

# Cadru plan

## Analiză statică liniară

### Enunț:

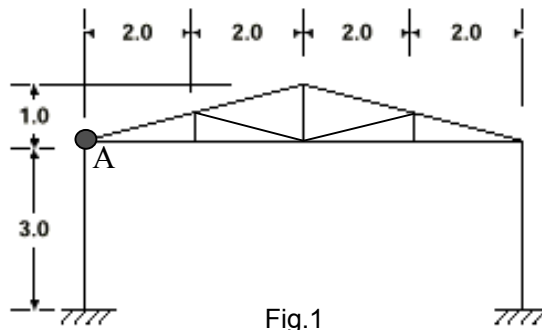
Cadru plan are alcătuirea și dimensiunile din fig. 1. Cele două ipoteze de încărcare sunt: greutatea proprie și o forță concentrată orizontală de 500 N aplicată în punctul A.

Caracteristicile materialului din care este realizat cadrul sunt următoarele: modulul de elasticitate longitudinală  $E = 2.1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ , coeficientul Poisson 0.3 și densitatea de masă  $7860 \text{ kg/m}^3$ .

Pentru cele două ipoteze de încărcare și combinația lor se cere să se determine:


- deformata structurii și valorile maxime ale deplasărilor;
- diagramele de eforturi (N, T, M);
- valorile reacțiunilor.

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



## I. Generarea modelului de calcul (Preprocesare)



- click dublu pe  pentru apelarea programului pentru generarea modelului discret

## 1. Crearea unui model nou

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

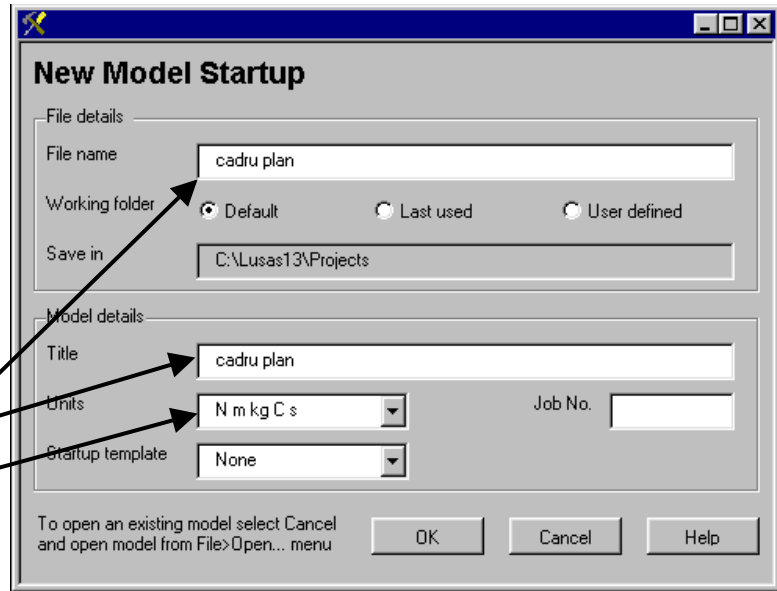



Fig. 2

### 1.1. Salvarea fișierului

- se apasă pe butonul 
- 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 greșeală ce nu poate fi corectată.*

### 1.2. Geometria structurii

**Obs.:** Deoarece structura prezintă simetrie geometrică, elastică și de rezemare, se poate defini numai jumătate din model, și apoi, prin copiere în oglindă, rezultă modelul întreg.

#### 1.2.1. Definirea punctelor

- se deschide meniul **Geometry**
  - se alege opțiunea **Point** (fig. 3)
- sau, direct, prin apăsarea butonului 

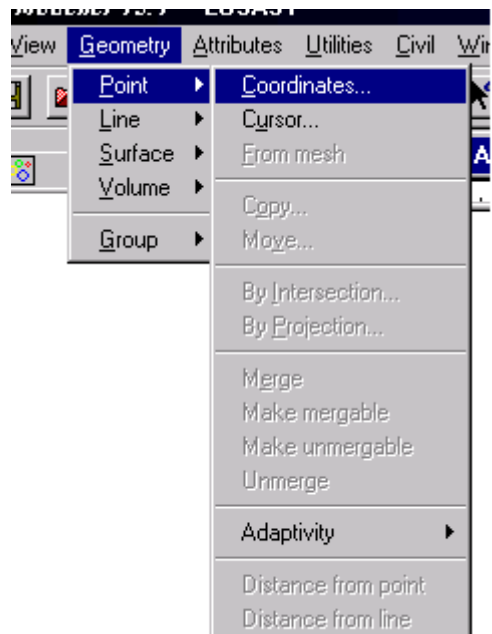


Fig. 3

- pe ecranul calculatorului este afișată o casetă de dialog (fig. 4.a și 4.b) în care se pot introduce coordonatele nodurilor în două modalități:

- cu virgulă între valorile coordonatelor (fig. 4.a)

- pe trei coloane (fig. 4.b)

