

Εργαστηριακή Άσκηση 3 Δοκιμή Θλίψης



ΕΠΙΘΕΤΟ:.....**ΘΕΟΧΑΡΗ**.....
ΟΝΟΜΑ:**ΚΥΡΙΑΚΗ**.....
ΤΜΗΜΑ:**ΜΗΠΕΡ**.....
Α.Μ.:**2018050043**.....

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σκοπός της δοθείσας εργαστηριακής άσκησης είναι η κατασκευή του διαγράμματος τάσεων – παραμορφώσεων του σκυροδέματος σε θλίψη. Για την επεξεργασία του πειράματος προσδιορίστηκαν από την καμπύλη τάσης-παραμόρφωσης οι τιμές: το όριο διαρροής, το όριο θραύσης και το μέτρο ελαστικότητας E . Επίσης υπολογίστηκαν για το σκυρόδεμα το όριο αναλογίας (σ_A), η θλιπτική αντοχή (σ_c) και η φαινομενική πυκνότητα (ρ). Ακολούθως, έγινε σύγκριση των υπολογιζόμενων τιμών με τιμές που αναγράφονται στον πίνακα 2 και να έγινε σχετικός σχολιασμός για την ποιότητα του σκυροδέματος που ελέγχθηκε. Τέλος έγινε μια περιγραφή για την μορφή θραύσης του δοκιμίου.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Το σκυρόδεμα είναι ένα δομικό υλικό το οποίο αποτελείται από τέσσερα συστατικά: τσιμέντο, άμμο, αδρανή (πέτρες, χαλίκια κλπ.) και νερό. Η συνηθισμένη χρήση του σκυροδέματος είναι το οπλισμένο σκυρόδεμα (reinforced concrete), όπου η μάζα του ενισχύεται με σιδηρό οπλισμό (χάλυβα), ο οποίος του προσδίδει τη θλιπτική και διατμητική αντοχή που του λείπει, ενώ συνεισφέρει και στην παραλαβή των θλιπτικών τάσεων. Το σκυρόδεμα παρουσιάζει πολύ καλές ιδιότητες, γι' αυτό και σήμερα είναι το βασικότερο δομικό υλικό. Μερικές από αυτές είναι οι παρακάτω:

-  Ανθεκτικότητα
-  Αντοχή στη θλίψη
-  Αντοχή στην κάμψη και στον εφελκυσμό
-  Αντοχή στην τριβή
-  Πορώδες και στεγανότητα

Η δοκιμή σε θλίψη αποτελεί την πιο κοινή ίσως δοκιμή για το σκυρόδεμα, κυρίως λόγω του ότι είναι απλή στη διεξαγωγή της. Επίσης η αντοχή σε θλίψη είναι ένα από τα κυριότερα χαρακτηριστικά του σκυροδέματος που αναφέρθηκε παραπάνω. Γενικά χρησιμοποιούνται δοκίμια κυβικά, όπως και στη συγκεκριμένη εργαστηριακή άσκηση, διαστάσεων 15 cm x 15 cm x 15 cm αλλά και κυλινδρικά με διαστάσεις 150mm*300mm.

Για τον υπολογισμό των πραγματικών τάσεων και των παραμορφώσεων σε δοκιμές θλίψης πρέπει να λάβουμε υπόψη και τη μεταβολή της εγκάρσιας διατομής του δοκιμίου A με την αύξηση των παραμορφώσεων. Για το σκοπό αυτό ξεκινάμε από την παραδοχή ότι ο όγκος του δοκιμίου διατηρείται σταθερός παρά τη διαδικασία παραμόρφωσης (αρχή ισόογκης μεταβολής). Ισχύει δηλαδή

$$A_0 \cdot h_0 = A \cdot h$$

όπου

A το εμβαδόν της διατομής

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):

$$P = \sigma_c \cdot A = \sigma_c \cdot A_0 \cdot \frac{h_0}{h}$$

Επειδή όμως $(h - h_0) = -e$ και συνεπώς $h_0/h = 1/(1 - e)$ έχουμε:

$$P = \sigma_c \cdot A_0 / (1 - e) \quad \sigma_c = \frac{P \cdot (1 - e)}{A_0}$$

Μετρώντας λοιπόν την τιμή του επιβαλλόμενου φορτίου P και την αντίστοιχη βράχυνση $\Delta h = h - h_0$ του δοκιμίου υπολογίζουμε την πραγματική τάση $\sigma_c = P/A$.

Στο συγκεκριμένο όμως πείραμα θλίψης δεν θα χρησιμοποιήσουμε τις πραγματικές τάσεις και παραμορφώσεις αλλά τις τάσεις υπολογισμού

.

