηκε επιμελής καθαρισμός του ζυγού και οριζοντίωσή του. Πραγματοποιήθηκε έλεγχος της γραμμικότητας σε όλο το εύρος μέτρησης του ζυγού, έλεγχος της επίδρασης έκκεντρης τοποθέτησης βάρους και έλεγχος της επαναληψιμότητας του ζυγού.

Οι περιβαλλοντικές συνθήκες (θερμοκρασία, σχετική υγρασία) καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια της διακρίβωσης.

The calibration of the non-automatic weighing machine was carried out in accordance with the technical procedure DKD R7-1, using weights of OIML R-111 classification which provide traceability to the International Prototype Kilogram held at BIPM in Sèvres, France.

Checks are normally carried out for functionality, cleanliness, adjustment and leveling. Metrological tests are normally carried out for linearity across the nominal capacity of the weighing machine, eccentricity effects of the positioning of weights on the load receptor and repeatability of the machine for repeated weighings. The ambient conditions (temperature, relative humidity) were recorded during the calibration.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

MEASUREMENTS

ΕΠΑΝΑΛΗΨΙΜΟΤΗΤΑ

REPEATABILITY

Αριθμός Μέτρησης <i>Measurement Number</i>	Πρότυπο Βάρος <i>Standard Weight</i> (g)	Ένδειξη Ζυγού <i>Weighing Machine Indication</i> (g)
1.	500	500.0
2.	500	500.0
3.	500	499.9
4.	500	499.9
5.	500	500.0
6.	500	500.0

Η αναφερόμενη αβεβαιότητα μέτρησης βασίστηκε σε κανονική αβεβαιότητα, πολλαπλασιασόμενη με τον συντελεστή κάλυψης $k=2$, παρέχοντας ένα επίπεδο εμπιστοσύνης 95 % περίπου. Ο υπολογισμός της αβεβαιότητας υπολογίστηκε σύμφωνα με τις απαιτήσεις του EA 4 / 02.

The reported expanded uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k=2$, providing a level of confidence of approximately 95 %. The uncertainty evaluation has been carried out in accordance with the EA 4 / 02 requirements.

Z:\Customers 2007\HYALYB\0026-31347.doc

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ
CERTIFICATE OF CALIBRATION

Έκδοση από : ALGOSYSTEMS S. A. – METROLOGY DIVISION
Issued by

Ημ/νία Έκδοσης : 30 Ιανουαρίου 2007 Αριθμός Πιστοποιητικού : 31347
Date of Issue : 30 January 2007 Certificate Number

RvA No.: K106
ΔΙΑΠΙΣΤΕΥΜΕΝΟ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ

RvA ACCREDITED CALIBRATION LABORATORY

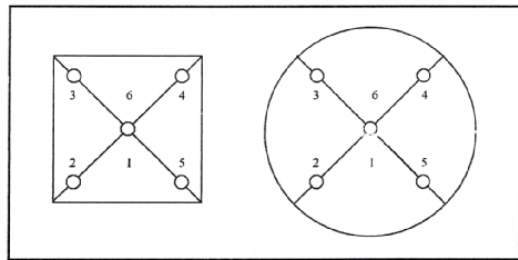
Σελίδα 3 από 4
Page 3 of 4

ΓΡΑΜΜΙΚΟΤΗΤΑ
LINEARITY

Απόβαρο <i>Tare Weight</i> (g)	Πρότυπο Βάρος <i>Standard Weight</i> (g)	Ένδειξη Ζυγού <i>Weighing Machine Indication</i> (g)
0	1000	1000.0
0	2000	1999.9
0	3000	3000.0
0	4000	4000.0
1000	1000	1000.0
1000	2000	2000.1

ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑ
ECCENTRICITY

Αριθμός Θέσης <i>Position Number</i>	Θέση Μέτρησης <i>Measurement Position</i>
1.	Κέντρο <i>Centre</i>
2.	Κάτω Αριστερά <i>Rear Left</i>
3.	Επάνω Αριστερά <i>Front Left</i>
4.	Επάνω Δεξιά <i>Front Right</i>
5.	Κάτω Δεξιά <i>Rear Right</i>
6.	Κέντρο <i>Centre</i>



Αριθμός Θέσης <i>Position Number</i>	Πρότυπο Βάρος <i>Standard Weight</i> (g)	Ένδειξη Ζυγού <i>Weighing Machine Indication</i> (g)
1.	1000	0.0
2.	1000	0.0
3.	1000	0.0
4.	1000	0.0
5.	1000	0.0
6.	1000	0.0

Απόβαρο : 1000 g
Tare at

Η αναφερόμενη αβεβαιότητα μέτρησης βασίστηκε σε κανονική αβεβαιότητα, πολλαπλασιαζόμενη με τον συντελεστή κάλυψης $k=2$, παρέχοντας ένα επίπεδο εμπιστοσύνης 95 % περίπου. Ο υπολογισμός της αβεβαιότητας υπολογίστηκε σύμφωνα με τις απαιτήσεις του EA 4 / 02.
The reported expanded uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k=2$, providing a level of confidence of approximately 95 %. The uncertainty evaluation has been carried out in accordance with the EA 4 / 02 requirements.

Z:\Customers 2007\H\HALYB\0026-31347.doc

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ
CERTIFICATE OF CALIBRATION

Έκδοση από : ALGOSYSTEMS S. A. – METROLOGY DIVISION
Issued by

Ημ/νία Έκδοσης : 30 Ιανουαρίου 2007
Date of Issue

Αριθμός Πιστοποιητικού : 31347
Certificate Number

RvA No.: K106
ΔΙΑΠΙΣΤΕΥΜΕΝΟ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ

RvA ACCREDITED CALIBRATION
LABORATORY

Σελίδα 4 από 4
Page 4 of 4

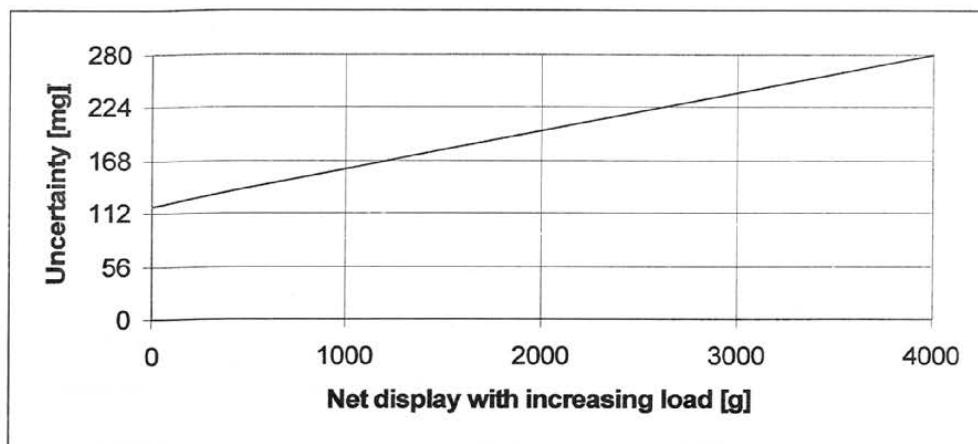
ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
UNCERTAINTY OF MEASUREMENT

Η αβεβαιότητα της μέτρησης προκύπτει από την εξίσωση :
The uncertainty of measurement results from the equation

$$U \text{ (mg)} = 118.3 + 0.0404 * m_w \text{ (g)}$$

Όπου : $U = H$ συνολική αβεβαιότητα του ζυγού / *The total uncertainty of the electronic balance*

Where : $m_w =$ Ένδειξη κατά την αυξανόμενη φόρτιση ζυγού / *Net display with increasing load*




ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ / NOTES

1. Τα αποτελέσματα είναι σύμφωνα με την κατάσταση και τον χρόνο διακρίβωσης του ζυγού. Συνεισφορά μακροχρόνιων επιδράσεων στο αντικείμενο διακρίβωσης δεν έχουν συνυπολογιστεί.
The results apply for the state of the balance and for conditions at the time of the calibration. A share for the long-term stability is not included.

Η αναφερόμενη αβεβαιότητα μέτρησης βασίστηκε σε κανονική αβεβαιότητα, πολλαπλασιαζόμενη με τον συντελεστή κάλυψης $k=2$, παρέχοντας ένα επίπεδο εμπιστοσύνης 95 % περίπου. Ο υπολογισμός της αβεβαιότητας υπολογίστηκε σύμφωνα με τις απαιτήσεις του EA 4 / 02.
The reported expanded uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k=2$, providing a level of confidence of approximately 95 %. The uncertainty evaluation has been carried out in accordance with the EA 4 / 02 requirements.

Z:\Customers 2007\HHALYB\0026-31347.doc

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ CERTIFICATE OF CALIBRATION		
Έκδοση από <i>Issued by</i>	: ALGOSYSTEMS S. A. – METROLOGY DIVISION	
Ημ/νία Έκδοσης <i>Date of Issue</i>	: 12 Φεβρουαρίου 2008 <i>12 February 2008</i>	Αριθμός Πιστοποιητικού <i>Certificate Number</i> : 43730



ALGOSYSTEMS S. A. - METROLOGY DIVISION

Σάρδεων 4, 171 21 Ν. Σμύρνη
4 Sardeon Str., N. Smirni - Athens - Greece

Τηλ.: 210 93 10 281 – 4, Φαξ: 210 93 32 641
Tel.: + 30 (210) 93 10 281 - 4, Fax: + 30 (210) 93 32 641

Internet: www.algosystems.gr
e-mail: sales-metdiv@algosystems.gr

Σελίδα 1 από 4
Page 1 of 4

Εγκεκριμένος Υπογράφων
Approved Signatory

Κ. Μαυροειδάκος

Πελάτης <i>Customer</i>	: ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΚΗ Α.Ε.	
Διεύθυνση <i>Address</i>	: 20 ο χλμ Ε.Ο. Αθηνών Κορίνθου	
Περιγραφή <i>Description</i>	: Μηχανή Εφέλκυσμού <i>Tension Testing Machine</i>	Range:0-1000 kN, d:1 N
Κατασκευαστής <i>Manufacturer</i>	: ROELL AMSLER	
Μοντέλο <i>Model</i>	: UPN 1000	
Σειριακός Αριθμός <i>Serial No.</i>	: 33/950101	
Κωδικός Συσκευής <i>Instrument Code</i>	: ---	
Αριθμός Ταυτοποίησης <i>Asset Number</i>	: HALYB-0010	
Τοποθεσία Διακρίβωσης <i>Place of Calibration</i>	: Στις εγκαταστάσεις του πελάτη <i>At customer's facilities</i>	
Ημ/νία Διακρίβωσης <i>Date of Calibration</i>	: 06 Φεβρουαρίου 2008 <i>06 February 2008</i>	
Διαδικασία Διακρίβωσης <i>Calibration Procedure</i>	: ALGO-FORCE-0001 (συνοπτική διαδικασία στη σελ. 2/ <i>brief description at page 2</i>)	
Τύπος Αποτελεσμάτων <i>Results Type</i>	: <input type="checkbox"/> Με Ρυθμίσεις / <i>After Adjustment</i> <input checked="" type="checkbox"/> Χωρίς Ρυθμίσεις / <i>Without Adjustment</i>	
Μεταβολή θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της διακρίβωσης <i>Temperature variation during the calibration</i>	: 23 °C ± 1 °C	
Συνθήκες Περιβάλλοντος <i>Ambient Conditions</i>	: Σχετική Υγρασία <i>Relative Humidity</i> : 45 %RH ± 5 %RH	

Υπογραφή
Signature



Το Πιστοποιητικό αυτό εκδίδεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προτύπου ISO/IEC 17025. Παρέχει την ιχνηλασιμότητα των μετρήσεων προς αναγνωρισμένα (εθνικά) διεθνή πρότυπα και τις μονάδες που έχουν υλοποιηθεί σε αναγνωρισμένα εθνικά πρότυπα εργαστηρίων. Σε περίπτωση διαπιστευμένου πιστοποιητικού η ιχνηλασιμότητα έχει επιβεβαιωθεί στο Φορέα Διαπίστευσης. Το παρόν πιστοποιητικό μπορεί να αναπαραχθεί μόνο εξ' ολοκλήρου, εκτός και αν υπάρχει γραπτή συναίνεση του εκδίδοντος εργαστηρίου.

This Certificate is issued in accordance with the requirements of ISO/IEC 17025. It provides traceability of measurements to recognized (inter) national standards and to the units of measurement realised at recognized national standards laboratories. In case of accredited certificate the traceability has been demonstrated towards to the Accreditation Body. This certificate may not be reproduced other than in full, except with the prior written approval of the issuing laboratory.

