**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

**ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ-ΑΝΤΟΧΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ**

…………………………………………………………………………………………………

Μέλη της ομάδας : Ξενοφών Παππάς (2016010031), Κουρομιχελάκης Γεώργιος (2016010004), Μηλαρογεώργος Αναστάσιος (2016010034), Μαρακάκης Αντώνιος (2016010017), Σιάχος Κωνσταντίνος (2016010019)

Ομάδα : 2

Παράδοση εργαστηριακής αναφοράς : 04/2/2018

Εργαστηριακός Διδάσκων : Κωνσταντίνος Προβιδάκης

…………………………………………………………………………………………………

**1η εργαστηριακή άσκηση: Δοκιμή εφελκυσμού**

***Σκοπός της άσκησης:***

 Ο σκοπός του πειράματος αυτού, είναι η εύρεση και η κατανόηση της πιο σαφούς και κατάλληλης μεθόδου κατασκευής και προσδιορισμού του διαγράμματος τάσεων-παραμορφώσεων καθώς και των μηχανικών ιδιοτήτων των υλικών. Η μέθοδος αυτή ονομάζεται δοκιμή του απλού εφελκυσμού. Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιήθηκαν ειδικώς διαμορφωμένα δοκίμια από υλικό που εξετάσθηκε στο εργαστήριο, τα οποία τοποθετήθηκαν σε μηχανή εφελκυσμού η οποία άσκησε αξονικό φορτίο στα δοκίμια αυτά μέχρι την θραύση τους. Τα δοκίμια αυτά ήταν ειδικά διαμορφωμένα, αφού στόχος του πειράματος ήταν τα τμήματα που δεχόντουσαν την σύνθετη καταπόνηση από την προσαρμογή τους στην μηχανή εφελκυσμού, να μετατρέπεται σε απλή εφελκυστική δύναμη με περιοχή άσκησης το κέντρο του δοκιμίου. Αποτέλεσμα της δοκιμής του απλού εφελκυσμού και της κατασκευής του διαγράμματος τάσεων-παραμορφώσεων είναι ο προσδιορισμός ορισμένων βαρυσήμαντων δομικών και ελαστικών σταθερών όπως: το μέτρο ελαστικότητας (), το συμβατικό όριο διαρροής (), το όριο αναλογίας () και το όριο ελαστικότητας ().

