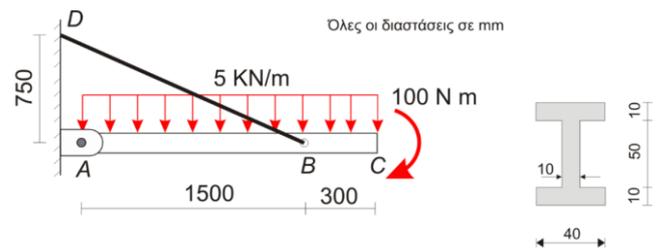


“Ανάλυση κατασκευών με τη Μ.Π.Σ.”

3η ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

Η δοκός του διπλανού σχήματος στηρίζεται στο σημείο A με άρθρωση και στο σημείο B μέσω συρματόσχοινο. Το μέτρο ελαστικότητας του συρματόσχοινο είναι  $E_1=200\text{GPa}$  και η διάμετρος του συρματόσχοινο  $d=6\text{mm}$ . Η δοκός έχει διατομή διπλού ταυ και μέτρο ελαστικότητας  $E_2=250\text{GPa}$ . Με χρήση του προγράμματος ANSYS Mechanical APDL ζητείται η στατική επίλυση του φορέα. Να υπολογισθούν η μέγιστη βύθιση, το διάγραμμα των καμπτικών ροπών, το διάγραμμα των τεμνουσών δυνάμεων, η μέγιστη ορθή τάση στη δοκό και η ορθή τάση στο συρματόσχοινο. Λόγος του Poisson  $\nu = 0.2$



*Τα αποτελέσματα της ανάλυσης που αφορούν τα εντατικά μεγέθη να επαληθευτούν με τα αποτελέσματα από την ακριβή στατική επίλυση του φορέα.*

Επιλέγουμε να εργαστούμε με mm και N

“Preprocessor”

1 Δημιουργία σημείων (Keypoints)

Πηγαίνουμε στο Preprocessor-> Modeling->Create->Keypoints και επιλέγουμε In active CS:  
Σε αυτό το σημείο δημιουργούνται και τα *σημεία προσανατολισμού της διατομής*.

2 Δημιουργία γραμμής (Line)

Πηγαίνουμε στο Preprocessor-> Modeling->Create->Lines και επιλέγουμε Straight Line.

3 Ορισμός υλικού

(i) Πηγαίνουμε στο Preprocessor-> Material Props και επιλέγουμε Material Models.

(ii) Στην καρτέλα “Define material model Behavior” που εμφανίζεται και στη δεξιά στήλη “Material Models Available” επιλέγουμε Structural->Linear-Elastic->Isotropic.

(iii) Στην καρτέλα Linear “Isotropic properties for material 1” που εμφανίζεται συμπληρώνουμε στο πεδίο EX το μέτρο ελαστικότητας, και στο πεδίο PRXY το λόγο του Poisson  $\nu$ . Πατάμε OK.

**Εδώ έχουμε δυο διαφορετικά υλικά επομένως στην αριστερή στήλη της καρτέλας “Define material model Behavior” θα πρέπει τελικά να υπάρχουν δυο διαθέσιμα υλικά “Material model Number 1”, δηλαδή υλικό με  $id = 1$  και “Material model Number 2”, δηλαδή υλικό με  $id = 2$ .**

#### 4 Ορισμός στοιχείου (element)

##### **ELEMENT TYPE LINK180**

Για να το ορίσουμε στο μοντέλο μας το στοιχείο LINK180 κάνουμε τα εξής:

- (i) Πηγαίνουμε στο **Preprocessor-> Element type** και επιλέγουμε **Add/Edit/Delete**.
- (ii) Στην καρτέλα **“Element type”** που εμφανίζεται επιλέγουμε **“Add”**.
- (iii) Από τα διαθέσιμα elements επιλέγουμε **Link** και **3D finit stn 180**.
- (iv) Πατώντας **OK** επιστρέφουμε στην καρτέλα **“Element type”**, όπου το στοιχείο εμφανίζεται με ID=1 (Type 1) και με ονομασία LINK180.