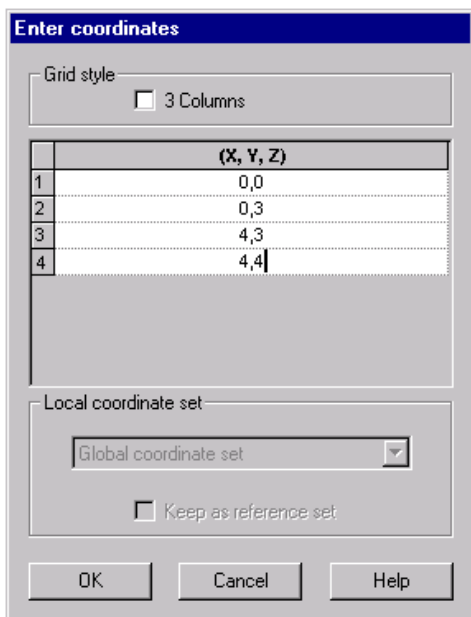


Fig. 4.a

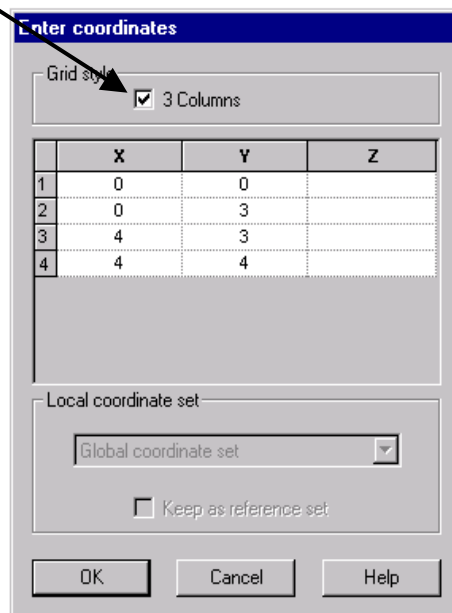


Fig. 4.b



***Pentru a trece de pe un câmp de înregistrare pe altul se va utiliza tasta Tab.***

- se introduc coordonatele nodurilor: (0,0), (0,3), (4,3), (4,4)
- click **Ok** ✓

În acest moment pe ecranul calculatorului sunt afișate cele patru puncte definite (fig. 5).

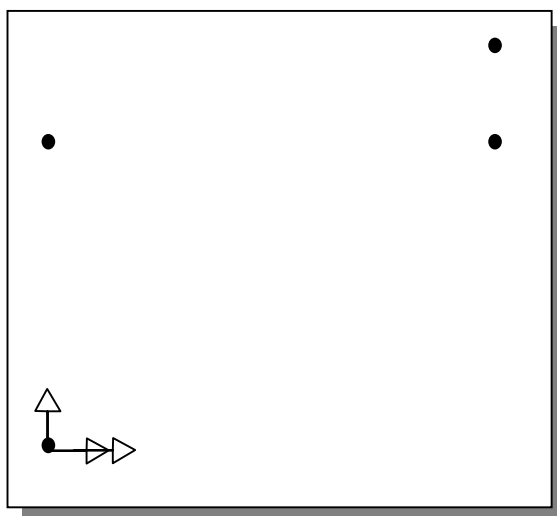


Fig. 5

## 1.2.2. Definirea liniilor

Pentru a trasa o linie trebuie selectate mai întâi cele două puncte care o definesc.

• selectarea punctelor se poate face astfel:

a. prin realizarea unei ferestre care să cuprindă numai cele două puncte:

- se poziționează cursorul în vecinătatea unuia dintre cele două puncte
- se ține apăsat butonul din stânga al mouse-ului
- prin tragere se realizează o fereastră care să includă și cel de-al doilea punct
- se eliberează butonul mouse-ului (fig. 6)

b. cu ajutorul tastaturii

- se selectează primul punct
- se ține apăsată tasta **Shift** până când se selectează și cel de-al doilea punct
- se eliberează tasta **Shift**

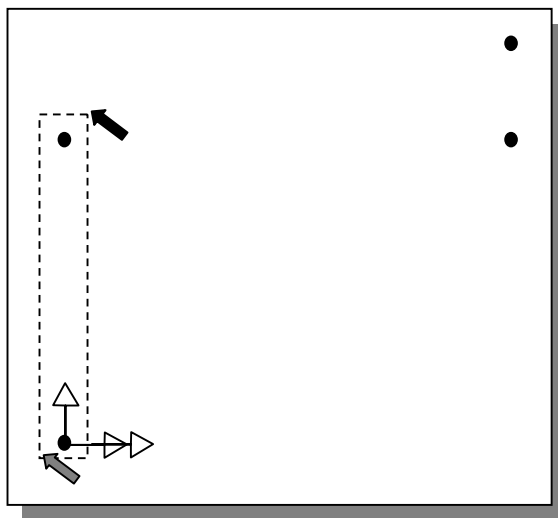



Fig. 6

- se deschide meniul **Geometry**
- se alege opțiunea **Lines** sau, direct, prin butonul 

Pe ecran va fi afișată linia ce unește cele două puncte selectate (fig. 7)



**Ordinea de selectare a celor două puncte definește sensul liniei.**

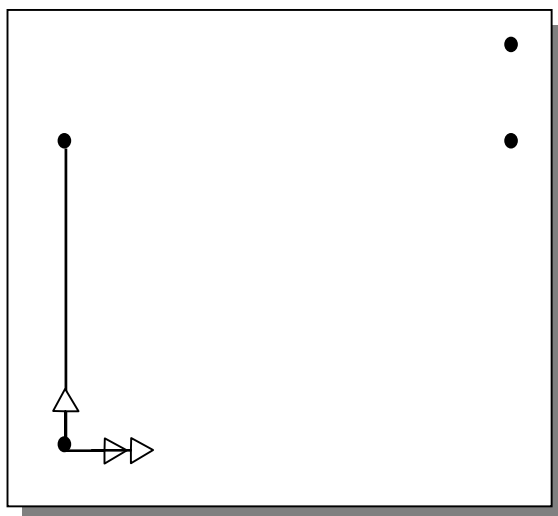


Fig. 7

Selectați și celelalte perechi de puncte pentru a obține toate liniile din desen cu sensurile indicate în fig. 8.