***Προσδιορισμός μεγεθών και εννοιών του πειράματος:***

* Αντοχή σε εφελκυσμό ή όριο θραύσης ενός υλικού () ορίζεται ως το πηλίκο του μέγιστου φορτίου το οποίο δέχεται το δοκίμιο μήκους , όταν εφελκύεται, προς την αρχική εγκάρσια διατομή . Ισχύει δηλαδή: .
* Όριο διαρροής ορίζεται ως η πρώτη τάση ενός υλικού, σαφώς μικρότερη από την μέγιστη κατά την οποία μπορεί να αυξάνει η παραμόρφωση χωρίς να αυξάνει η τάση. Στο διαγράμματα τάσης παραμορφώσεων καθώς και στα όλκιμα υλικά εμφανίζεται σαν μια χαρακτηριστική ασυνέχεια. Για τα ψαθυρά υλικά το όριο διαρροής είναι η τιμή της τάσης για την οποία η παραμένουσα παραμόρφωση είναι ίση με .
* Όριο αναλογίας είναι η μέγιστη τάση για την οποία το υλικό μετά την αφαίρεση του φορτίου δεν υφίσταται παραμένουσα παραμόρφωση και για την οποία ισχύει ο νόμος του Hooke.
* Φορτίο θραύσης είναι το φορτίο στο οποίο θραύεται το δοκίμιο. Είναι δηλαδή το φορτίο που αναλογεί στην τιμή της τάσης θραύσης.
* Ολκιμότητα ορίζεται ως η ικανότητα ενός υλικού να δέχεται πλαστικές παραμορφώσεις πριν την θραύση του. Είναι καθαρός αριθμός και υπολογίζεται από την ανοιγμένη επιμήκυνση της θραύσης επί τις εκατό .
* Μήκος μέτρησης είναι το αρχικό μήκος μέτρησης που αντιστοιχεί στο δοκίμιο βάση προδιαγραφών. Η παραμόρφωση μετριέται με βάση το αρχικό μήκος του δοκιμίου. Η μεταβολή του αποτελεί την βάση προσδιορισμού του μέτρου της επιμήκυνσης θραύσης.
* Επιμήκυνση είναι η αύξηση του μήκους μέτρησης σε ένα δοκίμιο που δέχεται εφελκυσμό. Για την παραμόρφωση ισχύει .
* Μηκυνσιόμετρο είναι το όργανο μέτρησης της γραμμικής παραμόρφωσης.
* Μέτρο ελαστικότητας είναι ο λόγος της τάσης προς την παραμόρφωση πριν από το όριο αναλογίας. Επίσης ως μέτρο ελαστικότητας ορίζεται ο συντελεστής αναλογίας που συνδέει την τάση με την παραμόρφωση στο νόμο του Hooke: και εκφράζεται σε μονάδες τάσης.
* Λαιμός είναι η τοπική μείωση της εγκάρσιας διατομής του δοκιμίου λόγω εφελκυσμού. Επιπλέον το σημείο αυτό, είναι το σημείο στο οποίο θα γίνει τελικά η θραύση του δοκιμίου.
* Λόγος του Poisson είναι η απόλυτη τιμή του λόγου της εγκάρσιας παραμόρφωσης προς την αξονική, όταν η αξονική τάση είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη και βρίσκεται κάτω από το όριο αναλογίας του υλικού.
* Όριο ελαστικότητας είναι η μέγιστη τάση στην οποία μπορεί να φτάσει ένα υλικό, χωρίς να δημιουργηθεί μετά την αφαίρεση της παραμένουσα παραμόρφωση, παρότι μέχρι το όριο αυτό δεν χρειάζεται να ισχύει ο νόμος του Hooke. Το συμβατικό όριο ελαστικότητας , ορίζεται ως η τάση εκείνη που προκαλεί στο υλικό παραμένουσα παραμόρφωση , και προσδιορίζεται από τα διαγράμματα τάσεων παραμορφώσεων

***Μηχανές εφελκυσμού:***

Γενικά υπάρχουν πολλών ειδών μηχανές εφελκυσμού, αλλά όλες έχουν το ίδιο βασικό χαρακτηριστικό ως προς την λειτουργία τους. Το χαρακτηριστικό αυτό είναι το ότι όλες είναι κατασκευασμένες έτσι ώστε να δημιουργούν μια ομοιόμορφη μονοαξονική φόρτιση στο δοκίμιο. Συνοπτικά, η λειτουργικότητα των μηχανών αυτών έγκειται στην ύπαρξη δύο δεικτών εκ των οποίων ο ένας υποδεικνύει τις διακυμάνσεις του φορτίου που επιβάλλεται στο δοκίμιο μέσω των αρπαγών, ενώ ο άλλος συμπαρασύρεται από τον πρώτο κατά την φορά αύξησης του φορτίου. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι όταν το φορτίο μειώνεται ο δεύτερος δείκτης παραμένει σταθερός στην μέγιστη ένδειξη με αποτέλεσμα να διευκολύνει τους μελετητές του πειράματος στην εύρεση αυτής της κομβικής τιμής του φορτίου. Η μηχανή η οποία χρησιμοποιήθηκε στο Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Μηχανικής του Πολυτεχνείου Κρήτης είναι η μέγιστης εφελκυστικής και θλιπτικής ικανότητας , με δυνατότητα επαναλαμβανόμενης φόρτισης δοκιμίων για τον έλεγχο αντοχής υλικών σε κόπωση. Επιπλέον η μηχανική διάταξη αυτή επιτρέπει ακαριαία καταγραφή της τάσης και της παραμόρφωσης του δοκιμίου.

