

Aplicația 4

Pod în curbă Linii de influență

Enunț:

Podul în curbă are alcătuirea din fig. 1. Geometria podului se obține știind că lățimea este de 11 m, raza interioară este de 75 m, iar cea exterioară de 86 m. Unghiul la centru al fiecărei deschideri este de 7.5 grade. Grosimea plăcii este de 0.7 m.

Ipoteza de încărcare este greutatea proprie.

Placa este simplu rezemată de-a lungul laturilor care mărginesc cele trei deschideri.

Caracteristicile materialului din care este realizată placa sunt următoarele: modulul de elasticitate longitudinală $E = 3 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$, coeficientul Poisson 0.15 și densitatea de masă 2.4 kg/m^3 .

Pentru ipoteza de încărcare precizată se cere:

- trasarea suprafeței de influență pentru momentul încovoiător în punctul 1;
- trasarea suprafeței de influență pentru momentul încovoiător în punctul 2;
- trasarea suprafeței de influență pentru reacțiunea verticală în punctul 3.

Notă: Unitățile de măsură utilizate în analiză sunt kN, m și kg.

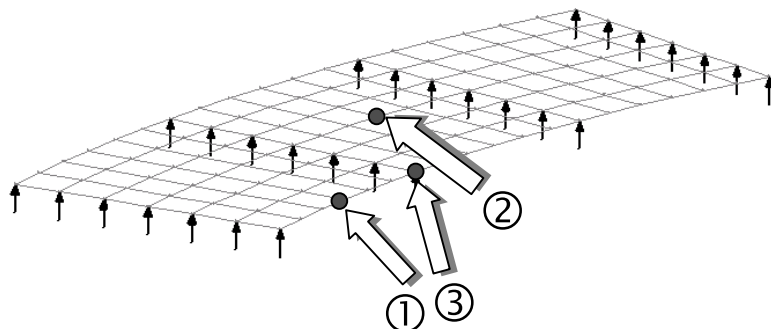



Fig. 1

I. Generarea modelului de calcul (Preprocesare)



- click dublu pe  pentru apelarea programului pentru generarea modelului discret

1. Crearea unui model nou

- odată apelată preprocesarea, pe ecranul calculatorului va apare o casetă de dialog (fig. 2) în care se completează următoarele:
- numele fișierului (**Pod în curbă**);
- unitățile de măsură;
- click **Ok** ✓

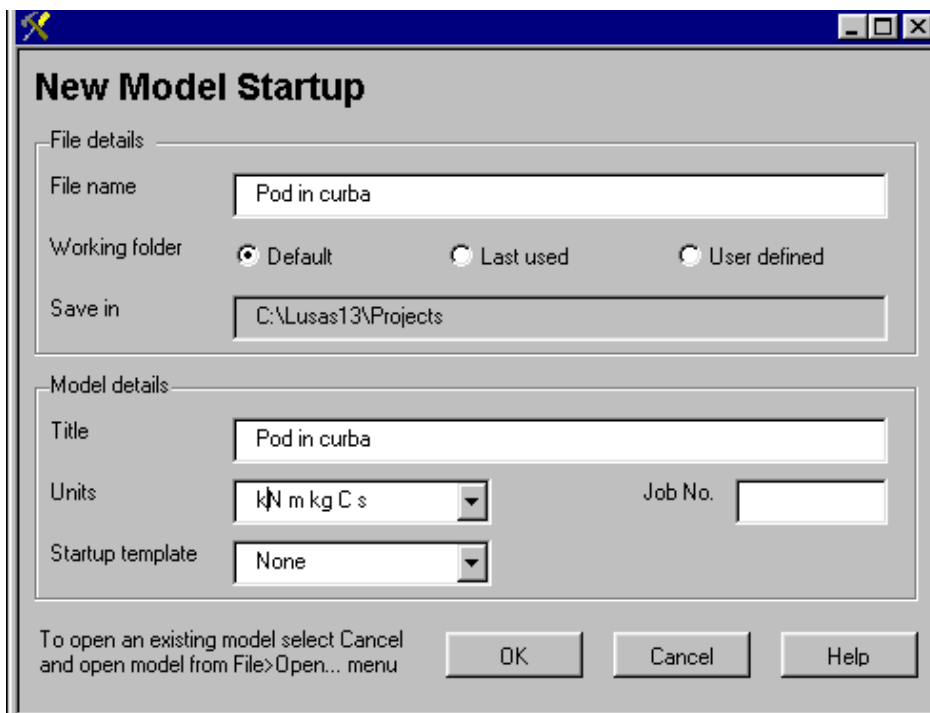



Fig. 2

1.1. Salvarea fișierului


- se apasă pe butonul 
- în caseta de dialog se introduce numele pe care doriți să-l atribuiți fișierului
- click **Save** ✓

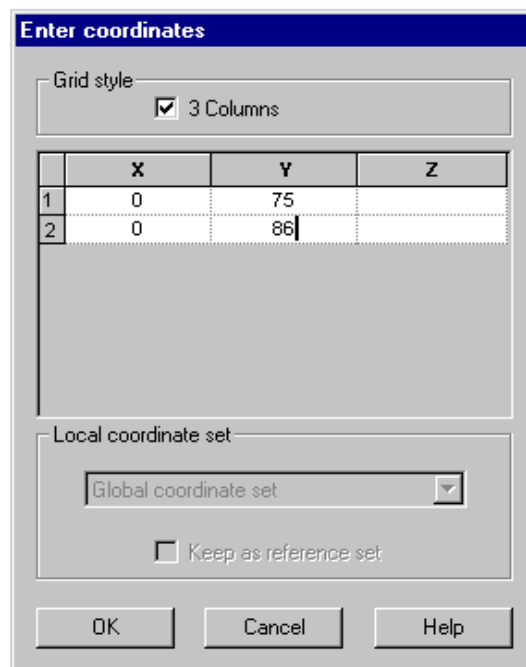


Se recomandă ca pe parcursul realizării modelului să salvați fișierul în mod regulat. Acest lucru vă permite reluarea sesiunii de lucru de la ultima salvare în cazul în care ați făcut o greșală ce nu poate fi corectată.

1.2. Definirea geometriei structurii

1.2.1. Definirea primei suprafețe

- se definește linia prin coordonatele sale fie prin deschiderea meniului **Geometry**, opțiunea **Line**, comanda **Coordinates** fie, direct, prin butonul 
- pe ecran este afișată o casetă de dialog în care se vor introduce coordonatele celor două puncte care definesc linia (fig. 3)
- click **Ok** ✓



	X	Y	Z
1	0	75	0
2	0	86	0


Fig. 3

Pe ecran va fi afișată linia definită (fig. 4).



Fig. 4

Pentru a defini suprafața, se poate apela la una din facilitățile programului - generarea unei suprafețe prin **translatarea unei linii după un arc de cerc**.

- selectați linia creată
- deschideți meniul **Geometry**, opțiunea **Surface**, comanda **By sweeping** sau direct, prin butonul 

- în caseta de dialog care apare pe ecran selectați opțiunea de generare prin rotire (**Rotate**) (fig. 5)
- introduceți unghiul de rotire, considerat pozitiv în sens antiorar, (**-7.5**), planul în care se face rotirea (**planul XY**), coordonatele punctului în raport cu care se face rotirea (**0,0,0**) și tipul arcului (**Minor arc**)
- click **Ok** ✓

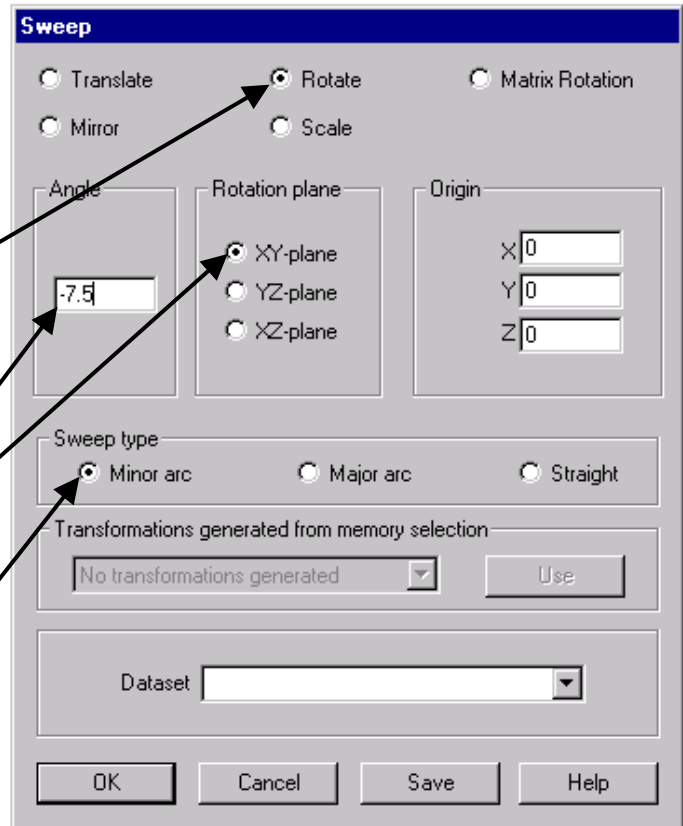


Fig. 5

Pe ecran va fi afișată suprafața generată (fig. 6)

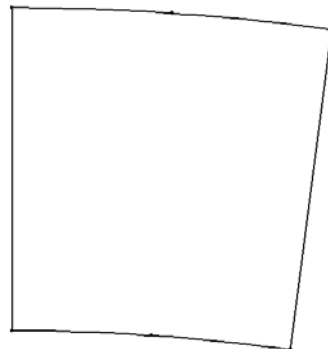


Fig. 6

1.2.2. Modelarea cu elemente finite

Plăcile vor fi modelate cu elemente finite de placă groasă, de formă patrulater, cu două noduri pe fiecare latură (elemente liniare).



