

Aplicația AEF-A.1.1

CUVINTE CHEIE

Analiza statică liniară, Model geometric plan, Starea plană de tensiuni, Material liniar, Element finit 2D plan, Element finit liniar, Element de mașină, Verificare cu modele clasice, Bară încastrată

CUPRINS

- A. DESCRIEREA PROBLEMEI
- B. MODELUL DE AEF
- C. PREPROCESAREA MODELULUI DE AEF
- D. REZOLVAREA MODELULUI DE AEF
- E. POSTPROCESAREA REZULTATELOR
- F. ANALIZA REZULTATELOR
- G. CONCLUZII

A. DESCRIEREA PROBLEMEI

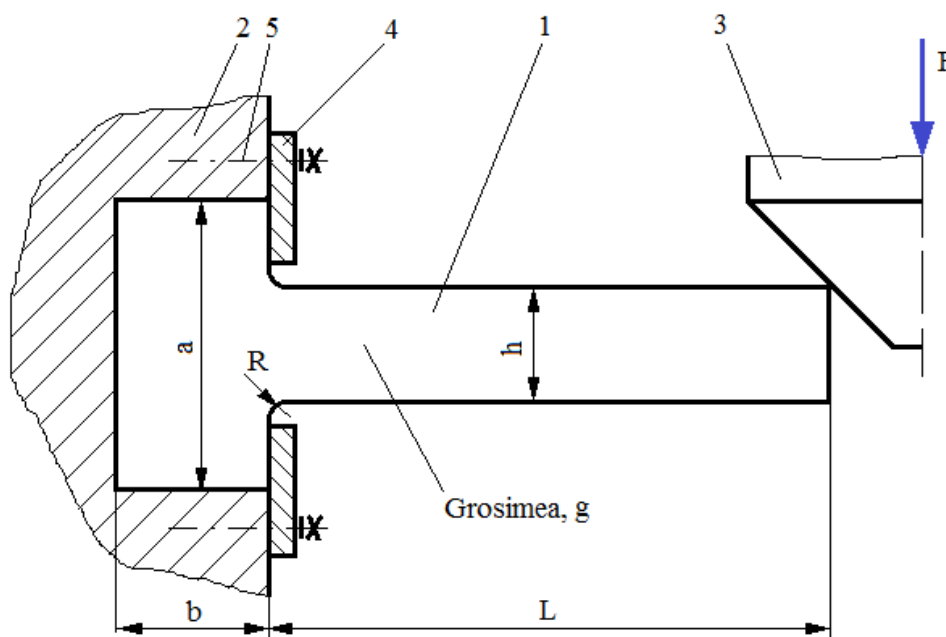
A.1 Introducere

În multe situații de instruire în vederea rezolvării de probleme de AEF, mai ales, ca *începător sau la inițierea în vederea folosirii unei noi platforme de AEF*, se recomandă rezolvarea unor *probleme simple care se reduc la modele clasice* cu soluții analitice cunoscute.

Obiectivul principal al acestei aplicații presupune dezvoltarea unei AEF pentru o structură de tip bară plană încastrată și compararea rezultatelor cu cele clasice analitice.

A.2 Descrierea aplicației

În structura dispozitivului de susținere de mai jos, elementul elastic de rezemare 1, poziționat ferm în corpul 2 prin riglele 4 și șuruburile 5, trebuie să asigure o deplasare impusă sub acțiunea forței de apăsare F , dezvoltată de patina 3, și să revină la starea inițială după anularea acesteia.



A.3 Scopul aplicației

În cazul acestei aplicații se impune *analiza câmpurilor de deplasări, deformații și tensiuni* din elementul de rezemare 1 executat din oțel C55 și cu următoarele dimensiuni: $L=100$, $h = 10$ mm, $g = 10$ mm, $a = 50$ mm, $b = 20$ mm. În urma analizei structurii pornind de la faptul că elementul 1 are grosime constantă redusă și încărcarea cu forța, $F = 1000$ N, se produce uniform pe lățime, se evidențiază încadrarea problemei în *starea plană de tensiuni* (tensiunile sunt invariabile pe grosime).