***4. Διαδικασία του πειράματος***

 Η διαδικασία του πειράματος είχε ως εξής: αρχικά έχοντας στη κατοχή μας ένα δοκίμιο κατασκευασμένο από χάλυβα, μετρήθηκαν τα γεωμετρικά στοιχεία του τα οποία ήταν η διάμετρός του και το μήκος του. Εν συνεχεία ρυθμίστηκε η κατάλληλη κλίμακα φορτίων και το δοκίμιο τοποθετήθηκε έτσι ώστε ο άξονάς του να συμπίπτει με τον άξονα φόρτισης της μηχανής. Επίσης έχει ρυθμιστεί και η ταχύτητα φόρτισης της μηχανής. Καθώς το πειραματικό μας δοκίμιο φορτίζεται όλο και περισσότερο παρατηρείται ο σχηματισμός του λαιμού. Η διαδικασία συνεχίζεται έως ότου το δοκίμιο φτάσει σε θραύση. Κατά τη διάρκεια του πειράματος καταγράφεται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή το φορτίο και η επιμήκυνση .

***5. Αποτελέσματα πειράματος***

Διάμετρος

Αρχικό μήκος

Ταχύτητα φόρτισης

Εμβαδόν διατομής

Ύστερα από την ολοκλήρωση του πειράματος και από τα δεδομένα που εμφανίστηκαν στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, εξήχθη η παρακάτω γραφική παράσταση:

 Από τη γραφική παράσταση υπολογίσθηκε ότι η .

**1η εργαστηριακή άσκηση: Δοκιμή Θλίψης**

***Σκοπός του πειράματος:***

 Σκοπός της πειραματικής διαδικασίας θλίψης αποτελεί η κατασκευή του διαγράμματος τάσεων παραμορφώσεων του σκυροδέματος, διαστάσεων 15Χ15Χ15, καθώς και ο προσδιορισμός των μηχανικών ιδιοτήτων και συγκεκριμένα του μέτρου ελαστικότητας Ε όπως και του ορίου θραύσης και διαρροής.

***Θεωρητικό Υπόβαθρο:***

 Στην απλή θλίψη τα φορτία που ασκούνται στα σώματα είναι αντίθετης φοράς από αυτή του εφελκυσµού και προκαλούν σε αυτά βράχυνση της διάστασή τους η οποία επιφέρει αντίστοιχα αύξηση της εγκάρσιας διάστασης τους. Η κατασκευή του διαγράμματος τάσεων παραμορφώσεων στη μελέτη και κατανόηση της διαδικασίας θλίψης. Η συγκεκριμένη διαδικασία καταπόνησης βρίσκει ευρεία εφαρμογή στο προσδιορισμό των μηχανικών ιδιοτήτων των ψαθυρών υλικών, τα οποία καταπονούνται συνηθέστερα απ’ ότι τα όλκιμά υλικά (π.χ. χάλυβας, αλουμίνιο), σε θλιπτικά φορτία.

 Οι θλιπτικές τάσεις προκαλούν βράχυνση των δοκιμίων στην οποία αντιστοιχεί µια θλιπτική παραμόρφωση. Το μέτρο της έντασης της παραμόρφωσης δίνεται από της σχέσης

 όπου h0 το αρχικό ύψος του δοκιμίου και h το ύψος του δοκιμίου κατά την φόρτιση για την οποία θα υπολογιστούν οι αντίστοιχες θλιπτικές τάσεις. Η σχέση ανάμεσα στα δύο μεγέθη είναι ίδια τόσο για τις θλιπτικές όσο και για τις εφελκιστικές τάσεις

 Σύμφωνα, λοιπόν, και με τα παραπάνω η μορφή της καμπύλης τάσεων παραμορφώσεων θα διέρχεται από την αρχή των συντεταγμένων του διαγράµµατος *σ-ε* ως ευθεία γραµµή. Όπως προαναφέρθηκε η σχέση μεταξύ θλιπτικής τάσης και θλιπτικής παραμόρφωσης είναι κοινή τόσο στην εφαρμογή θλιπτικών όσο και στην εφαρμογή εφελκιστικών τάσεων, το θλιπτικό όριο ελαστικότητας βρίσκεται ως απόλυτη τιµή πολύ κοντά στο αντίστοιχο εφελκυστικό όριο. Αντίθετα το θλιπτικό όριο διαρροής, ως απόλυτο µέγεθος, λαμβάνει µια σημαντικά ψηλότερη τιμή σε σχέση µε το αντίστοιχο εφελκυστικό όριο διαρροής. Τα ψαθυρά υλικά παρουσιάζουν µειωµένη αντοχή σε διατµητικές τάσεις. Συνέπεια, αυτής τους της ιδιότητας, είναι η θλίψη τους να λαμβάνει χώρα κατά τη διεύθυνση της µέγιστης διατµητικής τάσης. Στα ψαθυρά υλικά επέρχεται ακαριαία αστοχία με την είσοδο του υλικού στην περιοχή διαρροής.



Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε για την πειραματική διαδικασία είναι το σκυρόδεμα. Το σκυρόδεμα ως υλικό αποτελείται από τέσσερα συστατικά: τσιµέντο, άµµο, αδρανή (πέτρες, χαλίκια κλπ.). Η αντοχή και γενικά οι µηχανικές ιδιότητες του σκυροδέµατος εξαρτώνται από την αναλογία των συστατικών του καθώς και τον τρόπο ανάµειξής τους. Το σκυρόδεμα, γενικά, αποτελεί υλικό ανθεκτικό κατά τη θλιπτική φόρτιση, ενώ αντίθετα είναι αρκετά αδύναµο σε εφελκυστική. ∆ιάφοροι παράγοντες µπορεί να επηρεάσουν την αντοχή του σκυροδέµατος όπως η παρουσία υγρασίας, η ταχύτητα µε την οποία γίνεται η δοκιµή καθώς και οι διαστάσεις του δοκιµίου. Οι τεχνικές δοκιμής της αντοχής του σκυροδέματος χωρίζονται σε µη καταστροφικές (χρήση κρουσίµετρου, όπως περιγράφεται στην 3η εργαστηριακή άσκηση) και καταστροφικές (δοκιµή θλίψης, όπως περιγράφεται ακολούθως).

***Μηχανές Θλίψης :***

 Για την τέλεση της διαδικασίας θλίψης χρησιμοποιήθηκε αυτόματη σερβο – υδραυλική μηχανή του οίκου PROETI, του Εργαστηρίου Εφαρμοσμένης Μηχανικής του Πολυτεχνείου Κρήτης. Η ικανότητα φορτίου της μηχανής αυτής είναι και αποτελείται από δύο κύριες μονάδες. Η συγκεκριμένη μηχανή αποτελείται από δύο μονάδες . Η πρώτη αποτελεί τη μονάδα ελέγχου του μηχανισμού θλίψης. Επίσης, στην πρώτη μονάδα λαμβάνει χώρα και η εισαγωγή των δεδομένων των δοκιμίων που θα χρησιμοποιηθούν κατά την πειραματική διαδικασία. Στην δεύτερη μονάδα γίνεται η εφαρμογή του φορτίου. Η συγκεκριμένη μονάδα αποτελείται από έναν υδραυλικό μηχανισμό, υπεύθυνο για τη μετακίνηση των δύο επίπεδων πλακών, ο οποίες πραγματοποιούν τη διαδικασία. Προϋπόθεση για την ορθή τέλεση της διαδικασίας είναι οι δύο πλάκες να είναι κατάλληλα προετοιμασμένες, έτσι ώστε να αποκλείονται τυχόν πλαστικές παραμορφώσεις. Σημαντική θεωρείται και η ορθή τοποθέτηση του δοκιμίου. Συγκεκριμένα το δοκίμιο θα πρέπει να εφαρμοστεί στην μηχανή, ώστε να διασφαλιστεί η απόλυτη μονοαξονική καταπόνηση. Ωστόσο στην δοκιμή θλίψης είναι πρακτικά αδύνατο να διασφαλιστεί η απόλυτη µονοαξονική καταπόνηση του δοκιμίου εφόσον οι δυνάμεις τριβής που αναπτύσσονται στις επιφάνειες του δοκιµίου που εφάπτονται µε τις πλάκες φόρτισης δημιουργούν στην πραγµατικότητα µια τριαξονική εντατική κατάσταση. Επακόλουθο της συγκεκριμένης διαδικασίας είναι η μεταβολή τόσο στη µορφή όσο και στις διαστάσεις του δοκιμίου κατά συνέπεια και στα αποτελέσματα των δοκιμών θλίψης. Έχει λοιπόν παρατηρηθεί ότι η αντοχή σε θλίψη ενός κυλινδρικού δοκιμίου είναι ψηλότερη από την αντοχή σε θλίψη ενός κυβικού ή πρισματικού δοκιμίου. Παράλληλα, η αντοχή µειώνεται καθώς αυξάνει το ύψος του δοκιμίου. Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτή η σημαντικότητα της τήρησης των προδιαγραφών για την εξαγωγή ορθών και συνάμα συγκρίσιμων αποτελεσμάτων.