##### **ELEMENT TYPE BEAM188**

Για να το ορίσουμε στο μοντέλο μας το στοιχείο BEAM188 κάνουμε τα εξής:

- (i) Πηγαίνουμε στο **Preprocessor-> Element type** και επιλέγουμε **Add/Edit/Delete**.
- (ii) Στην καρτέλα **“Element type”** που εμφανίζεται επιλέγουμε **“Add”**.
- (iii) Από τα διαθέσιμα elements επιλέγουμε **Beam** και **2 node 188**.
- (iv) Πατώντας **OK** επιστρέφουμε στην καρτέλα **“Element type”**, όπου το στοιχείο εμφανίζεται με ID=2 (Type 2) και με ονομασία BEAM188.

#### 5 Δήλωση διατομής στοιχείων

##### *Δήλωση διατομής του στοιχείου BEAM180*

- (i) Πηγαίνουμε στο **Preprocessor-> Sections-> Beam-> Common Sections**, και συμπληρώνεται η καρτέλα **“Beam Tool”**
- (ii) Στο πεδίο **Name** συμπληρώνουμε το όνομα που επιθυμούμε, από το drop-down menu **Sub-Type**, επιλέγουμε τον τύπο της διατομής που θέλουμε να ορίσουμε, εδώ **tau** και συμπληρώνουμε τις **αντίστοιχες διαστάσεις της διατομής**. Επιλογή **Preview** για προεπισκόπηση διατομής και γεωμετρικών χαρακτηριστικών. Μετά **OK**.

##### *Δήλωση διατομής του στοιχείου LINK180*

- (iii) Πηγαίνουμε στο **Preprocessor-> Sections->Link** και επιλέγουμε **Add**.
- (iv) «**Add link section with ID**» πληκτρολογούμε **1**, στο πεδίο εισαγωγής τιμών **Cross-sectional area** συμπληρώνουμε ( $\pi r^2$ )

#### 6 Διακριτοποίηση (Meshing)

##### **6.1 Ορισμός των παραμέτρων της διακριτοποίησης**

- (i) Πηγαίνουμε στο **Preprocessor-> Meshing->Mesh Attributes** και επιλέγουμε **Lines**.
- (ii) Στην καρτέλα **“Line Attributes”** που εμφανίζεται, επιλέγουμε, από τα drop-down menus, τις ιδιότητες που επιθυμούμε για δοκό και συρματόσχοινο.

(iii) Επιπλέον για να δηλώσουμε το Keypoint προσανατολισμού K της διατομής της δοκού, επιλέγουμε το πεδίο **“Pick Orientation Keypoints”**. Πατώντας το OK, ανοίγει ο Pick Manager και δηλώνουμε το Keypoint προσανατολισμού K.

##### **6.2 Ορισμός της πυκνότητας της διακριτοποίησης**

- (i) Πηγαίνουμε στο **Preprocessor-> Meshing** και επιλέγουμε **Mesh Tool**.
- (ii) Στην καρτέλα **“Mesh Tool”** που εμφανίζεται, και στο **Group Size Controls** επιλέγουμε το κουμπί **Set των Lines**.
- (iii) Στην καρτέλα **“Element Size on Picked Lines”** που εμφανίζεται επιλέγουμε σε ποιες γραμμές θέλουμε ρυθμίσουμε την πυκνότητα του mesh.

(iv) Στην καρτέλα “Element Size on Picked Lines” που εμφανίζεται ρυθμίζουμε την πυκνότητα του mesh. Αυτό μπορεί να γίνει: είτε (α) συμπληρώνοντας στο πεδίο SIZE το μέγεθος των στοιχείων που επιθυμούμε είτε (β) συμπληρώνοντας στο πεδίο NDIV τον αριθμό των στοιχείων που επιθυμούμε.

### 6.3 Διακριτοποίηση γραμμής

(i) Πηγαίνουμε στο **Preprocessor-> Meshing** και επιλέγουμε **Mesh Tool**.

(ii) Στην καρτέλα “Mesh Tool” που εμφανίζεται, **πατάμε το κουμπί Mesh**, επισημαίνοντας ότι στο drop-down μενού “Mesh:” η προεπιλογή Lines

(iii) Στην καρτέλα “Element Size on Picked Lines” που εμφανίζεται επιλέγουμε ποιες γραμμές θέλουμε να διακριτοποιήσουμε.