B. MODELUL DE AEF

B.1 Definirea modelului

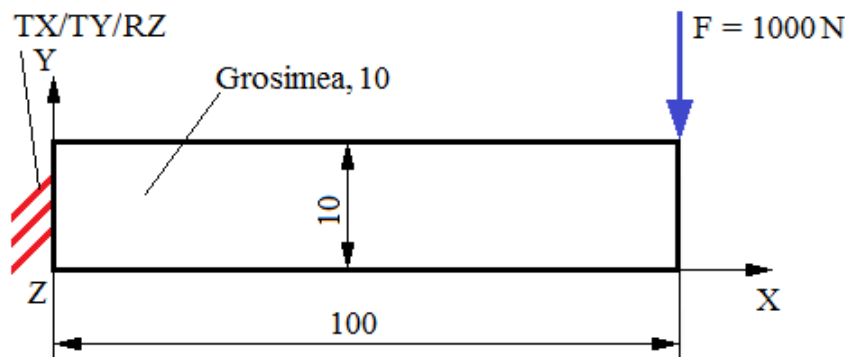
În vederea comparării rezultatelor obținute prin analiza cu elemente finite cu modelul clasic de rezolvare bazat pe metodele rezistenței materialelor (grindă încastrată) se adoptă cel mai simplificat model posibil care presupune:

- formă geometrică simplă,
- adoptarea constrângerilor rezistenței materialelor (încastrare),
- încărcarea cu forță concentrată,
- materialul are comportare liniară.

B.2 Descrierea modelului de analiză

Deoarece structura este încadrabilă în starea plană de tensiuni pentru AEF aceasta se poate modela în plan, considerând forma geometrică dreptunghiulară cu lungimea 100 mm și lățimea 10 mm, cu elemente finite 2D.

Constrângerile geometrice care presupun anularea deplasărilor de translație și a rotirii în raport cu axe X, Y și, respectiv, Z se aplică punctelor de pe muchia poziționată pe axa Y. Încărcarea modelului se face cu forța concentrată $F = 1000 \text{ N}$ în colțul extrem superior.



B.3 Stabilirea caracteristicilor materialului și mediului

Pentru AEF caracteristicile de rezistență ale materialului C55, sunt:

- modulul de elasticitate longitudinală, $E = 210000 \text{ N/mm}^2$;
- coeficientul contracției transversale (Poisson), $\nu = 0,3$.

Temperatura medie de lucru a subansamblului, $T_0 = 20^\circ \text{C}$.

C. PREPROCESAREA MODELULUI DE AEF

C.1 Activarea, setarea și salvarea proiectului

Activarea proiectului

⚠ **Unsaved Project - Workbench**, **Toolbox**: $\downarrow$ **Analysis Systems**: $\downarrow$ **Static Structural** (apare automat fereastra cu modulele proiectului); [se schimbă denumirea **Static Structural**].

Setarea tipului problemei (2D)

$\downarrow$ **Geometry** $\rightarrow$ $\downarrow$ **Properties** $\rightarrow$ **Properties of Schematic A3: Geometry**, **Advanced Geometry Options**, $\downarrow$ **Analysis Type**, [se selectează din listă $\downarrow$ **2D**] $\rightarrow$ [se închide fereastra $\downarrow$ **X**].

Salvarea proiectului

$\downarrow$ **Save As...** $\rightarrow$ **Save As**, **File name**: [se introduce denumirea] $\rightarrow$ **Save**.

C.2 Modelarea caracteristicilor materialului și mediului

⚠ $\rightarrow$ **Project Schematic** $\rightarrow$ **Engineering Data** $\checkmark$ $\rightarrow$ **Edit...** $\rightarrow$ **Outline of Schematic A2: Engineering Data**: $\downarrow$ **Structural Steel**, **Properties of Outline Row 3: Structural Steel**: **Isotropic Elasticity** $\rightarrow$ **Young's Modulus**, [se selectează în lista din coloana C (**Unit**) cu $\downarrow$ **MPa**], [se introduce în caseta din coloana B (**Unit**) valoarea, 210000] $\rightarrow$ **Update Project** $\rightarrow$ **Return to Project** (ceilalți parametri rămân implicați).