Z:\Customers 2008\H\HALYB\0010-43730.doc

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ
CERTIFICATE OF CALIBRATION

Έκδοση από
Issued by : ALGOSYSTEMS S. A. – METROLOGY DIVISION

Ημ/νία Έκδοσης
Date of Issue : 12 Φεβρουαρίου 2008
12 February 2008

Αριθμός Πιστοποιητικού
Certificate Number : 43730

RvA No.: K106
ΔΙΑΠΙΣΤΕΥΜΕΝΟ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ

RvA ACCREDITED CALIBRATION
LABORATORY

Σελίδα 2 από 4
Page 2 of 4

ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ

Calibration Procedure (Brief Description)

Η διακρίβωση της μηχανής εφελκυσμού πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας ένα σύστημα μέτρησης δύναμης που περιλαμβάνει πρότυπη δυναμοκυψέλη και ενδείκτη βαθμονόμησης δυναμοκυψέλης, τα οποία εξασφαλίζουν ιχνηλασιμότητα σε Εθνικό Ινστιτούτο Μετρολογίας. Η διαδικασία διακρίβωσης έγινε σύμφωνα με τις βασικές αρχές που περιγράφονται στο πρότυπο ISO 7500-1:1999 (E) (Metallic materials – Verification of static uniaxial testing machines), σχετικά με τη διακρίβωση μονό-αξονικών στατικών μηχανών μέτρησης δύναμης. Η διακρίβωση έγινε με την επιβολή συγκεκριμένης δύναμης (discrete true force) F από την μηχανή στην πρότυπη δυναμοκυψέλη και σε συνεργασία με τον ενδείκτη βαθμονόμησης καταγράφονται οι ενδείξεις δύναμης της υπό διακρίβωσης μηχανής, λαμβάνοντας υπόψη:

1. Ευθυγράμμιση της πρότυπης δυναμοκυψέλης: Η ευθυγράμμιση πραγματοποιήθηκε με τέτοιο τρόπο για να ελαχιστοποιήσει οποιαδήποτε αποτελέσματα της κάμψης.
2. Θερμοκρασιακή μεταβολή. Καθόλη τη διάρκεια της διακρίβωσης καταγράφηκε η διακύμανση της θερμοκρασίας.
3. Προφόρτιση μηχανής. Τουλάχιστον τρεις φορές μεταξύ του μηδενός και της μέγιστης επιτρεπτής δύναμης.
4. Εφαρμογή συγκεκριμένης δύναμης. Επιβολή αυξανόμενης δύναμης κατά 20% κάθε φορά μέχρι κάλυψης του πλήρους εύρους μέτρησης 100%. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για τρεις κύκλους μετρήσεων.
5. Επιθεώρηση παρελκομένων (όπου αυτά υπάρχουν).
6. Καθορισμός του σχετικού επί τοις εκατό σφάλματος αντιστρεπτότητας (αν απαιτείται).
7. Εκτίμηση της συσκευής μέτρησης δύναμης. Προσδιορίζονται, η σχετική επί τοις εκατό ανάλυση (Relative resolution a), το σχετικό επί τοις εκατό σφάλμα επαναληψιμότητας (Relative error of repeatability b), το σχετικό επί τοις εκατό σφάλμα ακρίβειας (Relative error of accuracy q), το σχετικό επί τοις εκατό σφάλμα του μηδενός (Relative error of zero f_0).
8. Χαρακτηρισμός της μηχανής (classification).

The calibration of the testing machine was carried out using a force measurement system consists of a Standard Load Cell and a Load Cell Calibrator Display, which insures traceability to the National Institute of Metrology. The calibration procedure was carried out according to the ISO 7500-1:1999(E) (Metallic materials – Verification of static uniaxial testing machines), where a given force F_i , indicated by the force indicator of the machine was applied to the machine and the true force F indicated by the load cell calibrator display was noted, as follow:

1. *Alignment of the standard load cell: The alignment was carried out in such a way to minimize any effects of bending.*
2. *Temperature compensation: The temperature at which the calibration was carried out was recorded (see ambient conditions).*
3. *Conditioning of the testing machine: The machine with the standard load cell in position was loaded at least three times between zero and the maximum force.*
4. *Application of discrete forces: Three series of measurements were taken in increasing forces, where each series of measurement comprised at least five discrete forces at approximately equal intervals between 20% and 100% of the maximum range of the scale.*
5. *Verification of the accessories (where there are).*
6. *Determination of the relative reversibility error (when required).*
7. *Assessment of the force indicator: The assessment concerns the determination of the relative accuracy error, relative repeatability error.*
8. *Classification of the testing machine range.*

Η αναφερόμενη αβεβαιότητα μέτρησης βασίστηκε σε κανονική αβεβαιότητα, πολλαπλασιαζόμενη με τον συντελεστή κάλυψης $k=2$, παρέχοντας ένα επίπεδο εμπιστοσύνης 95 % περίπου. Ο υπολογισμός της αβεβαιότητας υπολογίστηκε σύμφωνα με τις απαιτήσεις του EA 4 / 02.

The reported expanded uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k=2$, providing a level of confidence of approximately 95 %. The uncertainty evaluation has been carried out in accordance with the EA 4 / 02 requirements.

Z:\Customers 2008\H\HALYB\010-43730.doc

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ
CERTIFICATE OF CALIBRATION

Έκδοση από : ALGOSYSTEMS S. A. – METROLOGY DIVISION
Issued by

Ημ/νία Έκδοσης : 12 Φεβρουαρίου 2008 Αριθμός Πιστοποιητικού : 43730
Date of Issue : 12 February 2008 Certificate Number

RvA No.: K106
ΔΙΑΠΙΣΤΕΥΜΕΝΟ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ

RvA ACCREDITED CALIBRATION LABORATORY

Σελίδα 3 από 4
Page 3 of 4

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
MEASUREMENTS

ΠΡΟΦΟΡΤΙΣΗ
PRELOADING

Αριθμός Μέτρησης <i>Number of Measurement</i>	Τιμή πρότυπου οργάνου <i>Standard reading</i>	Τιμή υπό Διακρίβωση οργάνου <i>Test instrument reading</i>	Απόκλιση από την ονομαστική τιμή <i>Deviation from nominal value</i>
	(N)	(N)	(N)
1 st	384771	384250	-521
2 nd	384326	384100	-226
3 rd	383437	383105	-332

ΚΥΚΛΟΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ
Test cycles and error calculation

F_i (N)	F_{c1} (N)	F_{c2} (N)	F_{c3} (N)	F_{max} (N)	F_{min} (N)	\bar{F} (N)	$ q $ (%)	b (%)	f_o (%)	a (%)
100000	100421	100463	100510	100510	100421	100465	0.46	0.09	0.0	0.03
200000	200278	200346	200329	200346	200278	200317	0.16	0.03		0.01
300000	300104	300435	300312	300435	300104	300284	0.09	0.11		0.01
400000	400137	400441	400426	400441	400137	400335	0.08	0.08		0.01
500000	500749	500236	500602	500749	500236	500529	0.11	0.10		0.01

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ISO 7500-1
CLASSIFICATION ACCORDING TO ISO 7500-1

Στην υπό εξέταση μηχανή εφελκυσμού, με βάση τους ανωτέρω υπολογισμούς και σύμφωνα με το ISO 7500-1:1999 αποδίδεται ο χαρακτηρισμός (κλάση) :
The classification of the tension machine in the range of 20% to 100% of nominal compression force according to ISO 7500-1:1999, is the following

Working Range: 500 000 N, Class: 0.5

Η αναφερόμενη αβεβαιότητα μέτρησης βασίστηκε σε κανονική αβεβαιότητα, πολλαπλασιαζόμενη με τον συντελεστή κάλυψης $k=2$, παρέχοντας ένα επίπεδο εμπιστοσύνης 95 % περίπου. Ο υπολογισμός της αβεβαιότητας υπολογίστηκε σύμφωνα με τις απαιτήσεις του EA 4 / 02.
The reported expanded uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k=2$, providing a level of confidence of approximately 95 %. The uncertainty evaluation has been carried out in accordance with the EA 4 / 02 requirements.

Z:\Customers 2008\H\HALYB\0010-43730.doc

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ
CERTIFICATE OF CALIBRATION

RvA No.: K106
ΔΙΑΠΙΣΤΕΥΜΕΝΟ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ

RvA ACCREDITED CALIBRATION
LABORATORY

Έκδοση από : ALGOSYSTEMS S. A. – METROLOGY DIVISION
Issued by

Ημ/νία Έκδοσης : 12 Φεβρουαρίου 2008 Αριθμός Πιστοποιητικού : 43730
Date of Issue Certificate Number

Σελίδα 4 από 4
Page 4 of 4

ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ : ± Αβεβαιότητα μέτρησης δύναμης 0.24%
UNCERTAINTY OF MEASUREMENT *Uncertainty of the measurement of force F*

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ / NOTES

- 1 : Απόκλιση (Ενδειξη Συσκευής υπό διακρίβωση) - (Ενδειξη Πρότυπης Συσκευής)
Deviation = (UUT Nominal Value) - (Standard, Reading)
- 2 : Τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται επεξηγούνται στο παρακάτω πίνακα:
The meaning of the symbols used are illustrated in the following table:

Σύμβολο <i>Symbol</i>	Ερμηνεία	Meaning
a	Σχετική ανάλυση του ενδεικτικού δύναμης της μηχανής <i>Relative resolution of the force indicator of the testing machine</i>	
b	Σφάλμα σχετικής επαναληψιμότητας του ενδεικτικού δύναμης της μηχανής <i>Relative repeatability error of the force measuring system of the testing machine</i>	
f_o	Σχετικό σφάλμα μηδενός του ενδεικτικού δύναμης της μηχανής <i>Relative zero error of the force measuring system of the testing machine</i>	
F_{e1}, F_{e2}, F_{e3}	Ενδειξη πραγματικής (πρότυπης) δύναμης για αυξανόμενη δύναμη για τρεις κύκλους μετρήσεων <i>True force indicated by the force proving instrument with increasing test force for three measuring cycles (1, 2, 3).</i>	
F_i	Ενδειξη δύναμης του ενδεικτικού της εξεταζόμενης μηχανής <i>Force indicated by the force indicator of the testing machine</i>	
\bar{F}	Αριθμητικός μέσος των διαφόρων μετρήσεων δύναμης (πρότυπη/πραγματική δύναμη) <i>Arithmetic mean of several measurements of F for the same discrete force</i>	
F_{max} F_{min}	Μέγιστο και ελάχιστο των διαφόρων μετρήσεων δύναμης (πρότυπη/πραγματική δύναμη) <i>Highest or lowest value of F for the same discrete force</i>	
q	Σχετικό σφάλμα ακρίβειας του ενδεικτικού δύναμης της μηχανής <i>Relative accuracy error of the force indicator of the testing machine</i>	

Η αναφερόμενη αβεβαιότητα μέτρησης βασίστηκε σε κανονική αβεβαιότητα, πολλαπλασιαζόμενη με τον συντελεστή κάλυψης $k=2$, παρέχοντας ένα επίπεδο εμπιστοσύνης 95 % περίπου. Ο υπολογισμός της αβεβαιότητας υπολογίστηκε σύμφωνα με τις απαιτήσεις του EA 4 / 02.

The reported expanded uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k=2$, providing a level of confidence of approximately 95 %. The uncertainty evaluation has been carried out in accordance with the EA 4 / 02 requirements.

Z:\Customers 2008\H\HALYB\0010-43730.doc

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β-3 ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ.

Εικόνα 31: Τροχός κοπής δοκιμών.



Εικόνα 32: Μηχανή κάμψης / ανάκαμψης.



Εικόνα 33: Μηχανή δοκιμής εφελκυσμού.