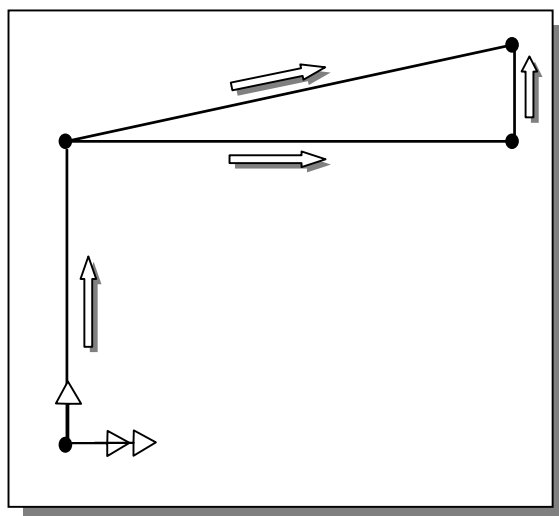


Fig. 8

Pentru a obține elementul vertical al fermei de la sfertul deschiderii, liniile indicate în fig. 9 se vor împărți în două părți egale, rezultând astfel punctele necesare:

- se selectează prima linie
- se ține apăsată tasta **Shift** până se selectează și cea de-a doua linie
- se eliberează tasta **Shift**

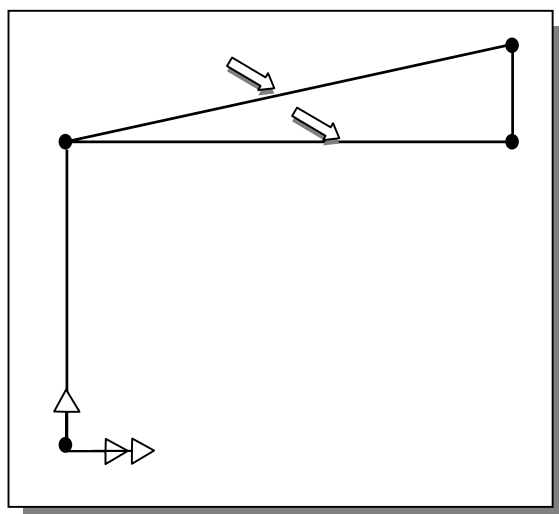


Fig. 9

- se selectează meniul **Geometry**
- se alege opțiunea **Line**
- comanda **By Splitting, At equal distances...** (fig. 10)

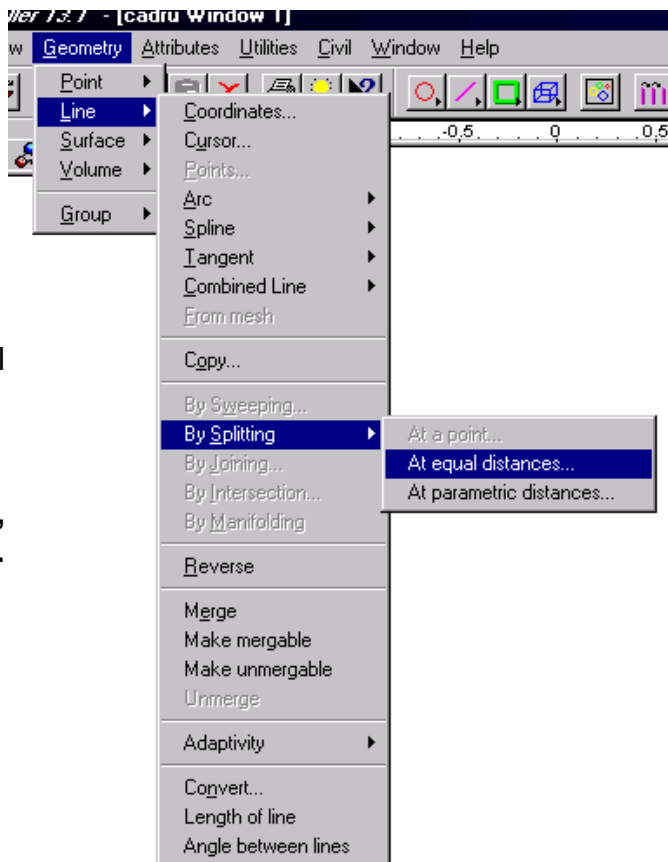
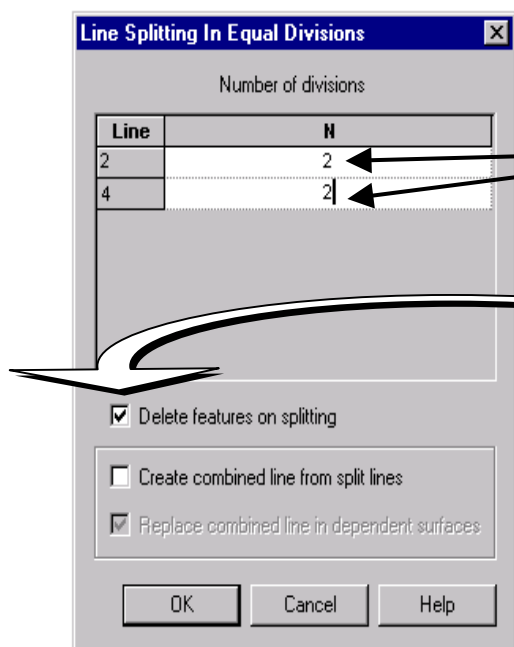


Fig. 10




- în caseta de dialog se completează cifra **2** pentru fiecare linie selectată (fig. 11)

- click **Ok** ✓

**Asigurați-vă că în caseta de dialog este selectată opțiunea Delete features on splitting pentru ca liniile inițiale să fie înlocuite de cele două noi linii create.**