Definirea caracteristicilor discretizării

Rețeaua de elemente de suprafață se definește prin descriere:

- se deschide meniul **Attributes**
- se alege opțiunea **Mesh, Surface...**
- în caseta de dialog se alege elementul finit de placă groasă (**Thick plate**) (fig. 7)
- formă patrulateră (**Quadrilateral**)
- cu două noduri pe latură (**Linear**)
- se alege opțiunea **Regular mesh, Automatic divisions** (inițial = 4)
- pentru identificarea elementului finit ales, setului de date i se va atribui un nume (**Placă groasă**)

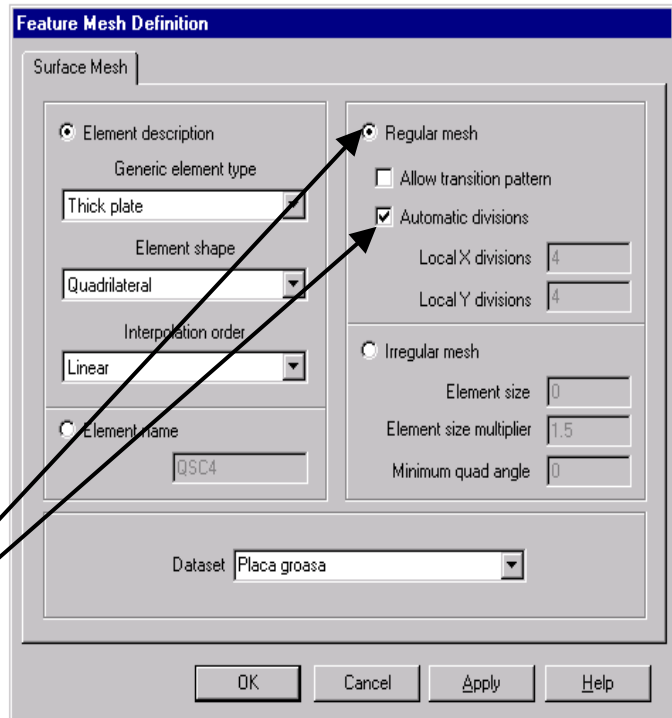


Fig. 7

- click **Ok** ✓



Atribuirea discretizării modelului geometric

- se selectează suprafața prin definirea unei ferestre care cuprinde întreaga suprafață
- cu butonul din stânga al mouse-ului se selectează setul de date **Placa groasa** din fereastra din stânga, meniul **Treeview**
- se ține apăsat butonul mouse-ului și se trage în zona selectată
- se eliberează butonul mouse-ului

Pe ecran va fi afișată suprafața modelată cu elementele finite de placă groasă. Numărul de elemente finite rezultat este în concordanță cu împărțirea automată a liniilor în 4 diviziuni egale (fig. 8).

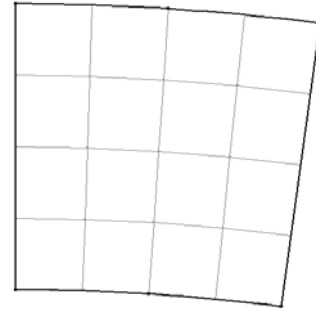


Fig. 8

Pentru a spori numărul de elemente finite cu care este modelat fiecare element de placă se procedează în felul următor:

- se deschide meniul **File**
- se alege opțiunea **Model Properties**
- în caseta de dialog care este afișată (fig. 9) se alege setul de date referitoare la elementele finite (**Meshing**)
- se modifică numărul diviziunilor din 4 în 6
- click **Ok** ✓

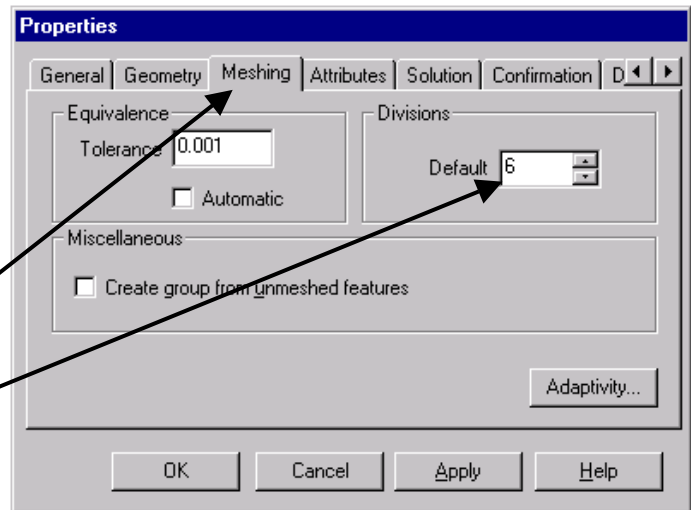


Fig. 9

Pe ecran va fi afișată suprafața modelată cu elementele finite de placă groasă. Numărul de elemente finite rezultat este în concordanță cu împărțirea automată a liniilor în 6 diviziuni egale (fig. 10).

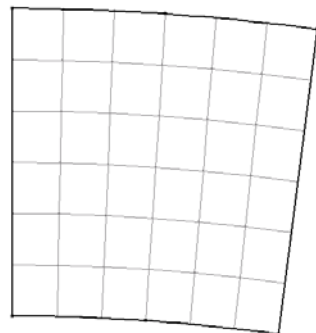


Fig. 10

1.2.3. Caracteristici geometrice ale modelului



Definirea caracteristicilor geometrice

- se deschide meniul **Attributes**
- se alege opțiunea **Geometric, Surface...**

- în caseta de dialog se definește grosimea plăcii (**0.7**) (fig. 11)
- pentru identificarea caracteristicilor geometrice definite, setului de date i se va atribui un nume (**Grosime placa**)
- click **Ok** ✓

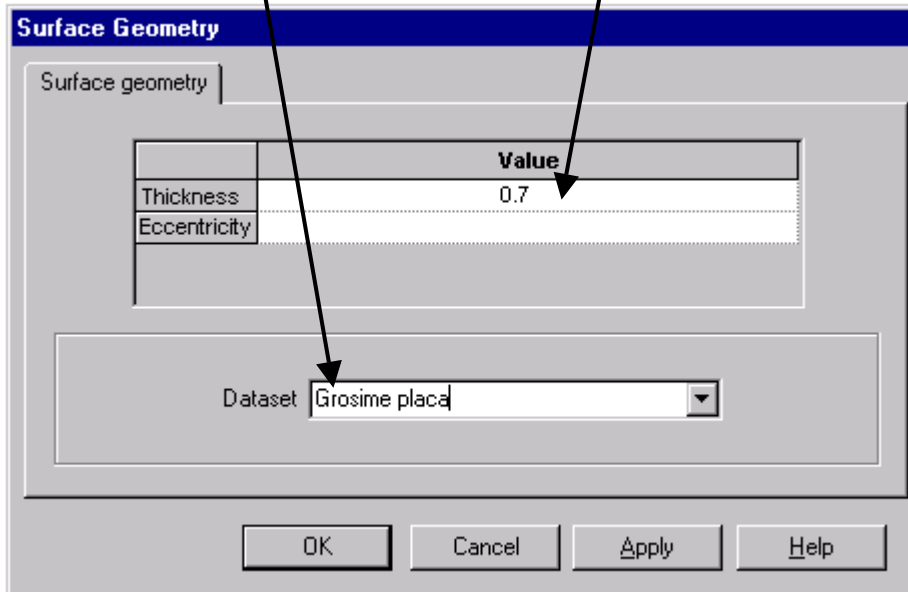


Fig. 11



Atribuirea caracteristicilor geometrice modelului geometric

- se selectează suprafața
- cu butonul din stânga al mouse-ului se selectează setul de date **Grosime placa** din fereastra din stânga, meniul **Treeview**
- se ține apăsat butonul mouse-ului și se trage în zona selectată
- se eliberează butonul mouse-ului

1.2.4. Caracteristici fizico-mecanice ale materialului



Definirea caracteristicilor elastice ale materialului

- se deschide meniul **Attributes**
- se alege opțiunea **Material, Isotropic...**