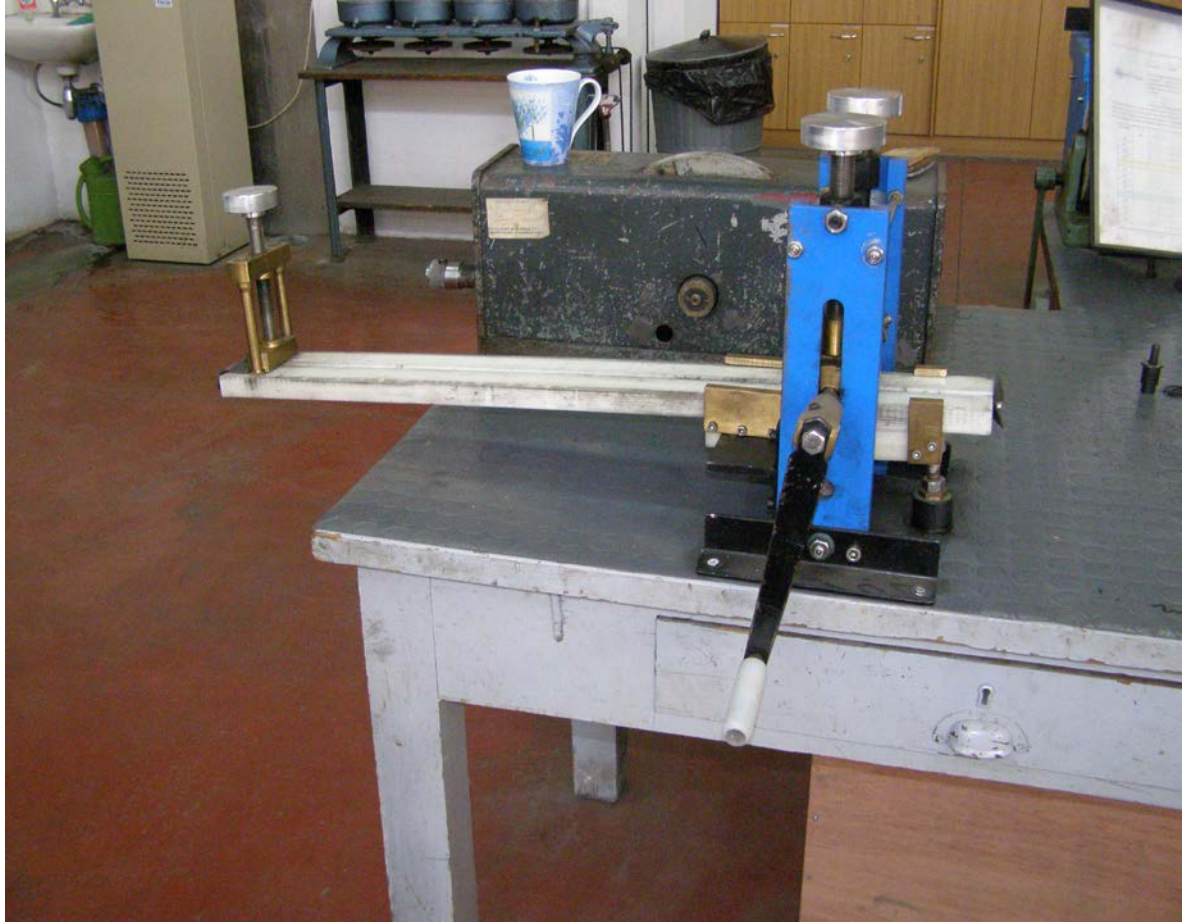
Εικόνα 34: Ηλεκτρονικός ζυγός και μετροταινία.



Εικόνα 35: Φασματογράφος οπτικής εκπομπής.



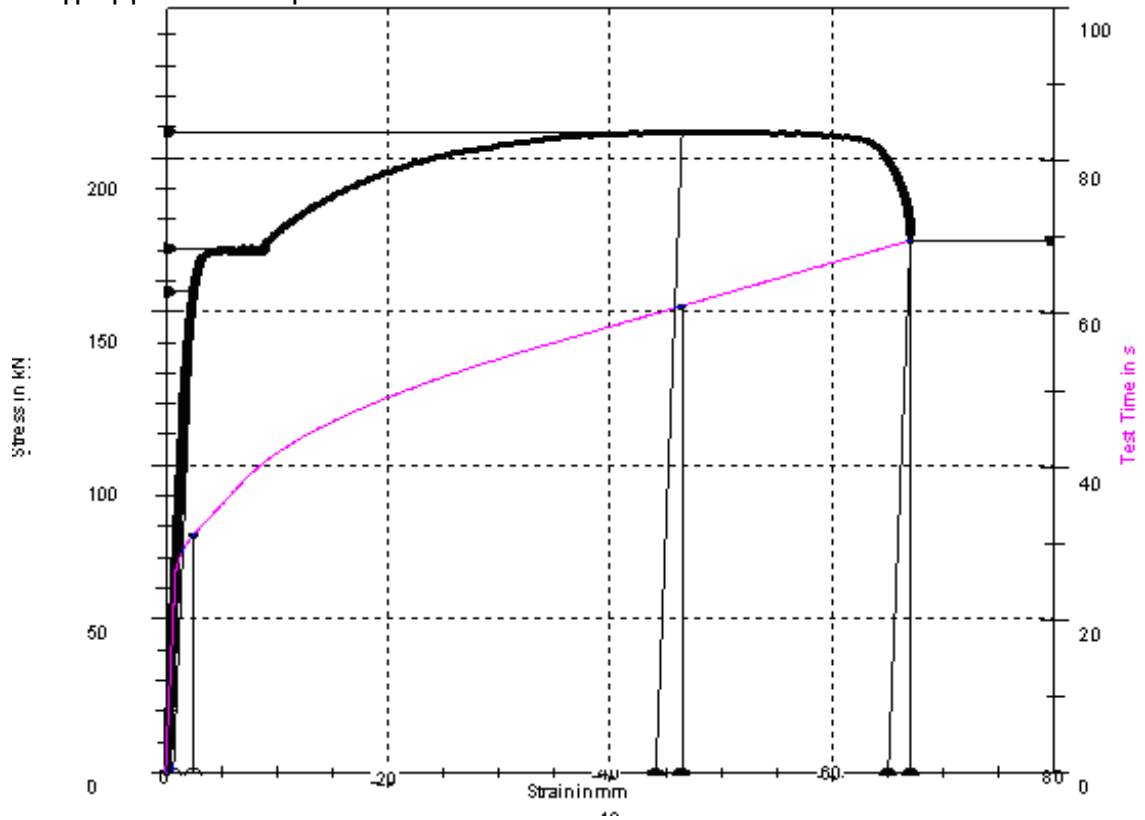
Εικόνα 36: Μηχανή χάραξης δοκιμίων.



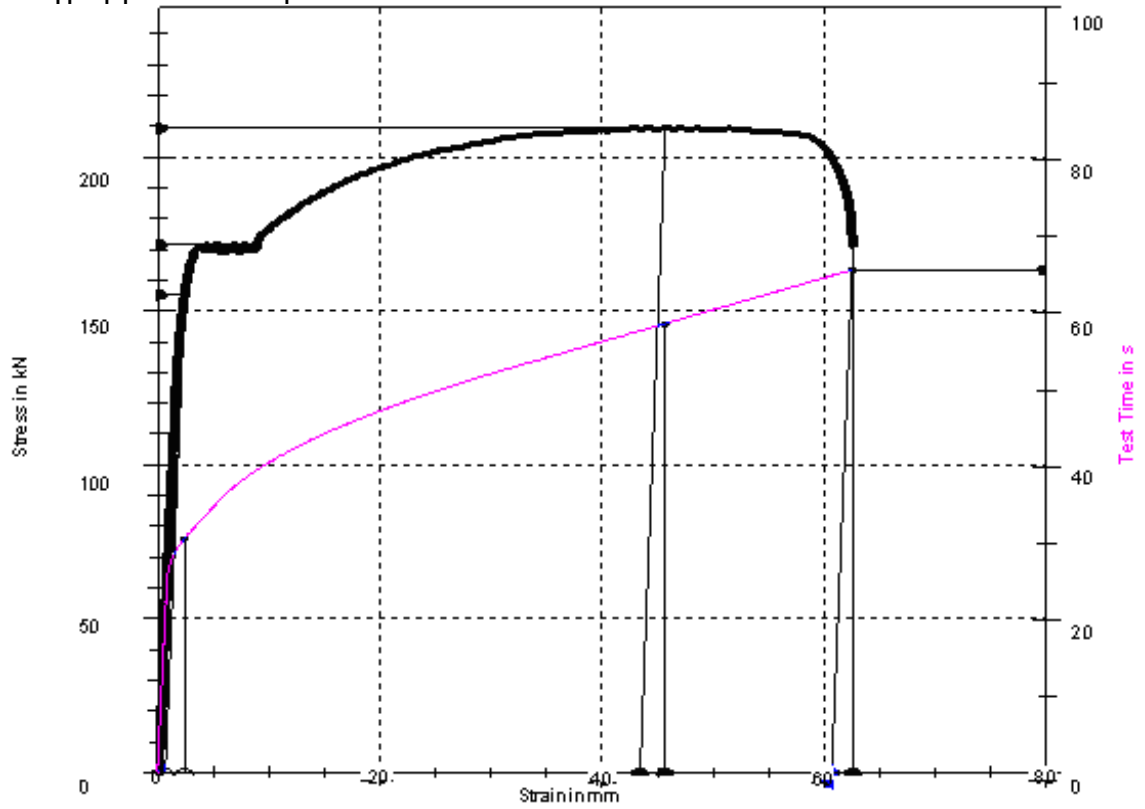
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β-4 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ.

