

Aplicația AEF-A.1.11

CUVINTE CHEIE

Analiza statică neliniară, Analiză globală, Material liniar, Model geometric 3D, Element finit 3D, Oboseală, Element de mașină

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

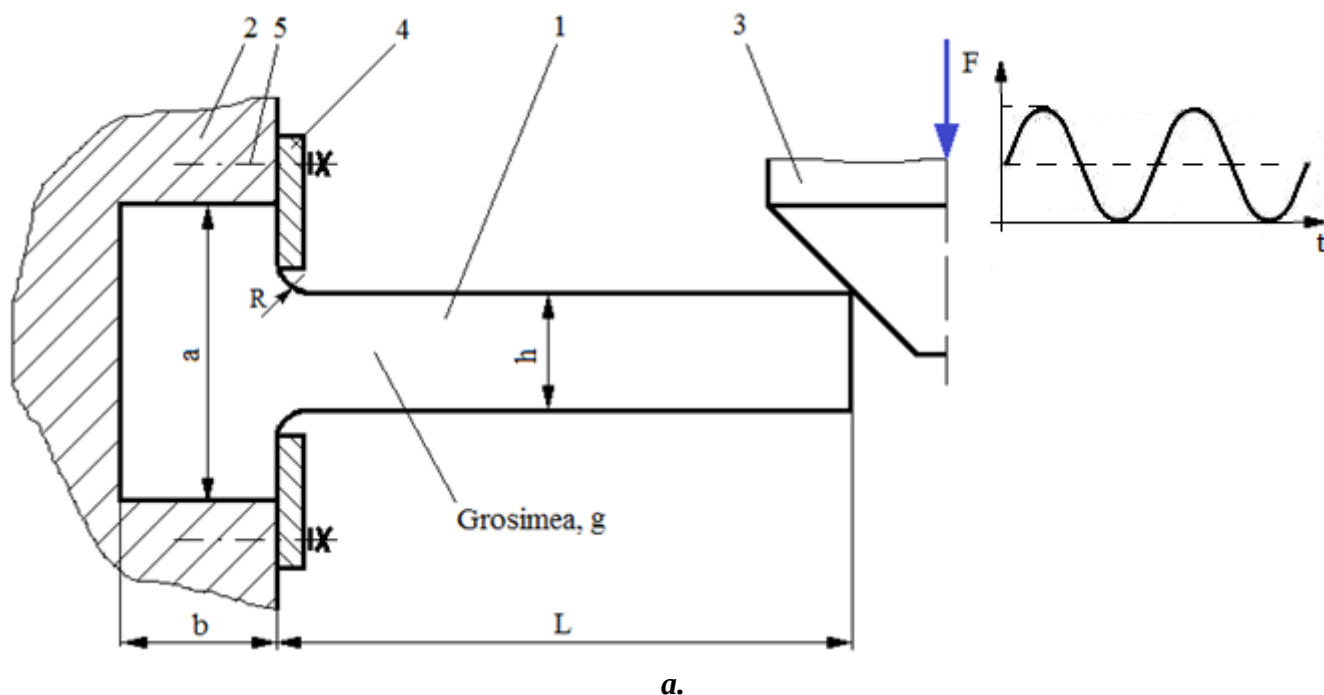
A.1 Introducere

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 dar și prin evidențierea *situațiilor extreme nerecomandate* (de ex. singularități) în aplicațiile practice curente.

Obiectivul principal al acestei aplicații presupune dezvoltarea unei AEF la oboseală pentru o structură de tip bară plană încastrată pentru determinarea durabilității (duratei de viață), tensiunii echivalente și factorului de siguranță la oboseală, cu precădere, în zonele cu concentratori de tensiune (*de racordare*).

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 , cu variație pulsatorie, dezvoltată de patina 3.



A.3 Scopul aplicației

În cazul acestei aplicații se impune *analiza câmpurilor durabilității, deformației și tensiunii* din elementul de rezemare 1 executat din oțel C55 și cu următoarele dimensiuni: $L=100$, $h=10$ mm, $g=10$ mm, $a=50$ mm, $b=10$ mm. În urma analizei structurii pornind de la faptul că elementul 1 are grosime constantă redusă și încărcarea pulsatorie cu valoarea maximă, $F=1000$ N, ce se produce uniform pe lățime se va urmări, cu

precădere, câmpurile din zonele concentratorilor de tensiune.

