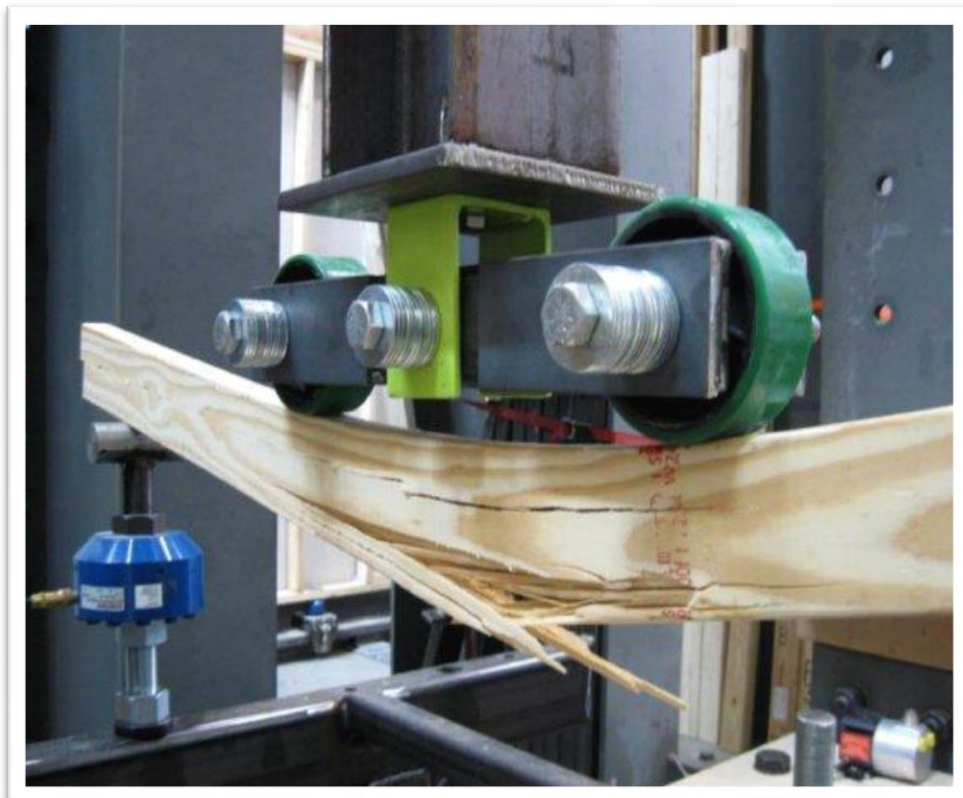


ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Χρύσω Χατζηαθανασίου Α.Μ. 2017050111

Ομάδα 12

3^η ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ
ΔΟΚΙΜΗ ΚΑΜΨΗΣ



Σκοπός πειράματος:

Στη συγκεκριμένη εργαστηριακή άσκηση σκοπός ήταν να μελετηθεί η καμπτική φόρτιση πρισματικών δοκιμίων σε συνάρτηση με την δύναμη που προκαλεί την κάμψη, τις διαστάσεις της ράβδου και τέλος με την απόσταση των σημείων στήριξης της ράβδου. Από αυτή την μελέτη θα κατασκευαστεί το διάγραμμα που συνδέει το φορτίο με την μετατόπιση και θα εξαχθούν συμπεράσματα για την ποιότητα του υλικού που είναι κατασκευασμένο το υλικό μας.

Θεωρία Πειράματος:

Στη δοκιμή αυτή μια δοκός από ξύλο ελέγχεται σε κάμψη μέχρι την θραύση της. Η μετατόπιση των σημείων, η καμπτική τάση και οι διαφορετικές μορφές θραύσης του δοκιμίου είναι οι βασικές παράμετροι που μελετώνται και εξετάζονται. Οι δοκοί που φορτίζονται σε κάμψη είναι μια από τις πιο κοινές μορφές καταπόνησης στις κατασκευές αλλά και γενικότερα στη φύση. Η περίπτωση αυτή της καταπόνησης αν και είναι απλή και συνηθισμένη είναι περίπλοκη στην ανάλυσή της, ενώ εξαιτίας αυτής της καταπόνησης αναπτύσσονται τάσεις με ποικίλες κατανομές. Συνεπώς, έχουμε την αστοχία του υλικού με διαφορετικούς τρόπους. Επίσης, μπορούν να παρουσιαστούν τρεις τύποι θραύσης σε μια δοκό από ξύλο όπως είναι η δοκός της συγκεκριμένης δοκιμής. Κατ' αρχάς μια εφελκυστική μορφή θραύσης μπορεί να εμφανιστεί στο κάτω άκρο της δοκού όπου η καμπτική τάση έχει τη μέγιστη θετική τιμή της. Μια δεύτερη μορφή θραύσης μπορεί να εμφανιστεί στο επάνω άκρο της δοκού που προέρχεται από θλιπτική τάση αφού στο άκρο αυτό εμφανίζεται και η μέγιστη αρνητική τιμή της καμπτικής τάσης. Η τρίτη μορφή θραύσης που μπορεί να εμφανιστεί είναι μια διατμητική θραύση που εμφανίζεται στον ουδέτερο άξονα της δοκού κοντά στα σημεία στήριξης όπου και η διατμητική τάση t_{max} παίρνει τη μέγιστη τιμή της.

Επίσης, χρήσιμα για τη μελέτη του διαγράμματος είναι οι τιμές – ιδιότητες του υλικού του δοκιμίου που μπορούμε να εξαγάγουμε και μόνο με τη χρήση του διαγράμματος:

- **Όριο αναλογίας σε κάμψη:** αντιστοιχεί στο σημείο εκείνο μέχρι το οποίο η καμπύλη του διαγράμματος

παρουσιάζεται σαν ευθεία γραμμή. Υπολογίζεται με $\sigma_a = \frac{M_{ay}}{I}$ (όπου M_a είναι η ροπή κάμψης στο σημείο αναλογίας).

- **Μέτρο Ελαστικότητας E του υλικού:** το υπολογίζουμε με τη χρήση της εξίσωσης μέγιστης καμπτικής τάσης στο μέσο του μήκους του δοκιμίου: $E = \frac{(\frac{P}{\delta C})L^3}{48I}$ (όπου δC είναι η μετατόπιση του σημείου στο μέσο της δοκού και σε απόσταση $y = \frac{L}{2}$).
- **Όριο αντοχής σ_u σε κάμψη:** αντιστοιχεί στο σημείο της μέγιστης τάσης που εμφανίζεται στο δοκίμιο μέχρι τη θραύση και υπολογίζεται από την $\sigma_u = \frac{M_{uy}}{I}$ (όπου M_U είναι η ροπή κάμψης στο σημείο με το μέγιστο φορτίο).

Πειραματική Διαδικασία:

Τοποθετούμε το δοκίμιο στη διάταξη του πειράματος μεταξύ των δύο ακραίων υποστηρίγμάτων της μηχανής κάμψης και καλύπτουμε το δοκίμιο με το κατάλληλο κάλυμμα. Στη συνέχεια ετοιμάζουμε τις ρυθμίσεις της μηχανής και ξεκινάμε το πείραμα. Το έμβολο της μηχανής κινείται προς τα πάνω μέχρι να φτάσει να ακουμπήσει το δοκίμιο. Μόλις ακουμπήσει το δοκίμιο η τιμή του φορτίου αρχίζει να αυξάνεται και η μεταβολή αυτή καταγράφεται στην οθόνη. Από εκείνη τη στιγμή και κάθε 10 sec καταγράφουμε τις ενδείξεις του φορτίου (P) στην οθόνη της μηχανής. Ταυτόχρονα γίνεται και καταγραφή των ενδείξεων της μετακίνησης του μέσου του δοκιμίου (δ_C) κάθε 10 sec με τη χρήση του αναλογικού μικρομέτρου. Μόλις φθάσει το μέγιστο φορτίο θραύσης του δοκιμίου τότε η μηχανή σταματά να εξασκεί το φορτίο και το έμβολο επιστρέφει στην αρχική του θέση, ενώ στην οθόνη καταγράφεται το μέγιστο φορτίο καθώς και το όριο αντοχής σ_u .