ΔΟΚΙΜΙΑ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ

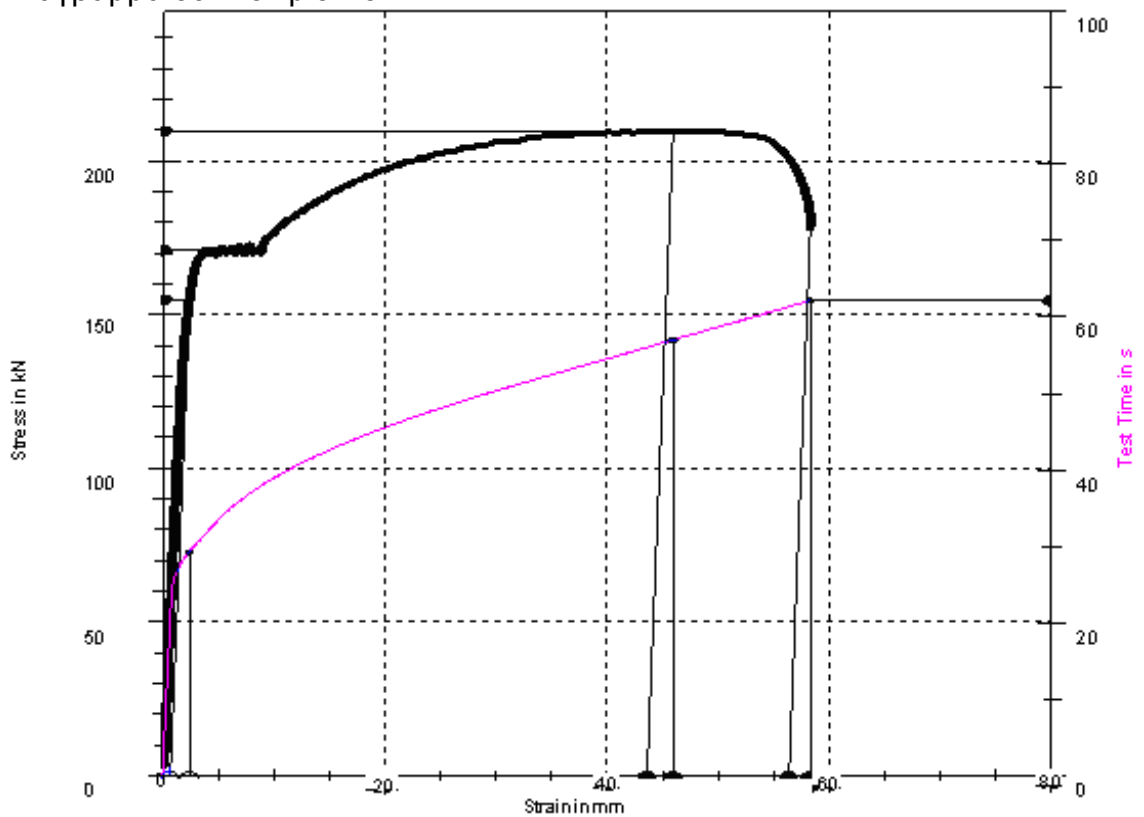
Διάγραμμα 37: Δοκίμιο Χ1



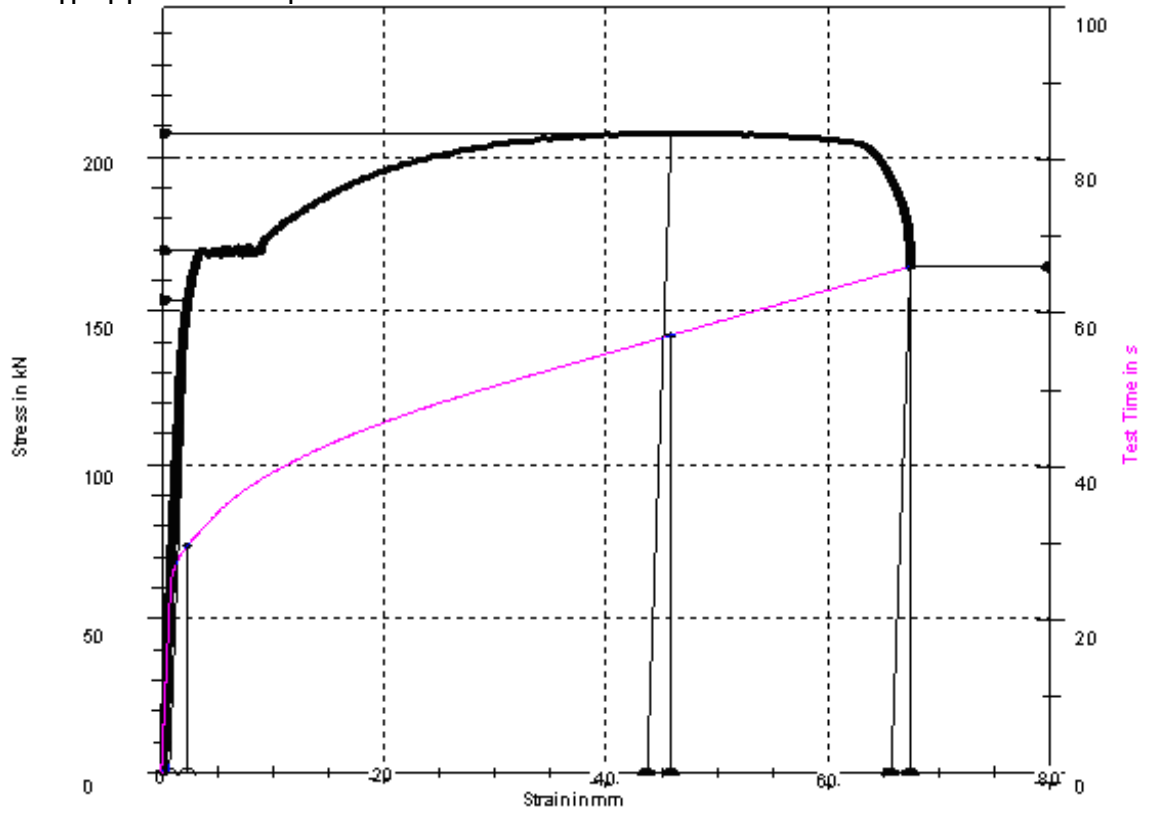
Διάγραμμα 38: Δοκίμιο X2



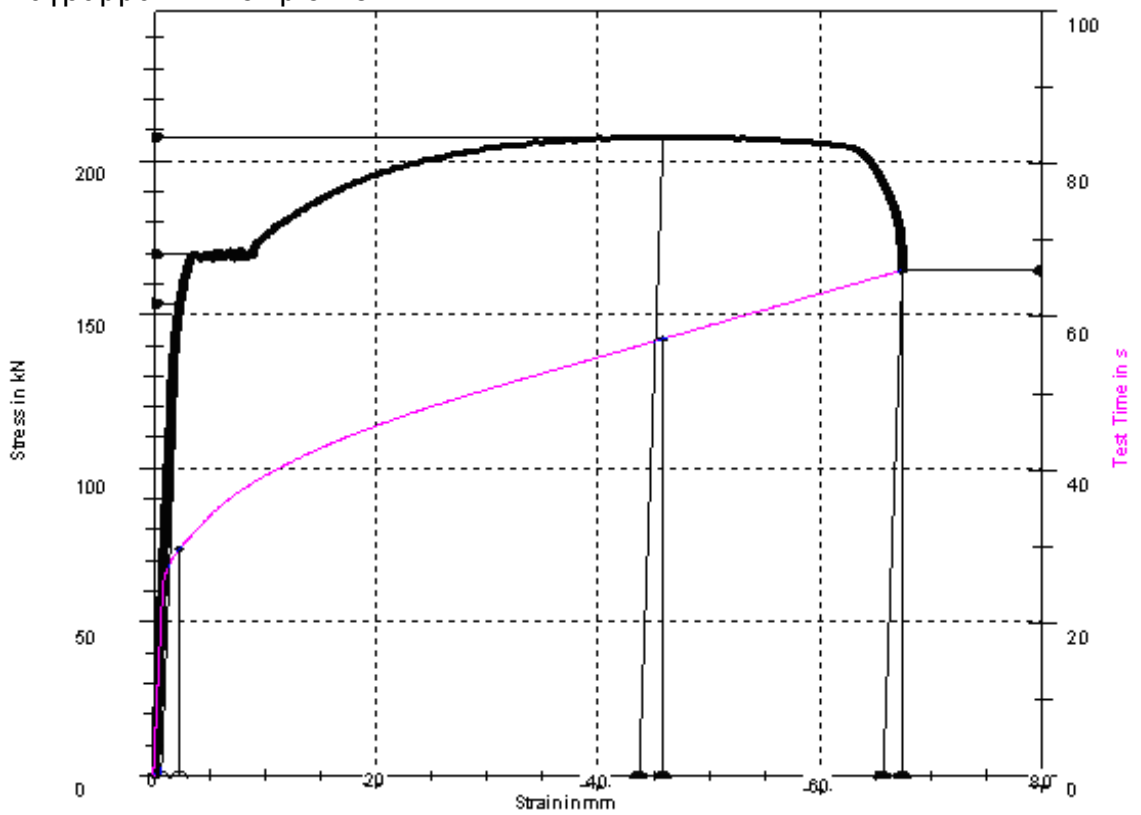
Διάγραμμα 39: Δοκίμιο X3



Διάγραμμα 40: Δοκίμιο X4

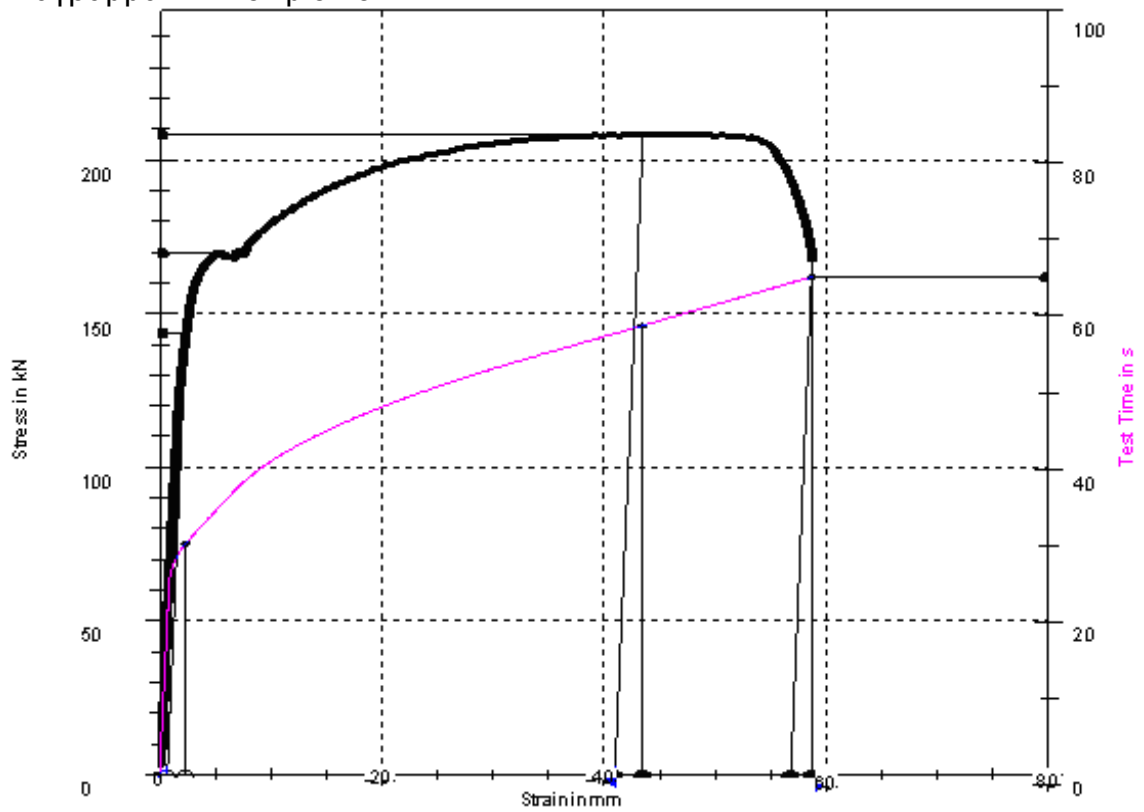


Διάγραμμα 41: Δοκίμιο X5

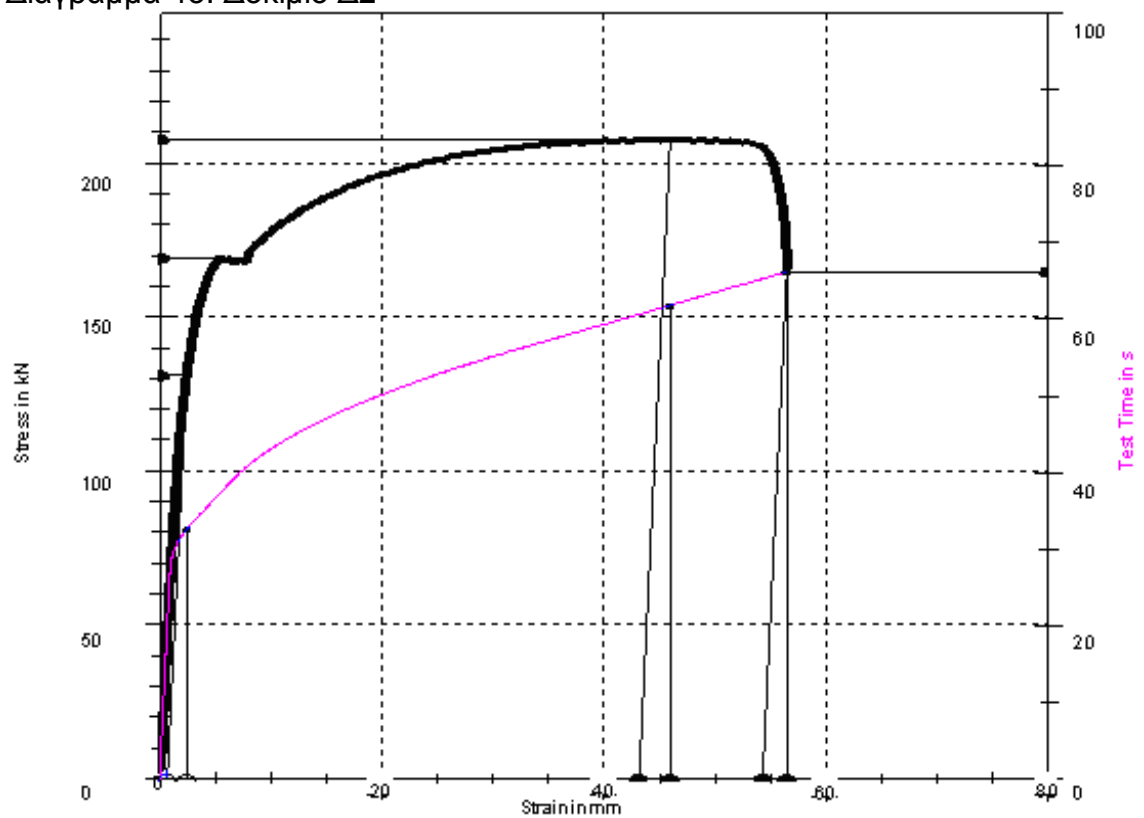


ΔΟΚΙΜΙΑ ΜΕ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ ΣΕ ΚΑΜΨΗ / ΕΠΑΝΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗ

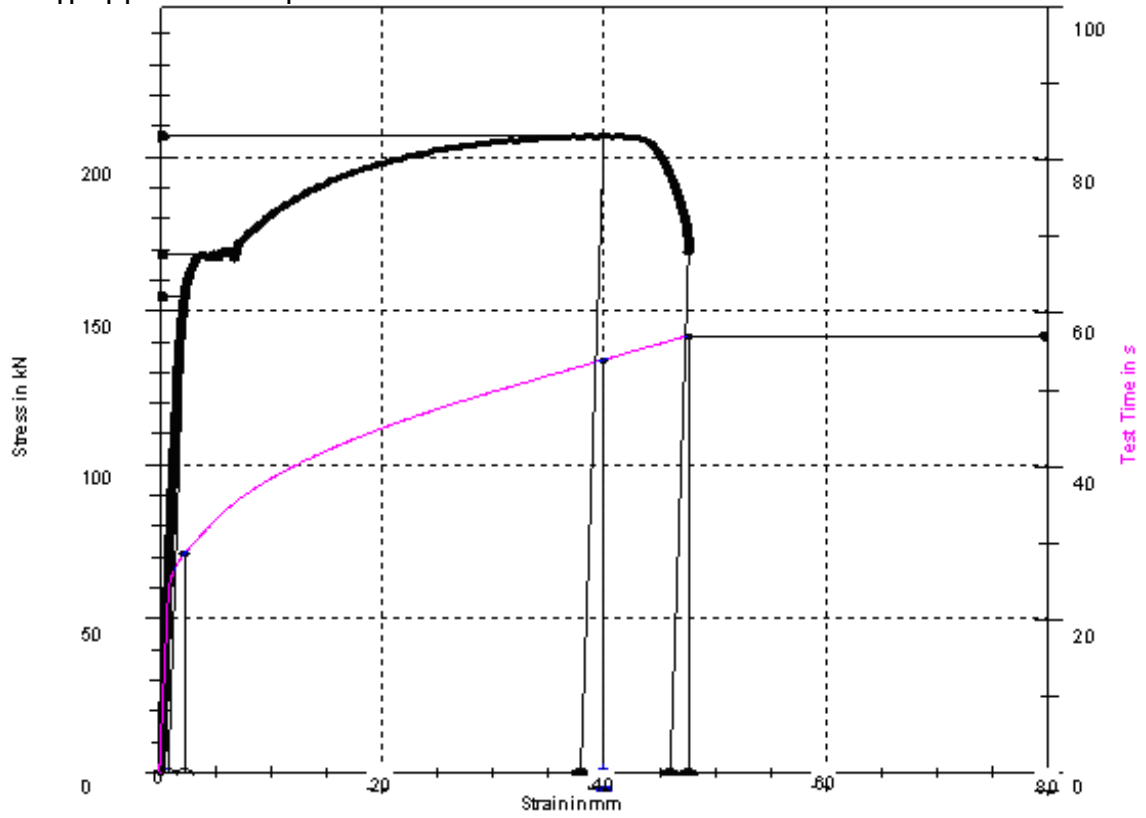
Διάγραμμα 42: Δοκίμιο Γ3



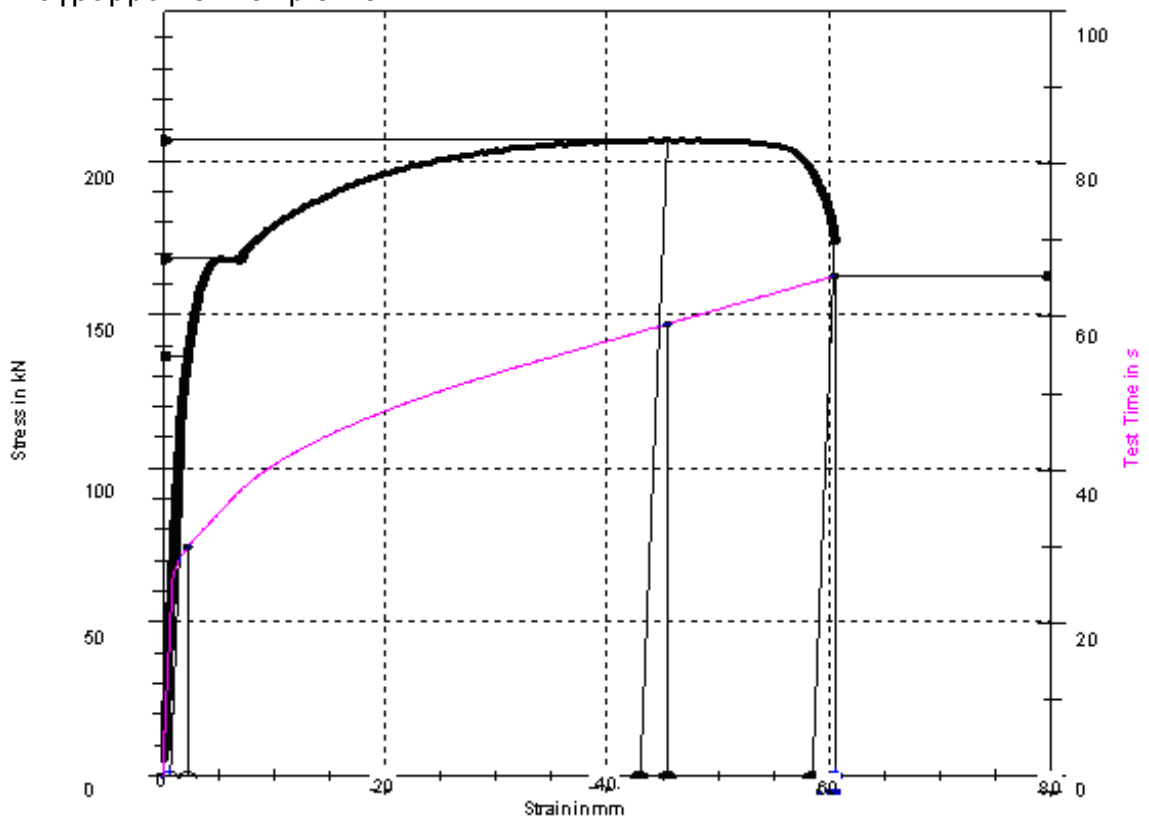
Διάγραμμα 43: Δοκίμιο Δ2



Διάγραμμα 44: Δοκίμιο Ε4



Διάγραμμα 45: Δοκίμιο Ε5



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β-5 ΠΡΟΤΑΣΗ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.

Β. ΣΚΑΡΑΚΗΣ, ΧΗΜ. ΕΚΠΑ
Α. ΦΩΤΟΠΟΥΛΟΣ, Χ.Μ. ΕΜΠ

ΚΩΔΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΩΝ.....
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ
ΑΚΑΔΗΜ. ΕΤΟΣ 2006/2007

Εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας & Τεχνολογίας Υλικών
(Π.Ε.Τ.ΥΛ.) ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΠΡΟΣ ΤΑ ΤΜΗΜΑΤΑ: 1). Π.Δ.Ε. / ΣΤΕΦ / ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ
2). Φ.Χ.Τ.Υ. / ΣΤΕΦ / ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΘΕΜΑ: ΕΙΣΗΓΗΣΗ ΕΝΟΣ ΘΕΜΑΤΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΕΝΑ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ
ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΘΕΜΑΤΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΠΟΥ ΕΚΕΙ ΗΔΗ ΑΝΑΤΕΘΕΙ ΚΑΙ ΣΥΝΕΧΙΖΕΤΑΙ.

ΘΕΜΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (ΤΙΤΛΟΣ ΚΑΙ ΥΠΟΤΙΤΛΟΣ):

« Πειραματική συσχέτιση των μεταβολών των μηχανικών χαρακτηριστικών εφελκυστικής στατικής φόρτισης του συγκολλησιμου χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος Β500C, Ø 20, με το βαθμό ενδοτράχυνσης που προήλθε από προηγούμενη καταπόνηση κάμψης μέχρι δεδομένη ίδια γωνία και ανάκαμψης μέχρι επανευθυγράμμισης, σε ράουλα διαμέτρου από 20 έως 100mm ».

(α) Το θέμα της πτυχιακής αυτής αποτελεί τροποποίηση του εγκεκριμένου θέματος που έχει υποβληθεί με αριθμό πρωτοκόλλου στο τμήμα Π.Δ.Ε. Δ2431/21-05-07 και στο τμήμα Φ.Χ.Τ.Υ. 146/21-05-07 και είναι παρεμφερές σε συνέχεια του προηγούμενου με τροποποιημένο περιεχόμενο και τροποποιημένη σύνθεση του προσωπικού εργαστηριακής επίβλεψης στα εργαστήρια.

(β) Προτείνεται να ανατεθεί η πτυχιακή αυτή στον ίδιο σπουδαστή στον οποίο έχει ήδη ανατεθεί η αναφερθείσα προηγούμενη πτυχιακή γιατί έχει ήδη πραγματοποιήσει σημαντικό μέρος της.

(γ) Το μέρος της εργασίας που έχει ήδη πραγματοποιηθεί από τον σπουδαστή εξυπηρετεί και τους νέους στόχους του νέου (τροποποιημένου) θέματος αυτού και δεν προβλέπεται παράταση του χρόνου πέρατος της πτυχιακής.

Πιστωτικές μονάδες, οι μέγιστες επιτρεπτές από τον ισχύοντα κανονισμό σπουδών κατά την ημερομηνία της εξέτασης.

Εισηγητής: Β. Σκαράκης, Χημικός ΕΚΠΑ, Δ/τής παραγωγής της εταιρείας «ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΚΗ Α.Ε.»

και εργαστηριακός συνεργάτης Π.Ε.Τ.ΥΛ. / Φ.Χ.Τ.Υ. / ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ.

Συνεισηγητής: Α. Φωτόπουλος, Χημικός Μηχανικός, εργαστηριακός συνεργάτης Π.Ε.Τ.ΥΛ. / Φ.Χ.Τ.Υ. / ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ.

Εποπτεία και Γενική Επίβλεψη Πτυχιακής Εργασίας:

Επιβλέπων: Β. ΣΚΑΡΑΚΗΣ,

Αναπληρωτής Επιβλέπων: Α. ΦΩΤΟΠΟΥΛΟΣ.

Εργαστηριακή επίβλεψη, εκπαίδευση και τεχνολογική συνεισφορά κατά εργαστήριο από εσωτερικούς και εξωτερικούς συνεργάτες:

Θ. Κούκου: Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ & Πολιτικός Δομικών Έργων Τ.Ε. ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ, Ε.ΥΔ.Α.Π. Α.Ε. / Υπηρεσία Μελετών Έργων Αποχέτευσης και εργαστηριακή συνεργάτιδα Π.Ε.Τ.ΥΛ. / Φ.Χ.Τ.Υ. / ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ: Επίβλεψη της πτυχιακής στο εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας της εταιρείας «ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΚΗ Α.Ε.».

Δ. Παπαγεωργίου: Μηχανολόγος Μηχανικός Τ.Ε. ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ, τελειόφοιτος Μηχανολόγος Μηχανικός ΕΜΠ και εργαστηριακός συνεργάτης Π.Ε.Τ.ΥΛ. / Φ.Χ.Τ.Υ. / ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ: Επίβλεψη της πτυχιακής στο εργαστήριο «Ποιοτικού Ελέγχου & Τεχνολογίας Υλικών» (B216) του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ.

Σ. Μεταξά: Πολιτικός Μηχανικός University of Liverpool, MSc Structural Engineering Sheffield University με Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης (ΜΔΕ) στη Μηχανική ΕΜΠ και εργαστηριακή συνεργάτιδα Π.Δ.Ε. / ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ: Επίβλεψη της πτυχιακής στο εργαστήριο «Ποιοτικού Ελέγχου & Τεχνολογίας Υλικών» (B216) του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ.

Σπουδαστής: ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΔΕΛΗΓΙΑΝΝΗΣ, σπουδαστής του τμήματος Πολιτικών Δομικών Έργων. Α.Μ. 31821.

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΘΕΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΠΛΑΙΣΙΑ ΠΡΟΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ:

Η τοποθέτηση των χάλυβων οπλισμού σκυροδέματος σε μια κατασκευή προϋποθέτει τη διαμορφωσή τους σύμφωνα με τις κατασκευαστικές απαιτήσεις της μελέτης. Κατά τη διαμόρφωση αυτή, η οποία συνίσταται στην κάμψη των ράβδων χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος, προκαλούνται μόνιμες πλαστικές παραμορφώσεις και αλλαγή των αρχικών ιδιοτήτων του υλικού (τοπική αύξηση αντοχής και τοπική μείωση της δυσθραυστότητας, υποβάθμιση, λόγω εργοσκληύρυνσης / ενδοτράχυνσης). Επίσης, για λόγους «εργασιακής ευκολίας» ή και από σφάλμα σε ορισμένες περιπτώσεις παρουσιάζεται η ανάγκη κάμψης και επανευθυγράμμισης (ανάκαμψης) του χάλυβα οπλισμένου σκυροδέματος με αυξημένη την υποβάθμιση της δυσθραυστότητας. Σκοπός της πτυχιακής αυτής εργασίας είναι να εξετασθεί πειραματικά η επίπτωση του φαινομένου αυτού στον χάλυβα οπλισμένου σκυροδέματος που παράγεται με τη μέθοδο της θερμής έλασης, που ακολουθείται από μία άμεση εν σειρά διαδικασία θερμικής κατεργασίας (χάλυβες ΘΕ - Θ) επιφανειακής επιβελτίωσης.