- în caseta de dialog se definesc caracteristicile fizico-mecanice ale materialului (fig. 12)
- pentru identificarea caracteristicilor definite, setului de date i se va atribui un nume (**Beton (kN, m, kg)**)
- click **Ok** ✓

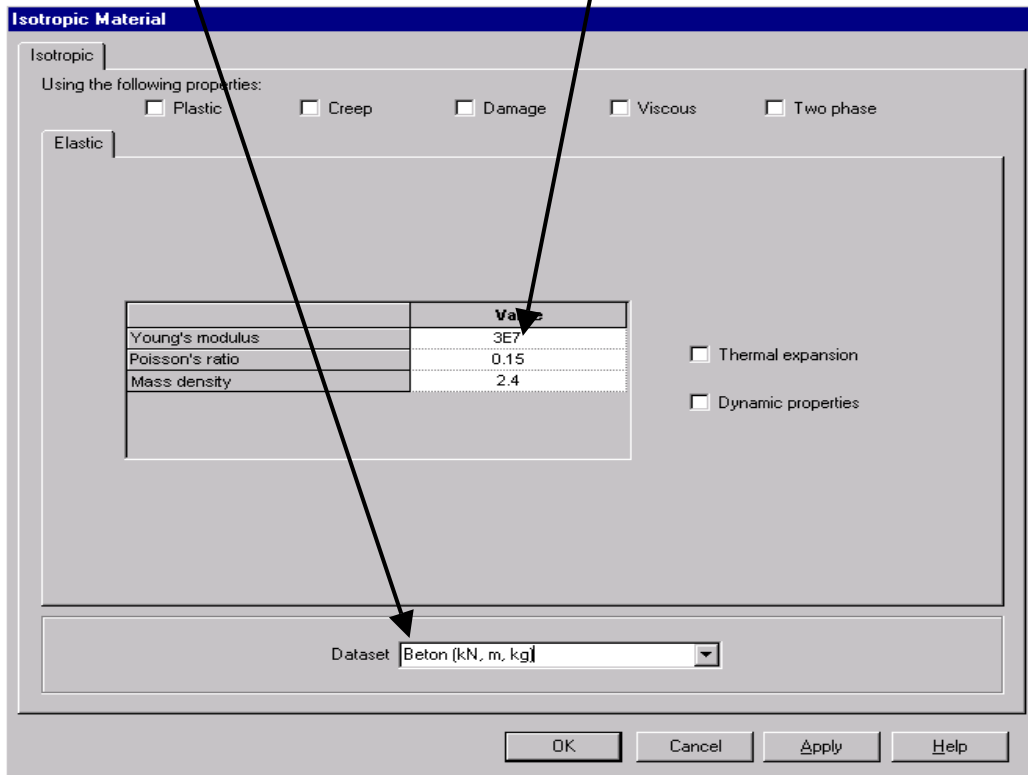


Fig. 12



Atribuirea caracteristicilor de material modelului geometric

- se selectează suprafața
- cu butonul din stânga al mouse-ului se selectează setul de date **Beton** din fereastra din stânga, meniul **Treeview**
- se ține apăsat butonul mouse-ului și se trage în zona selectată
- se eliberează butonul mouse-ului

În caseta de dialog se verifică dacă este selectată opțiunea **Assign to surfaces** (fig. 13).

- click **Ok** ✓

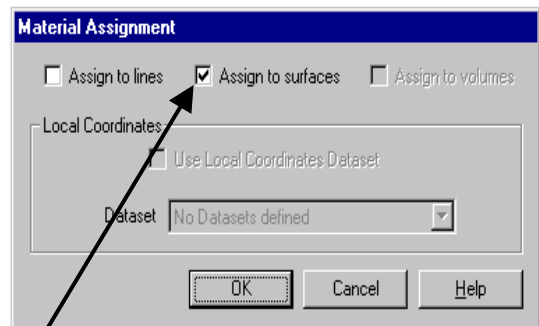


Fig. 13

1.2.5. Condiții de rezemare



Definirea condițiilor de rezemare

- se deschide meniul **Attributes**
- se alege opțiunea **Support, Structural**
- în caseta de dialog se definesc condițiile de rezemare: translația după axa **Z** împiedicată (**Fixed**) (fig. 14)
- pentru identificarea caracteristicilor definite, setului de date i se va atribui un nume (**Reazem simplu**)
- click **Ok** ✓

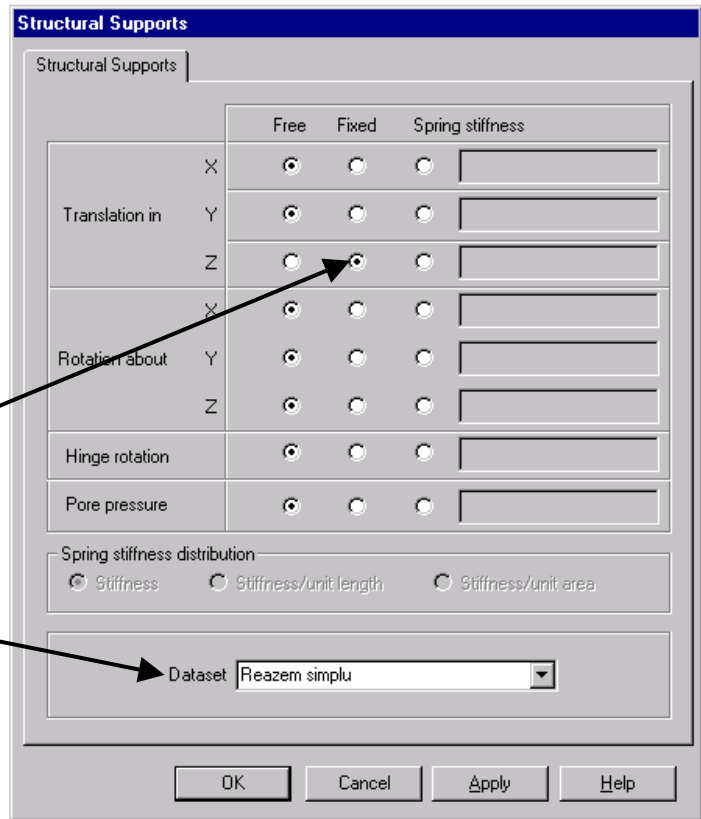


Fig. 14



Atribuirea condițiilor de rezemare modelului geometric

- se selectează laturile drepte ale plăcii (fig. 15)
- din fereastra din stânga, meniul **Treeview**, apăsând butonul din stânga al mouse-ului se selectează setul de date (**Reazem simplu**)
- se ține apăsat butonul mouse-ului, se trage în zona selectată a modelului
- se eliberează butonul mouse-ului
- în caseta de dialog care apare pe ecran vă asigurați că rezemarea este atribuită liniilor
- click **Ok** ✓

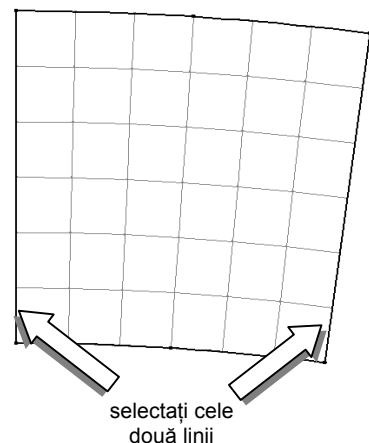


Fig. 15





Vizualizarea condițiilor de rezemare



Rotirea modelului

Pentru a putea vizualiza condițiile de rezemare sub formă de săgeți este necesară rotirea în spațiu a modelului geometric.

- se apasă pe butonul  (rotire dinamică)
- cu butonul din stânga al mouse-ului apăsat se rotește placa până când se găsește o poziție convenabilă
- se apasă pe butonul  pentru a readuce funcțiunile cursorului la starea inițială
- în fereastra din stânga, meniul **Treeview**, apăsând butonul din dreapta al mouse-ului pe **Supports**, alegeți opțiunea **Visualisations**
- în caseta de dialog care apare puteți selecta culoarea și mărimea săgeții cu care să fie reprezentate pe ecran condițiile de rezemare
- pe ecran vor fi afișate condițiile de rezemare pe cele două laturi (fig. 16)

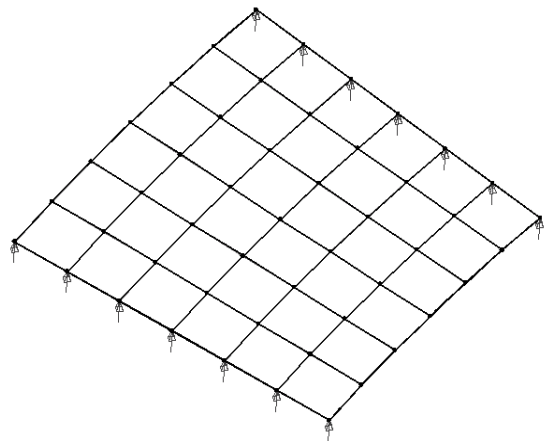



Fig. 16

1.2.6. Completarea modelului prin copiere

Pentru a obține întregul model se poate apela la una din facilitățile programului - **copierea prin rotire**.

