

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

6

ΑΞΟΝΙΚΟΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ ΚΑΙ ΘΛΙΨΗ

6.1 Αξονικός εφελκυσμός και θλίψη

6.2 Επιφανειακή πίεση

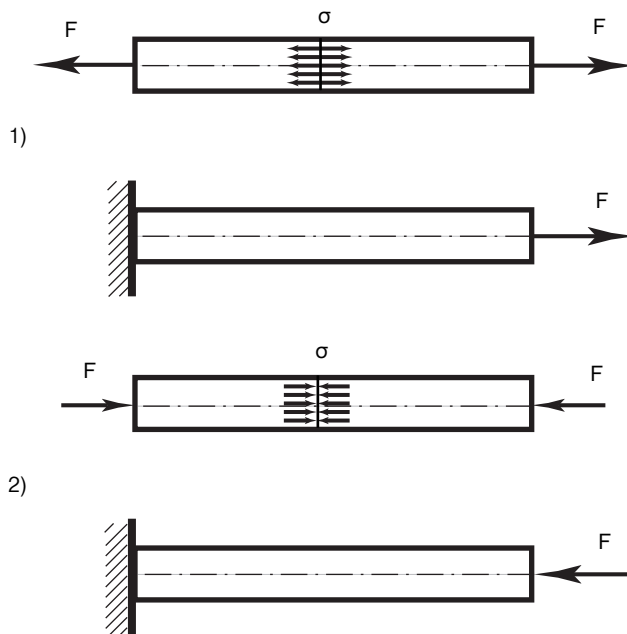


Επιδιωκόμενοι στόχοι:

- ✓ Να ορίζετε, πότε ένα σώμα καταπονείται σε εφελκυσμό ή θλίψη και να αναφέρετε αντίστοιχα παραδείγματα από την πράξη.
- ✓ Να λύνετε προβλήματα σχετικά με τη διαστασιολόγηση, τον έλεγχο τάσεων, την ικανότητα φόρτισης, να συγκρίνετε τα αποτελέσματα, ώστε να καταλήγετε σε χρήσιμα συμπεράσματα.

6.1 ΑΞΟΝΙΚΟΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ ΚΑΙ ΘΛΙΨΗ

Η απλούστερη περίπτωση σώματος που καταπονείται σε εφελκυσμό ή θλίψη, είναι αυτή της πρισματικής ράβδου (σχ. 6.1 α), στις ακραίες διατομές της οποίας ενεργούν εξωτερικές δυνάμεις, ίσες και αντίθετες, κάθετες στις διατομές της ράβδου και των οποίων η συνισταμένη διέρχεται από το κέντρο βάρους της διατομής (ή συμπίπτει με το γεωμετρικό άξονα της ράβδου).



Σχήμα 6.1α Εφελκυσμός και θλίψη ράβδου.

Η ράβδος, υπό την επίδραση των δυνάμεων (φορτίων) που περιγράψαμε, τείνει να **επιμηκυνθεί** (σχ. 6.1 α - 1) ή να **επιβραχυνθεί** (σχ. 6.1 α-2). Στη πρώτη περίπτωση μιλάμε για **αξονικό εφελκυσμό** και στη δεύτερη για **αξονική θλίψη**.

Σε κάθε διατομή της ράβδου (A), αναπτύσσονται τάσεις (σ), κάθετες στη διατομή, των οποίων η συνισταμένη –για να παραμένει η ράβδος σε ισορροπία– θα πρέπει να συμπίπτει με τον άξονα της ράβδου και να είναι ίση και αντίθετη με το εξωτερικό φορτίο (F).

$$\text{Επομένως: } \sigma = \frac{F}{A}$$

Οι υπολογισμοί που μπορούν να πραγματοποιηθούν, με την παραπάνω σχέση, είναι οι εξής :

α) διαστασιολόγηση: Πρόκειται για τον υπολογισμό των διαστάσεων φορτισμένων σωμάτων, ώστε να αντέχουν με ασφάλεια τις αναπτυσσόμενες τάσεις.