Προς τούτο θα γίνουν δοκιμές αξονικού εφελκυσμού στατικής φόρτισης σε δοκίμια χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος Β500C και ονομαστικής διατομής Ø20. Τα δοκίμια αυτά θα προέρχονται από συνεχόμενες βέργες παραγωγής του ίδιου χυτηρίου και θα υποστούν την ίδια κάμψη 60° και ανάκαμψη 60° (επανευθυγράμμιση) με διαφορετικά ράουλα. Σε μια ξεχωριστή ομάδα δοκιμών τα δοκίμια δεν θα έχουν υποστεί κανένα είδος κάμψης / ανάκαμψης. Και ίδιο ράουλο συν κάμψη και ανάκαμψη. Συγκρίνονται τα μηχανικά χαρακτηριστικά των ανώτερων ράβδων μεταξύ τους και συσχετίζεται η μεταβολή τους με το βαθμό ενδοτράχυνσης που προήλθε από την κάθε συγκεκριμένη κάμψη / ανάκαμψη. Τα μηχανικά χαρακτηριστικά (α) η συνολική ανηγμένη παραμόρφωση στο μέγιστο φορτίο (β) το όριο διαρροής και (γ) το όριο θράυσης προσδιορίζονται με δοκιμή εφελκυσμού με στατική φόρτιση σε κάθε δοκίμιο.

ΠΡΟΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΘΕΣΗ ΤΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΑΥΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

1. Βαθμός εργαστηριακού μέρους του μαθήματος Ποιοτικού Ελέγχου και Τεχνολογίας Δομικών Υλικών Β' Π.Δ.Ε. τουλάχιστον έξι & πέντε δέκατα (6,5).
2. Αγγλικά σε επίπεδο δυνατότητας εντοπισμού (εξεύρεσης) και κατανόησης προτύπων και προδιαγραφών τυποποίησης στο γνωστικό αντικείμενο Π.Ε.Τ.Υ.Α.
3. Εργαστηριακή εμπειρία: Βοηθός εργαστηρίου Π.Ε.Τ.Υ.Α. τουλάχιστον ένα εξάμηνο τυπικά (με αμοιβή).
4. Ελάχιστος χρόνος εκπόνησης πτυχιακής εργασίας ένα εξάμηνο όταν προσιπάρχει το 3°.
5. Προβλεπόμενος χρόνος ένα εξάμηνο για ενημέρωση και βιβλιογραφία / εργαστηριακή εκπαίδευση και απόκτηση σχετικής εμπειρίας / σχεδιασμό και άλλο ένα εξάμηνο για το εργαστηριακό μέρος, τους υπολογισμούς, τα συμπεράσματα και τη συγγραφή.

Ο σπουδαστής του τμήματος Πολιτικών Δομικών Έργων του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ, Δεληγιάννης Δημήτριος (Α.Μ. 31821), γίνεται δεκτός από το εργαστήριο Π.Ε.Τ.Υ.Α. (B216) του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ, για την εκπόνηση αυτής της πτυχιακής εργασίας και καλύπτει την προαίτηση 3 με ένα εξάμηνο τυπικής απασχόλησης στο εργαστήριο Π.Ε.Τ.Υ.Α. ως βοηθός εργαστηρίου. Προβλεπόμενη περάτωση της πτυχιακής εργασίας εντός του ~~καρπινού εξαμήνου 2006-2007~~ ^{ΔΧΕΙΜ Εξαμ 2007/2008} *BB* διότι έχει ήδη ολοκληρώσει τα πρώτα στάδια της εργασίας (ενημέρωση, προετοιμασία, βιβλιογραφία) από τον Σεπτέμβριο 2006 μέχρι της 20/05/2007.

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑΣ ΜΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ:

Το εργαστηριακό μέρος αυτής της πτυχιακής εργασίας εκπονείται ήδη από 20/05/2007 μέχρι σήμερα στα πλαίσια ανάθεσης του θέματος που έχει υποβληθεί με Α.Π. Δ2431/21-05-07 και 146/21-05-07:

Στο εργαστήριο «Ποιοτικού Ελέγχου & Τεχνολογίας Δομικών Υλικών» (B216) με υπεύθυνους επιβλεψής Εργαστηριακούς Συνεργάτες (α) του Π.Ε.Τ.Υ.Α. / Φ.Χ.Τ.Υ. / ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ, τον Μ.Μ. Τ.Ε. (ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ) Κ^ο Δ. Παπαγεωργίου και (β) Π.Δ.Ε / ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ, την Π.Μ. University of Liverpool Κ^α Σ. Μεταξά.

Στην εταιρεία «ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΚΗ Α.Ε.», με υπεύθυνη επιβλεψής, την Εργαστηριακή Συνεργάτιδα του εργαστηρίου Π.Ε.Τ.Υ.Α. / Φ.Χ.Τ.Υ. / ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ, την Π.Μ ΕΜΠ & Π.Δ.Ε. Τ.Ε. (ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ) Κ^α Θ. Κούκου.

Η εκπόνηση των παραπάνω εργαστηριακών κατεργασιών θα γίνει χωρίς καμία επιβάρυνση του ΤΕΙ. Με το κόστος της πτυχιακής (εργατοφές - μηχανοφές - υλικά) θα επιβαρυνθή η συνεργαζόμενη με το ΤΕΙ εταιρεία και σπουδαστής οικειοθελώς, αλλά χωρίς καμία εξαρχής δέσμευση - υποχρέωση τους (από την αρχή μέχρι το τέλος της πτυχιακής εργασίας).

- Για την εκπόνηση της εργασίας αυτής, την εισήγηση, την επιβλεψη και την καθοδήγηση δεν προβλεπεται και δεν καταβάλλεται οποιοδήποτε ύψους αμοιβή στους δύο εισηγητές επιβλεπόντες από οποιοδήποτε φορέα (ΤΕΙ ή εταιρεία).

- Η εταιρεία δεν αναλαμβάνει καμία χρηματική ή άλλη οικονομική δέσμευση και υποχρέωση με την υπογραφή συμμετοχής της στο πρόγραμμα αυτό, πλην του εργαστηριακού μέρους που αναφέρεται και αφορά εργασία μερικών ημερών στις εγκαταστάσεις της και ανά πάσα στιγμή μπορεί να διακόψει τη συνεργασία της αυτή.

- Τα πορίσματα της εργασίας αυτής θα χρησιμοποιούνται εσωτερικά από τα δύο συνεργαζόμενα εργαστήρια, αυτά της επιχείρησης και του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ, αλλά κάθε μια εκμετάλλευση υπέρ οποιοδήποτε τρίτου και κάθε μια ακαδημαϊκή χρήση (δημοσίευσης, ανακοίνωσης κλπ.) γίνεται μετά από συμφωνία και των δύο εισηγητών επιβλεπόντων και του σπουδαστή.

Εργαστηριακή επιβλεψής από
Εσωτερικούς Συνεργάτες του ΤΕΙ
(Α) Στο εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας
της εταιρείας «ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΚΗ Α.Ε.»

Θ. Κούκου
Θ. Κούκου, Π.Μ. ΕΜΠ & Π.Δ.Ε. ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ
Ε.Υ.Δ.Α.Π. Α.Ε.
Υπηρεσία Μελετών Έργων Αποχέτευσης
Εργαστηριακός συνεργάτης
Π.Ε.Τ.Υ.Α. / Φ.Χ.Τ.Υ. / ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

(Β) Στο εργαστήριο Ποιοτικού Ελέγχου &
Τεχνολογίας Υλικών του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

1). *Δ. Παπαγεωργίου*
Δ. Παπαγεωργίου
Μ.Μ. Τ.Ε. ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ, τελειόφοιτος Μ.Μ. / ΕΜΠ
Εργαστηριακός συνεργάτης
Π.Ε.Τ.Υ.Α. / Φ.Χ.Τ.Υ. / ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

2). *Σ. Μεταξά*
Σ. Μεταξά, Π.Μ. University of Liverpool
Εργαστηριακός συνεργάτης
Π.Δ.Ε. / ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

Ο Σπουδαστής
Δ. Δεληγιάννης
Δ. Δεληγιάννης
Σπουδαστής Π.Δ.Ε.
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ
Α.Μ. 31821

Εισηγητές και Επιβλεπόντες
Β. Σκαράκης
Β. Σκαράκης, ΧΗΜ ΕΚΠΑ
Α/της Παραγωγής
«ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΚΗ Α.Ε.»
Εργαστηριακός συνεργάτης
Π.Ε.Τ.Υ.Α. / Φ.Χ.Τ.Υ. / ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

Α. Φωτόπουλος
Α. Φωτόπουλος Χ.Μ. ΕΜΠ
Εργαστηριακός συνεργάτης
Π.Ε.Τ.Υ.Α. / Φ.Χ.Τ.Υ. / ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

Ο υπεύθυνος εργαστηρίου
Π.Ε.Τ.Υ.Α. (B216) / Φ.Χ.Τ.Υ. / ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ
Φ. Φωτόπουλος
Φ. Φωτόπουλος Χ.Μ. ΕΜΠ
Καθηγητής

Προτείνεται εξεταστική επιτροπή
1). Σκαράκης Βασίλειος
2). Φωτοπουλος Χριστοδωρος
3). Μεταξά Σοφία

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ
ΕΡΓΑΣΙΑ ΠΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΓΙΑ ΤΟ 1^ο ΣΥΝΕΔΡΙΟ
ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ & ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ 21-23/05/2008.

ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΙΜΟΥ ΧΑΛΥΒΑ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ ΚΑΜΨΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ

Δημήτρης Δεληγιάννης

Φοιτητής, Τ.Ε.Ι. Πειραιά - ΣΤΕΦ, Π. Ράλλη & Θηβών 250, 12244 Αιγάλεω, Αθήνα

Άρης Φωτόπουλος

Εργαστηριακός συνεργάτης, Τ.Ε.Ι. Πειραιά-ΣΤΕΦ, Π. Ράλλη & Θηβών 250, 12244 Αιγάλεω, Αθήνα

Βασίλης Σκαράκης

Διευθυντής παραγωγής, Χαλυβουργική Α.Ε. Βιομηχανία Χάλυβα, 20ο χιλ. ΕΟΑΚ, 19200, Ελευσίνα

Κάρμεν Μέντρεα

Εργαστηριακός συνεργάτης, Τ.Ε.Ι. Πειραιά-ΣΤΕΦ, Π. Ράλλη & Θηβών 250, 12244 Αιγάλεω, Αθήνα

Λέξεις κλειδιά: χάλυβας οπλισμού σκυροδέματος, μηχανικές ιδιότητες, κάμψη, ανάκαμψη, θραύση

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Ο χάλυβας οπλισμού σκυροδέματος B500C παρουσιάζει στην διατομή του μία σκληρή εξωτερική στεφάνη επαναφερμένου μαρτενσίτη και μια όλκιμη, φερριτο-περλιτική καρδιά. Η τοποθέτηση του σε μία κατασκευή προϋποθέτει σε ορισμένες περιπτώσεις την τοπική διαμόρφωσή του με κάμψη. Μεγάλες μηχανικές καταπονήσεις προκαλούν τοπικές παραμορφώσεις ή και θραύση. Η εργασία παρουσιάζει την μελέτη της συμπεριφοράς σε ενδεχόμενη αντικανονική καταπόνηση με κάμψη – ανάκαμψη κατά την διάρκεια της διαμόρφωσης – τοποθέτησης του οπλισμού της κατασκευής. Εκτιμώνται οι επιπτώσεις του βαθμού καταπόνησης στις μηχανικές ιδιότητες του χάλυβα.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η έντονη σεισμική δραστηριότητα του τόπου μας στρέφει το ενδιαφέρον των μελετητών και παραγωγών προς την συνεχή βελτίωση των δομικών υλικών. Ο Κανονισμός Τεχνολογίας Χαλύβων Οπλισμού Σκυροδέματος περιγράφει αναλυτικά τις γενικές και ειδικές απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιούνται στην παραγωγή του χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος (σχέδιο ΚΤΧ 2007, ΕΛΟΤ EN 10080, ΕΛΟΤ EN 10002). Ο χάλυβας B500C (ΘΕ-ΘΚ) επικρατεί στην παραγωγή λόγω του μειωμένου κόστους σε σχέση με τις ιδιότητες του (Μαυροειδής, Π. 2005). Παράγεται σε ράβδους κυκλικής διατομής, με θερμή έλαση και με άμεση εν σειρά επιφανειακή βαφή με νερό και αυτό-επαναφορά. Σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, το υλικό παρουσιάζει μία σκληρή εξωτερική στεφάνη επαναφερμένου μαρτενσίτη και μια όλκιμη φερριτο-περλιτική καρδιά. Το εξωτερικό στρώμα προσδίδει στο χάλυβα πολύ καλές αντοχές, ενώ η καρδιά του εξασφαλίζει την απαιτούμενη ολκιμότητα. Μειονέκτημα αυτής της σύνθετης δομής αποτελεί η δυσκολία διαμόρφωσης του. Η μεγάλη σκληρότητα της εξωτερικής στιβάδας επηρεάζει σε ορισμένες περιπτώσεις την διεργασία κάμψης.