Για τον υπολογισµό των πραγµατικών τάσεων και των παραµορφώσεων σε δοκιµές θλίψης πρέπει να λάβουµε υπόψη και τη µεταβολή της εγκάρσιας διατοµής του δοκιµίου Α µε την αύξηση των παραµορφώσεων. Ισχύει Α0h0=Αh, όπου Α το εµβαδόν της διατοµής και h το ύψος του δοκιµίου ( ο δείκτης 0 υποδηλώνει τις αρχικές τιµές των µεγεθών). Έχουµε τότε για το φορτίο (το οποίο µετράµε κατά την διάρκεια του πειράµατος):

 P=σcΑ=σcΑ0h0/h.

Επειδή όµως (h-h0)=-e και συνεπώς h0/h=1/(1-e) έχουµε:

 P=σcΑ0/(1-e) σc=P(1-e)/Α0

Μετρώντας την τιµή του επιβαλλόµενου φορτίου P και την αντίστοιχη βράχυνση ∆h=h-h0 του δοκιµίου υπολογίζουµε την πραγµατική τάση σc=P/Α.

***Διαδικασία πειράματος:***

 Η διαδικασία της θλίψης αρχικά ξεκινά με την σκληρομέτρηση του δοκιμίου, έπειτα θα ακολουθήσει η διαδικασία ελέγχου αντοχής του με την θλίψη του μέχρι την αστοχία και την τελική καταστροφή του. Για το δοκίμιο αυτό με την δοκιμή θλίψης θα εξάγουμε κάποιες μετρήσεις, μέσω των οποίων θα σχεδιάσουμε το διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων και στη συνέχεια θα υπολογίσουμε τα μεγέθη της αντοχής σε θλίψη (σc), το όριο αναλογίας (σΑ), το μέτρο ελαστικότητας Ε και την φαινομενική πυκνότητα (ρ) του σκυροδέρματος.

 Η αντοχή σε θλίψη σc εκφράζεται σε µονάδες τάσης. Ως αντοχή σε θλίψη ορίζεται το πηλίκο του µέγιστου φορτίου Ρm, το οποίο δέχεται το δοκίµιο µήκους h0, όταν θλίβεται, προς την αρχική εγκάρσια διατοµή Α0, (σ=Ρm/Α0). Όριο αναλογίας σΑ (proportional limit) είναι η µέγιστη τάση για την οποία το υλικό µετά την αφαίρεση του φορτίου δεν παρουσιάζει παραµένουσα παραµόρφωση και για την οποία ισχύει ο νόµος της αναλογίας τάσεων - παραµορφώσεων του Hooke. Mέτρο ελαστικότητας Ε (modulus of elasticity) είναι ο λόγος της τάσης προς την παραµόρφωση πριν από το όριο αναλογίας, Επίσης, ως µέτρο ελαστικότητας.