Αν συμβολίσουμε με:

$A_{\text{απ}}$ την απαιτούμενη διατομή,

$F_{\text{υπ}}$ το συνολικό υπαρκτό φορτίο,

τότε, η διαστασιολόγηση θα πραγματοποιείται με την βοήθεια της σχέσης :

$$A_{\text{απ}} = \frac{F_{\text{υπ}}}{\sigma_{\text{επ}}}$$

β) Έλεγχος των τάσεων: Πρόκειται για τον έλεγχο των τάσεων που αναπτύσσονται σε φορτισμένα σώματα, με δεδομένη διατομή και δεδομένα υπαρκτά εξωτερικά φορτία, προκειμένου να διαπιστώσουμε αν τα σώματα αντέχουν με ασφάλεια, ή ότι οι αναπτυσσόμενες τάσεις είναι μικρότερες ή ίσες με τις επιτρεπόμενες.

Αν συμβολίσουμε με:

$A_{\text{υπ}}$ την υπάρχουσα (δεδομένη) διατομή,

$F_{\text{υπ}}$ το υπάρχον (δεδομένο) φορτίο,

$\sigma_{\text{υπ}}$ την υπάρχουσα αναπτυσσόμενη τάση,

τότε, ο έλεγχος των τάσεων θα πραγματοποιείται με τη βοήθεια της σχέσης:

$$\sigma_{\text{υπ}} = \frac{F_{\text{υπ}}}{A_{\text{υπ}}} \leq \sigma_{\text{επ}}$$

γ) Προσδιορισμός της ικανότητας φόρτισης:

Πρόκειται για τον υπολογισμό του μεγαλύτερου φορτίου, που μπορούν να αντέξουν με ασφάλεια, φορτισμένα σώματα δεδομένων διατομών.

Αν συμβολίσουμε με:

$A_{\text{υπ}}$ την υπαρκτή δεδομένη διατομή,

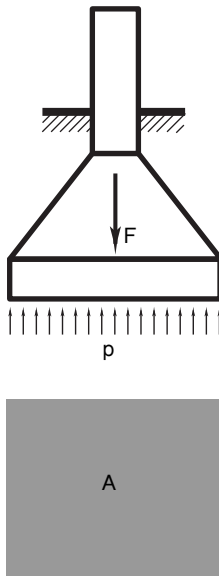
F_{μ} το μέγιστο φορτίο,

τότε ο προσδιορισμός της ικανότητας φόρτισης θα πραγματοποιείται με τη βοήθεια της σχέσης:

$$F_{\mu} = A_{\text{υπ}} \cdot \sigma_{\text{επ}}$$

6.2 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΠΙΕΣΗ

Η επιφανειακή πίεση εμφανίζεται στις κατασκευές, στις περιπτώσεις, που εξωτερικά φορτία μεταβιβάζονται από στοιχείο σε στοιχείο και κατανέμονται σε εκτεταμένες επιφάνειες. Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα, αποτελούν τα φορτία των υποστυλωμάτων και η μεταβίβασή τους στο έδαφος, μέσω της επιφάνειας επαφής A (σχ 6.2 α).



Σχήμα 6.2α Η επιφανειακή πίεση στα πέδιλα των υποστηλωμάτων

Κατ' αναλογία, με όσα γνωρίζουμε για τη τάση, προκύπτει:

$$p = \frac{F}{A}$$

όπου p : η **επιφανειακή πίεση**.

Μονάδες p : οι μονάδες τάσης.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Να ελέγξετε, αν μια χαλύβδινη ράβδος ($\sigma_{\theta\rho} = 490 \text{ N/mm}^2$) τετραγωνικής διατομής με πλευρά ίση με 40mm, αντέχει με ασφάλεια, όταν εφελκύεται από ένα φορτίο ίσο με 6500 daN, με συντελεστή ασφάλειας ίσο με 5.