- se selectează tot modelul generat
- se copiază modelul prin rotire fie prin deschiderea meniului **Geometry**, opțiunea **Surface**, **Copy**, fie direct prin apăsarea butonului 

- în caseta de dialog afișată se alege copierea în oglindă (**Rotate**) (fig. 17)
- caracteristicile transformării: unghiul de rotire (**-7.5**), rotire în planul **X-Y**, coordonatele punctului în raport cu care se face rotirea (**0,0,0**)
- de câte ori se face copierea (**2**)
- click **Ok** ✓
- în acest moment pe ecran va fi afișat întreg modelul (fig. 18)

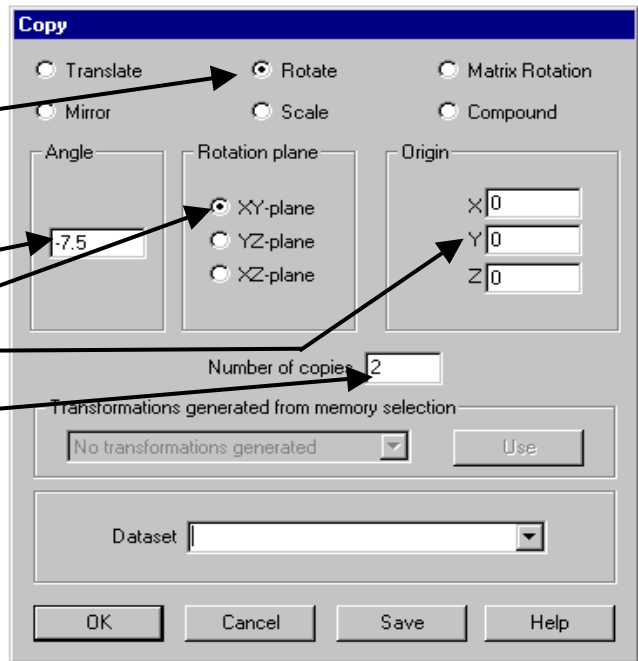


Fig. 17

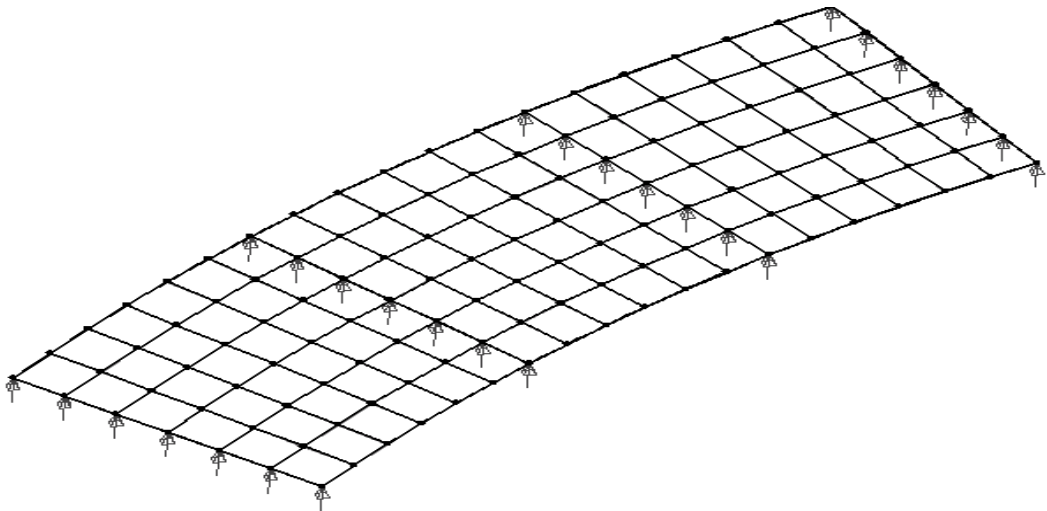


Fig. 18

Verificarea axelor elementelor finite

Deoarece definirea liniilor de influență depinde de orientarea sistemului de axe local al elementelor, este important ca acesta să fie vizualizat pentru verificare.

Acest lucru se face parcurgând următorii pași:

- click dublu pe opțiunea **Mesh** din fereastra din stânga, meniul **Layers** (fig. 19)
- în caseta de dialog selectați opțiunea de afișare a sensului axelor elementelor finite (**Show element Axes**) (fig. 20)
- click **Ok** ✓
- pe ecran vor fi afișate elementele cu axele lor (fig. 21)
- verificați că toate elementele au sistemul de axe local cu aceeași orientare ca cel din fig. 21
- click dublu în fereastra din stânga, meniul **Layers**, opțiunea **Mesh** (fig. 19)
- în caseta de dialog de-selectați opțiunea de afișare a sensului axelor elementelor (**Show element Axes**) (fig. 20)
- click **Ok** ✓

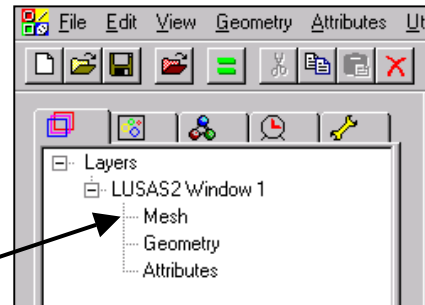


Fig. 19

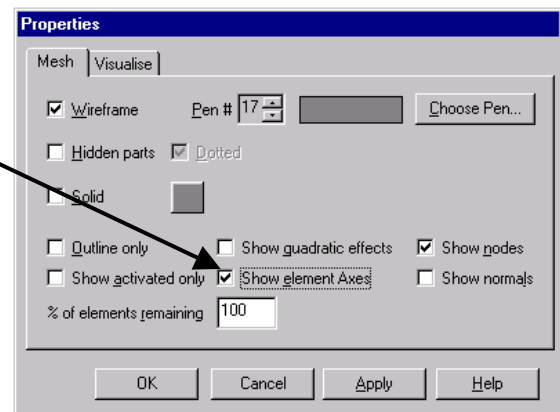


Fig. 20

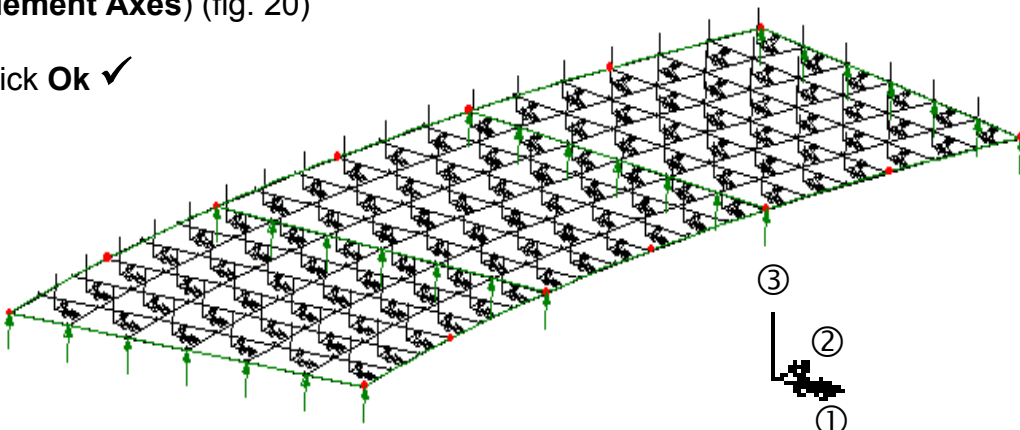


Fig. 21

1.2.7. Ipoteza de încărcare a modelului

Ipoteza 1 - greutate proprie

Având dată densitatea de masă a materialului, greutatea proprie se definește ca forță volumetrică provenită din multiplicarea volumului fiecărui element cu densitatea de masă și cu accelerația gravitațională.