B. MODELUL DE AEF

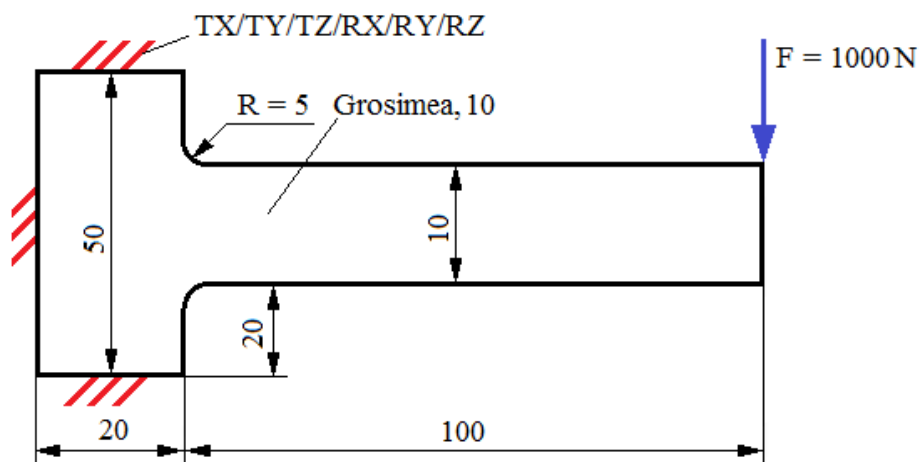
B.1 Definirea modelului

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 variabilă pulsatorie,
- comportare liniară a materialului.

B.2 Descrierea modelului de analiză

Modelul de AEF la oboseală are la bază o structură geometrică spațială de tensiuni ce se generează prin extrudarea pornind de la un model plan (fig. a), de forma dreptunghiulară cu lungimea 100 mm și lățimea 10 mm, care apoi se discretizează cu elemente finite 3D. Constrângerile geometrice care presupun anularea deplasărilor de translație și a rotirilor în raport cu axele X, Y și, respectiv, Z se aplică punctelor de pe suprafețele de rezemare. Încărcarea modelului se face cu forța concentrată $F = 1000$ N pe suprafața frontală a barei.



a.

B.3 Stabilirea caracteristicilor materialului și mediului

Pentru AEF caracteristicile de rezistență ale materialului C55, sunt:

- modulul de elasticitate longitudinală, $E = 210000$ N/mm²;
- coeficientul contracției transversale (Poisson), $\nu = 0,3$.
- tensiunea limită la oboseală, $\sigma_{-1} = 90$ MPa, corespunzătoare numărului de cicluri de bază $N_B = 10^6$ cicluri.

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

A. PREPROCESAREA MODELULUI DE ANALIZĂ

C.1 Activarea și salvarea proiectului

Activarea proiectului

, **Toolbox**: Analysis Systems → Static Structural (apare automat fereastra subproiectului); → [se poate schimba denumirea Static Structural în AEF-A.1.11].

Setarea tipului problemei (3D)

A: Geometry → **Properties** → **Properties of Schematic A3: Geometry**, Advanced Geometry Options: Analysis Type, [se selectează din listă cu 3D] → [se închide fereastra, X].

Setarea sistemului de unități de măsură

, Units → Metric (tonne,mm,s,°C,mA,N,mV).

Salvarea proiectului

Save As... → Save As, **File name**: [se introduce denumirea, AEF-A.1.11] → Save.