Fig. 11

- se selectează cele două puncte nou create cu ajutorul unei ferestre care să includă numai punctele respective
- se trasează linia verticală prin butonul  (fig. 12)
- se selectează punctele care definesc bara înclinată cu ajutorul tastei **Shift** și se trasează și aceasta

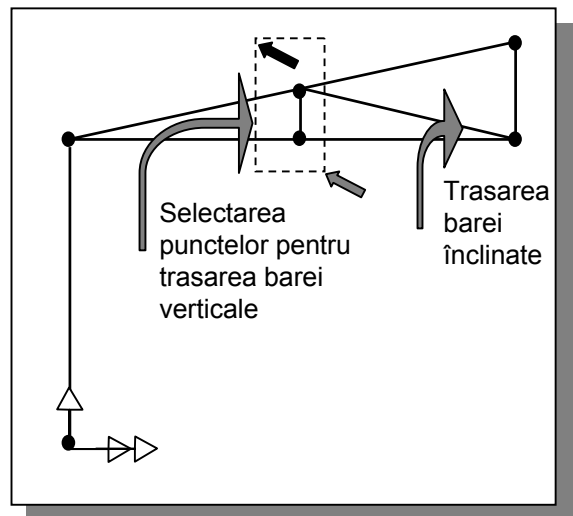


Fig. 12

### 1.3. Modelarea cu elemente finite



#### Definirea elementelor finite

Linii vor fi modelate cu elemente finite de grindă plană.

- se deschide meniul **Attributes** (fig. 13)
- se alege opțiunea **Mesh, Line...**

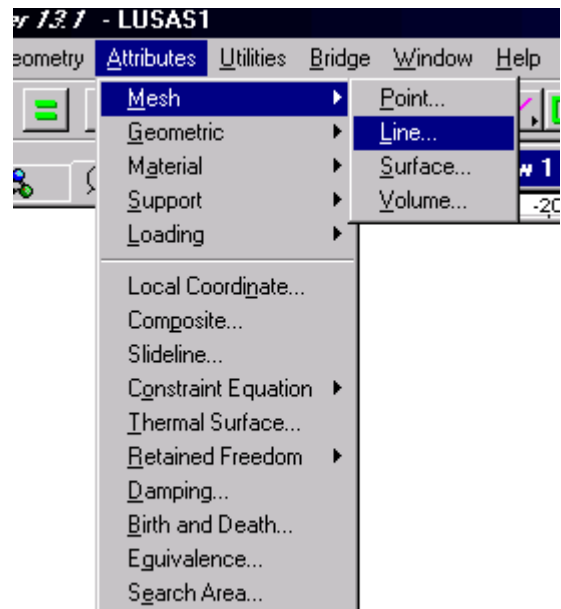


Fig. 13

În caseta de dialog, tipul elementului finit se alege fie prin descriere, fie prin numele acestuia (fig. 14)

Pentru problema data se va utiliza:

- elementul finit de grindă groasă (**Thick Beam**)
- plană (**2 dimensional**)
- cu două noduri (**Linear**)
- numărul diviziunilor pentru fiecare linie este **1**
- pentru identificarea elementului finit ales, setului de date i se va atribui un nume (**Grinda groasa**)
- click **Ok** ✓

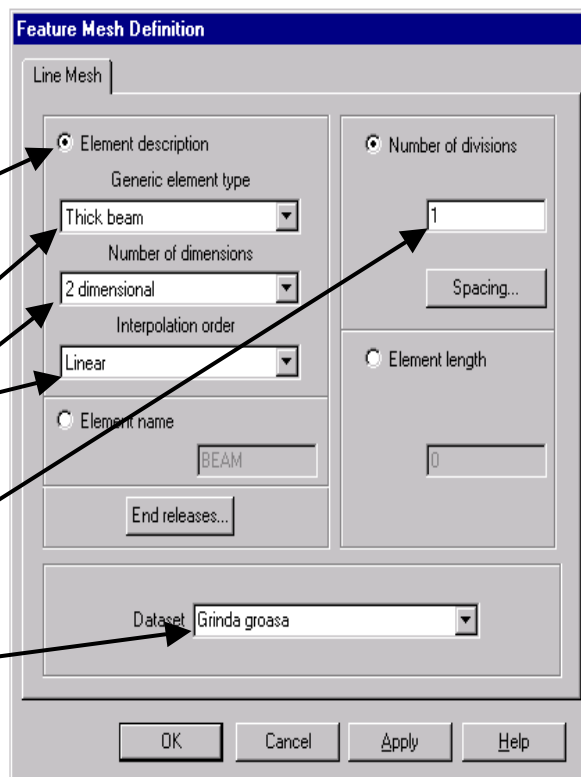


Fig. 14

În fereastra din stânga, în arborele cu atribute (**Treeview**) (fig. 15) va fi afișat noul set de date definit (**Grinda groasa**)



### Atribuirea elementelor finite definite

- se selectează tot modelul din fereastra grafică
- cu butonul din stânga al mouse-ului se selectează setul de date **Grinda groasă** din fereastra din stânga, meniul **Treeview**
- se ține apăsat butonul mouse-ului și se trage în zona modelului selectat
- se eliberează butonul mouse-ului