C.3 Modelarea geometrică

C.3.1 Încărcarea modului DesignModeler (DM)

ANSYS Workbench → Project Schematic → Geometry → New Geometry... → ANSYS Workbench: Millimeter, OK

C.3.2 Generarea schiței

Vizualizarea planului implicit (XY)

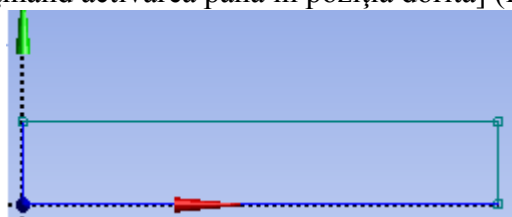
DM → Sketching → (Look At Face/Plane/Sketch) [se va vizualiza automat planul implicit, XY].

Generare linie dreptunghiulară

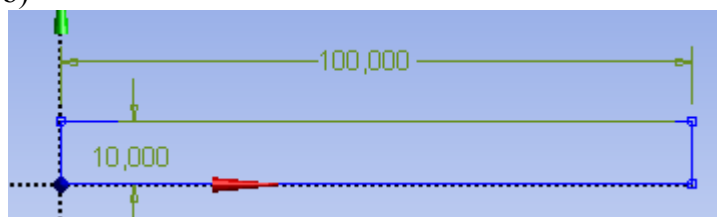
Draw → Rectangle → [se va trasa linia dreptunghiulară cu indicatorul de tip creion pornind cu din originea sistemului de coordonate (apare simbolul P), și se finalizează în punctul opus odată cu eliberarea mouse-ului într-un punct din cadranul I (fig. a)]

Cotare

Dimensions → Semi-Automatic → [se activează automat cu cotele] → Details View, Dimensions: 2: L1, [se introduce valoarea, 10]; L2, [se introduce valoarea, 100] (fig. b). Display (vizualizare cote), Name: (se dezactivează), Value: (se activează). Move (mutare cote), [se activează cu cota și se mută menținând activarea până în poziția dorită] (fig. b)



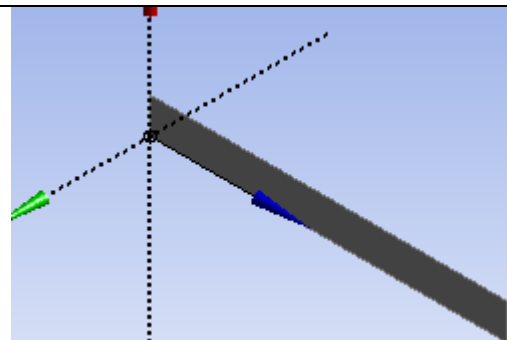
a.



b.

C.3.3 Generarea suprafeței

DM → Concept → Surfaces From Sketches → Details View, Details of SurfaceSk1: Base Objects → XYPlane, Sketch1 → Apply, Thickness (>=0), [se introduce valoarea grosimii, 10] → Generate, Sketch1 → Hide Sketch (mascare schiță). ISO (vizualizare axonometrică). 1 Part, 1 Body → Surface Body → Details View, Details of Surface Body: Body, [se introduce denumirea, Suprafață bară]



C.3.4 Salvarea modelului geometric

DM → (Save Project) → (Close).

C.4. Modelarea cu elemente finite

C4.1 Lansarea modului de modelare cu elemente finite și setarea tipului problemei, caracteristicilor de material și sistemului de unități de măsură

Lansarea modului de modelare cu elemente finite

ANSYS Workbench → Project Schematic → Model → Edit... → [se lansează modulul Mechanical ANSYS Multiphysics].

Setarea tipului problemei

M → Outline → Project → Geometry → Details of "Geometry", Definition: 2D Behavior, [se selectează din listă Plane Stress (setare implicită)].

Setarea caracteristicilor de material

Outline → Geometry → Suprafață bară → Details of "Suprafață bară": Material: Assignment, [se selectează din listă Structural Steel] (de obicei, când este un singur material această setare este implicită).

Setarea sistemului de unități de măsură

M → Units → Metric (mm, kg, N, s, mV, mA).