C.2 Modelarea caracteristicilor materialului și mediului

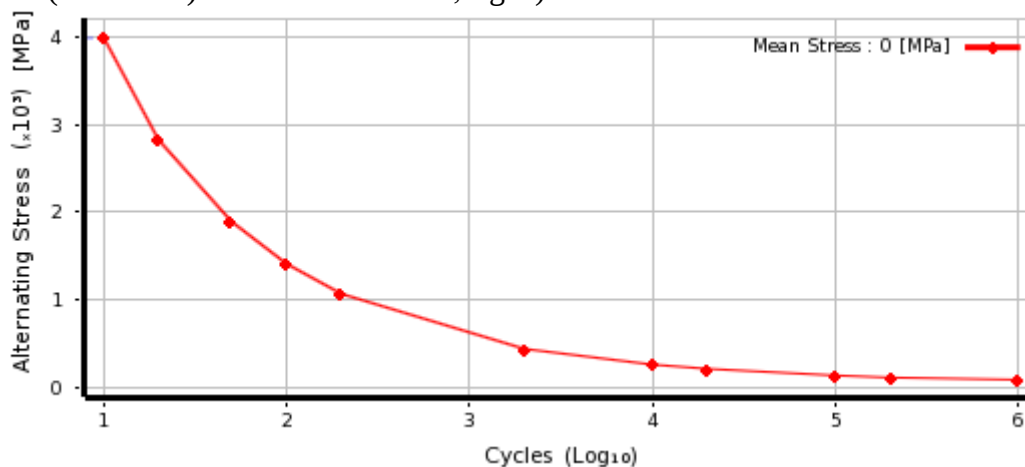
Generare caracteristici de deformare

Project Schematic: L Engineering Data ✓ → Edit... → Outline of Schematic A2: Engineering Data:

Structural Steel, Properties of Outline Row 3: Structural Steel: Isotropic Elasticity → Young's Modulus, [se selectează în lista din coloana C (Unit) cu ↓, ↓MPa], [se introduce în caseta din coloana B (Unit) valoarea, 210000]

Generare caracteristici de oboseală

Engineering Data ✓ → Edit... → Outline of Schematic A2: Engineering Data: Structural Steel, Properties of Outline Row 3: Structural Steel: Alternating Stress Mean Stress, Interpolation, [se selectează în lista din coloana B cu ↓, ↓Semi-Log] (se observă în fereastra Chart of Properties Row 13: Alternating Stress Mean Stress caracteristica la oboseală a materialului, fig. a) → Table of Properties Row 12: Alternating Stress Mean Stress: [se selectează în lista din coloana C (Alternating Stress (Pa)) cu ↓, ↓MPa] → [se modifică în linia 12 coloana C (Alternating Stress (MPa)) rezistența la oboseală a materialului, 90, corespunzătoare numărului de cicluri, 10^6 , coloana B (Cycles)] → Return to Project → Update Project (în ferestrele Chart of Properties Row 13: Alternating Stress Mean Stress, Table of Properties Row 12: Alternating Stress Mean Stress se observă că tensiunea medie (Mean Stress) are valoarea 0 MPa, fig. a).



a.

C.3. Modelarea geometrică

C.3.1 Încărcarea modulului DesignModeler (DM)

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

C3.2 Generarea schiței 1 (arbore)

Vizualizarea planului implicit (XY)

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

Generare linii dreptunghiulare

Draw → Rectangle → [se trasează linia dreptunghiulară cu indicatorul de tip creion marcând cu ↓ un punct din stânga axei Y, și se finalizează în punctul opus odată cu eliberarea ↓] (fig. a) → [se trasează două linii dreptunghiulare cu indicatorul de tip creion marcând cu ↓ dintr-un punct de pe axa Y (apare simbolul C), și se finalizează în punctul opus odată cu eliberarea ↓] (fig. b).

Generare contur bară

Modify → Trim → [se șterge prin selectare cu ↓ porțiunile din segmentele de dreaptă care nu aparțin conturului (fig. c)].

Centrare linii în raport cu axa X

Constraints → Symmetry → [se selectează cu ↓ axa X și apoi cele două linii paralele cu această axă din stânga axei Y (fig. d)] → [se selectează cu ↓ axa X și apoi cele două linii paralele cu această axă din dreapta axei Y (fig. d)].