$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

όπου στον παρανομαστή θα θεωρούμε το αρχικό εμβαδόν της διατομής του δοκιμίου

Παραμόρφωση ορίζεται ως πηλίκο της επιμήκυνσης που μετράει το μηχανοσκόπετρο και το αρχικό μήκος μέτρησης. Επίσης είναι ένα αδιάστατο μέγεθος που σε αρκετές περιπτώσεις εκφράζεται σε ‰ και υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\epsilon_{nom} = \frac{\Delta L}{L_0}$$

όπου:

L_0 : αρχικό μήκος μέτρησης του δοκιμίου

ΔL : επιμήκυνση που μετρείται από το μηχανοσκόπετρο

Φαινομενική Πυκνότητα: ορίζεται σαν το πηλίκο του βάρους του δοκιμίου του σκυροδέματος ως προς τον όγκο του και έχει μονάδες μετρήσεως $\frac{kg}{m^3}$.

$$\rho = \frac{w}{V}$$

Η Αντοχή Σε Θλίψη σc (compressive strength): Είναι το πηλίκο του μέγιστου φορτίου P_{max} , το οποίο δέχεται το δοκίμιο μήκους h_0 , όταν θλίβεται, προς την αρχική εγκάρσια διατομή A_0 και εκφράζεται σε μονάδες τάσης.

$$\sigma_c = \frac{P_{max}}{A_0}$$

Όριο αναλογίας (σ_A): είναι η μέγιστη τάση κατά την οποία το υλικό μετά την αφαίρεση του φορτίου δεν παρουσιάζει παραμένουσα παραμόρφωση. Ισχύει ο νόμος της αναλογίας τάσεων- παραμορφώσεων του Hooke.

Μέτρο ελαστικότητας (E): 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, $\sigma = E\epsilon$, και εκφράζεται σε μονάδες τάσης (Συνήθως GPa για τα δομικά υλικά).

$$E = \frac{\sigma_A}{\epsilon_{τελ}}$$

Διαφοράς μήκους Του Δοκιμίου (Βράχυνση): χρησιμοποιείται ένας αισθητήρας μετατόπισης (displacement transducer), που είναι το όργανο για την μέτρηση της γραμμικής παραμόρφωσης-βράχυνσης που υφίσταται το υλικό κατά την δοκιμή θλίψης. Το όργανο αυτό που αποτελείται από μία μεταλλική ράβδο προσαρμόζεται σταθερά κατά την διεύθυνση του μήκους του επάνω στην πρέσα ενώ ακουμπάει η άκρη του στην κινητή επιφάνεια βάση της πλάκας που εδράζεται το δοκίμιο και συνδέεται μέσω καλωδίου με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Αρχικά θα μετρηθούν τα γεωμετρικά στοιχεία του δοκιμίου καθώς και το βάρος του. Στην συνέχεια το δοκίμιο θα τοποθετηθεί στην πρέσα έτσι ώστε ο άξονας του να συμπίπτει με τον άξονα φόρτισης της μηχανής η λειτουργία της οποίας ρυθμίζεται από αντίστοιχο πρόγραμμα H/Y και στο οποίο πρόγραμμα πλοήγησης της μηχανής δίνονται οι κατάλληλες ρυθμίσεις φόρτισης (ένταση και ταχύτητα φόρτισης κλπ.). Μετά γίνεται η εκκίνηση του πειράματος και καθώς αυξάνεται η φόρτιση ταυτόχρονα καταγράφονται το φορτίο P και η βράχυνση δ . Τέλος η μηχανή σταματά απότομα όταν γίνει η θραύση του δοκιμίου.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΑΝΑΛΥΣΗ

Για την δημιουργία της γραφικής παράστασης έγιναν οι ακολουθεί υπολογισμοί και συμπληρώθηκαν οι πίνακες στο excel.

Υπολογισμός της παραμόρφωσης (ϵ)

Ενδεικτικά, ακολουθεί η διαδικασία εύρεσης για την δεύτερη μέτρηση :

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \Leftrightarrow \frac{0,0114mm}{150mm} = 0,000076$$