C.4.2 Discretizarea modelului

Discretizarea automată (cu parametrii globali implicați, inclusiv, element finit neliniar, parabolic cu latura linie curbă respectiv cu un nod intermediar)

M → Outline → Project → Mesh → Generate Mesh.

Vizualizarea statisticii discretizării

Mesh → Details of "Mesh", Statistics: Nodes, 282; Elements, 75.

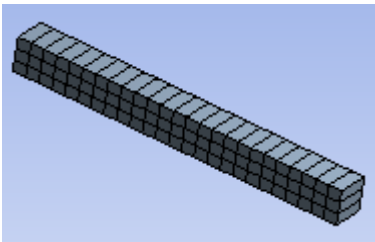
Adoptarea elementului finit neliniar (cu latura linie dreaptă respectiv fără nod intermediar)

Mesh → Details of "Mesh", Advanced: Element Midside Nodes, [se selectează din listă ↓], [Dropped] → Update.

Revizualizarea statisticii discretizării

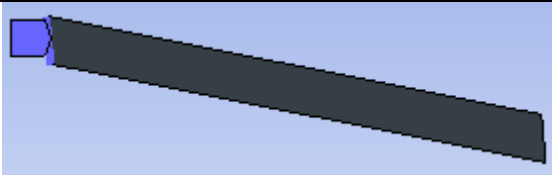
Mesh → Details of "Mesh", Statistics: Nodes, 104; Elements, 75 → ISO.

Obs. Ultima discretizare cu element finit liniar are același număr de elemente finite (75) dar are un număr mai mic de noduri (104) decât numărul de noduri (282) corespunzător discretizării cu element finit parabolic.



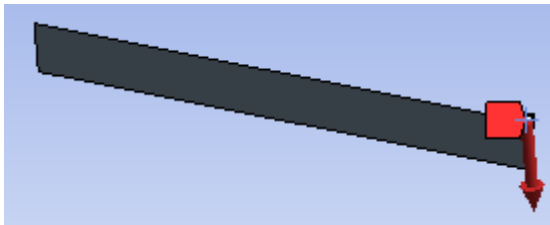
C.4.3 Modelarea constrângerilor geometrice

M → Outline → Static Structural (A5) → Supports → Fixed Support → Details of "Fixed Support", Geometry → [se activează filtrul de selecție linie] → [se selectează cu ↓ muchia din stânga] → Apply.



C.4.4 Modelarea încărcării

M → Outline → Static Structural (A5) → Loads → Force → Details of "Force", Scope: Geometry → [se activează filtrul de selecție punct] → [se selectează cu ↓ vârful] → Apply; Definition: Define By, [se selectează din listă ↓], Components, Y Component, 0, N (ramped) → [se introduce valoarea, -1000].



C.4.5 Salvarea proiectului

M → File → Save Project...

C. REZOLVAREA MODELULUI DE AEF

D.1. Selectarea rezultatelor

M → Outline → Solution (A6) → Deformation → Total.

Solution (A6) → Stress → Normal → Details of "Normal Stress", Definition: Orientation, [se selectează din listă ↓], X Axis (setare implicită).

Solution (A6) → Stress → Shear.

Solution (A6) → Stress → Equivalent (von-Mises).

D.2 Lansarea modului de rezolvare

M → Solution (A6) → Solve.

D. POSTPROCESAREA REZULTATELOR

E.1. Vizualizarea câmpului de deplasări

M → Outline → Solution (A6) → Total Deformation.