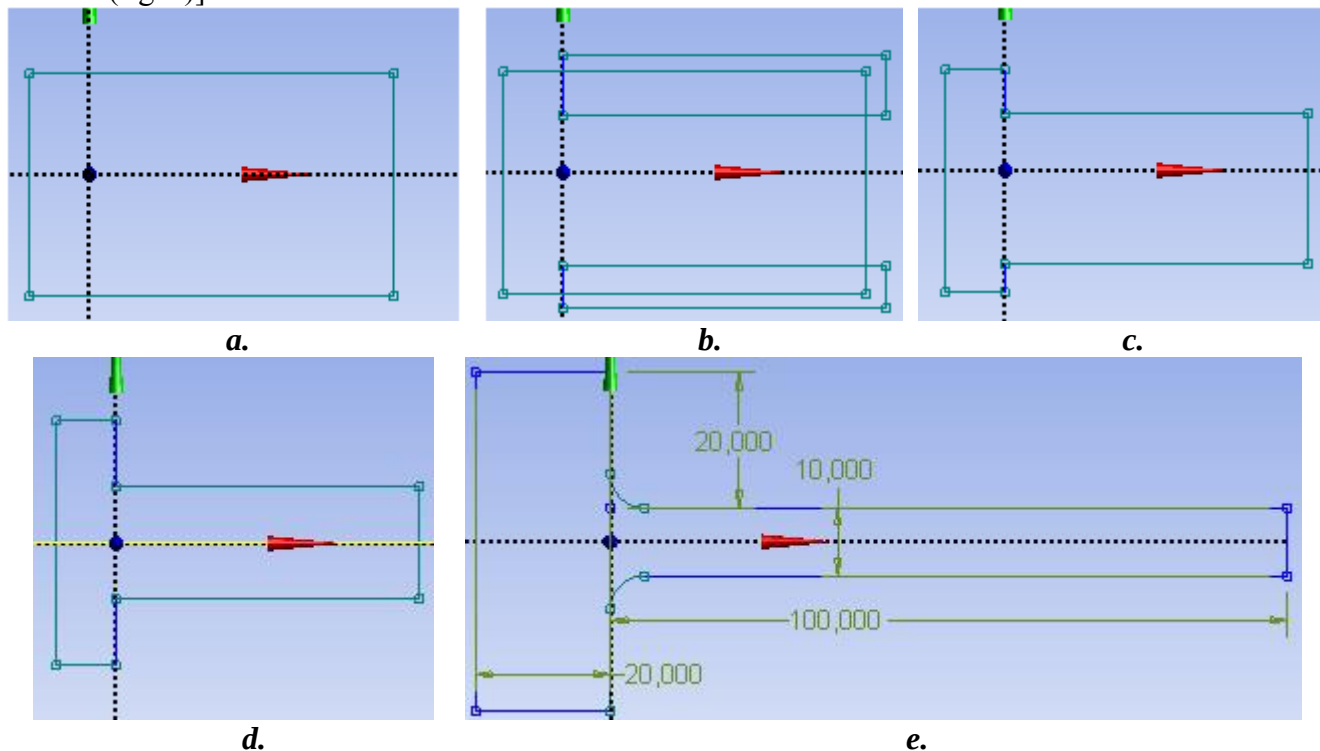
Cotare

Dimensions → Semi-Automatic → [se activează automat cu ↓ cotele] → Details View, Dimensions: 4: → [se introduc în casetele L1, L2, L3, L4 (fig. e)]. 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. e).

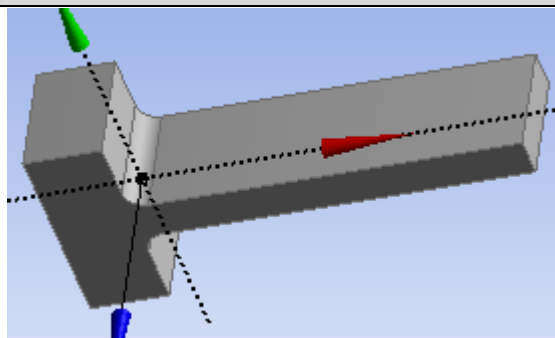
Generare racordare

↙ **Modify** → ↙ **Fillet** → [se introduce în caseta **Radius**, valoarea razei, 5] → [se selectează cu ↙ liniile care se racordează (fig. e)]



C.3.3 Generarea corpului prin extrudare

DM: ↙ **Extrude** → **Tree Outline**: ↙ **XYPlane**,
 ↙ **Sketch1** → **Details View**, ↙ **Details of Extrude1**:
 ↙ **Geometry** → ↙ **Apply**; **FD1**, **Depth (>0)**, [se introduce
 valoarea, 15]. ↙ **Direction** → [se va selecta din listă cu
 ↙, ↙ **Both - Symmetric**]. ↙ **Generate** (generare corp, fig.
 a). ↙ **Sketch1** → ↙ **Hide Sketch**. **Tree Outline**:
 ↙ **1 Part, 1 Body**, ↙ **Solid** → **Details View**,
Details of Body: ↙ **Body**, [se introduce denumirea,
 Corp].



a.

C.3.4 Salvarea modelului geometric

DM: ↙ **(Save Project)** → ↙ **(Close)**.

C.4. Modelarea cu elemente finite

C.4.1 Lansarea modulului de modelare cu elemente finite și setarea caracteristicilor de material și tipului problemei

Lansarea modulului de modelare cu elemente finite

⚠, **Project Schematic**: ↙ **Model** → ↙ **Edit...** → [se lansează modulul **Mechanical [ANSYS Multiphysics]**].

