

Εργαστηριακή Άσκηση 2 Δοκιμή Κάμψης



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

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ : ΔΟΚΙΜΗ ΚΑΜΨΗΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σκοπός της δοθείσας εργαστηριακής άσκησης είναι η εξέταση μιας καμπτικής φόρτισης πρισματικών δοκιμίων σε συνάρτηση με την δύναμη που προκαλεί την κάμψη, τις διαστάσεις του δοκιμίου αλλά και την απόσταση των σημείων στήριξης του. Για την επεξεργασία του πειράματος σχεδιάστηκε με την βοήθεια του Excel το διάγραμμα που συνδέει το φορτίο με την μετατόπιση. Ακολουθώντας, από το διάγραμμα προσδιορίστηκαν οι τιμές: του ορίου αναλογίας σε κάμψη, του ορίου αντοχής σε κάμψη, του μέτρου ελαστικότητας. Επίσης σχεδιάστηκε ένα σκίτσο που παριστάνει τον τύπο θραύσης του δοκιμίου κατά την πραγματοποίηση του πειράματος. Τέλος έγινε σύγκριση των υπολογιζόμενων τιμών με τις τυπικές μηχανικές ιδιότητες του συγκεκριμένου υλικού του δοκιμίου που αναγράφονται στον πίνακα 2.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Η καμπτική ροπή (Nm) που εμφανίζεται σε μια τυχαία θέση x του δοκιμίου δίνεται από την εξίσωση:

$$M(x) = \left(\frac{P}{2}\right) * x - P\left(x - \frac{L}{2}\right)$$

όπου

L : το μήκος του δοκιμίου

P : το μέτρο του φορτίου

Η μέγιστη μετατόπιση του μέσου του δοκιμίου ($x=L/2$) δίνεται από τον τύπο :

$$\delta c = -\frac{P * L^3}{48 * E * I}$$

όπου

E : το μέτρο ελαστικότητας

I : η ροπή αδράνειας της διατομής

Καμπτική (ορθή) τάση

Οι ορθές τάσεις λόγω κάμψης δίνονται από την εξίσωση:

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I}$$

Όπου

M: η ροπή κάμψης

Y: η απόσταση από τον ουδέτερο άξονα του σημείου που υπολογίζουμε την τάση σ

I: η ροπή αδράνειας της διατομής που στην περίπτωση της ορθογωνικής διατομής του δοκιμίου

Ροπή αδράνειας της ορθογωνικής διατομής :

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

Όπου

b το μήκος

h το ύψος της ορθογωνικής διατομής

Το Μέτρο Ελαστικότητας του υλικού υπολογίζεται από την εξίσωση της μέγιστης καμπτικής τάσης στο μέσο του μήκους του δοκιμίου από το όριο αναλογίας

$$E = \frac{(P/\delta c) \cdot L^3}{48I}$$

Το όριο αναλογίας σε κάμψη είναι το σημείο μέχρι την καμπύλη του διαγράμματος και παρουσιάζεται σαν ευθεία γραμμή. Υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\sigma_A = \frac{M_A \cdot y}{I}$$

όπου

M_A: Ροπή κάμψης στο σημείο αναλογίας

I: Ροπή αδράνειας

όπου

δc είναι η μετατόπιση του σημείου στο μέσο της δοκού σε απόσταση y=L/2.

Το όριο αντοχής σε κάμψη ορίζεται σαν το σημείο της μέγιστης τάσης που εμφανίζεται στο δοκίμιο μέχρι την θραυσθεί του και υπολογίζεται από τον τύπο

$$\sigma_u = \frac{M_A \cdot y}{I}$$

όπου

M_u : η ροπή κάμψης στο σημείο με το μέγιστο φορτίο

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Για την πραγματοποίησή του πειράματος χρησιμοποιήθηκε η μηχανή κάμψης τριών ή τεσσάρων σημείων με δυνατότητα εφαρμογής μέγιστης καμπτικής ροπής 150 kNm της εταιρείας MATEST Srl, Italy που αποτελείται από δύο μέρη:

- α) το έμβολο όπου γίνεται η εφαρμογή της ροπής και η θραύση του δοκιμίου
- β) από την κονσόλα ελέγχου της μηχανής.



