

Πολυτεχνείο Κρήτης, Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης

**«Δοκιμή Θλίψης»**

Εργασία για το μάθημα Τεχνική Μηχανική – Αντοχή των Υλικών:

Αλέξανδρος Ρασούλης,

Ομάδα 10

 ΑΜ: 2015010123

Επιβλέπων καθηγητής: Δημήτριος Σωτηρόπουλος

Χανιά, 2019

**1. Σκοπός Πειράματος**

 Ένα κυβικό δοκίμιο σκυροδέματος διαστάσεων 15x15x15 (cmXcmXcm), θα υποβληθεί σε θλίψη μέχρι την θραύση του. Σκοπός της δοκιμής θλίψης είναι να κατασκευαστεί το διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων του σκυροδέματος σε θλίψη και από το διάγραμμα αυτό να προσδιοριστούν οι μηχανικές ιδιότητες του όπως το μέτρο ελαστικότητας Ε, το όριο διαρροής και θραύσης

**2. Θεωρητικό υπόβαθρο**

**Σκυρόδεμα**

 Το σκυρόδεμα είναι ένα δομικό υλικό το οποίο αποτελείται από τέσσερα συστατικά: τσιμέντο, άμμο, αδρανή (πέτρες, χαλίκια κλπ.), νερό. Η αντοχή και γενικά οι μηχανικές ιδιότητες τους σκυροδέματος εξαρτώνται από την αναλογία των συστατικών και τον τρόπο ανάμειξής τους. Η αντοχή του σκυροδέματος σε θλίψη είναι ένας από τους βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν τα φορτία που μπορούν να εφαρμοστούν σε μία κατασκευή από σκυρόδεμα. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για τον έλεγχο της αντοχής του σκυροδέματος. Οι δοκιμές χωρίζονται σε μη καταστροφικές οι οποίες χρησιμοποιούνται στις περιπτώσεις όπου είναι αδύνατη η λήξη δοκιμίων και καταστροφικές οι οποίες χρησιμοποιούνται συνήθως στις υπό κατασκευή οικοδομές.

**Θλιπτική καταπόνηση**

Στην απλή θλίψη τα φορτία που επιβάλλονται στα σώματα είναι αντίθετης φοράς από αυτή του εφελκυσμού και προκαλούν σ’αυτά βραχυνση της διάσταση τους κατά την οποία ενεργούν και αντίστοιχα αύξηση της εγκάρσιας διάστασης τους. Για την μελέτη της αντοχής των υλικών σε θλιπτικές καταπονήσεις, με την δοκιμή θλίψης, κατασκευάζουμε το διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων χρησιμοποιώντας τυποποιημένα κυλινδρικά ή κυβικά δοκίμια. Οι θλιπτικές τάσεις $σ\_{c}$ προκαλούν μια βράχυνση των δοκιμίων στην οποία αντιστοιχεί μια θλιπτική παραμόρφωσή $ε\_{c}$, η οποία μετρά την ένταση της παραμόρφωσης ανά μονάδα μήκους. Συνεπώς $ε\_{c}=\frac{Δh}{h\_{o}}$, όπου $h\_{0}$ το αρχικό ύψος του δοκιμίου και το $h$ κατά την φόρτιση για την οποία θα υπολογιστούν οι αντίστοιχες θλιπτικές τάσεις. Η σχέση εντούτοις ανάμεσα στα δύο αυτά μεγέθη για την περιοχή των ελαστικών παραμορφώσεων, είναι ακριβώς η ίδια όπως και στην περίπτωση που θα εφαρμόζονταν στο υλικό εφελκύστηκες τάσεις, δηλαδή ισχύει:

$$\frac{σ\_{c}}{ε\_{c}}=E$$

Για τν 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. Για αυτό το σκοπό, ξεκινάμε από την παραδοχή ότι ο όγκος του δοκιμίου διατηρείται σταθερός παρά τη διαδικασία παραμόρφωσης (αρχή ισόογκης μεταβολή) . Ισχύει δηλαδη $Α\_{0}\*h\_{o}=A\*h$, όπου Α το εμβαδόν διατομής και h το ύψος του δοκιμίου. Έχουμε για το φορτίο που μετριέται κατά την διάρκεια του πειράματος.