Setare sistemului de unități de măsură

Ⓜ: ↙ **Units** → ↙ **Metric (mm, kg, N, s, mV, mA)** (se setează sistemul de unități de măsură, de obicei, implicit).

Setare caracteristicilor de material

Outline: ↙ **Geometry** → ↙ **Corp** → **Details of "Corp"**, **Material**: ↙ **Assignment** → [se va selecta din listă cu ↙, ↙ **Structural Steel** (setare implicită)].

C.4.3 Discretizarea modelului

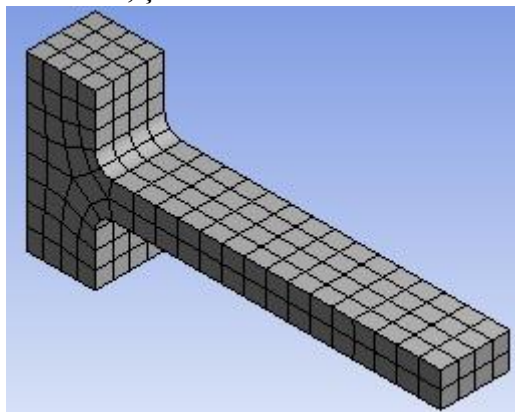
Discretizare automată cu setări implicite

Ⓜ, **Outline**: ↙ **Mesh** → ↙ **Generate Mesh** (fig. a). ↙ **Mesh** → **Details of "Mesh"**, ↙ **Statistics**: [se evidențiază numărul de noduri, **Nodes 1999**, și numărul de elemente finite, **Elements 325**].

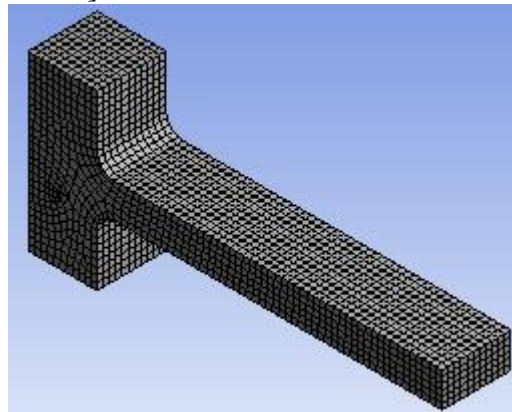
Setare dimensiune element finit (la nivel global) și rediscretizare

↙ **Mesh** → **Details of "Mesh"**: ↙ **Sizing**: ↙ **Relevance Center**, [se va selecta din listă cu ↙, ↙ **Fine**];

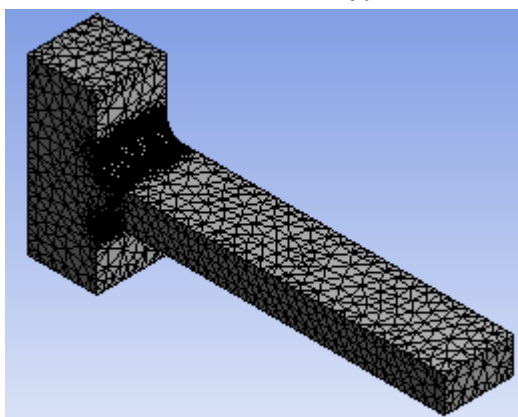
↙⊕ **Advanced** → ↙ **Element Midside Nodes** → [se va selecta din listă cu ↙⏏, ↙ **Kept** (se menține element finit parabolic, cu noduri mediane)]. ↘⚡ **Mesh** → ↙ ⚡ **Generate Mesh** (fig. b). **Details of "Mesh"**: ↙⏏ **Mesh** → ↙⊕ **Statistics**: [se evidențiază numărul de noduri, **Nodes 31267**, și numărul de elemente finite, **Elements 6567**].
Setare dimensiune element finit (la nivel local) și rediscrétizare
 ↘⚡ **Mesh** → ↙ **Insert** → ↙ **Refinement** → **Details of "Refinement" - Refinement**, ↙⏏ **Scope**: ↙ **Geometry**
 ↙ **No Selection** → ↙⏏ → [se selectează cu Ctrl+↙ cele două suprafețe de racordare] → ↙ **Apply**;
 ⊕ **Definition**: ↙ **Refinement**, [se va crește ordinul de rafinare cu ↙ [] la valoarea, 2]. ↘⚡ **Mesh** → ↙ ⚡ **Generate Mesh** (fig. c,d). ↙⏏ **Mesh** → **Details of "Mesh"**: ↙⊕ **Statistics**: [se evidențiază numărul de noduri, **Nodes 36524**, și numărul de elemente finite, **Elements 23298**].