Η καταπόνηση της κάμψης – ανάκαμψης (επανευθυγράμμισης) εφαρμόζεται στα τεχνικά έργα, για λόγους «εργασιακής ευκολίας» ή από σφάλμα. Αν και ο Κανονισμός Τεχνολογίας Χαλύβων απαγορεύει ρητά την επανευθυγράμμιση καμφθεισών ράβδων, αυτό γίνεται συχνά. Η περίπτωση της παράθεσης από ένα υποστύλωμα σε ένα άλλο, μικρότερων διαστάσεων αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της καταπόνησης με κάμψη – ανάκαμψη (επανευθυγράμμιση) και των επιπτώσεων εφαρμογής της στις μηχανικές ιδιότητες του χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος B500C.

2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Στην εργασία επιχειρείται προσομοίωση των εργοταξιακών κατεργασιών διαμόρφωσης στα οικοδομικά έργα, με σκοπό την επίτευξη αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων σε συνήθεις και ακραίες καταπονήσεις εργοταξιακών κατεργασιών. Για το λόγο αυτό οι έλεγχοι που πραγματοποιούνται δεν γίνονται πάντα όπως αναφέρονται στις αντίστοιχες προδιαγραφές.

Ομάδες δοκιμίων από χάλυβα B500C, κυκλικής ονομαστικής διατομής Φ20 και μήκους 0.50m υποβάλλονται σε δοκιμή κάμψης – ανάκαμψης με ίδιο τύμπανο (ράουλο) ίδιας διαμέτρου και με διαφορετικούς βαθμούς παραμόρφωσης (γωνία κάμψης / ανάκαμψης). Οι ομάδες αποτελούνται από 6 δοκίμια (5+1 εφεδρικό με το χαρακτηριστικό 'Ε' στην ταυτοποίησή και σήμανση του). Χρησιμοποιήθηκαν τρία διαφορετικά ράουλα και εφαρμόστηκαν τρεις διαφορετικές γωνίες κάμψης. Η δοκιμή πραγματοποιήθηκε με σταθερό ρυθμό φόρτισης. Για την προσέγγιση της συνήθους εργοταξιακής πρακτικής, πριν την ανάκαμψη δεν εφαρμόστηκε η τεχνική γήρανση που αναφέρουν τα πρότυπα. Για σύγκριση μια ομάδα δοκιμίων εξετάζεται χωρίς προηγούμενη καταπόνηση (όπως προέρχεται από την παραγωγή). Τα δοκίμια προέρχονται από συνεχόμενες βέργες παραγωγής του ίδιου χυτηρίου για να εξασφαλίζεται η ομοιομορφία των αρχικών μηχανικών ιδιοτήτων σε όλα τα δοκίμια.

Μια συνεχόμενη ράβδος, συνολικού μήκους 42 m κόπηκε αμέσως μετά την έλασή της σε 3 τεμάχια των 14 m (Α,Β,Γ). Τα δοκίμια από κάθε τεμάχιο των 14 m υφίσταται διαφορετική κάμψη. Οι ράβδοι τεμαχίστηκαν στην συνέχεια σε τέσσερις ράβδους μήκους 3.50 m και τελικώς, κόπηκαν 7 διαδοχικά δοκίμια σε κομμάτια των 0.50m ώστε να εξασφαλιστεί όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ομοιομορφία των αρχικών ιδιοτήτων τους. Παράλληλα με την κοπή πραγματοποιήθηκε η σήμανση των δοκιμίων κατά τον ακόλουθο τρόπο: Τα δοκίμια που προέρχονταν από την 1η βέργα των 14 m ανήκουν στην ομάδα ΜΑ_{xy}, από την 2η βέργα, στην ΜΒ_{xy} και από την 3^η βέργα στην ομάδα ΜΓ_{xy} αντίστοιχα (Πίνακας 1). Τα δοκίμια τα οποία δεν υποβλήθηκαν σε καταπόνηση της κάμψης - ανάκαμψης κόπηκαν στην αρχή της κάθε ομάδας και συμβολίζονται με το χαρακτηριστικό Χ και την ομάδα από την οποία προέρχεται (ΧΑ ,ΧΒ, ΧΓ).

Πίνακας 1.Ομάδες δοκιμίων

Διάμετρος Ράουλου	Γωνία κάμψης - ανάκαμψης		
	30°	60°	90°
D	ΜΑ1y	ΜΑ2y	ΜΑ3y
1,5 D	ΜΒ1y	ΜΒ2y	ΜΒ3y
2 D	ΜΓ1y	ΜΓ2y	ΜΓ3y

Όπου: Μ: δοκίμιο με καταπόνηση, Α,Β,Γ: τα αντίστοιχα στελέχη της κάμψης (κύλινδροι, ράουλα) και οι αρχικές 14 μετρες βέργες, 1,2,3: οι γωνίες κάμψης / ανάκαμψης (30°, 60°, 90° αντίστοιχα), y: ο αριθμός του δοκιμίου εντός της ομάδας (από 1 έως 5).

Τα δοκίμια υποβλήθηκαν, μετά την ανάκαμψη για ευθυγράμμιση του τα ΜΑ, ΜΒ, ΜΓ, σε δοκιμή εφελκυσμού με στατική φόρτιση. Η δοκιμή πραγματοποιείται με σταθερό τον ίδιο ρυθμό φόρτισης και προσδιορίστηκαν εργαστηριακά οι μηχανικές ιδιότητες των δοκιμίων. Τέλος, εκτιμήθηκαν οι ποσοστιαίες μεταβολές των αρχικών μηχανικών χαρακτηριστικών και η επιρροή της ενδοτράχυνσης λόγω κάμψης – ανάκαμψης στην συμπεριφορά του χάλυβα παραγωγής.

Η δειγματοληψία, η κοπή και οι εργαστηριακές δοκιμές εφελκυσμού πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας της Χαλυβουργικής Α.Ε. Στην διεξαγωγή της έρευνας είχαν συμμετοχή και οι Θ. Κούκου και Δ. Παπαγεωργίου, εργαστηριακοί συνεργάτες του εργαστηρίου ΠΕΤΥΛ του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα δοκίμια που καταπονήθηκαν με γωνία κάμψης 90° και 60° αντίστοιχα, έσπασαν κατά τη διάρκεια της ευθυγράμμισης. Στους πίνακες 2 και 3 παρουσιάζονται οι συνθήκες καταπόνησης μέχρι την θραύση. Ως δύναμη κάμψης ορίζεται η δύναμη που επιβλήθηκε στο δοκίμιο, ώστε να αποκτήσει την επιθυμητή γωνία κάμψης. Ως δύναμη ανάκαμψης ορίζεται η δύναμη που επιβλήθηκε στο δοκίμιο ώστε να επιτευχθεί η επανευθυγράμμιση του. Στα δοκίμια που έσπασαν κατά την ανάκαμψή του η δύναμη ανάκαμψης θεωρείται η δύναμη η οποία προκάλεσε την θραύση τους.

Πίνακας 2. Οι δυνάμεις καταπόνησης σε κάμψη-ανάκαμψη, με γωνία κάμψης / ανάκαμψης 90°.

Δυνάμεις καταπόνησης (KN)								
Στέλεχος κάμψης D			Στέλεχος κάμψης 1.5D			Στέλεχος κάμψης 2D		
Δοκίμιο	Κάμψη	Ανάκ.	Δοκίμιο	Κάμψη	Ανάκ.	Δοκίμιο	Κάμψη	Ανάκ.
ΜΑ31	47	4,3	ΜΒ31	44	5,8	ΜΓ31	58	12
ΜΑ32	44	3,9	ΜΒ32	46	6,2	ΜΓ32	59	6,2
ΜΑ33	43	4,5	ΜΒ33	46	4,8	ΜΓ33	61	4,8
ΜΑ34	44	4,4	ΜΒ34	47	4,8	ΜΓ34	57	4,8
ΜΑ35	46	4,3	ΜΒ35	46	4,7	ΜΓ35	57	4,7
ΜΑ3Ε	46	4,2	ΜΒ3Ε	45	5,6	ΜΓ3Ε	59	5,6

Πίνακας 3. Οι δυνάμεις καταπόνησης σε κάμψη-ανάκαμψη, με γωνία κάμψης / ανάκαμψης 60°.

Δυνάμεις καταπόνησης (KN)								
Στέλεχος κάμψης D			Στέλεχος κάμψης 1.5D			Στέλεχος κάμψης 2D		
Δοκίμιο	Κάμψη	Ανάκ.	Δοκίμιο	Κάμψη	Ανάκ.	Δοκίμιο	Κάμψη	Ανάκ.
ΜΑ21	45	12,0	ΜΒ21	45	14,3	ΜΓ21	52	14,5
ΜΑ22	45	14,6	ΜΒ22	42	14,9	ΜΓ22	49	14,6
ΜΑ23	44	8,6	ΜΒ23	47	14,2	ΜΓ23	48	14,6
ΜΑ24	43	14,7	ΜΒ24	42	9,5	ΜΓ24	46	14,9
ΜΑ25	45	14,7	ΜΒ25	45	14,7	ΜΓ25	49	15,6
ΜΑ2Ε	45	14,0	ΜΒ2Ε	46	14,6	ΜΓ2Ε	49	15,0

Παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των δυνάμεων κάμψης και ανάκαμψης. Η διαφορά οφείλεται στο γεγονός ότι οι ράβδοι έχουν σπάσει κατά την επανευθυγράμμιση τους και πριν την ολοκλήρωση της ανάκαμψης τους. Η δύναμη ανάκαμψης στα δοκίμια που έχουν γωνία κάμψης / ανάκαμψης 90° είναι μικρότερη

από την αντίστοιχη των 60°. Κατά την διάρκεια της κάμψης οι ράβδοι υπέστησαν ενδοτράχυνση δομής και κατά συνέπεια παρουσιάζουν μειωμένη ολκιμότητα. Το φαινόμενο είναι εντονότερο στην μεγαλύτερη παραμόρφωση και κατά συνέπεια οι ράβδοι που παραμορφώθηκαν με γωνία κάμψης / ανάκαμψης 90° έσπασαν πιο εύκολα κατά την επανευθυγράμμιση.

Οι Πίνακες 4 - 6 παρουσιάζουν τα αποτελέσματα δοκιμής εφελκυσμού ράβδων μετά από καταπόνηση με γωνία κάμψης / ανάκαμψης 30°.

Πίνακας 4. Οι μηχανικές ιδιότητες των ράβδων 'Α' μετά από καταπόνηση με στέλεχος D και γωνία κάμψης / ανάκαμψης 30°.

Δοκιμιο Μηχ.Ιδ	MA11	MA12	MA13	MA14	MA15	MA1E
Lc (mm)	300	300	300	300	300	300
So (mm ²)	308.74	309.28	308.89	309.17	308.23	308.46
Rp 0.2 (MPa)	479.11	444.18	459.99	443.88	475.86	456.17
FReH (KN)	171.712	172.238	172.612	171.908	170.260	170.717
ReH (MPa)	547	548	549	547	542	543
Fm (KN)	211.366	211.613	212.048	211.386	209.847	210.206
Rm (MPa)	673	674	675	673	668	669
Rm/ReH	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23
ReH/Re (MPa)	1.09	1.10	1.10	1.09	1.08	1.09
Ag (%)	7.5	7.5	8.5	8.0	10.0	8.0
Agt (%)	7.84	7.84	8.84	8.34	10.33	8.33
Κάμψη (KN)	44.00	44.00	44.00	44.00	42.00	43.00
Ανάκ. (KN)	16.80	14.55	15.20	15.80	15.80	16.20

Πίνακας 5. Οι μηχανικές ιδιότητες των ράβδων 'Β' μετά από καταπόνηση με στέλεχος 1,5 D και γωνία κάμψης / ανάκαμψης 30°.