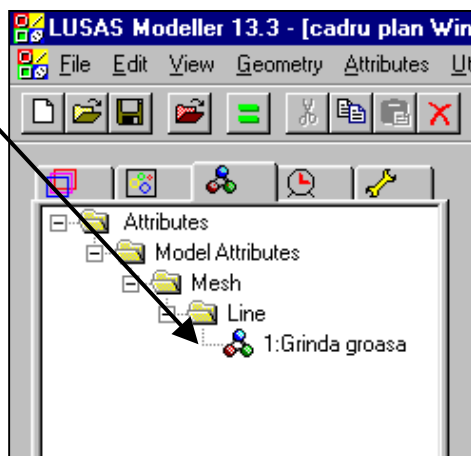


Fig. 15



## 1.4. Caracteristici ale materialului



### Definirea caracteristicilor elastice

- se deschide meniul **Attributes**
- se alege opțiunea **Material, Isotropic...** (fig. 16)
- în caseta de dialog se definesc caracteristicile fizico-mecanice ale materialului (fig. 17)
- pentru identificarea caracteristicilor definite, setului de date i se va atribui un nume (**Otel (N, m, kg)**)
- click **Ok** ✓

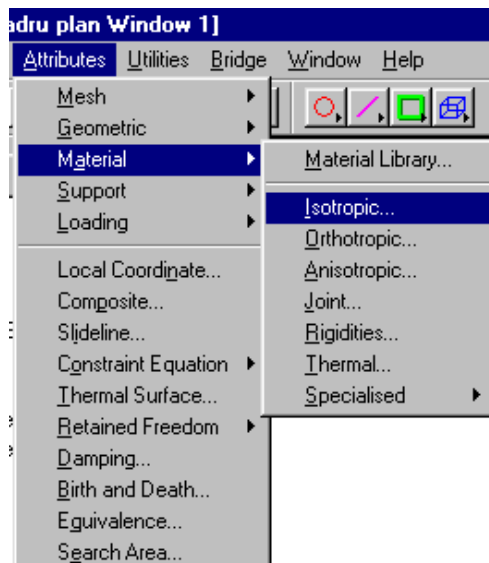


Fig. 16

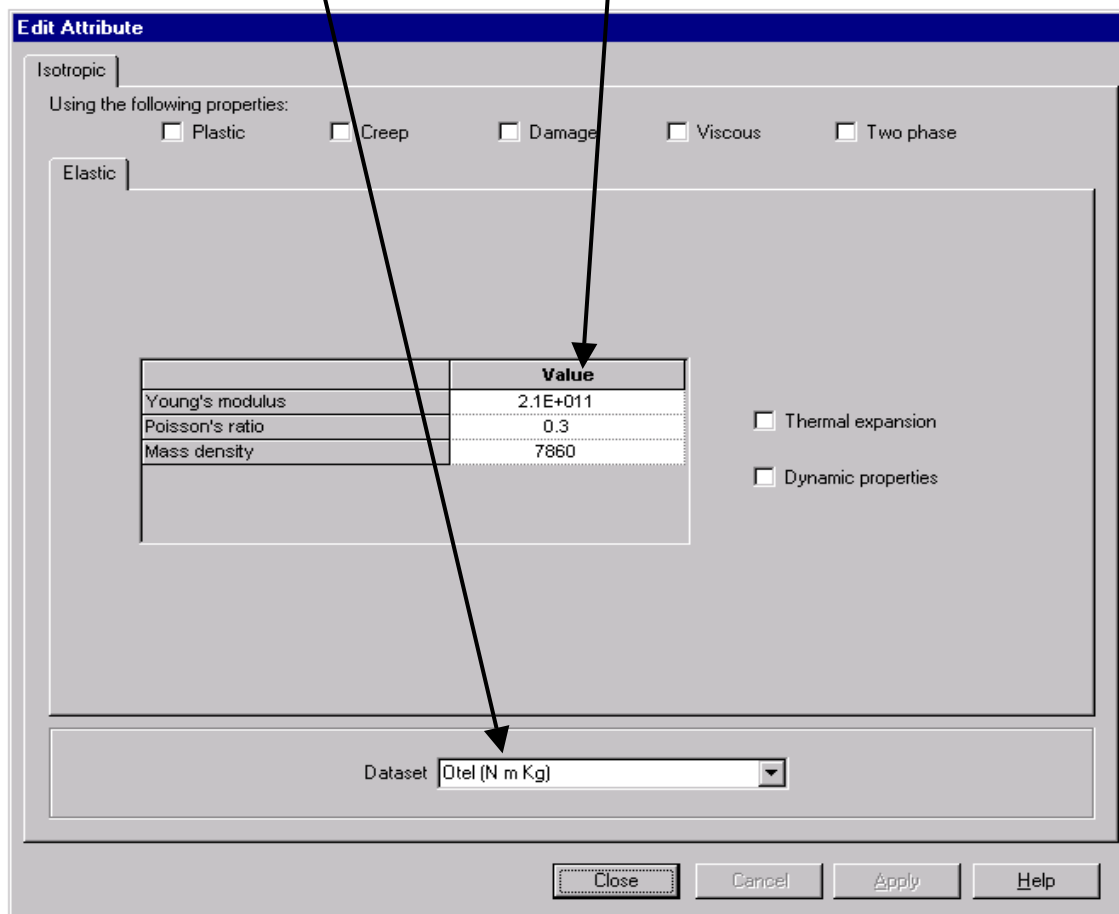


Fig. 17

- în fereastra din stânga, meniul **Treeview** (fig. 18) va fi afișat noul set de date definit

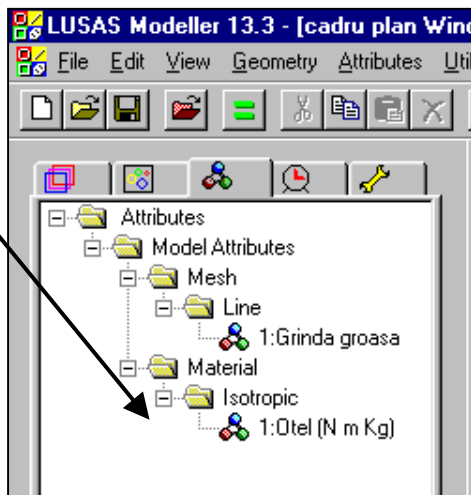


Fig. 18



### Atribuirea caracteristicilor definite

- se selectează tot modelul în fereastra grafică
- cu butonul din stânga al mouse-ului se selectează setul de date **Oțel** 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 lines** (fig. 19)
- click **Ok** ✓