Αποτελέσματα:

Επιπλέον, μετά το πείραμα μας δόθηκαν τα εξής δεδομένα:

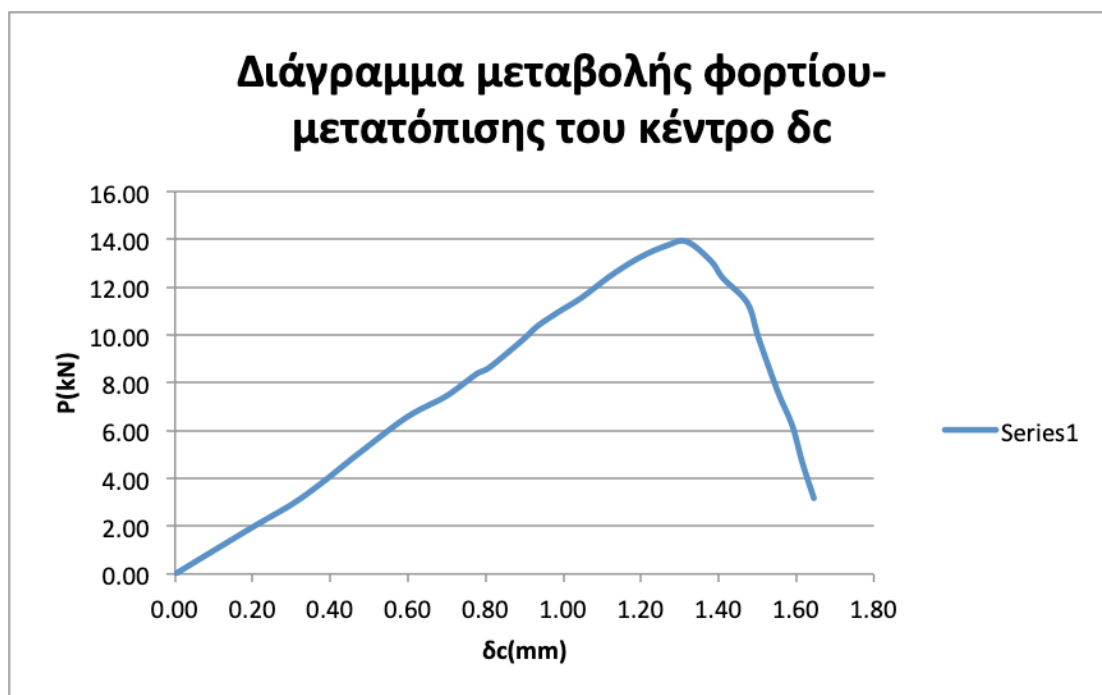
- Πλάτος του δοκιμίου : $a = 35\text{mm}$
- Μήκος του δοκιμίου : $b = 15\text{mm}$
- Εμβαδό επιφάνειας δοκιμίου : $A_o = 35 \times 45 = 1575\text{mm}$
- Αποστάσεις μεταξύ των στηριγμάτων : $L = 200\text{mm}$

Κατά τη διαδικασία του πειράματος μετρήθηκαν τα εξής:

Εισαγωγή Διάταξη σελίδας Τύποι Δεδομένα						
Times New Roman 12 A A						
B I U						
Γραμματοσειρά						
127						
	A	B	C	D	E	F
1	$\delta c[\text{mm}]$	$P[\text{kN}]$	$L_0(\text{mm})$	$A_0(\text{mm})$	$\sigma(\text{MPa})$	
2	0,00	0,00	200	1575	1,72203E-06	
3	0,20	1,97	200	1575	0,001250794	
4	0,30	2,93	200	1575	0,001860317	
5	0,37	3,74	200	1575	0,002374603	
6	0,42	4,35	200	1575	0,002758775	
7	0,48	5,06	200	1575	0,003215341	
8	0,60	6,55	200	1575	0,00415873	
9	0,69	7,36	200	1575	0,004673724	
10	0,73	7,77	200	1575	0,004931372	
11	0,78	8,38	200	1575	0,005320635	
12	0,81	8,64	200	1575	0,00548723	
13	0,89	9,78	200	1575	0,006209524	
14	0,93	10,37	200	1575	0,006586987	