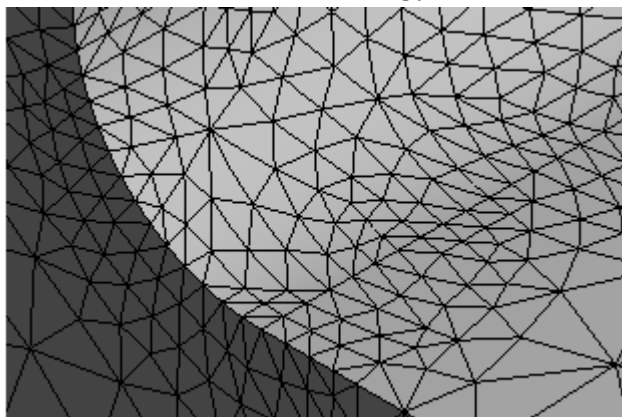
a.



b.



c.



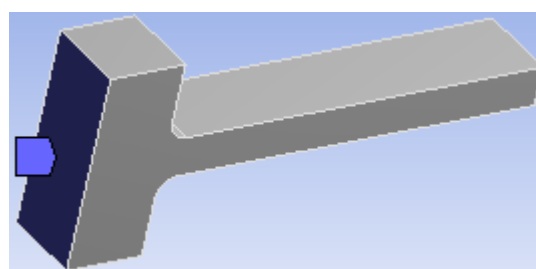
d.

Obs. În fig. a, b elementele finite sunt hexaedrale și în fig. c,d se acestea sunt tetraedrale.

C.5. Modelarea constrângerilor

Generare constrângere de tip încastrare (anulează toate cele 6 grade de mobilitate)

Ⓜ **Outline**: ↙⊕ **Static Structural (A5)** → ↙⏏ **Supports** →
 → ↙⏏ **Fixed Support**; ↙⊕ **Model (A4)** → ↙⏏
 → [selectare cu ↙ a feței cu constrângere (fig. a)];
 ↙⏏ **Fixed Support** → **Details of "Fixed Support"**, **Scope**:
 ↙ **Geometry** → ↙ **No Selection** → ↙ **Apply** (fig. a).

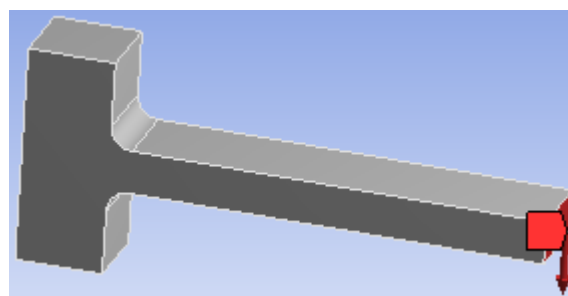


a.

C.5. Modelarea încărcărilor

Încărcare cu forță distribuită pe suprafață

Ⓜ **Outline**: ↘⏏ **Static Structural (A5)** → ↙ **Insert** →
 ↙⏏ **Force** → **Details of "Force"**, **Scope**: ↙ **Geometry** → ↙⏏
 [se va selecta cu ↙ fața pe care se aplică forța] →
 ↙ **Apply**; **Definition**: ↙ **Define By** → [se selectează din lista
 cu ↙⏏, ↙ **Components**]; ↙ **X Component** → [se introduce
 valoarea, -1000] (fig. a).



a.

D. REZOLVAREA MODELULUI CU ELEMENTE FINITE

D.1 Setarea criteriului

☑, Outline: → ⚙️ Solution (A6) → Solution: ⚙️ Tools → ⚙️ Fatigue Tool → Details of "Fatigue Tool",
 ⚙️ Loading: → ⚙️ Type → [se va selecta din listă cu ⚙️, ⚙️ Zero-Based]; ⚙️ Options: ⚙️ Analysis Type Stress Life,
 [se selectează din listă cu ⚙️, ⚙️ Stress Life], ⚙️ Mean Stress Theory, [se selectează din listă cu ⚙️, ⚙️ Goodman];
 ⚙️ Stress Component, [se selectează din listă cu ⚙️, ⚙️ Equivalent (Von Mises)].

D.2 Setarea rezultatelor

Setare deplasare totală

☑, Outline: ⚙️ Solution (A6) → ⚙️ Insert → ⚙️ Deformation → ⚙️ Total.