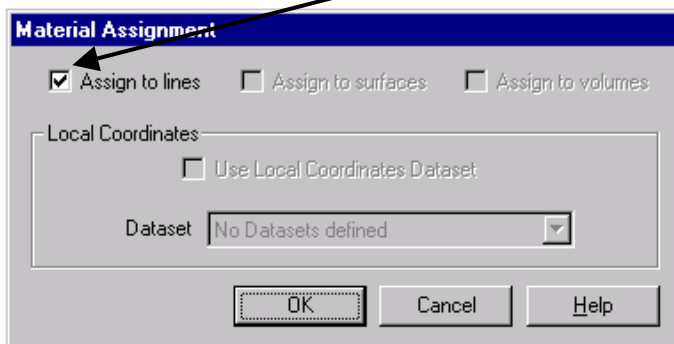


Fig. 19

## 1.5. Caracteristici geometrice ale secțiunilor transversale



### Definirea caracteristicilor

- se deschide meniul **Attributes**
- se alege opțiunea **Geometric, Section Library...** (fig. 20)
- în caseta de dialog, pentru stâlpi se alege secțiunea tip I (**Universal Beams**) cu dimensiunile **127x76x13 UB** (fig. 21)
- se neglijează deformarea de forfecare
- click **Apply** ✓
- pentru ferma de acoperiș se alege secțiunea tip cornier (**Equal Angles**) cu dimensiunile **70x70x6 EA** (fig. 22)
- se neglijează deformarea de forfecare
- click **Ok** ✓

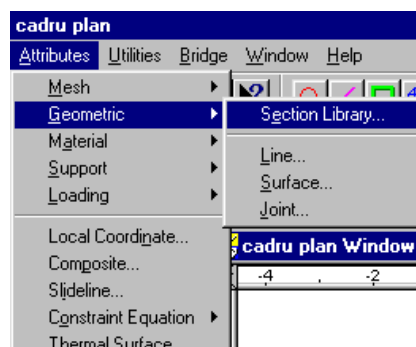


Fig. 20

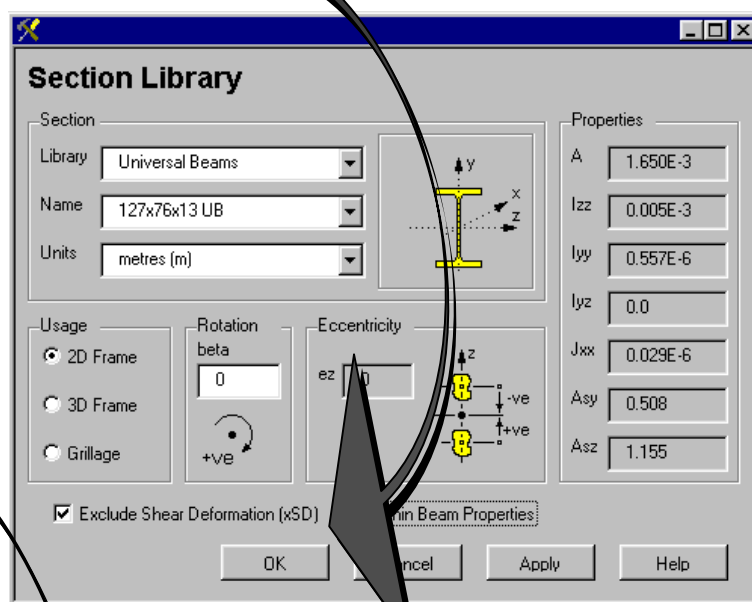


Fig. 21

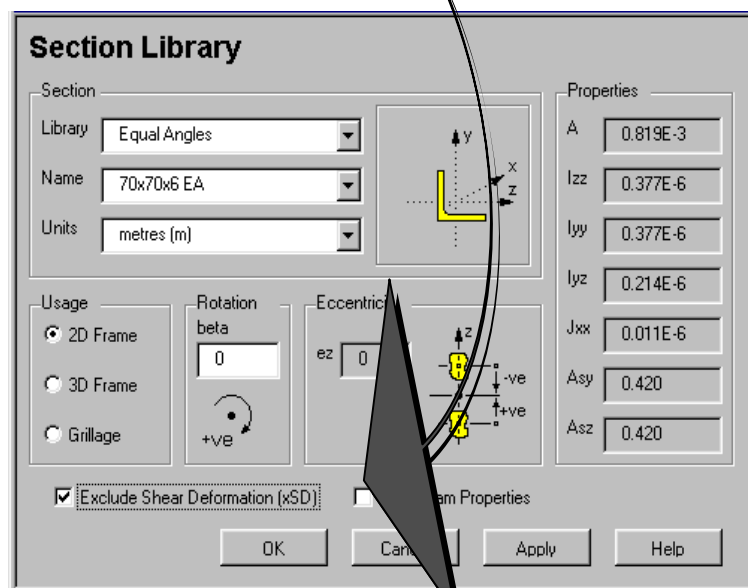


Fig. 22

În fereastra din stânga, meniul **Treeview** vor fi afișate cele două tipuri de caracteristici geometrice definite (fig. 23).