Definirea ipotezei de încărcare

- se deschide meniul **Attributes**, opțiunea **Loading, Structural**
- în caseta de dialog se alege încărcarea de tip volumetric (**Body Force**) (fig. 22)

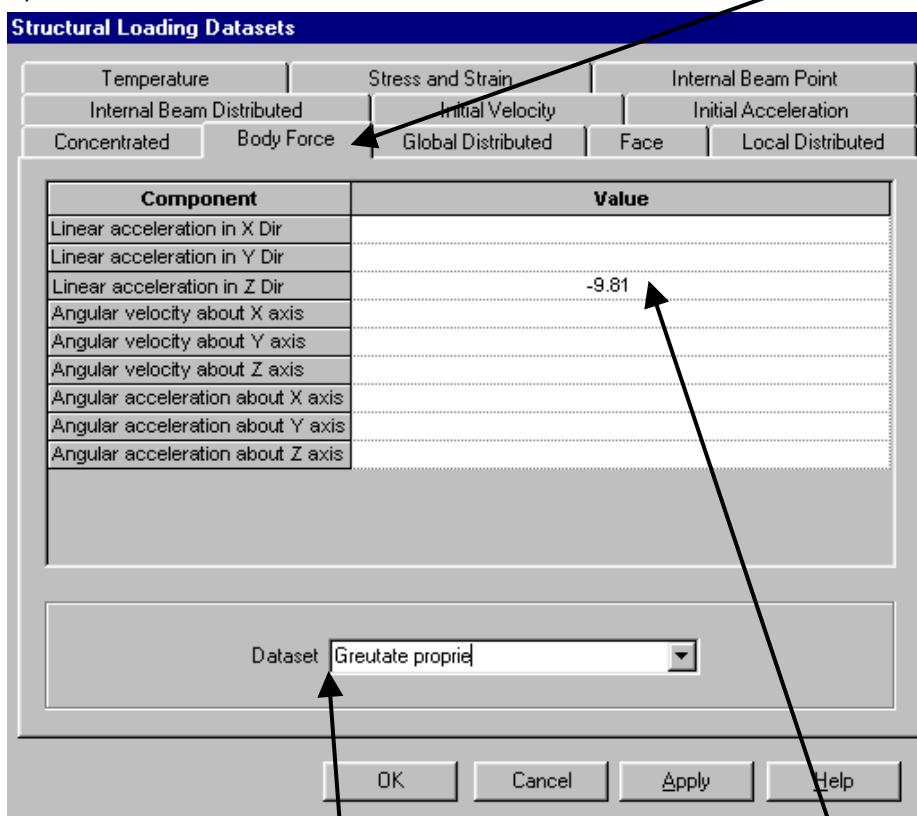


Fig. 22

- se completează intensitatea accelerației gravitaționale de **-9.81 m/s²** pe direcția axei **Z**
- se atribuie numele **Greutate proprie** setului de date definit
- click **Ok** ✓
- în fereastra din stânga, meniul **Treeview** va apare numele încărcării definite



Atribuirea ipotezei de încărcare

- se selectează tot modelul
- se selectează încărcarea **Greutate proprie** din fereastra din stânga, meniul **Treeview**, apăsând butonul din stânga al mouse-ului
- se ține apăsat butonul mouse-ului și se trage în zona selectată
- se eliberează butonul mouse-ului
- în caseta de dialog care apare pe ecran (fig. 23) vă asigurați că încărcarea este atribuită suprafețelor în cazul 1 de încărcare (**Load case 1**) și cu factorul **1** de multiplicare

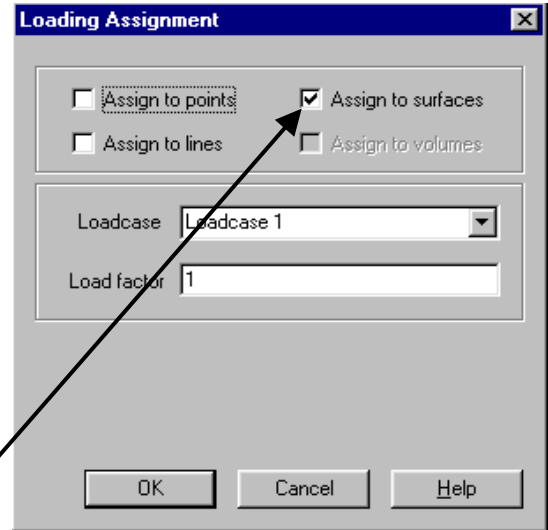


Fig. 23

- click **Ok** ✓
- pe ecran este afișată structura cu încărcarea din cazul 1 (fig. 24)
- din fereastra din stânga, meniul **Treeview** apăsând butonul din dreapta al mouse-ului pe **Loading**, alegeți opțiunea **Visualisations**
- în caseta de dialog care apare puteți selecta culoarea, mărimea și simbolul cu care să fie reprezentate pe ecran încărcările

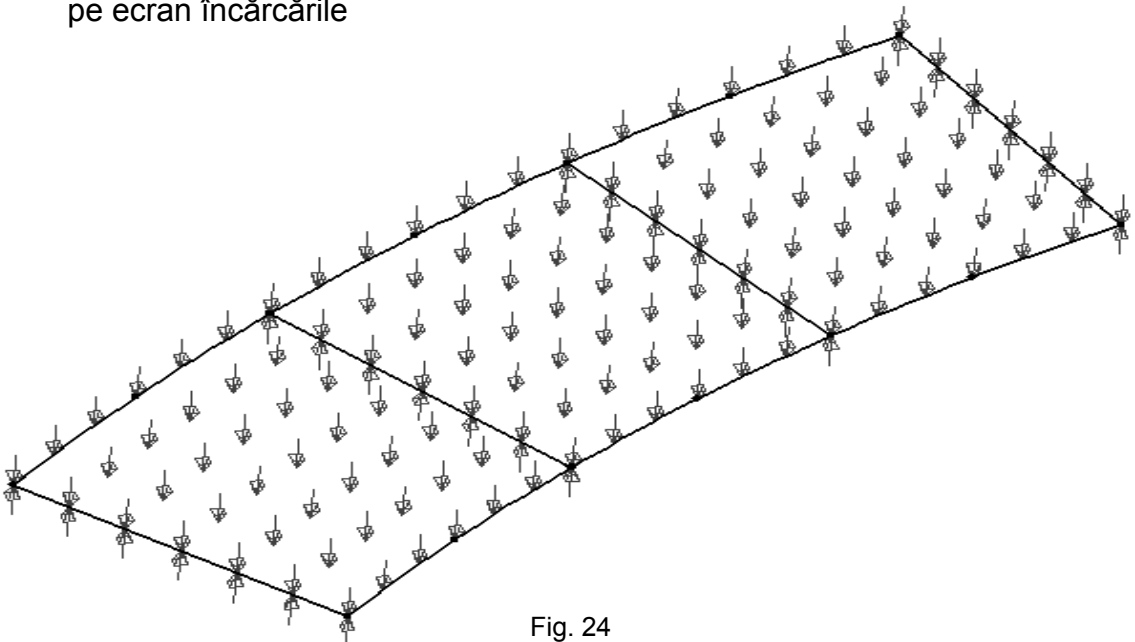


Fig. 24



1.2.8. Definirea suprafețelor de influență

Pentru ca suprafețele de influență să fie ușor de interpretat se vor defini mai întâi **axele suprafețelor de influență** ca fiind axele unui element finit ales de noi.

- se îndepărtează de pe ecran geometria podului, reținând numai elementele finite
- se selectează primul element din colțul primei deschideri (fig. 25)
- introduceți în memorie acest element apăsând butonul din dreapta al mouse-ului, selectați comanda **Selection Memory**, opțiunea **Set**

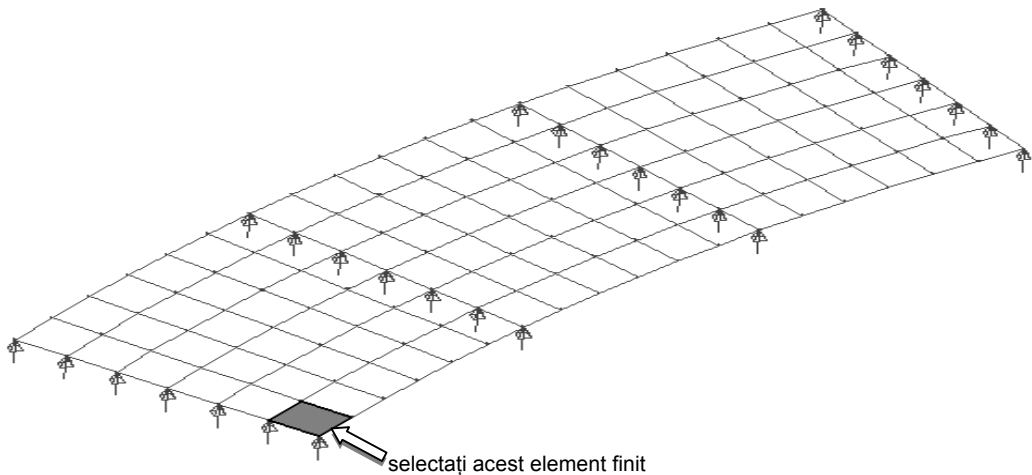


Fig. 25

Definirea suprafeței de influență a momentului încovoiator în punctul 1



Pentru definirea unei suprafețe de influență a unei mărimi statice corespunzătoare unui nod exterior trebuie să selectăm nodul și unul din elementele vecine lui.