Setare tensiune echivalentă

☑, ⚙️ Solution (A6) → ⚙️ Insert → ⚙️ Stress → ⚙️ Equivalent (von-Mises).

Setare durabilitate

☑, ⚙️ Fatigue Tool → ⚙️ Life.

Setare factorul de siguranță la oboseală

☑, ⚙️ Fatigue Tool → ⚙️ Safety Factor.

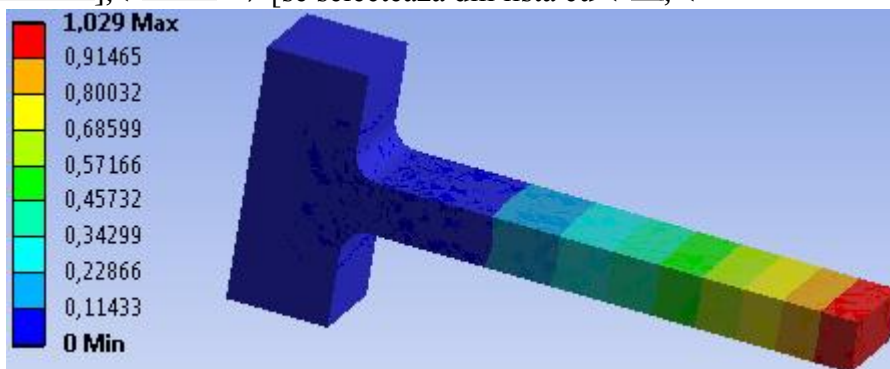
D.3 Lansarea modului de rezolvare a modelului

☑, Outline: ⚙️ Solution (A6) → ⚡ Solve.

B. POSTPROCESAREA REZULTATELOR

E.1. Vizualizarea câmpului deplasărilor totale

☑, Outline: ⚙️ Solution (A6) → ⚙️ Total Deformation (fig. a); ⚙️ → [se selectează din listă cu ⚙️, ⚙️ Contour Bands] (vizualizarea conturilor în benzi); ⚙️ → [se selectează din listă cu ⚙️, ⚙️ Show Undeformed Model]; ⚙️ Result → [se selectează din listă cu ⚙️, ⚙️ 0.0 (Undeformed)].

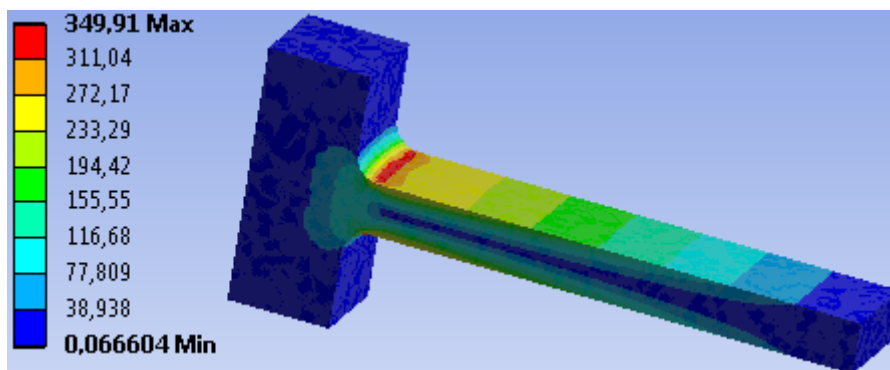


a.

E.2. Vizualizarea câmpurilor tensiunilor

Vizualizare câmp tensiune echivalentă

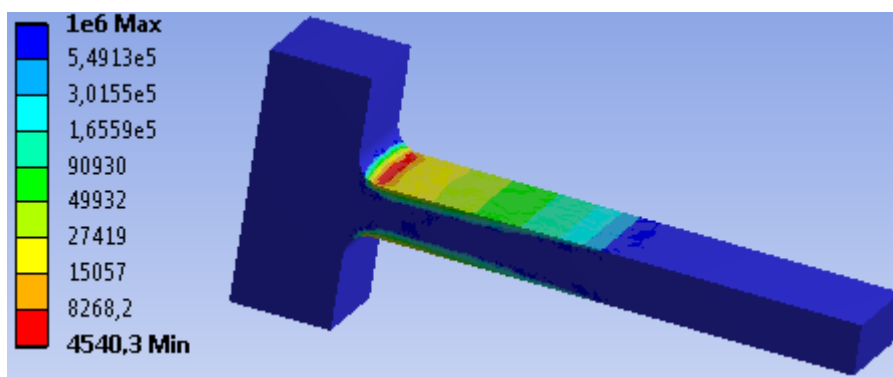
☑, Outline: ⚙️ Solution (A6) → ⚙️ Equivalent Stress (fig. a); ⚙️ Result → [se selectează din listă cu ⚙️, ⚙️ 0.0 (Undeformed)].



a.