15	0,99	10,99	200	1575	0,006977257	
16	1,05	11,56	200	1575	0,007337252	
17	1,13	12,52	200	1575	0,007948838	
18	1,20	13,26	200	1575	0,008419048	
19	1,27	13,74	200	1575	0,008723795	
20	1,32	13,91	200	1575	0,008830166	
21	1,38	13,11	200	1575	0,00832144	
22	1,41	12,37	200	1575	0,0078556	
23	1,47	11,33	200	1575	0,007191274	
24	1,50	9,88	200	1575	0,006272036	
25	1,55	7,63	200	1575	0,004845399	
26	1,59	6,20	200	1575	0,003938179	
27	1,62	4,68	200	1575	0,002971429	
28	1,65	3,17	200	1575	0,002012698	

Με βάση τα αποτελέσματα που μας δόθηκαν σχεδιάσαμε το διάγραμμα φορτίο – μετατόπιση :



Α. Από το παραπάνω διάγραμμα προσδιορίζουμε για το συγκεκριμένο δοκίμιο: Το όριο αναλογίας σε κάμψη: $\sigma_a = \frac{M_a \cdot y}{I}$
 $= 0.112 \text{ GPa}$ και το όριο αντοχής σε κάμψη: $\sigma_u = \frac{M_u \cdot y}{I} = 0.117 \text{ GPa}$.

Για το όριο αναλογίας σε κάμψη:

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{35 \cdot 45^3}{12} = 0.27 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$M = \frac{P}{2} \cdot \delta_c - P \cdot \left(\delta_c - \frac{L}{2} \right) = \frac{13.26}{2} \cdot 1.2 - 13.26 \cdot \left(1.2 - \frac{200}{2} \right) = 1318 \text{ kN} \cdot \text{mm}$$

$$Y = \frac{L}{2} = \frac{45}{2} = 22.5 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \sigma_a = \frac{M_a \cdot y}{I} = 0.116 \text{ GPa}$$

Για το όριο αντοχής σε κάμψη:

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{35 \cdot 45^3}{12} = 0.27 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$M = \frac{P}{2} \cdot \delta_c - P \cdot \left(\delta_c - \frac{L}{2} \right) = \frac{13.91}{2} \cdot 1.32 - 13.91 \cdot \left(1.32 - \frac{200}{2} \right) = 1381.8 \text{ kN} \cdot \text{mm}$$

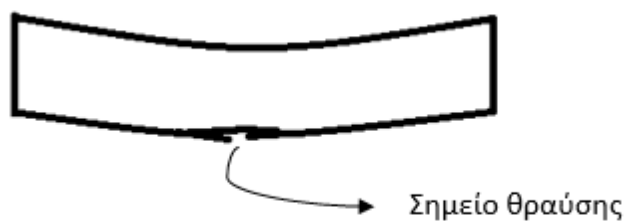
$$Y = \frac{L}{2} = \frac{45}{2} = 22.5 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \sigma_u = \frac{M_u \cdot y}{I} = 0.115 \text{ GPa}$$

Β. Στην ελαστική περιοχή του διαγράμματος υπολογίζουμε το μέτρο ελαστικότητας του δοκιμίου:

$$E = \frac{\left(\frac{P}{\delta c}\right)L^3}{48I} = \frac{\left(\frac{7.77}{0.73}\right)*200^3}{48*0.27*10^6} = 6,57 \text{ MPa}$$

Γ. Παρακάτω παρουσιάζεται σε απλό σκαρίφημα ο τύπος θραύσης του δοκιμίου που παρατηρήθηκε στη δοκιμή θραύσης.



Δ. Σύγκριση τιμών που έχουν υπολογιστεί με τιμές που δίνονται σε βάσεις δεδομένων:

Θεωρητικές τιμές:

Όριο αντοχής (σ_u)	6,2-13,8 MPa
Μέτρο ελαστικότητας (E)	9-15 GPa

Συμπεράσματα:

Από τα δεδομένα αυτά συμπεραίνουμε ότι η αντοχή του δικού μας δοκιμίου είναι μέσα από στα όρια της θεωρητικής τιμής που βρέθηκε στο διαδίκτυο ενώ παρατηρούμε ότι το μέτρο ελαστικότητας είναι έξω από τα όρια. Από τα αποτελέσματα μας καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το δοκίμιο του ξύλου που χρησιμοποιήθηκε είχε ξαναχρησιμοποιηθεί στο εργαστήριο αλλά ήταν πολύ καλής ποιότητας αφού άντεξε πολύ μέχρι να επέλθει η θραύση.