- selectați nodul indicat în fig. 26
- țineți apăsată tasta **Shift** și selectați și elementul vecin nodului respectiv

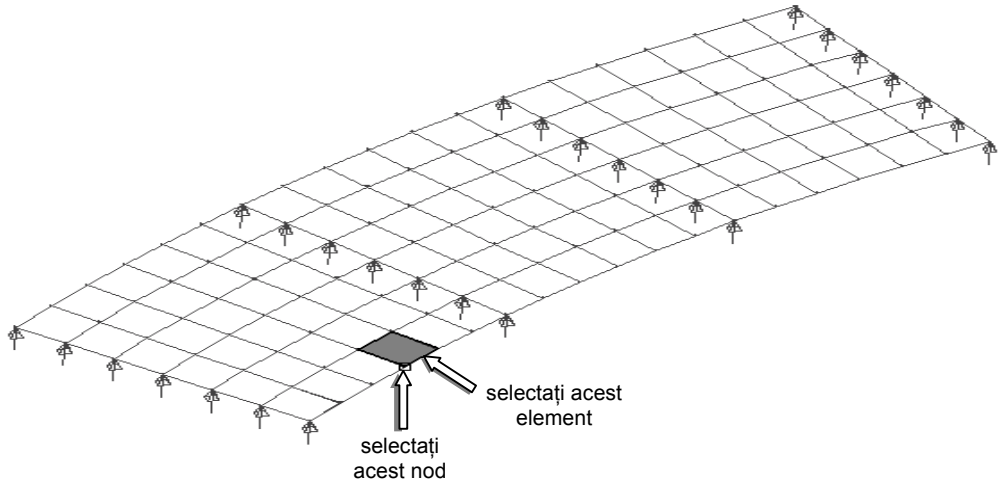


Fig. 26

- deschideți meniul **Utilities**, comanda suprafețe de influență (**Influence...**)
- în caseta de dialog care va fi afișată pe ecran selecțai (fig. 27):

- gradul de libertate corespunzător legăturii șuprimate pe direcția momentului încovoietor (**THX**)
- sensul deplasării impuse (**Positive**)
- axele suprafeței de influență corespunzătoare selecției făcute
- tipul suprafeței de influență (**Forces and moments**)
- numele setului de date definit (**Suprafața de influență 1**)

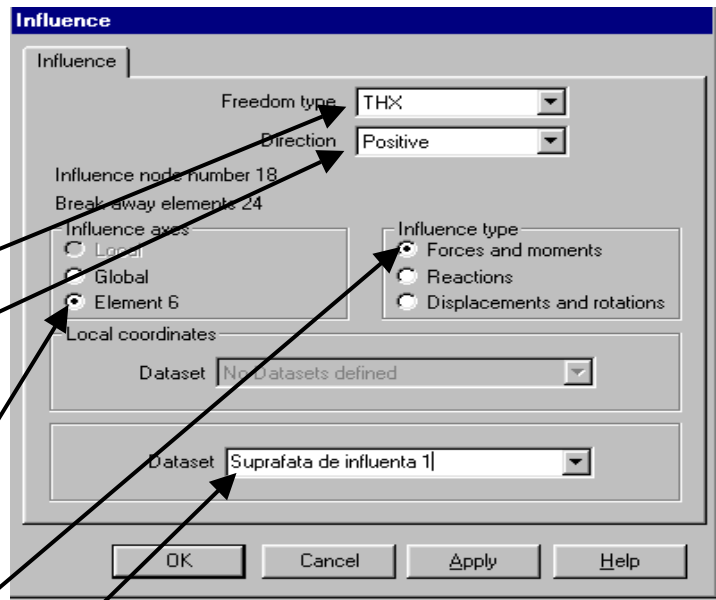


Fig. 27

- click **Ok** ✓

Definirea suprafeței de influență a momentului încovoiator în punctul 2



Pentru definirea unei suprafețe de influență a unei mărimi statice corespunzătoare unui nod interior trebuie să selectăm nodul și două elemente vecine lui.

- selectați nodul central al celei de-a doua deschideri indicat în fig. 28
- țineți apăsată tasta **Shift** și selectați și elementele vecine nodului respectiv

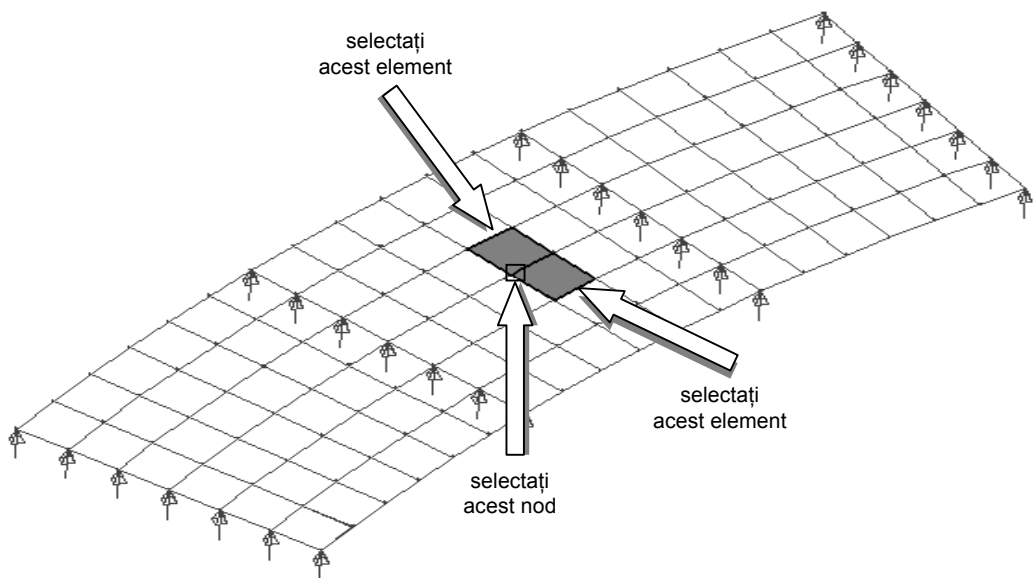


Fig. 28

- deschideți meniul **Utilities**, comanda suprafețe de influență (**Influence...**)
- în caseta de dialog care va fi afișată pe ecran selectați:
 - gradul de libertate corespunzător legăturii suprimate pe direcția momentului încovoiator (**THX**)
 - sensul deplasării impuse (**Positive**)
 - axele suprafeței de influență corespunzătoare selecției făcute
 - tipul suprafeței de influență (**Forces and moments**)
 - numele setului de date definit (**Suprafața de influență 2**)
- click **Ok** ✓

Definirea suprafeței de influență a reacțiunii verticale în punctul 3



Pentru definirea unei suprafețe de influență a unei reacțiuni trebuie să selectăm doar nodul respectiv.

- selectați nodul indicat în fig. 29

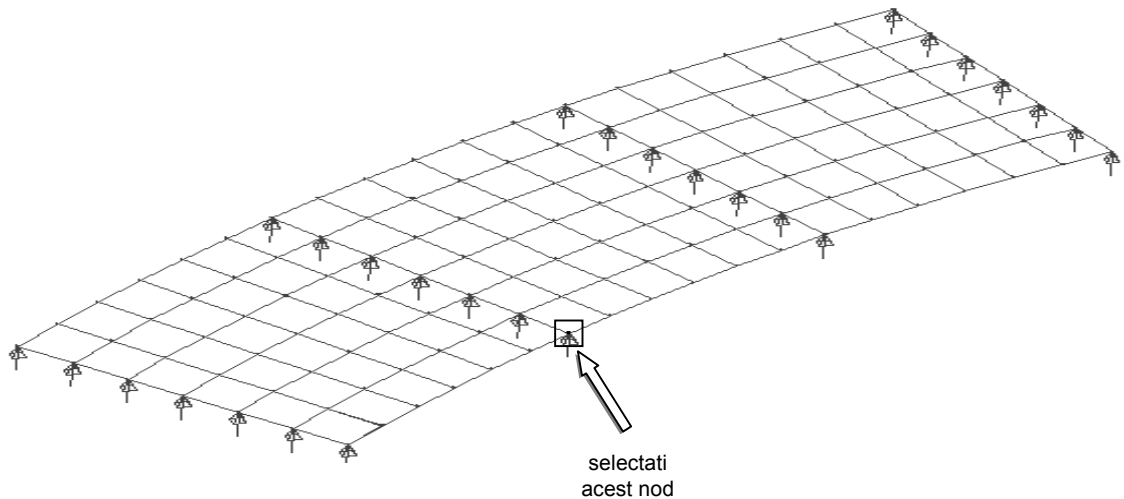



Fig. 29

- deschideți meniul **Utilities**, comanda suprafețe de influență (**Influence...**)
- în caseta de dialog care va fi afișată pe ecran selectați:
 - gradul de libertate corespunzător legăturii suprimate pe direcția reacțiunii (**W**)
 - sensul deplasării impuse (**Negative**)
 - axele suprafeței de influență (**Global**)
 - tipul suprafeței de influență (**Reactions**)
 - numele setului de date definit (**Suprafața de influență 3**)
- click **Ok** ✓



Salvați pentru ultima oară fișierul !