Υπολογισμός αρχικής επιφάνειας διατομής του δοκιμίου

$$A_0 = 150 * 150 = 22500mm^2$$

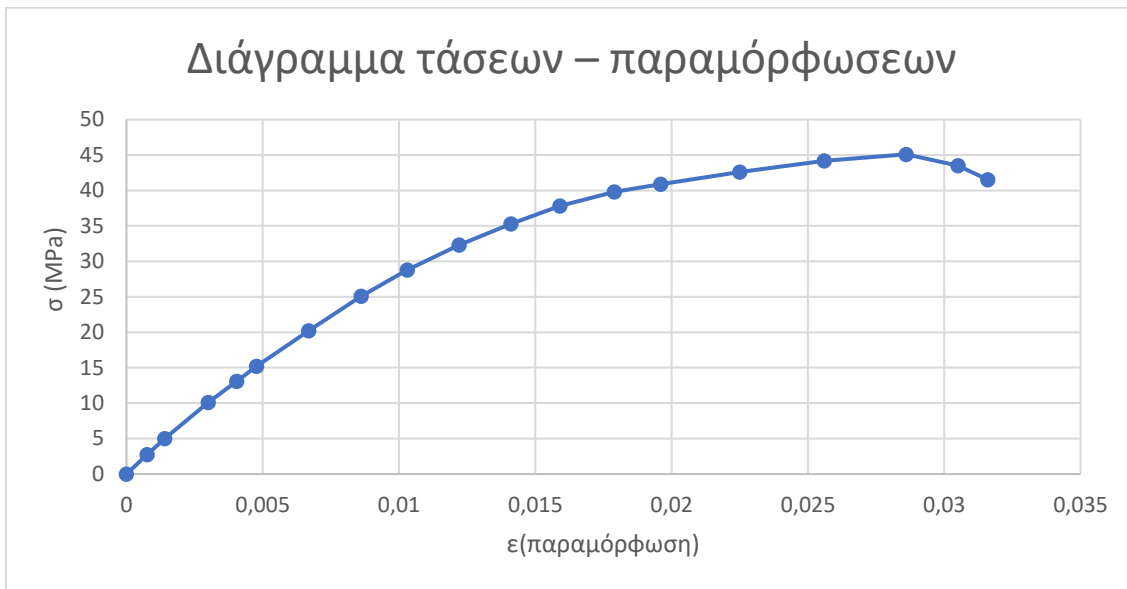
Υπολογισμός της τάσης (σ)

Όπως και παραπάνω θα γίνει ο υπολογισμός για την δεύτερη μέτρηση

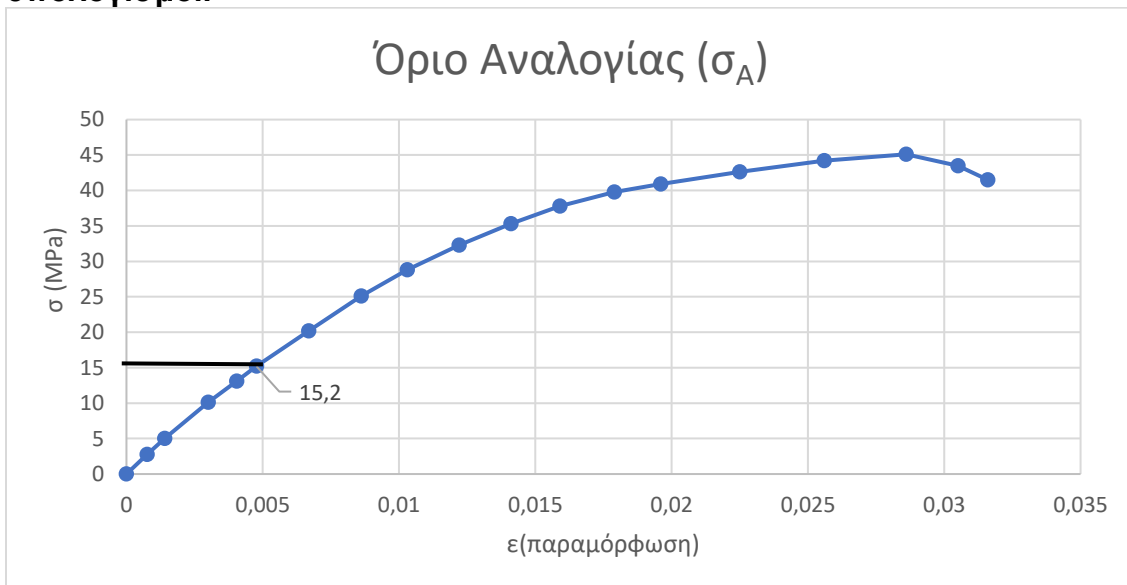
$$\sigma = \frac{P}{A_0} \Leftrightarrow \frac{2,574921N}{75,43mm^2} = 0,034137MPa$$

A	B	C	D
P(N)	$\delta(100Xmm)$	ϵ (παραμόρφωση)	σ (MPa)
0	0,00	0	0
61875	1,14	0,00076	2,75
112500	2,10	0,0014	5
227250	4,50	0,003	10,1
294750	6,06	0,00404	13,1
342000	7,16	0,00477	15,2
454500	10,04	0,00669	20,2
564750	12,92	0,00861	25,1
648000	15,45	0,0103	28,8
726750	18,30	0,0122	32,3
794250	21,15	0,0141	35,3
850500	23,85	0,0159	37,8
895500	26,85	0,0179	39,8
920250	29,40	0,0196	40,9
958500	33,75	0,0225	42,6
994500	38,40	0,0256	44,2
1014750	42,90	0,0286	45,1
978750	45,75	0,0305	43,5
933750	47,40	0,0316	41,5

Ακολουθεί η γραφική παράσταση των τάσεων σ σε συνάρτηση με τις παραμορφώσεις ϵ :



Για την συμπλήρωση του πίνακα1 έγιναν τα παρακάτω διαγράμματα και οι υπολογισμοί.