Δοκιμιο Μηχ.Ιδ	MB11	MB12	MB13	MB15	MB1E
Lc (mm)	300	300	300	300	300
So (mm ²)	308.72	309.02	308.92	308.54	309.51
Rp 0.2 (MPa)	469.69	455.08	485.96	477.28	495.22
FReH (KN)	170.176	170.173	170.556	170.787	171.023
ReH (MPa)	542	542	543	544	544
Fm (KN)	210.327	210.106	210.127	210.421	210.866
Rm (MPa)	669	669	669	670	671
Rm/ReH	1.24	1.23	1.23	1.23	1.23
ReH/Re (MPa)	1.08	1.08	1.09	1.09	1.09
Ag (%)	8.0	9.5	9.0	9.5	8.5
Agt (%)	8.33	9.83	9.33	9.83	8.84
Κάμψη (KN)	43.00	41.00	42.00	42.00	42.00
Ανάκ. (KN)	14.50	14.30	14.20	14.30	14.70

Πίνακας 6. Μηχανικές ιδιότητες των ράβδων 'Γ' μετά από καταπόνηση κάμψης με στέλεχος 2 D και γωνιά κάμψης / ανάκαμψης 30°.

Δοκίμιο Μηχ.Ιδ	ΜΓ11	ΜΓ12	ΜΓ13	ΜΓ14	ΜΓ15	ΜΓ1Ε
Lc (mm)	300	300	300	300	300	300
So (mm ²)	308.26	309.02	308.79	308.72	309.00	309.63
Rp 0.2 (MPa)	469.88	446.65	455.24	470.33	482.47	481.81
FReH (KN)	170.356	170.270	170.532	170.965	172.394	172.142
ReH (MPa)	542	542	543	544	549	548
Fm (KN)	210.070	209.986	210.542	210.507	211.145	211.733
Rm (MPa)	669	668	670	670	672	674
Rm/ReH	1.23	1.23	1.23	1.23	1.22	1.23
ReH/Re (MPa)	1.08	1.08	1.09	1.09	1.10	1.10
Ag (%)	8.5	8.5	8.0	8.0	8.0	8.0
Agt (%)	8.83	8.83	8.33	8.33	8.34	8.34
Κάμψη (KN)	42.00	44.00	42.00	43.00	44.00	44.00
Ανάκ. (KN)	14.50	14.60	14.60	14.90	14.60	15.00

Από τον πίνακα 4 παρατηρείται η ομοιομορφία των αποτελεσμάτων η οποία επιβεβαιώνει τον πρώτο στόχο της εργασίας, δηλ. την επίτευξη επαναληψιμότητας των πειραμάτων της ομάδας 'Α' και άρα τον σωστό σχεδιασμό των πειραμάτων. Το φανερό όριο διαρροής του χάλυβα (ReH) παρουσιάζει μια διαφορά 6 MPa (από την ελάχιστη τιμή, 543 MPa έως την μέγιστη τιμή, 549 MPa) και η εφελκυστική αντοχή 9 MPa (από την ελάχιστη τιμή, 668 MPa έως την μέγιστη τιμή, 675 MPa). Απόλυτη ομοιομορφία παρατηρείται στον λόγο της εφελκυστικής αντοχής προς το όριο διαρροής (Rm / ReH). Στην συνολική ανηγμένη παραμόρφωση στο μέγιστο φορτίο (Agt) παρατηρείται μεγάλη αύξηση στο δοκίμιο MA15 2.5%.

Από τον πίνακα 5 παρατηρείται αύξηση της καμπυλότητας παραμόρφωσης του τυμπάνου (ράουλου) που μειώνει το εύρος των τιμών. Το φανερό όριο διαρροής του χάλυβα (ReH) παρουσιάζει μια διαφορά μόλις 2 MPa (από την ελάχιστη τιμή, 542 MPa έως την μέγιστη τιμή, 544 MPa), η εφελκυστική αντοχή 2 MPa (από την ελάχιστη τιμή, 669 MPa έως την μέγιστη τιμή, 671 MPa), ο λόγος της εφελκυστικής αντοχής προς το όριο διαρροής (Rm / ReH) παρουσιάζει μια διαφορά μόλις 0.01% και η συνολική ανηγμένη παραμόρφωση στο μέγιστο φορτίο (Agt) 1%.

Το δοκίμιο MB14 δεν τοποθετήθηκε σωστά στην μηχανή εφελκυσμού και δεν αναφέρεται στον πίνακα 4.

Στην περαιτέρω αύξηση της καμπυλότητας παραμόρφωσης του ράουλου το φανερό όριο διαρροής του χάλυβα (ReH) παρουσιάζει μια διαφορά μόλις 5 MPa, η εφελκυστική αντοχή 5 MPa, ο λόγος της εφελκυστικής αντοχής προς το όριο διαρροής (Rm / ReH) μόλις 0.01% και η συνολική ανηγμένη παραμόρφωση στο μέγιστο φορτίο (Agt) 0.5%. Η οπτική επιθεώρηση όλων των δοκιμίων δεν έδειξε ύπαρξη ρωγμών στην επιφάνεια τους.

Ο πίνακας 7 παρουσιάζει τα αποτελέσματα δοκιμής εφελκυσμού της ομάδας δοκιμίων όπως αυτά διατίθενται στην αγορά χωρίς την καταπόνηση της κάμψης / ανάκαμψης. Τα δοκίμια αυτά πάρθηκαν στο τέλος της κάθε ομάδας 'Μ' και έτσι προέρχονται από 3 διαφορετικές ράβδους 14 μετρες βέργες. Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν την ομοιομορφία των αρχικών μηχανικών ιδιοτήτων του χάλυβα που χρησιμοποιήθηκε. Οι ράβδοι που προέρχονται από το ίδιο χυτήριο έχουν την ίδια χημική σύσταση και οι μηχανικές τους ιδιότητες εξαρτώνται αποκλειστικά από την μεταλλογραφική δομή τους. Στην περίπτωση μιας σύνθετης δομής όπως του B500C η ομοιομορφία των μηχανικών ιδιοτήτων αποδεικνύει τον απόλυτο έλεγχο της

αναλογίας των δύο στρωμάτων (επαναφερμένος μαρτενσίτης και φερίτο-περλίτης) καθ' όλη τη γραμμή παραγωγής.

Πίνακας 7. Μηχανικές ιδιότητες των ράβδων σε κατάσταση παραλαβής.

Δοκιμιο Μηχ.Ιδ	XA1	XA2	XA3
Lc (mm)	300	300	300
So (mm ²)	309.28	309.00	308.74
Rp 0.2 (MPa)	512.68	483.35	446.39
FReH (KN)	172.003	170.724	170.924
ReH (MPa)	548	543	544
Fm (KN)	210.806	209.829	209.453
Rm (MPa)	671	668	667
Rm/ReH	1.23	1.23	1.23
ReH/Re (MPa)	1.10	1.09	1.09
Ag (%)	13.0	11.0	10.0
Agt (%)	13.34	11.33	10.33

Ο πίνακας 8 παρουσιάζει τον μέσο όρο των αποτελεσμάτων της δοκιμής εφελκυσμού των ράβδων που έχουν καταπονηθεί σε σύγκριση με τις ράβδους παραγωγής και με τις ελάχιστες επιβαλλόμενες από τις προδιαγραφές τιμές (ΕΛΟΤ). Στην περίπτωση της κάμψης – ανάκαμψης τα αποτελέσματα αποδεικνύουν ότι το φανερό όριο διαρροής (Re), ο λόγος της εφελκυστικής αντοχής προς το όριο διαρροής (Rm/Re) και ο λόγος της πραγματικής προς την ονομαστική τιμή του φανερού ορίου διαρροής (Re,act/Re,nom) δεν παρουσιάζουν απολύτως καμία μεταβολή με την καταπόνηση της κάμψης - ανάκαμψης με γωνία κάμψης / ανάκαμψης 30° ανεξάρτητα από την διάμετρο του στελέχους κάμψης. Η συνολική ανηγμένη παραμόρφωση στο μέγιστο φορτίο (Agt) παρουσιάζει μια μείωση ~ 3%. Η μείωση οφείλεται στην ενδοτράχυνση της «καρδιάς» του υλικού. Παρόλη την μείωση το Agt συνεχίζει να πληρεί τις προϋποθέσεις των προδιαγραφών. Στην περίπτωση των χαλύβων όπως αυτοί προέρχονται από την παραγωγή παρατηρείται μια αύξηση όλων των απαιτούμενων τιμών: Το όριο διαρροής παρουσιάζει μια αύξηση κατά 45 MPa (9%) και η συνολική ανηγμένη παραμόρφωση στο μέγιστο φορτίο μια αύξηση κατά 4.37%.

Πίνακας 8. Σύγκριση μηχανικών ιδιοτήτων χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος με και χωρίς προηγούμενη καταπόνηση (μέση τιμή).

	Στέλεχος κάμψης D	Στέλεχος κάμψης 1,5 D	Στέλεχος κάμψης 2 D	Κατάσταση παραλαβής	ΕΛΟΤ EN 1421 – 3
Όριο διαρροής Re (MPa)	546	543	545	545	≥ 500
Λόγος Rm/Re	1.23	1.23	1.23	1.23	≥ 1,15 ≤ 1,35
Agt (%)	8.59	9.23	8.50	11.67	≥ 7,5
Re,act/Re,nom	1.09	1.09	1.09	1.09	≤ 1,25

Πίνακας 9. Επιμήκυνση εφελκυσμένης ίνας (%) συναρτήσει της γωνίας κάμψης / ανάκαμψης και του στέλεχους κάμψης (ράουλο).

	Γωνία κάμψης 30°	Γωνία κάμψης 60°	Γωνία κάμψης 90°
Στέλεχος κάμψης D	13	34	43
Στέλεχος κάμψης 1.5 D	13	33	42
Στέλεχος κάμψης 2 D	13	32	35

Στον πίνακα 9 παρατηρούμε πως η επιμήκυνση της εφελκυσμένης ίνας τείνει να μειώνεται όσο μεγαλώνει το στέλεχος κάμψης. Μεγάλη διαφορά παρατηρείται ανάμεσα στο στέλεχος κάμψης 1.5 D και στο 2 D όταν έχουμε γωνία κάμψης 90°. Σ' αυτή την περίπτωση η μείωση της επιμήκυνσης της εφελκυσμένης ίνας είναι 17%.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τις δοκιμές προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

Όλα τα δοκίμια τα οποία καταπονήθηκαν με γωνίες κάμψης / ανάκαμψης 90° και 60°, ανεξάρτητα από το στέλεχος της κάμψης, παρουσίασαν ψαθυρή θραύση. Μια τέτοια συμπεριφορά προκαλεί την αστοχία του υλικού.

Η υπέρμετρη επιμήκυνση στη εξωτερική ίνα είναι και η βασική αιτία που προκαλεί τη θραύση στο σημείο της κάμψης.

Τα δοκίμια τα οποία καταπονήθηκαν με γωνία κάμψης / ανάκαμψης 30°, δεν παρουσίασαν σημεία ρηγμάτωσης, ανεξάρτητα από το στέλεχος κάμψης (ράουλο) που χρησιμοποιήθηκε, ούτε και μεταβολές της αντοχής. Η συγκεκριμένη καταπόνηση προκάλεσε την μείωση της επιμήκυνσης στο μέγιστο φορτίο της τάξης του 3%, λόγω της ενδοτράχυνσης που υφίσταται ο χάλυβας. Η υψηλή ποιότητα του χάλυβα που παράγεται σε σχέση με τις απαιτήσεις ισορρόπησε την αρνητική επιρροή της καταπόνησης. Στην περίπτωση χάλυβων με οριακή τιμή ως προς το Agt, η εφαρμογή της κάμψης / ανάκαμψης θα τους καθιστούσε πλέον ακατάλληλους για κάμψεις / ανακάμψεις του είδους αυτού.

Αξίζει να σημειωθεί πως το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 10080 αναφέρει πως για την καταπόνηση σε κάμψη το στέλεχος της κάμψης πρέπει να είναι 6 D και για την ανάκαμψη 8 D.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει ο εντοπισμός της γωνίας κάμψης / ανάκαμψης κατά την οποία το υλικό περνά σε ψαθυρή συμπεριφορά και αποτελεί στόχο επόμενης μελέτης / έρευνας.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Σχέδιο Κανονισμού Τεχνολογίας Χαλύβων Οπλισμού Σκυροδέματος, ΚΤΧ Αθήνα, (2007).

ΕΛΟΤ EN 10002 – 1 : 2001 (E), Μεταλλικά υλικά – Δοκιμές εφελκυσμού – Μέρος 1: Μέθοδος δοκιμής σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

ΕΛΟΤ EN 10080 : 2005 (E), Χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος – Συγκολλησιμοί χάλυβες – Γενικές απαιτήσεις.

ΕΛΟΤ 1421 – 3 : Χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος – Συγκολλησιμοί χάλυβες – Μέρος 3: Τεχνική κατηγορία B500C.

Μαυροειδής, Π., “Μέθοδοι παραγωγής χάλυβων οπλισμού σκυροδέματος”, στο “Χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος”, Εκδ. Παπασωτηρίου, Αθήνα (2005), 35-62.