### Atribuirea caracteristicilor definite

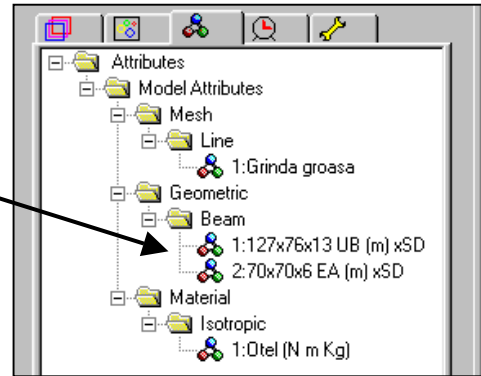


Fig. 23

- se selectează stâlpul (fig. 24)
- se selectează secțiunea transversală tip I din fereastra din stânga, meniul **Treeview** apăsând butonul din stânga al mouse-ului
- se ține apăsat butonul mouse-ului, se trage în zona selectată a modelului
- se eliberează butonul mouse-ului
- se selectează ferma de acoperiș
- se selectează secțiunea transversală tip cornier din fereastra din stânga, meniul **Treeview**
- se ține apăsat butonul mouse-ului, se trage în zona selectată a modelului
- se eliberează butonul mouse-ului

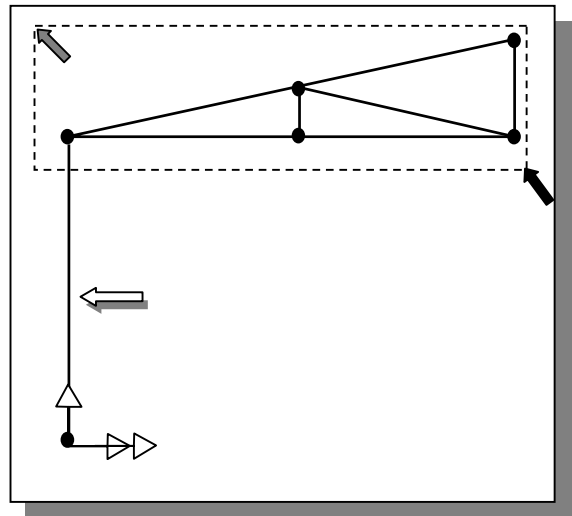


Fig. 24

## 1.6. Condiții de rezemare



### Definirea condițiilor de rezemare

- se deschide meniul **Attributes**
- se alege opțiunea **Support, Structural...** (fig. 25)

Pentru problema dată, condițiile de rezemare sunt **încăstrări** la baza stâlpilor (fig. 1)

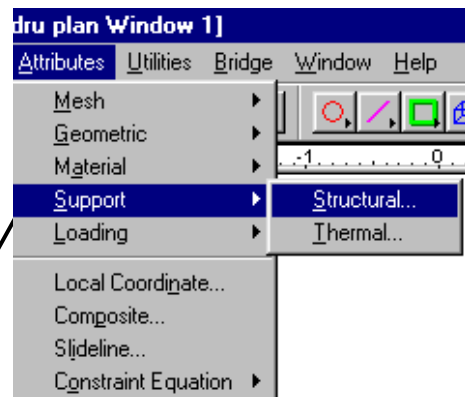


Fig. 25

- în caseta de dialog se definesc condițiile de rezemare: sunt împiedicate translațiile după axele **X** și **Y** (**Fixed**) și rotirea după axa **Z** (fig. 26)
- pentru identificarea caracteristicilor definite, setului de date i se va atribui un nume (**Incastrare**)
- click **Ok** ✓

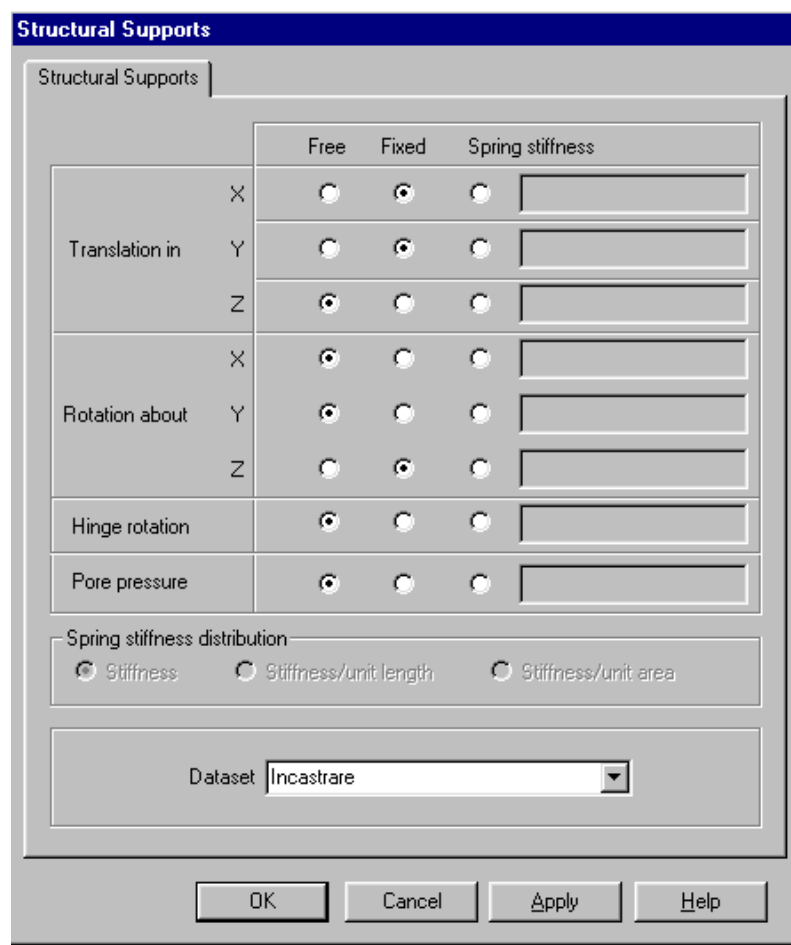


Fig. 26

În fereastra din stânga, meniul **Treeview** va fi afișată rezemarea definită (fig. 27).