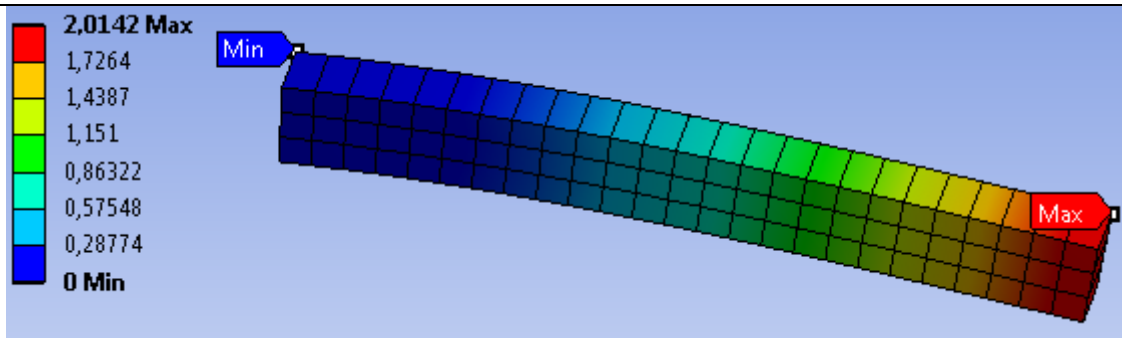
→ [se selectează din listă ↓], Smooth Contours.

→ [se selectează din listă ↓], Show Elements.

Result → [se selectează din listă ↓], 5, (2x Auto).

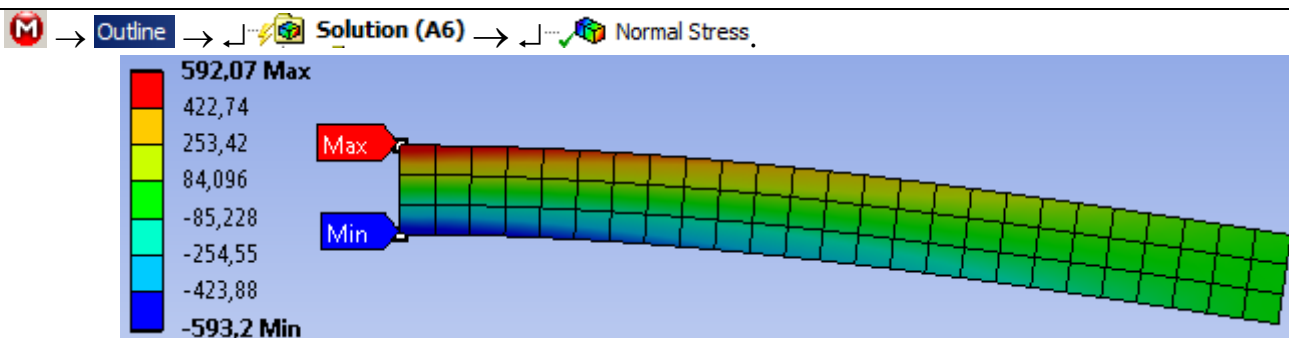
Graph → Animation.

M → MAX; MIN.

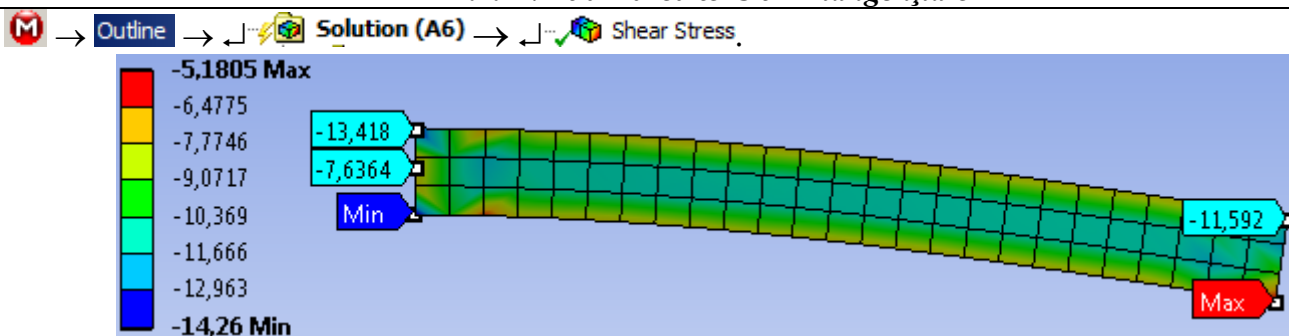


E.2. Vizualizarea câmpurilor de tensiuni

E.2.1 Vizualizarea tensiunii normale în direcția X



E.2.2 Vizualizarea tensiunii tangențiale



E.2.3 Vizualizarea tensiunii echivalente (von Mises)