---

## “Solution”

### 7.1 Εφαρμογή Συνοριακών Συνθηκών

(i) Πηγαίνουμε στο **Solution -> Define Loads->Apply->Structural->Displacement** και επιλέγουμε **On Keypoints**.

(ii) Στην καρτέλα “Pick: Apply U, ROT on KPS” επιλέγουμε το **KP** που θέλουμε να εφαρμόσουμε την συνοριακή συνθήκη.

*Οι συνοριακές συνθήκες (άρθρώσεις) στα σημεία D και A εφαρμόζονται κατά τα γνωστά. Στο σημείο D, λόγω του LINK180, έχουμε τρεις (3) βαθμούς ελευθερίας (DOF), τους μεταφορικούς UX, UY και UZ. Οπότε, η άρθρωση μοντελοποιείται δεσμεύοντας και τους τρεις DOF. Στο σημείο A, λόγω του BEAM188, έχουμε έξι (6) βαθμούς ελευθερίας, τους μεταφορικούς UX, UY και UZ και τους στρωφικούς RX, RY και RZ. Για να μοντελοποιηθεί η άρθρωση στο επίπεδο, αλλά και για να αποφευχθούν αριθμητικά προβλήματα κίνησης στερεού σώματος, πρέπει να δεσμευτούν όλοι οι βαθμοί ελευθερίας εκτός από τον RZ, ο οποίος εκφράζει την στροφή περί άξονα Z.*

### 7.2 Φόρτιση

#### **A. Εφαρμογή κατανεμημένου φορτίου**

Πηγαίνουμε στο μενού **Solution -> Loads -> Apply -> Structural-> Pressure** και επιλέγουμε **On Beams**. Στην καρτέλα «Apply PRES on Beams» που εμφανίζεται, συμπληρώνουμε στο πεδίο «VALI Pressure value at node I» τιμή 5 (N/mm).

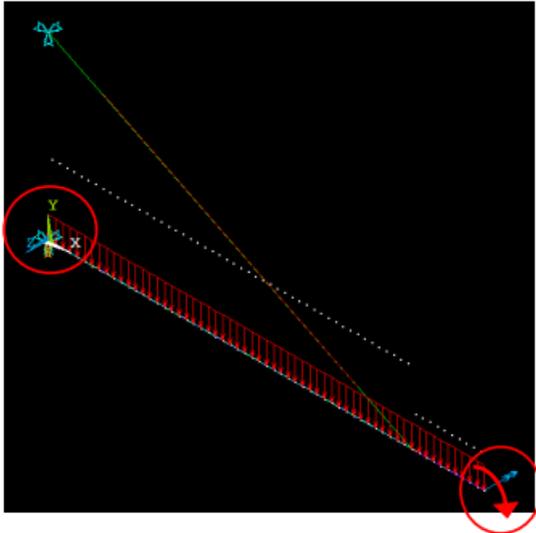
*Για να επιβάλουμε τριγωνικό/τραπεζοειδές κατανεμημένο φορτίο, στην καρτέλα «Apply PRES on Beams», συμπληρώνουμε στο πεδίο «VALI Pressure value at node J» την τιμή του φορτίου που αντιστοιχεί στο κόμβο J.*

#### **B. Εφαρμογή συγκεντρωμένης ροπής**

(i) Πηγαίνουμε στο **Solution-> Define Loads->Apply->Structural->Force/Moments** και επιλέγουμε **On Keypoints**.

(ii) Ενώ έχει εμφανιστεί η καρτέλα “Pick: Apply F/M on KPS” κάνουμε click στον καμβά και επιλέγουμε το KP στο οποίο θα εφαρμόσουμε τη ροπή (σημείο C).

(iii) **Πατώντας OK**, εμφανίζεται η καρτέλα “Apply F/M, ROT on KPS”. Για να εφαρμόσουμε τη ροπή στο πεδίο **Force/moment value** συμπληρώνουμε την τιμή **-100000(Nmm)**. *Ο λόγος που συμπληρώνουμε αρνητική τιμή είναι γιατί η δεξιόστροφη ροπή που επιθυμούμε να εισάγουμε, ως διάνυσμα έχει διεύθυνση στα αρνητικά του άξονα Z.*



### **8 Επίλυση**

Για να επιλύσουμε το πρόβλημα πηγαίνουμε στο μενού **Solution-> Solve** και επιλέγουμε **Current LS**. Στην καρτέλα «**Solve Current Load Step**» πατάμε **OK** και ξεκινά η επίλυση.