II. Efectuarea analizei

- se deschide meniul **File** (fig. 30)
- se alege opțiunea **LUSAS Datafile...** sau direct, prin butonul 
- în caseta de dialog (fig. 31) se de-selectează opțiunea **Solve now**
- se alege tipul de analiză suprafețe de influență (**Influence line analysis**)

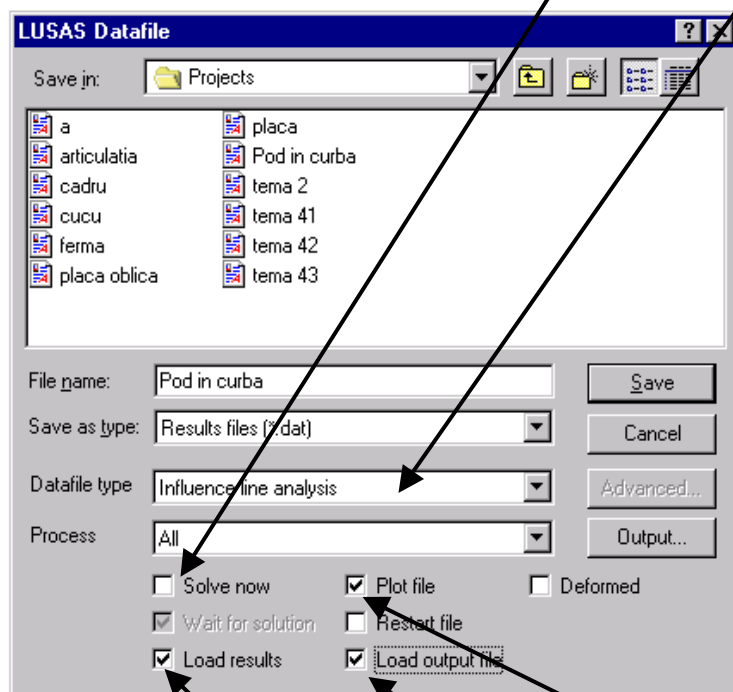


Fig. 31

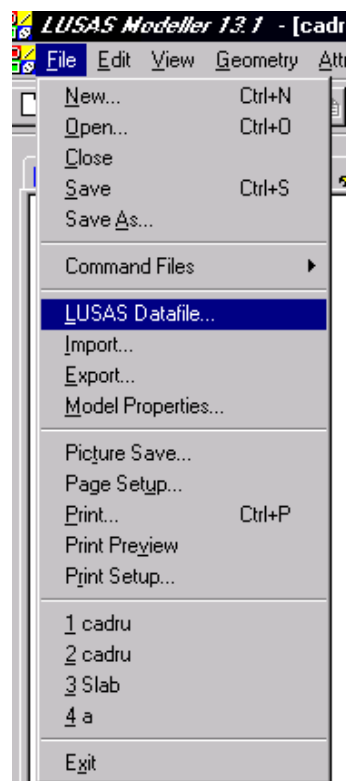


Fig. 30


- se aleg opțiunile **Load results, Load output file și Plot file**
- click **Save** ✓
- se deschide meniul **File** (fig.30)
- se alege comanda **Exit**

Rezultatul acestei analize constă în crearea a trei fișiere de date corespunzătoare fiecărei suprafețe de influență declarate anterior.

Cele trei fișiere vor fi:

- **Pod in curba1.dat** pentru suprafața de influență a momentului încovoiator în punctul 1
- **Pod in curba2.dat** pentru suprafața de influență a momentului încovoiator în punctul 2
- **Pod in curba3.dat** pentru suprafața de influență a reacțiunii verticale în punctul 3



- click dublu pe  pentru lansarea programului care efectuează analiza
- în fereastra Dos se introduce numele fișierului fără extensie (**pod in curba1**)
- se apasă tasta **Enter**




Dacă datele de intrare sunt corecte, la terminarea analizei, pe ecranul calculatorului va apare mesajul LUSAS successfully completed.

- se repetă lansarea programului și pentru celelalte două fișiere (**pod in curba2, pod in curba3**)

III. Vizualizarea rezultatelor (Postprocesare)



- click dublu pe  pentru apelarea programului pentru citirea și vizualizarea rezultatelor
- se deschide meniul **File**
- se alege comanda **Open**
- în caseta de dialog care va fi afișată (fig. 32) se selectează opțiunea **Results File (*.mys)** pentru a avea acces la fișierul de rezultate
- se selectează numele fișierului (**pod incurba 1**)
- click **Ok** ✓

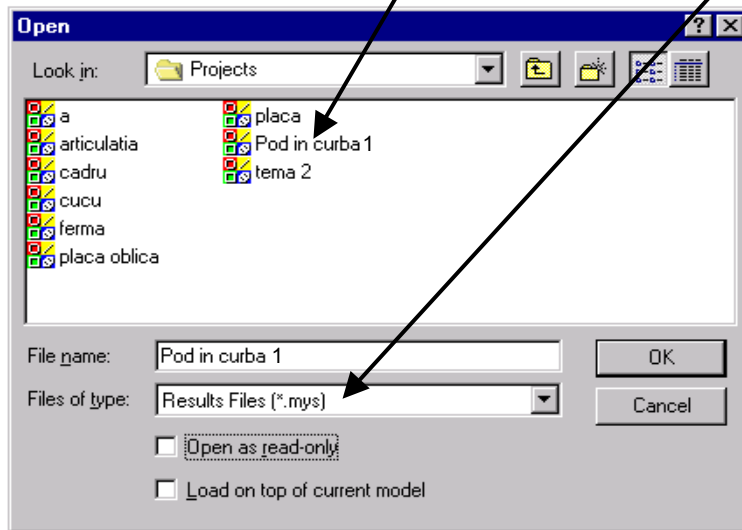



Fig. 32

3.1. Vizualizarea suprafețelor de influență

Înainte de a selecta un anumit tip de rezultate este indicată vizualizarea deformată a structurii care pune în evidență eventualele erori de modelare (geometrie, caracteristicile geometrice ale secțiunilor transversale, caracteristicile fizico - mecanice ale materialului, rezemare, încărcare).

Pentru a avea o imagine mai bună a deformată a structurii se recomandă ca de pe ecran să se îndepărteze geometria inițială a structurii și discretizarea.

- pentru a putea afișa pe ecran suprafața de influență a momentului încovoiator în punctul 1 se va cere forma deformată a structurii
- pentru a putea vizualiza forma deformată a structurii trebuie rotită placa în spațiu
- se apasă pe butonul  (rotire dinamică)
- cu butonul din stânga al mouse-ului apăsat se rotește placa până când se găsește o poziție convenabilă
- pe ecran este afișată structura în poziție deformată (fig. 33)

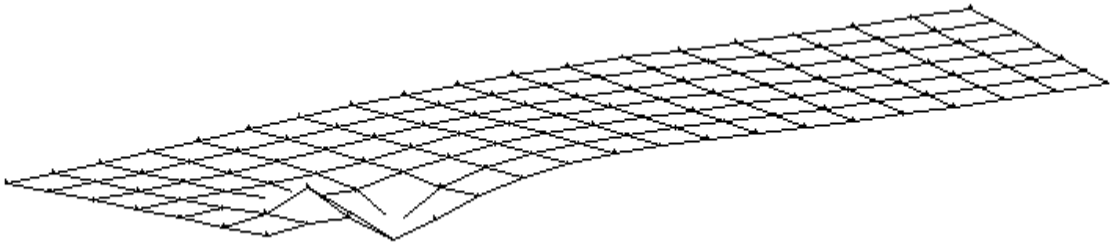


Fig. 33

Pentru a afișa pe ecran și celelalte două suprafețe de influență se deschid pe rând fișierele **Pod in curba2.mys**, **Pod in curba3.mys** și se urmăresc etapele parcurse anterior. În fig. 34 este prezentată suprafața de influență a momentului încovoiator în punctul 2, iar în fig. 35 suprafața de influență a reacțiunii verticale în punctul 3.

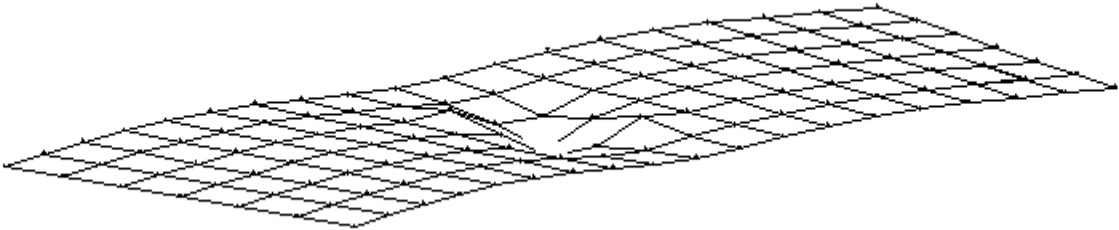


Fig. 34

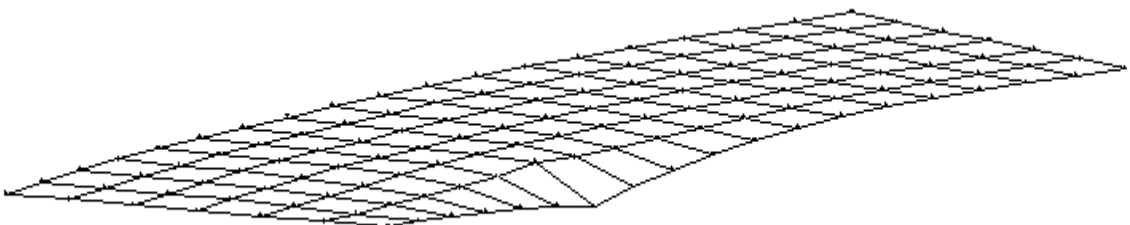


Fig. 35

3.2. Vizualizarea repartiției transversale

- deschideți fișierul **Pod in curba2.mys**
- afișați pe ecran forma nedeformată a structurii (**Mesh**)
- practicați o secțiune transversală podului a - a (fig. 36)
- în caseta de dialog care va fi afișată pe ecran se completează tipul rezultatelor pe care să le prezinte sub formă grafică (**Displacement, DZ**), numele graficului și ale celor două axe