E.3. Vizualizarea câmpului durabilității

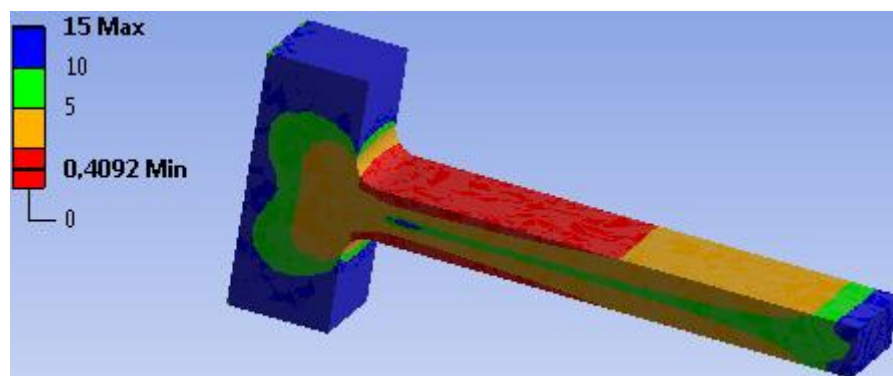
M, Outline: Solution (A6) Life (fig. a).



d.

E.4 Vizualizarea câmpului factorului de siguranță la oboseală

M, Outline: Solution (A6) Safety Factor (fig. a).



a.

C. ANALIZA REZULTATELOR

F.1 Interpretarea rezultatelor

În urma analizei rezultatelor obținute, ca urmare, a modelării și postprocesării rezultatelor (subcap. E) se evidențiază următoarele:

- În urma procesului de deformare a barei se observă deplasări mărite (max. 1,029 mm, subcap. E.1) în zona de acțiune a forței. Se observă că valoarea deplasării este jumătate din valoarea (2,0596 mm) obținută pentru analiza aceleiași structuri dar solicitată static (v. aplicația AEF-A.1.2) și, deci, deplasarea obținută corespunde valorii forței medii a ciclului pulsator de solicitare.
- Tensiunea echivalentă are valoarea maximă (349,91 MPa, subcap. E.2) în zona de racordare.
- Durabilitatea minimă (4540,5 cicluri) este, de asemenea, în zona de racordare unde tensiunea este maximă.
- Coeficientul de siguranță la oboseală are valoarea minimă (0,4092) în zona de racordare.

F.2 Studii pentru proiectare

Din analiza rezultatelor de mai sus se evidențiază că structura analizată nu atinge zona durabilității nelimitate deoarece numărul efectiv de cicluri $4540,5 < N_B = 10^6$ cicluri și coeficientul de siguranță efectiv $0,4092 < 1$. Astfel, ținând cont de caracteristica la oboseală a materialului (subcap. C.2, fig. a) se evidențiază funcționarea structurii în zona *durabilității limitate*.

Pentru modificarea punctului de funcționare (număr de cicluri de solicitare – tensiunea de rupere prin oboseală) se pot face următoarele modificări ale modelului de analiză: scăderea valorii forței de încărcare și/sau creșterea razei de racordare. Astfel, după modificarea modelului de analiză și rezolvarea acestuia prin parcurgerea succesiunilor: Tree Outline: ... modificări ... Generate; Outline:

Geometry → Refresh Geometry; Solve, se reanalizează și se reinterpretează rezultatele.

G. CONCLUZII

Modelarea și analiza cu elemente finite din această lucrare s-au realizat și *cu scop didactic* urmărind *inițierea utilizatorului* cu etapele principale de dezvoltare a unei aplicații de AEF la oboseală în ANSYS Workbench, în care se insistă, cu precădere, pe modelarea și analiza unui element deformabil și aspectelor privind calculul la oboseală.

Modelul de AEF adoptat implică considerarea *curba de oboseală* σ -N a materialului. Ca urmare, a rezolvării modelului cu elemente finite s-au obținut rezultate care evidențiază comportarea la oboseală a structurii.