Δίνονται:

$$\sigma_{\theta\rho} = 490 \text{ N/mm}^2 = 49 \text{ daN/mm}^2$$

$$F = 6500 \text{ daN}$$

$$a = 40 \text{ mm}$$

$$\nu = 5$$

Ζητούνται:

Αν αντέχει ή όχι

Λύση

Η μέγιστη τάση που μπορεί να αναπτυχθεί στη ράβδο, είναι η επιτρεπόμενη τάση ($\sigma_{\varepsilon\pi}$).

$$v = \frac{\sigma_{\theta\rho}}{\sigma_{\varepsilon\pi}} \quad \text{και}$$

$$\sigma_{\varepsilon\pi} = \frac{\sigma_{\theta\rho}}{v} = \frac{49 \text{ daN} / \text{mm}^2}{5}$$

$$\sigma_{\varepsilon\pi} = 9,8 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

Η τάση που αναπτύσσεται στη ράβδο ($\sigma_{\upsilon\pi}$), δίνεται από τη σχέση :

$$\sigma_{\upsilon\pi} = \frac{F_{\upsilon\pi}}{A_{\upsilon\pi}}$$

$$A_{\upsilon\pi} = a^2 \quad \text{και}$$

$$A_{\upsilon\pi} = 40^2 \text{ mm}^2$$

$$A_{\upsilon\pi} = 1600 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\upsilon\pi} = \frac{F_{\upsilon\pi}}{A_{\upsilon\pi}} = \frac{6500 \text{ daN}}{1600 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_{\upsilon\pi} = 4 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

Από τη σύγκριση των $\sigma_{\upsilon\pi}$ και $\sigma_{\varepsilon\pi}$, προκύπτει ότι :

$$\sigma_{\upsilon\pi} < \sigma_{\varepsilon\pi} \rightarrow 4 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} < 9,8 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

Επομένως: **η ράβδος αντέχει.**

**ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΕΚΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ**

- Μία ράβδος καταπονείται σε εφελκυσμό όταν ενεργούν σε αυτό εξωτερικές δυνάμεις ίσες και αντίθετες, κάθετες στις διατομές της, των οποίων η συνισταμένη συμπίπτει με το γεωμετρικό της άξονα.

- Οι αναπτυσσόμενες τάσεις δίνονται από τη σχέση :

$$\sigma = \frac{F}{A}$$


- Οι υπολογισμοί που πραγματοποιούνται με την παραπάνω σχέση συνοψίζονται ως εξής :

– **Διαστασιολόγηση** $A_{\text{απ}} = \frac{F_{\text{υπ}}}{\sigma_{\text{επ}}}$

– **Έλεγχος τάσεων** $\sigma_{\text{υπ}} = \frac{F_{\text{υπ}}}{A_{\text{υπ}}} \leq \sigma_{\text{επ}}$


– **Ικανότητα φόρτισης** $F_{\mu} = A_{\text{υπ}} \cdot \sigma_{\text{επ}}$

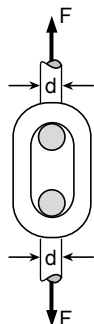
**ΑΣΚΗΣΕΙΣ**


 **1.** Με τη βοήθεια μίας ράβδου μήκους 10 m ρυμουλκούμε αξονικό φορτίο 10.000 daN. Αν το μέτρο ελαστικότητας του υλικού της ράβδου είναι ίσο με 2.100.000 daN/cm² και η επιτρεπόμενη τάση ίση με 1200 daN/cm², να υπολογιστούν:

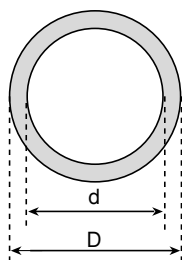
α. Η διάμετρος της ράβδου


β. Η επιμήκυνση.