Πριν αρχίσει το πείραμα γίνεται μέτρηση των διαστάσεων του δοκιμίου με την χρήση της μετροταινίας, του βάρους του και γίνεται μέτρηση στις αποστάσεις μεταξύ των υποστηριγμάτων για το δοκίμιο στη μηχανή κάμψης. Ακολούθως, τοποθετείται το δοκίμιο στην διάταξη του πειράματος μεταξύ των δύο άκρων των υποστηριγμάτων της μηχανής κάμψης. Ταυτόχρονα η οθόνη της μηχανής θα εμφανισθεί τις διαστάσεις του δοκιμίου, το βάρος και άλλα δεδομένα όπως η ταχύτητα επιβολής φορτίου, η ηλικία του δοκιμίου και ο επιβλέπων/καθηγητής θα επιλέξει το κουμπί [OK] για την επιβεβαίωση των μετρήσεων.



Η μηχανή είναι τώρα είναι έτοιμη για να ξεκινήσει την δοκιμή της κάμψης πατώντας ξανά το κουμπί [OK] για να ξεκινήσει η δοκιμή. Η ένδειξη του εφαρμοζόμενου φορτίου στο μέσο του δοκιμίου φαίνεται στο κάτω δεξιά παράθυρο της οθόνης (όπου έχει την ένδειξη των μονάδων δύναμης kN). Το έμβολο της μηχανής θα κινηθεί προς τα πάνω μέχρι να φθάσει να ακουμπήσει το δοκίμιο. Μόλις ακουμπήσει το δοκίμιο θα αρχίσει να αυξάνεται η τιμή του φορτίου και να καταγράφεται η μεταβολή αυτή στην οθόνη της μηχανής. Τέλος γίνεται καταγραφή των ενδείξεων της μετακίνησης του μέσου του δοκιμίου (δc) με τη χρήση του αναλογικού μικρόμετρου για κάθε στιγμή. Οι μετρήσεις αναγράφονται στον πίνακα 1.

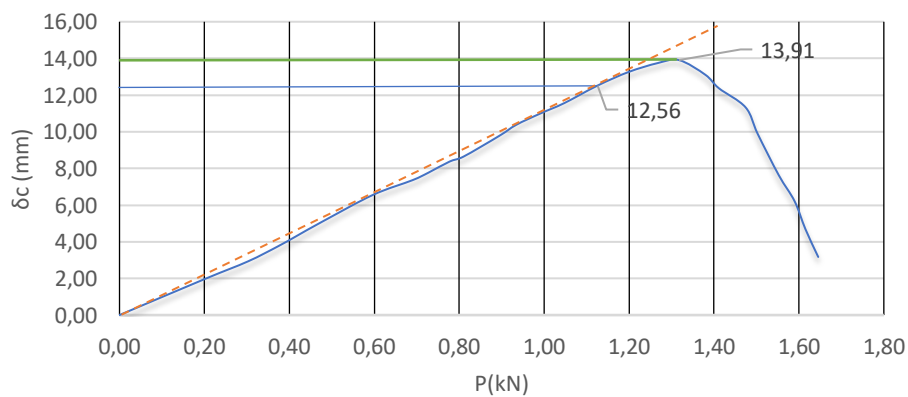


ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΑΝΑΛΥΣΗ

Πίνακας 1

	A	B	C
1	δc [mm]	P [kN]	
2	0,00	0,00	
3	0,20	1,97	
4	0,30	2,93	
5	0,37	3,74	
6	0,42	4,35	
7	0,48	5,06	
8	0,60	6,55	
9	0,69	7,36	
10	0,73	7,77	
11	0,78	8,38	
12	0,81	8,64	
13	0,89	9,78	
14	0,93	10,37	
15	0,99	10,99	
16	1,05	11,56	
17	1,13	12,52	
18	1,20	13,26	
19	1,27	13,74	
20	1,32	13,91	
21	1,38	13,11	
22	1,41	12,37	
23	1,47	11,33	
24	1,50	9,88	
25	1,55	7,63	
26	1,59	6,20	
27	1,62	4,68	
28	1,65	3,17	
29			