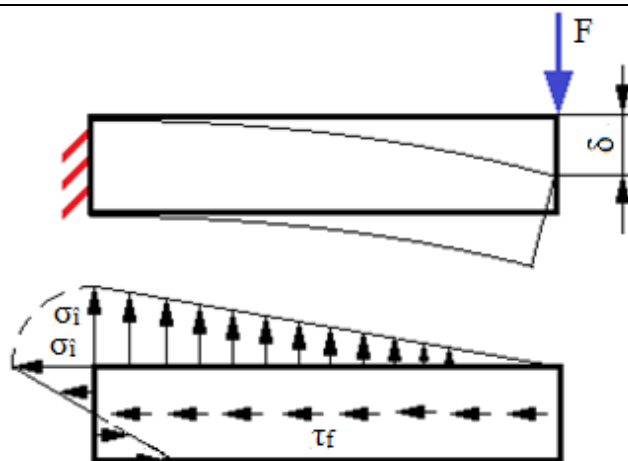
E. ANALIZA REZULTATELOR

F.1 Modelul teoretic (analitic) de calcul

Studiile analitice clasice asupra structurii de analizat (bară încadrată) se pot sintetiza în calculul parametrilor:

- deplasarea maximă, $\delta = \frac{Fl^3}{3EI_z} = \frac{4Fl^3}{Eb^3} = \frac{4 \cdot 10^3 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^5 \cdot 10 \cdot 10^3} = 2 \text{ mm}$;
- tensiunea normală maximă de încovoiere (relația lui Navier), $\sigma_i = \frac{M_i}{W_z} = \frac{6Fl}{bh^2} = \frac{6 \cdot 10^3 \cdot 10^2}{10 \cdot 10^2} = 600 \text{ MPa}$;
- tensiunea tangențială maximă de forfecare (relația lui Juravski),

$$\tau_f = \frac{3T}{2A} = \frac{3F}{2bh} = \frac{3 \cdot 10^3}{2 \cdot 10 \cdot 10} = 15 \text{ MPa}.$$



F.2 Compararea și evaluarea rezultatelor

În urma analizei rezultatelor obținute ca urmare a modelării și AEF (subcap. E) și a folosirii relațiilor de calcul clasice (subcap. E și F.1) obținute în condițiile ipotezelor rezistenței materialelor, se evidențiază următoarele:

- deplasarea maximă 2,0142 mm, obținută cu AEF (E.1), este cvasiaceeași cu deplasarea (2 mm) obținută din modelul teoretic analitic (subcap. F.1);
- tensiunea normală maximă în direcția X, 593,2 MPa, obținută cu analiza cu elemente finite (subcap. E.2.2) are o abatere de -1,13% față de tensiunea normală maximă (600 MPa) teoretică (subcap. F.1);
- distribuția tensiunii de forfecare (E.2.3) evidențiază valori maxime (14,26 MPa) în zona de încastrare comprimată care au abaterea de - 4,9% față de valoarea teoretică (15 MPa);
- tensiunea echivalentă (von Mises) are valoarea maximă (587,8 MPa) în zona de încastrare întinsă.

F. CONCLUZII

Modelarea și analiza cu elemente finite din această lucrare s-au realizat mai mult *cu scop didactic* urmărind, pe de-o parte, *inițierea utilizatorului* cu etapele principale de dezvoltare a unei aplicații de AEF în ANSYS Workbench și, pe de altă parte, compararea și evaluarea rezultatelor cu unele *cvasiexacte* obținute prin modele analitice clasice.

Acest proces se recomandă să fie repetat și pentru alte situații practice în vederea dobândirii de experiență în elaborarea modelor de analiză precum și în evaluarea rezultatelor.

Modelul de AEF elaborat în această lucrare *este inefficient din punct de vedere al posibilităților de modelare oferite de platforma ANSYS* deoarece nu ia în considerare zona de racordare din încastrare precum și singularitatea asociată forței concentrare din cauza discretizării grosiere cu elemente finite liniare. Aceste aspecte sunt luate în considerare și studiate în aplicația AEF-A.