 **2.** Η αλυσίδα που φαίνεται στο σχήμα καταπονείται σε εφελκυσμό από φορτίο ίσο με 4000 daN. Αν η τάση θραύσης του υλικού είναι ίση με 4800 daN/cm² και ο συντελεστής ασφάλειας ληφθεί ίσος με 6, να υπολογιστεί η διάμετρος του κρίκου της αλυσίδας.




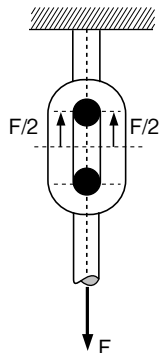
-  **3.** Σωλήνας με εξωτερική διάμετρο 30 mm και εσωτερική 25 mm καταπονείται σε θλίψη από φορτίο 10 kN. Να υπολογιστεί η θλιπτική τάση που θα αναπτυχθεί.




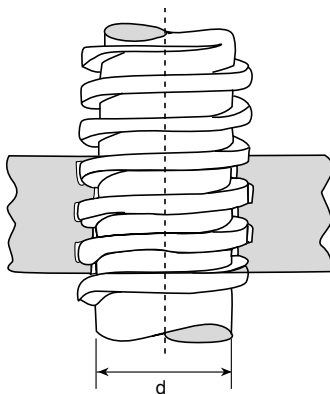
-  **4.** Συρματόχοινο αποτελείται από 6 δέσμες, η καθεμία από τις οποίες έχει 37 συρματίδια διαμέτρου (το κεθάνα) 0,5 mm. Αν η τάση θραύσης του υλικού είναι ίση με 150 daN/mm^2 και ο συντελεστής ασφάλειας ίσος με 6, να προσδιοριστεί η εφελκυστική ικανότητα φόρτισης, δηλαδή το μέγιστο φορτίο που μπορεί να ανυψωθεί με ασφάλεια.


-  **5.** Με σχοινί του οποίου το υλικό κατασκευής έχει τάση θραύσης ίση με 1200 daN/cm^2 ανυψώνουμε βάρος ίσο με 4200 daN. Αν ληφθεί συντελεστής ασφάλειας ίσος με 4, να προσδιοριστεί η διάμετρος του σχοινιού (διαστασιολόγηση).

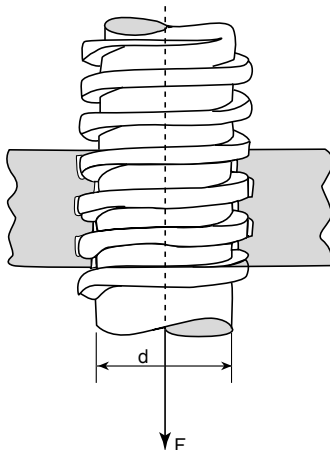
-  **6.** Η αλυσίδα του σχήματος καταπονείται από εφελκυστικό φορτίο 1800 daN. Αν η επιτρεπόμενη τάση είναι ίση με 820 daN/cm^2 και η διάμετρος του κλάδου του κρίκου ίση με 16 mm, να γίνει ο έλεγχος των τάσεων, δηλαδή να αποφανθείτε αν η αλυσίδα αντέχει τη φόρτιση με ασφάλεια.





 **7.** Δίνεται κοχλίας με διάμετρο πυρήνα ίση με 10 mm και επιτρεπόμενη τάση ίση με 8 daN/mm^2 . Να προσδιοριστεί το μέγιστο εφελκυστικό φορτίο, (ικανότητα φόρτισης). Σημειώνουμε ότι, για τον υπολογισμό της αντοχής των κοχλίων χρησιμοποιείται η διάμετρος του πυρήνα και όχι η εξωτερική τους διάμετρος.