Διάγραμμα μεταβολής του φορτίου P και μετατόπισης του κέντρου δc



Από το παραπάνω διάγραμμα να προσδιορίστηκε το όριο αναλογίας σε κάμψη και το όριο αντοχής σε κάμψης

$$P_A = 12,56 \text{ kN}$$

$$P_u = 13,91 \text{ kN}$$

Για το όριο αναλογίας σε κάμψη

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

$$M_A = \frac{P_A}{2} \cdot \frac{L}{2} = \frac{12,56 \cdot 10^3}{2} \cdot \frac{0.2}{2} = 628 \text{ Nm}$$

$$y = \frac{0,045}{2} = 0.023 \text{ m}$$

$$\sigma_A = \frac{M_A \cdot y}{I} = \frac{628 \cdot 0.023}{0.27 \cdot 10^{-6}} = 53 \text{ MPa}$$

Για το όριο αντοχής

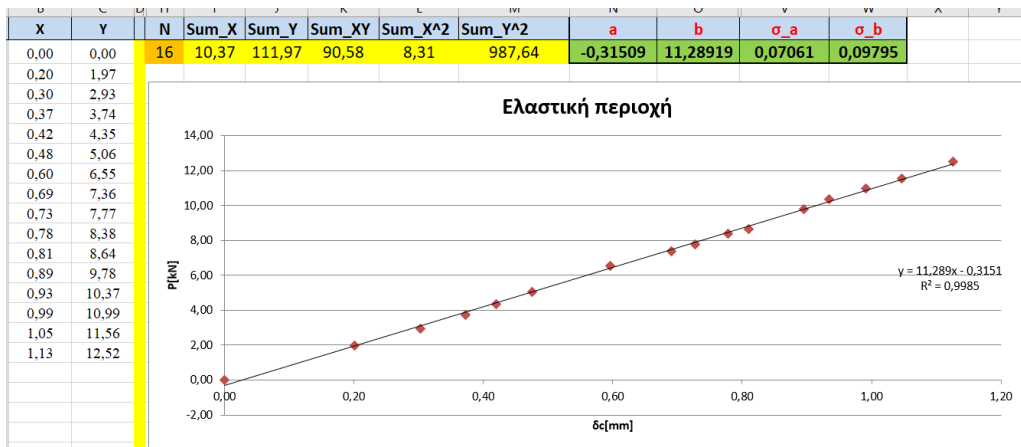
$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{35 \cdot 45^3}{12} = 0.27 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$M_A = \frac{P_u}{2} \cdot \frac{L}{2} = \frac{13,91 \cdot 10^3}{2} \cdot \frac{0.2}{2} = 695.5 \text{ Nm}$$

$$y = \frac{0,045}{2} = 0.023 \text{ m}$$

$$\sigma_u = \frac{M_A \cdot y}{I} = \frac{695,5 \cdot 0.023}{0.27 \cdot 10^{-6}} = 59 \text{ MPa}$$

Το μέτρο ελαστικότητας του υλικού Ε υπολογίζεται από τη σχέση :



Από το παραπάνω γράφημα των ελαχίστων τετραγώνων υπολογίζεται η εξίσωση για την ελαστική περιοχή του διαγράμματος μεταβολής του φορτίου P και της μετατόπισης του κέντρου δ_c .

$$y = 11,289x - 0,3151$$

όπου:

$$y=P$$

$$x= \delta_c$$

Για τον υπολογισμό της τιμή του μέτρου ελαστικότητας επιλέγουμε ένα τυχαίο ζεύγος τιμών δ_c και P που βρίσκεται στο εύρος τιμών του διαγράμματος της ελαστικής περιοχής.

