

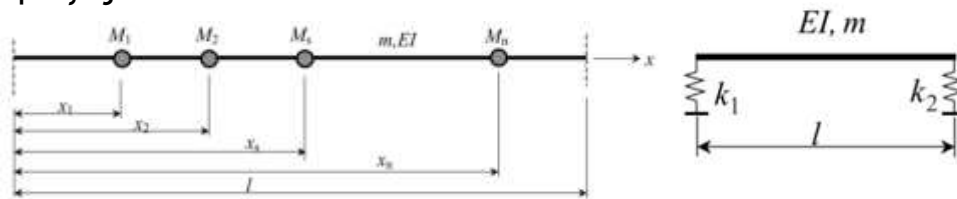


Μελέτη Ταλαντωτικών Φαινομένων Νανოსωλήνα Με Επικαθήμενη Μάζα Και Ελαστική Στήριξη

Κωνσταντίνος Περπυράκης · Επιβλέπων καθηγητής: Νικόλαος Κ. Ανυφαντής

Σκοπός

Η μακροσκοπική μελέτη ταλαντωτικής συμπεριφοράς νανοςωλήνων άνθρακα σε περιπτώσεις επικαθήμενης μάζας.



- ✓ Οριακές συνθήκες: ελαστικές στηρίξεις
- ✓ Μοντελοποίηση σωλήνων: Μοντέλο Krylov – Duncan
- ✓ Μοντελοποίηση επικαθήμενης μάζας: Adjustment Mass Method (Μέθοδος Προσαρμοσμένης Μάζας)
- ✓ Case study: Αμφίπακτη δοκός

Διερεύνηση 1:

Για μία επικαθήμενη μάζα, επίδραση θέσης (\$0 < \xi < 1\$) και μεγέθους (\$0 < M/m < 2\$).

Διερεύνηση 2:

Για η επικαθήμενες μάζες, επίδραση μεγέθους (\$0 < M/m < 0.2\$) και πλήθους (\$0 < n < 10\$).

Παραδοχές εργασίας

- Δυνάμεις στο ατομικό επίπεδο δεν λαμβάνονται υπόψιν.
- Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες δυσκαμψίας των νανοςωλήνων που χρησιμοποιήθηκαν:
Τύπος CNT: **(5,0) zigzag** (Πηγή: Giannopoulos et al)
- Αμφίπακτη δοκός: **k1 = k2**
- Έρευνα 2: **Ομοιόμορφη** κατανομή μαζών και **ίσα** μεγέθη μαζών για πολλαπλές μάζες.

Μεθοδολογία

Ενσωμάτωση της μεθόδου προσαρμοσμένης μάζας στις εξισώσεις Krylov-Duncan

1. Υπολογισμός \$k^*\$ από τα γεωμετρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά CNTs

2. Επίλυση εξίσωσης συχνότητας, \$F=0\$ για εύρεση \$\lambda\$

$$F(\lambda) = (k_1^*)^2 + k_1^* \frac{\lambda^3(1+\alpha)(\sinh\lambda \cosh\lambda + \cosh\lambda \sinh\lambda)}{2\alpha \sinh\lambda \cosh\lambda} + \frac{\lambda^6(1-\cosh\lambda \cosh\lambda)}{2\alpha \sinh\lambda \cosh\lambda}$$

$$\mu\epsilon: k_1^* = \frac{k_1 l^3}{EI} \quad \alpha = \frac{k_2}{k_1^*}$$

3. Υπολογισμός εξίσωσης ιδιομορφής \$X(\xi)\$ γνωρίζοντας το \$\lambda\$.

$$X(\xi) = \sin\lambda\xi + \frac{\sinh\lambda}{\sinh\lambda} \sinh\lambda\xi + \gamma(\cos\lambda\xi + \cosh\lambda\xi + \gamma_1 \sinh\lambda\xi)$$

$$\mu\epsilon: \gamma = \frac{\sinh\lambda - \sin\lambda}{2\lambda^2 \sinh\lambda + \cosh\lambda - \cosh\lambda} \quad \gamma_1 = \frac{\cos\lambda - \cosh\lambda}{\sinh\lambda} \quad \xi = \frac{x}{l}$$

4. Υπολογισμός προσαρμοσμένης μάζας \$m_i\$

$$m_i = m + \frac{1}{l} \sum_{s=1}^n X_i^2(\xi_s) M_s, \quad \mu\epsilon: \xi_s = \frac{x_s}{l}$$