---

## **“General Postproc”**

### **9 Προβολή αποτελεσμάτων**

#### Παραμορφωμένο σώμα

Στο **General Postproc-> Plot Results** και επιλέγουμε **Deformed Shape**. Στην καρτέλα “**Plot Deformed Shape**” επιλέγουμε το “**Def+undeformed**”.

#### Προβολή μετατοπίσεων

Στην καρτέλα “**List Results**” επιλέγουμε **Nodal Solution->DOF Solution->Displacement vector sum**.

#### Προβολή αντιδράσεων στήριξης

**List Results -> Reaction Solution**. Στην καρτέλα “**List Reaction Solution**” επιλέγουμε **All items**.

### **Δημιουργία Element Table**

**General PostProc->Element Table** και επιλέγουμε **Define Table**.

**Επιλογή By sequence num** και εισάγουμε τα μεγέθη που μας ενδιαφέρουν. Ενδεικτικά οι πίνακες παρουσιάζονται παρακάτω.

*Για περισσότερες λεπτομέρειες δείτε στην βιβλιοθήκη του προγράμματος.*

**α) BEAM188**

| Μέγεθος   | Όνομα  | Element Table |          |          |
|---|--------|---------------|----------|----------|
|   |        | Item          | Κόμβος I | Κόμβος J |
| Αξονική Δύναμη μέλους (στο τοπικό σύστημα του στοιχείου)<br>Member Force (in the element CS)                        | Fx     | SIMSC         | 1        | 14       |
| Τέμνουσα στον y (στο τοπικό σύστημα του στοιχείου)<br>Shear Force along y (in the element CS)                       | SFy    | SMISC         | 6        | 19       |
| Τέμνουσα στον z (στο τοπικό σύστημα του στοιχείου)<br>Shear Force along y (in the element CS)                       | SFz    | SMISC         | 5        | 18       |
| Καμπτική ροπή ως προς τον y (στο τοπικό σύστημα του στοιχείου)<br>Bending moment with respect y (in the element CS) | My     | SMISC         | 2        | 15       |
| Καμπτική ροπή ως προς τον z (στο τοπικό σύστημα του στοιχείου)<br>Bending moment with respect z (in the element CS) | Mz     | SMISC         | 3        | 16       |
| Στρεπτική ροπή<br>Torsional moment  | TQ     | SMISC         | 4        | 17       |
| Ορθή τάση $\sigma_{xx}$   | Sxx    | LS            | CI       | CJ       |
| Ορθή παραμόρφωση $\epsilon_{xx}$  | EPELxx | LPEL          | CI       | CJ       |

όπου οι τιμές CI και CJ ανάλογα με την τιμή ηη του σημείου που επιλέχθηκε και το συνολικό αριθμό των σημείων RST ηηmax δίνονται από τις σχέσεις:

$$CI = (m - 1) \times 3 + 1$$

$$CJ = (m \max + m - 1) \times 3 + 1$$

**β) Για LINK180**

| Μέγεθος   | Όνομα  | Element Table |   |
|---|--------|---------------|---|
|   |        | Item          | E |
| Τάση<br>Axial Stress                                    | Sxx    | LS            | - |
| Ελαστική Παραμόρφωση<br>Axial Elastic Strain            | EPELxx | LPEL          | - |
| Αξονική Δύναμη μέλους<br>Member Force in the element CS | FORCE  | SIMSC         | 1 |

**Δημιουργία Διαγραμμάτων**

**General PostProc->Plot Results->Contour Plot** και επιλέγουμε **Line Elem Res**. Στην καρτέλα «**Plot Line Element Results**» επιλέγουμε το μέγεθος που θέλουμε να προβάλλουμε συμπληρώνοντας κατάλληλα τα πεδία **LabI** και **LabJ**.

**Προβολή αποτελεσμάτων των μεγεθών του Element table**

**List Results->Element Table Data** και επιλέγουμε **Element Table Data**.