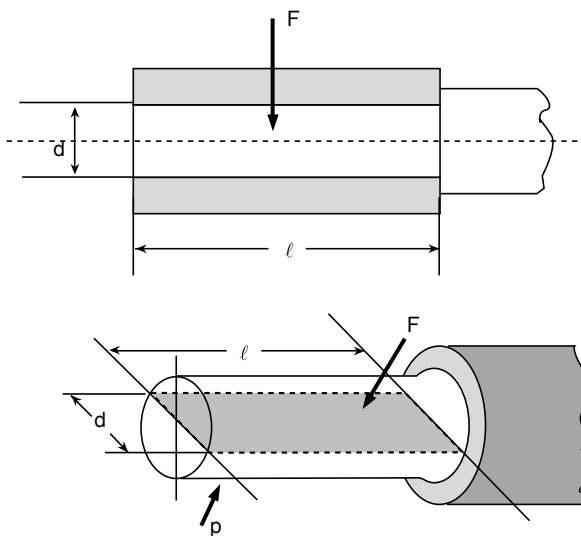


 **8.** Από κοχλία πρόκειται να κρεμαστεί βάρος ίσο με 1000 daN. Αν η τάση θραύσης του υλικού είναι ίση με 48 daN/mm^2 και ληφθεί συντελεστής ασφάλειας ίσος με 6, να υπολογιστεί η διάμετρος του πυρήνα του κοχλίου, (διαστασιολόγηση).




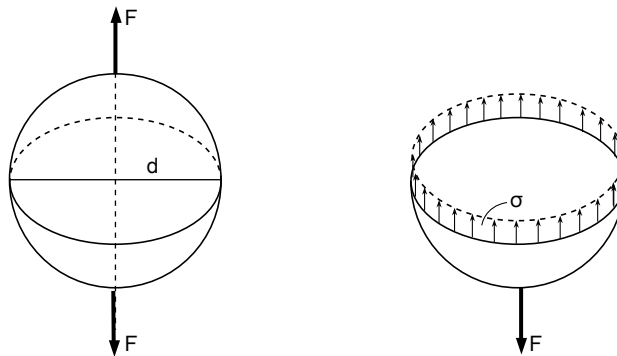
 **9.** Μία χαλύβδινη ράβδος καταπονείται επαναληπτικά σε εφελκυσμό και θλίψη από φορτίο 3700 daN. Αν η τάση θραύσης του υλικού της ράβδου είναι ίση με 420 N/mm^2 και ο συντελεστής ασφαλείας ίσος με 4, να υπολογίσετε τη διατομή της ράβδου.


 **10.** Ο εγκάρσιος στροφέας της ατράκτου που φαίνεται στο σχήμα πιέζει τον τριβέα του εδράνου με φορτίο ίσο με 1000 daN. Εάν η επιφανειακή πίεση είναι ίση με 40 daN/cm^2 και το μήκος του στροφέα (ℓ) είναι διπλάσιο της διαμέτρου του (d), να προσδιοριστούν τα στοιχεία αυτά του στροφέα (ℓ και d).



Σαν επιφάνεια επαφής στροφέα και τριβέα δε θεωρούμε την ημικυλινδρική επιφάνεια, αλλά την ορθή προβολή της.

 **11.** Σφαιρικό κέλυφος εσωτερικής διαμέτρου (d) και πάχους (t) βρίσκεται υπό εσωτερική πίεση (p). Να αποδειχθεί ότι η τάση εφελκυσμού, που αναπτύσσεται στην τομή του κελύφους, που προκαλείται από διαμετρικό επίπεδο που τέμνει το κέλυφος κατά περιφέρεια μέγιστου κύκλου, είναι ίση με $\pi \cdot d / 4 \cdot t$.



 **12.** Μελετούμε ένα σφαιρικό κέλυφος εσωτερικής διαμέτρου 20 cm και πάχους 4 cm που βρίσκεται υπό πίεση. Αν η τάση θραύσης του υλικού είναι ίση με 52 daN/mm^2 και ο συντελεστής ασφάλειας ίσος με 10, να υπολογιστεί η μέγιστη εσωτερική πίεση, που είναι δυνατόν να αναπτυχθεί με ασφάλεια στο κέλυφος.