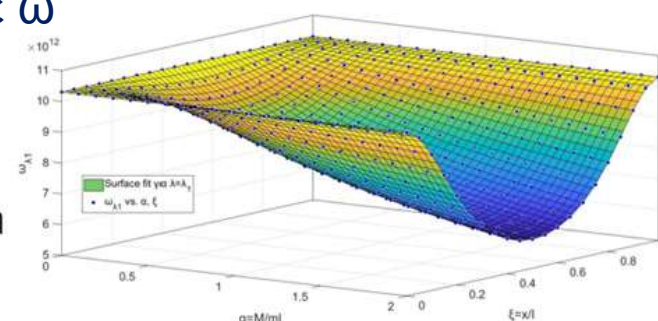
5. Υπολογισμός νέας φυσικής συχνότητας \$\omega_i\$ για τα νέα \$\xi\$, \$M\$ για \$n\$ μάζες

$$\omega_i = \frac{\lambda_i^2}{l^2} \sqrt{\frac{EI}{m_i}}$$

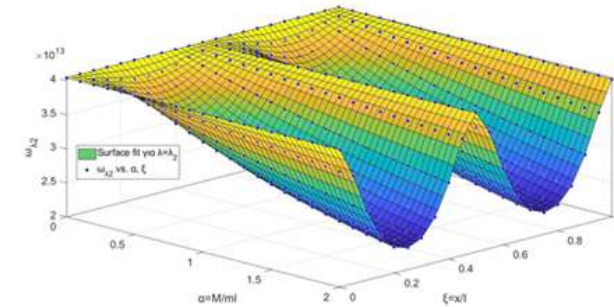
Αποτελέσματα

Διερεύνηση 1: Επίδραση μάζας (\$0 < M < 2\$) και θέσης (\$0 < \xi < 1\$) σε \$\omega\$

3D Γράφημα μάζας, θέσης, φυσικής συχνότητας μίας επικαθήμενης μάζας σε νανοςωλήνα για την πρώτη ιδιοτιμή \$\lambda=\lambda_1\$.

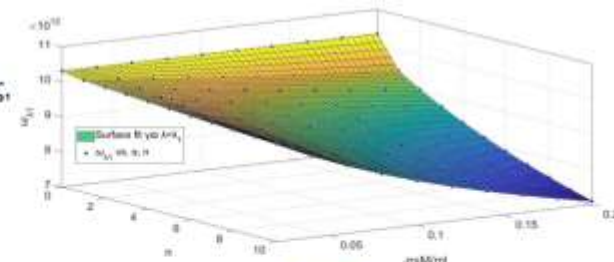


3D Γράφημα μάζας, θέσης, φυσικής συχνότητας μίας επικαθήμενης μάζας σε νανοςωλήνα για την πρώτη ιδιοτιμή \$\lambda=\lambda_2\$.

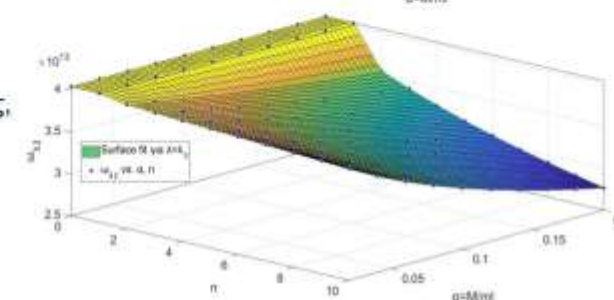


Διερεύνηση 2: Επίδραση μάζας (\$0 < M < 0.2\$) και πλήθους (\$0 < n < 10\$) σε \$\omega\$

3D Γράφημα μάζας, πλήθους, φυσικής συχνότητας η επικαθήμενων μαζών σε νανοςωλήνα για την πρώτη ιδιοτιμή \$\lambda=\lambda_1\$.



3D Γράφημα μάζας, πλήθους, φυσικής συχνότητας η επικαθήμενων μαζών σε νανοςωλήνα για την πρώτη ιδιοτιμή \$\lambda=\lambda_2\$.



Συμπεράσματα

- Αύξηση της μάζας \$M\$ είτε σε μία επικαθήμενη μάζα είτε για \$n\$ μάζες, προκαλεί μείωση της φυσικής συχνότητας και για τα δύο μοντέλα.
- Απομάκρυνση της επικαθήμενης μάζας από τη θέση στήριξης, προκαλεί μείωση της φυσικής συχνότητας.
- Αλληλεπίδραση των αποτελεσμάτων:
Δηλαδή τιμή που αντιστοιχεί σε μία φυσική συχνότητα \$\omega_1\$ μίας μάζας θέσης \$\xi_1\$, μπορεί να ταυτιστεί με την τιμή φυσικής συχνότητας \$\omega_2\$ η μαζών.
- Έντονη η επίδραση των ελαστικών στηρίξεων για παράμετρο συχνότητα \$\lambda > 1\$ (δηλαδή στη δεύτερη, τρίτη, κτλ συχνότητα ταλάντωσης) στην εξίσωση ιδιομορφής στο σημείο της στήριξης.
- Για \$n=1\$ επικαθήμενη μάζα, διακριτές τιμές \$\omega\$ για κάθε \$\xi\$, \$M\$.