$$P=σ\_{c}\*A=σ\_{c}A\_{o}h\_{0}/h$$

Επειδή όμως $h-h\_{o}=-e$ και συνεπώς $\frac{h\_{0}}{h}=1/(1-e)$ έχουμε:

$$P=\frac{σ\_{c}A\_{0}}{\left(1-e\right)}=>σ\_{C}=\frac{P\left(1-e\right)}{Α\_{0}}$$

Μετρώντας την τιμή του επιβαλλόμενου φορτίου P και την αντίστοιχη βράχυνση $Δh=h-h\_{0}$ του δοκιμίου υπολογίζουμε την πραγματική τάση $σ\_{C}=\frac{P}{A}$.

Στο συγκεκριμένο πείραμα θλίψης δεν θα χρησιμοποιηθούν οι πραγματικές τάσεις και παραμορφώσεις αλλά τις τάσεις υπολογισμού που προκύπτουν από την $σ\_{C}=P/A\_{0}$ δηλαδή στον παρανομαστή θα θεωρούμε το αρχικό εμβαδόν της διατομής του δοκιμίου. Από το βάρος του δοκιμίου του σκυροδέματος Β και τα γεωμετρικά του στοιχεία προσδιορίζεται η φαινομενική πυκνότητα του ελεγχόμενου σκυροδέματος ως:

$$p=Β(gr)/Ah(cm^{3})$$

**3. Εξοπλισμός για την δοκιμή**

 Η μηχανή θλίψης τριών σημείων του οίκου PROETIl, που χρησιμοποιήθηκε για τις δοκιμές στο Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Μηχανικής το Πολυτεχνείου Κρήτης. Η ικανότητα φορτίου της μηχανής αυτής είναι 2000kΝ και αποτελείται από δύο κύριες μονάδες. Η μία μονάδα είναι η μονάδα ελέγχου του σερβοκινητήρα όπου γίνεται και ο πλήρης έλεγχος της μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή. Η δεύτερη μονάδα αποτελεί την μονάδα εφαρμογής του φορτίου όπου υπάρχει ο υδραυλικός μηχανισμός που μετακινεί δύο παράλληλες πλάκες που είναι κατασκευασμένες από ειδικό χάλυβα μεγάλης αντοχής, μεταξύ των οποίων τοποθετούνται τα δοκίμια και στη συνέχεια θλίβονται.

 Για τον υπολογισμό της διαφοράς μήκους του δοκιμίου (βράχυνση) χρησιμοποιείται ένας αισθητήρας μετατόπισης που καταγράφει τα δεδομένα με ηλεκτρονικό τρόπο, το οποίο είναι όργανο για την μέτρηση της γραμμικής παραμόρφωσης-βράχυνσης που υφίσταται το υλικό κατά την δοκιμή θλίψης.

**4. Διαδικασία πειράματος**

 Το δοκίμιο από σκυρόδεμα κατασκευάζεται σύμφωνα με τον Ελληνικό Κανονισμό και έχει διαστάσεις b=d=h = 15 cm. Στη συνέχεια το δοκίμιο θα τοποθετηθεί στην πρέσα έτσι ώστε ο άξονας του να συμπίπτει με τον άξονα φόρτισης της μηχανής η λειτουργία της οποίας εκτελείται από κατάλληλα ρυθμιζόμενο πρόγραμμα υπολογιστή.