 Σηµειώνεται ότι το διάγραµµα τάσεων-παραµορφώσεων (σ-ε) αντίστοιχα µπορεί να µη περιλαµβάνει ένα αρχικά ευθύγραµµο τµήµα. Στην περίπτωση αυτή για το προσδιορισµό του Μέτρου Ελαστικότητας Ε, χρειάζεται να προσεγγίσουµε την καµπύλη µε µία ευθεία γραµµή εφαπτοµενική στην καµπύλη. Έτσι µπορεί να προκύψει ότι η γραµµή αυτή τέµνει τον οριζόντια άξονα στα αριστερά της καµπύλης. Σ’ αυτή την περίπτωση το σηµείο αρχής µπορεί να επιλεγεί ως το σηµείου όπου η εφαπτοµενική γραµµή τέµνει τον οριζόντιο άξονα.

 Για τον υπολογισµό της διαφοράς µήκους του δοκιµίου (βράχυνση) χρησιµοποιείται ένας αισθητήρας µετατόπισης , ο οποίος είναι όργανο για την µέτρηση της γραµµικής παραµόρφωσης-βράχυνσης που υφίσταται το υλικό κατά την δοκιµή θλίψης. Ο συγκεκριµένος µετατροπέας µετατόπισης εικονίζεται στην παρακάτω φωτογραφία είναι τύπου WA της εταιρίας ΗΒΜ και µπορεί να µετρήσει µέχρι µέγιστη µετατόπιση .

|  |
| --- |
|  Διαστάσεις δοκιμίου, b=d= 15 cm, h=15 cm, Βάρος = Κg, Lo = mm  |
| Μέτρηση  |  Φορτίο P(KN) | Ένδειξη Μυκηνσιομέτρου(100 Χ mm) | Παραμόρφωση ε=δ/lο | Θλιπτική τάση |
| 1. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2. | 61,88 | 1,14 | 0,008 | 2,75E-08 |
| 3. | 112,5 | 2,10 | 0,014 | 0,00000005 |
| 4. | 227,3 | 4,50 | 0,03 | 0,000000101 |
| 5. | 294,8 | 6,06 | 0,04 | 0,000000131 |
| 6. | 342 | 7,16 | 0,048 | 0,000000152 |
| 7. | 454,5 | 10,04 | 0,067 | 0,000000202 |
| 8. | 564,8 | 12,92 | 0,086 | 0,000000251 |
| 9. | 648 | 15,45 | 0,103 | 0,000000288 |
| 10. | 726,8 | 18,30 | 0,122 | 0,000000323 |
| 11. | 794,3 | 21,15 | 0,141 | 0,000000353 |
| 12. | 850,5 | 23,85 | 0,159 | 0,000000378 |
| 13. | 895,5 | 26,85 | 0,179 | 0,000000398 |
| 14. | 920,3 | 29,40 | 0,196 | 0,000000409 |
| 15. | 958,5 | 33,75 | 0,225 | 0,000000426 |
| 16. | 994,5 | 38,40 | 0,256 | 0,000000442 |
| 17. | 1015 | 42,90 | 0,286 | 0,000000451 |
| 18.  | 978,8 | 45,75 | 0,305 | 0,000000435 |
| 19. | 933,8 | 47,40 | 0,316 | 0,000000415 |

***Πειραματικές Μετρήσεις***

***Γράφημα Τάσεων – Παραμορφώσεων:***

Μέτρο ελαστικότητας :

Όριο αναλογίας:

Θλιπτική Αντοχή:

2. Συγκρίνοντας τις τιμές που βρήκαμε με τις τιμές που υπάρχουν στο παράρτημα του βιβλίου, παρατηρούμε ότι η πυκνότητα του δείγματος και η θλιπτική αντοχή είναι μέσα στα όρια. Ακόμα παρατηρούμε ότι το μέτρο ελαστικότητας δεν είναι μέσα στα όρια και αυτό σημαίνει ότι το δοκίμιο δεν έχει μεγάλη αντοχή σε κραδασμούς. Με βάση τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι το δείγμα είναι αξιόπιστο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια σε κατασκευές

3. Η μορφή θραύσης που παρατηρήθηκε στο συγκεκριμένο δοκίμιο ξεκίνησε από το πάνω μέρος με ρωγμές. Συνέχισε έτσι μέχρι το όταν βγάλαμε το δοκίμιο από την μηχανή δοκιμής θλίψης, τότε αυτό έσπασε στην μέση σε μικρά κομμάτια.