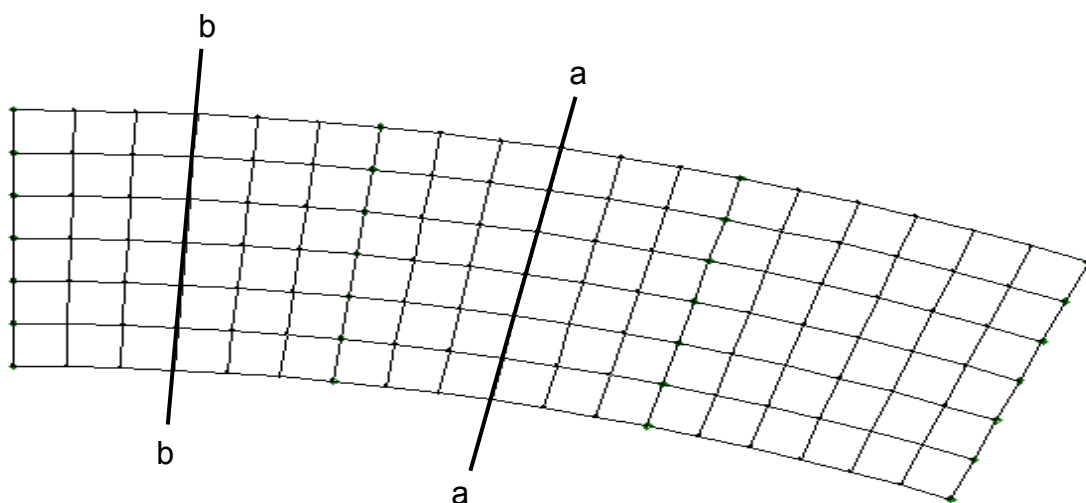


Fig. 36

În fig. 37 este prezentată repartiția transversală a momentului încovoietor din punctul 2 de-a lungul secțiunii a - a.

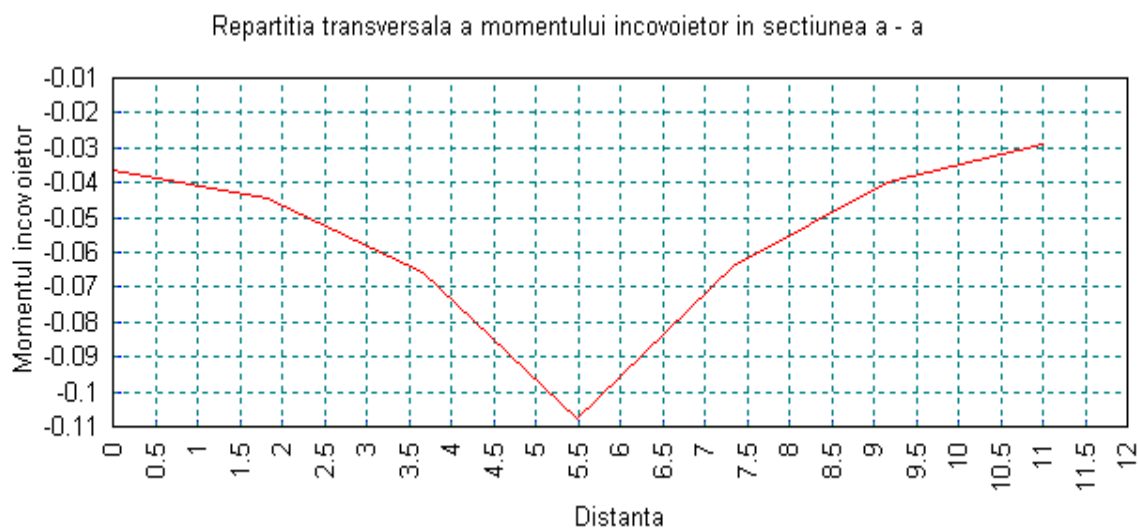


Fig. 37

În fig. 38 este prezentată repartiția transversală a momentului încovoietor din punctul 2 de-a lungul secțiunii b - b.

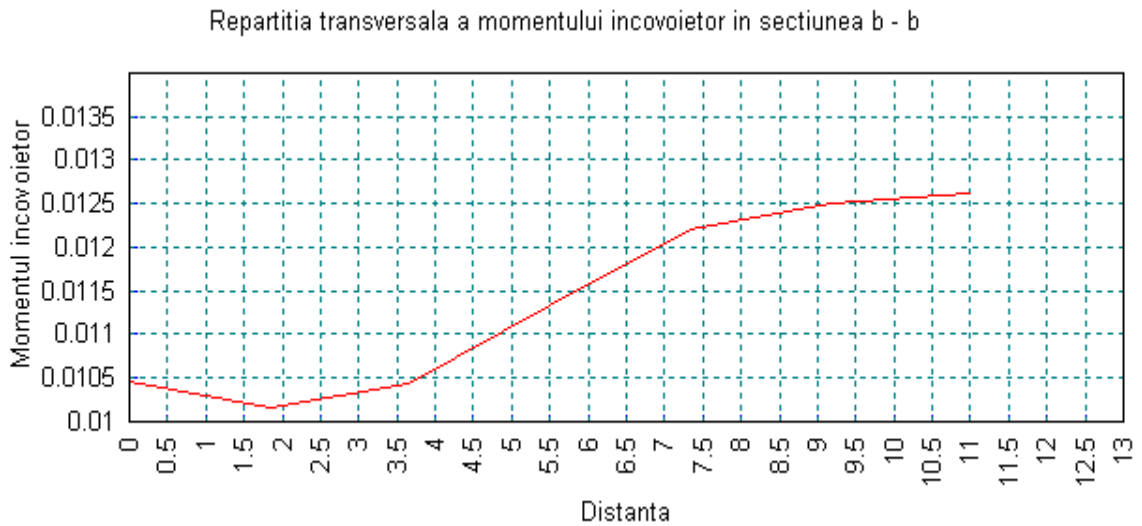


Fig. 38

TEMA:

- ☞ trasați suprafața de influență a momentului încovoietor la mijlocul deschiderii marginale în punctul A (fig. 39)
- ☞ trasați suprafața de influență a reacțiunii verticale în punctul B
- ☞ reprezentați repartiția transversală a momentului încovoietor din punctul A de-a lungul secțiunilor 1 - 1 și 2 - 2

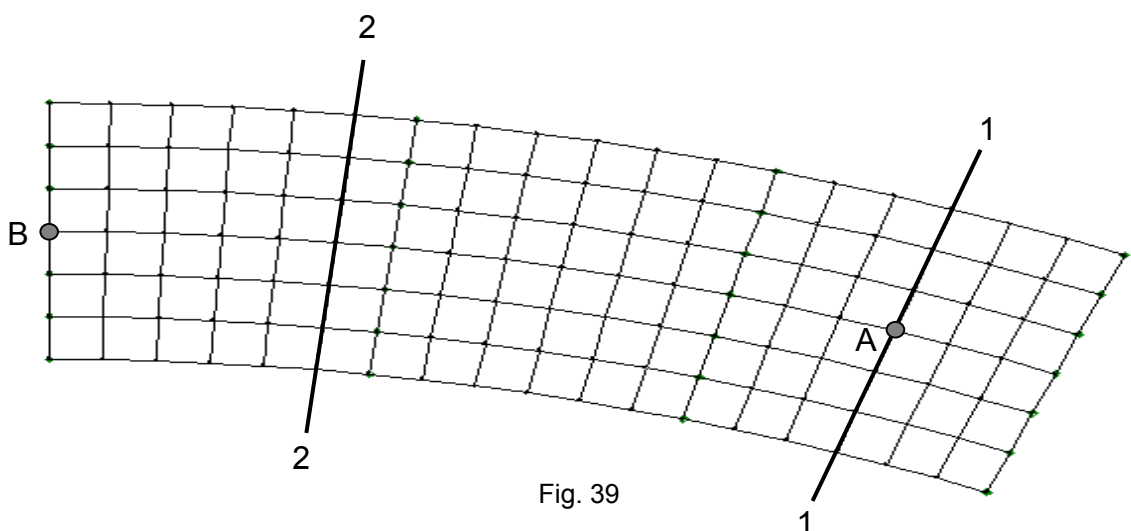


Fig. 39