**Μετρήσεις**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **P(N)** | **δ(100xmm)** |  | **P(N)** | **δ(100xmm)** |
| 1 | 0 | 0.00 | 10 | 846000 | 23.25 |
| 2 | 69525 | 1.11 | 11 | 900000 | 26.70 |
| 3 | 119700 | 2.04 | 12 | 929250 | 30.00 |
| 4 | 240750 | 4.41 | 13 | 942750 | 33.90 |
| 5 | 364500 | 7.02 | 14 | 913500 | 38.40 |
| 6 | 486000 | 9.90 | 15 | 864000 | 43.05 |
| 7 | 603000 | 13.35 | 16 | 823500 | 45.00 |
| 8 | 654750 | 15.00 | 17 | 783000 | 46.65 |
| 9 | 724500 | 17.55 | 18 | 713250 | 49.20 |

**5. Αποτελέσματα Πειράματος**

Με τη βοήθεια των παρακάτω σχέσεων θα συμπληρωθεί και ο πίνακας που ακολουθεί:

* σ=P/A
* σ=ε\*Ε
* ρ=m/V
* ε=δ/α

Όπου σ είναι η τάση, P η δύναμη που εφαρμόζεται στο δοκίμιο, Α το εμβαδόν επιφάνειας του δοκιμίου, ε η παραμόρφωση, Ε ο συντελεστής παραμόρφωσης, ρ η πυκνότητα του δοκιμίου, m η μάζα του δοκιμίου, V o όγκος του δοκιμίου, δ η βράχυνση του δοκιμίου και α η ακμή του δοκιμίου.

Διαστάσεις δοκιμίου: α=15cm, Βάρος Β=7.6Kg,

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Μέτρηση | ΦορτίοP(kN) | ‘Ένδειξη μηκυνσιομέτρου (100xmm) | Παραμόρφωση ε | Θλιπτική τάσησ (kPa) |
| 1 | 0 | 0,00 | 0 | 0 |
| 2 | 69525 | 1.11 | 0,000074 | 3.090 |
| 3 | 119700 | 2.04 | 0,000136 | 5.320 |
| 4 | 240750 | 4.41 | 0,000294 | 10.700 |
| 5 | 364500 | 7.02 | 0,000468 | 16.200 |
| 6 | 486000 | 9.90 | 0,00066 | 21.600 |
| 7 | 603000 | 13.35 | 0,00089 | 26.800 |
| 8 | 654750 | 15.00 | 0,001 | 29.100 |
| 9 | 724500 | 17.55 | 0,00117 | 32.200 |
| 10 | 846000 | 23.25 | 0,00155 | 36.387 |
| 11 | 900000 | 26.70 | 0,00178 | 40.000 |
| 12 | 929250 | 30.00 | 0,002 | 41.300 |
| 13 | 942750 | 33.90 | 0,00226 | 41.900 |
| 14 | 913500 | 38.40 | 0,00256 | 40.600 |
| 15 | 864000 | 43.05 | 0,00287 | 38.400 |
| 16 | 823500 | 45.00 | 0,003 | 36.600 |
| 17 | 783000 | 46.65 | 0,00311 | 34.800 |
| 18 | 713250 | 49.20 | 0,00328 | 31.700 |

**Διάγραμμα Τάσης - Παραμόρφωσης**

Προσεγγίζοντας το πρώτο καμπύλο τμήμα του διαγράμματος με ευθεία γραμμή μπορούμε να υπολογίσουμε το μέτρο ελαστικότητας Ε:

$$Ε=\frac{Δσ}{Δε}=\frac{\left(32.00-3.09\right)\*10^{3}}{0.00117-0.00007}=353GPa$$

Το όριο αναλογίας, είναι η τιμή της τάσης στην καµπύλη, πάνω από την οποία τη καµπύλη φεύγει εκτός της αρχικής γραμμικής συμπεριφοράς, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα, είναι ίσο με:

σA=27kPa

Η θλιπτική αντοχή ή όριο αντοχής είναι η μέγιστη τιμή της τάσης στην καμπύλη παραμορφώσεως. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα είναι ίση με:

σc=42kPa

Η φαινομενική πυκνότητα του σκυροδέματος θα υπολογιστεί από τη σχέση:

$$ρ=\frac{m}{V}=\frac{7.6}{0.003}=2251.852$$