Υπολογισμός θλιπτικής αντοχής σκυροδέματος

$$\sigma_c = \frac{P_{max}}{A_0} \Leftrightarrow \frac{1014750}{0.00225} = 45,1 \text{ GPa}$$

Υπολογισμός Μέτρο Ελαστικότητας

$$E = \frac{\sigma_A}{\varepsilon} \Leftrightarrow \frac{15,2}{0,00477} = 31 \text{ GPa}$$

Η φαινομενική πυκνότητα, ρ του σκυροδέματος

$$\rho = \frac{w}{V} \Leftrightarrow \frac{7.8}{3.375 \cdot 10^{-3}} = 2311,11 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Πίνακας 1

Όριο Αναλογίας (σ_A)	15,2MPa
Θλιπτικής Αντοχής (σ_c)	45,1GPa
Μέτρο Ελαστικότητας (E)	31GPa
Φαινομενική Πυκνότητα(ρ)	2311, 11 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

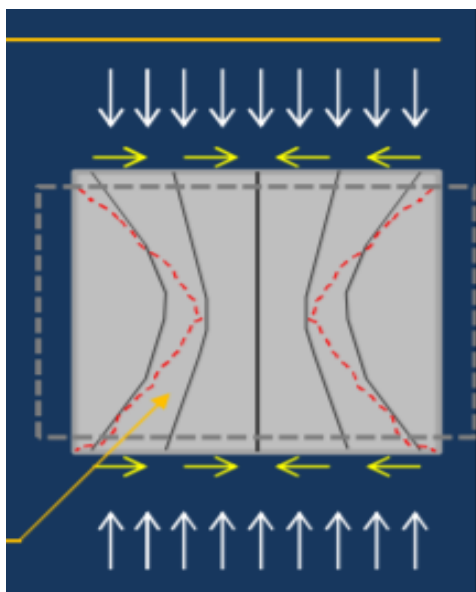
Πίνακας 2

Όριο Αναλογίας (σ_A)	15.2MPa
Θλιπτικής Αντοχής (σ_c)	18-30GPa
Μέτρο Ελαστικότητας (E)	38GPa
Φαινομενική Πυκνότητα(ρ)	2300-2400 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Σχολιασμός του πίνακα 1 και πίνακα 2

Βάση με τους παραπάνω πίνακες παρατηρείται ότι το όριο αναλογίας αλλά και η φαινομενική πυκνότητα είναι μέσα στα πλαίσια των θεωρητικών τιμών. Σε αντίθεση με το όριο αντοχής που έχει την μεγαλύτερη απόκλιση από τα υπόληπτα και συγκεκριμένα είναι 15GPa και το μέτρο ελαστικότητας είναι ελάχιστο μεγαλύτερο από το θεωρητικό. Οπότε το δοκίμιο που δόθηκε για το συγκεκριμένο πείραμα δεν ήταν καλής ποιότητας. Μερικοί σημαντικοί παράγοντες που έκαναν το σκυρόδεμα να μην είναι καλής ποιότητας μπορεί να είναι ο ρυθμός επιβολής του φορτίου, η υγρασία ή ακόμα και το μηχάνημα στο οποίο γίνεται η δοκιμή και οι επιβαλλόμενες συνθήκες φόρτισης και παραμόρφωσης στα σημεία επιβολής του φορτίου, ύπαρξη μικρορωγμών στην επιφάνεια αδρανών-σκληρουμένου τσιμεντοπολτού, ανάπτυξη εγκάρσιων παραμορφώσεων.

Το σκυρόδεμα θλίβεται κατά τον διαμήκη άξονα, λόγω όμως του φαινομένου Poisson διογκώνεται κατά την εγκάρσια έννοια, η σπείρα ανθίσταται σ' αυτήν την διογκωση και ασκεί στο σκυρόδεμα οριζόντιες πιέσεις, έτσι το σκυρόδεμα, παρ' όλο που εξωτερικώς του επιβάλλουμε μονοαξονική θλίψη, βρίσκεται σε τριαξονική θλιπτική επιπόνηση.



Οι οριζόντιες τάσεις εξασθενούν καθώς κινούμαστε προς το μέσον του δοκιμίου. Οι πλευρές του δοκιμίου είτε εμφανίζουν κατακόρυφες ρωγμές, είτε διασπώνται τελείως και ο πυρήνας παραμένει πρακτικά άθικτος