Τυχαίο ζεύγος τιμών

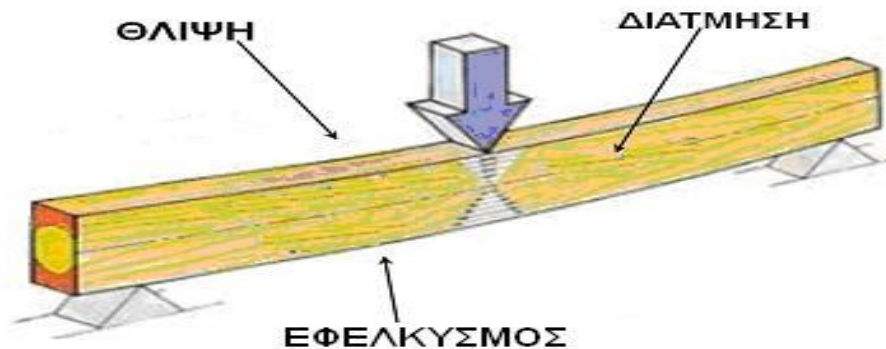
$$\delta_c: 0,016mm$$

$$P: 0,5 Kn$$

$$P = 11,289 \delta_c - 0,3151$$

$$0,5 = 11,289 \delta_c - 0,3151 \Leftrightarrow \delta_c = 0,016mm$$

$$E = \frac{(P/\delta_c) * L^3}{48I} = \frac{(0,5 * 10^3 / 0,016 * 10^{-3}) * 0,2^3}{48 * 0,27 * 10^{-6}} = 19,2 GPa$$



Πίνακας 2

Όριο Αναλογίας Σε Κάμψη	45-78 MPa
Όριο Αντοχής Σε Κάμψη	60-75 MPa
Μέτρο Ελαστικότητας	10-14 GPa

Σχολιασμός των πειραματικών τιμών και του πίνακα 2

Βάση με τους παραπάνω πίνακες παρατηρείται ότι το όριο αναλογίας άλλα και το μέτρο ελαστικότητας είναι μέσα στα πλαίσια των τιμών του πίνακα 2 σε αντίθεση με το όριο αντοχής που παρατηρείτε μια μικρή απόκλιση από τις θεωρητικές τιμές που αναφέρονται για το δοκίμιο του πεύκου. Αυτή η μικρή απόκλιση μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι το ξύλο είναι υγροσκοπικό υλικό δηλαδή απορρόφα υγρασία από την ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα να μεταβάλει της διαστάσεις του κάθετα στην διεύθυνση των ινών. Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που μπορεί να έπαιξε ρόλο στην απόκλιση των τιμών είναι οι ρόζοι οι οποίοι μειώνουν την αντοχή του ξύλου σε εφελκυσμό και κάμψη. Τέλος μπορεί αυτή η διαφορά να προέρχεται από μύκητες, έντομα και μικροοργανισμούς που καταστρέφουν την δομή του ξύλου.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Συμπερασματικά, με βάση τους υπολογισμούς που πραγματοποιήθηκαν και τις μετρήσεις που πάρθηκαν δόθηκε η δυνατότητα κατανόησης του σκοπού της άσκησης, δηλαδή η εξέταση μιας καμπτικής φόρτισης πρισματικών δοκιμίων σε συνάρτηση με την δύναμη που προκαλεί την κάμψη, τις διαστάσεις του δοκιμίου αλλά και την απόσταση των σημείων στήριξης του. Ακολούθως προσδιορίστηκαν οι τιμές: του ορίου αναλογίας σε κάμψη, του ορίου αντοχής σε κάμψη, του μέτρου ελαστικότητας. Έπειτα έγινε η εξήγηση του σκίτσου θραύσης που παρατηρήθηκε στο πείραμα και έγινε σχολιασμός για το όριο αναλογίας, το μέτρο ελαστικότητας και του ορίου αντοχής με τις τιμές του πίνακα 2. Παρατηρήθηκε ότι το δοκίμιο που δόθηκε για την πραγματοποίηση του πειράματος είχε χαμηλό όριο αναλογίας με αποτέλεσμα να μην είναι τόσο σκληρό.