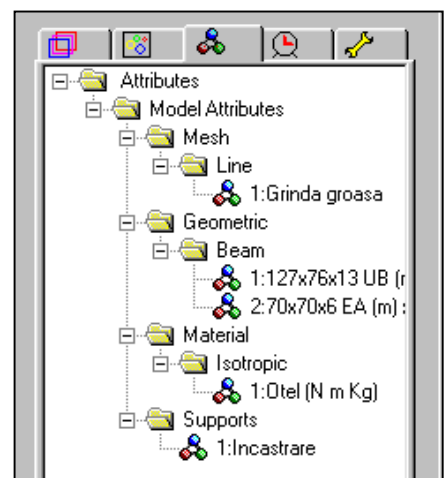


Fig. 27



## Atribuirea condițiilor de rezemare

- se selectează punctul de la baza stâlpului
- se selectează rezemarea tip încastrare din fereastra din stânga, meniul **Treeview** apăsând butonul din stânga al mouse-ului
- 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 (fig. 28. a) vă asigurați că rezemarea este atribuită punctului selectat
- click **Ok** ✓
- pe ecran va fi afișată rezemarea la baza stâlpului (fig. 28. b)

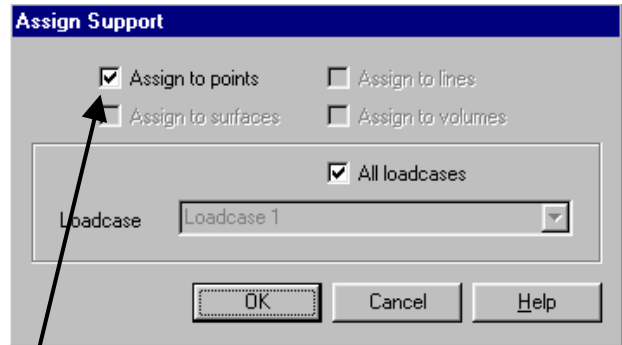


Fig. 28.a

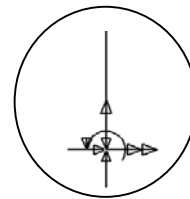


Fig. 28.b

## 1.7. Copierea în oglindă

Jumătatea din stânga a cadrului este acum definită. Pentru a obține întregul model se poate apela la una din facilitățile programului - **copierea în oglindă** a elementelor cu toate atributele lor (mesh, caracteristicile materialelor, caracteristicile geometrice ale secțiunilor transversale, rezemări, încărcări).

- se definește planul în raport cu care se copiază modelul existent în oglindă:
  - se selectează cele două puncte din axa de simetrie (fig. 29)
  - se deschide meniul **Edit** și se alege opțiunea **Selection Memory, Set** pentru a reține în memorie cele două puncte
- se selectează tot modelul generat

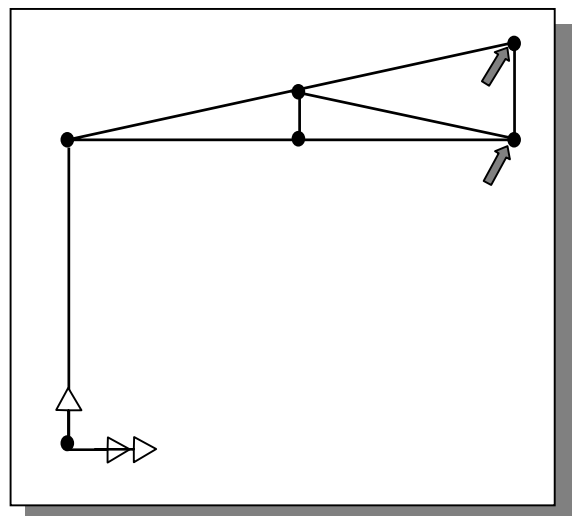



Fig. 29

- se copiază modelul în oglindă fie prin deschiderea meniului **Geometry**, opțiunea **Line, Copy...** (fig. 30), fie direct prin apăsarea butonului 

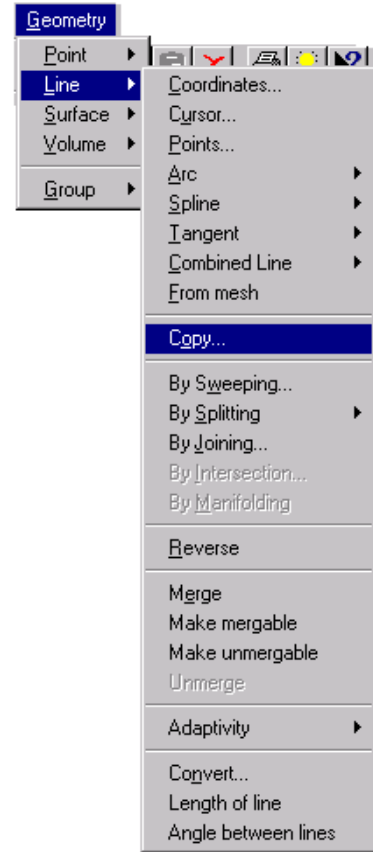


Fig. 30

- în caseta de dialog se alege copierea în oglindă (**Mirror**) (fig. 31)
- transformarea prin copiere în oglindă
- click **Use** pentru a defini planul vertical care conține axa de simetrie
- click **Ok** ✓

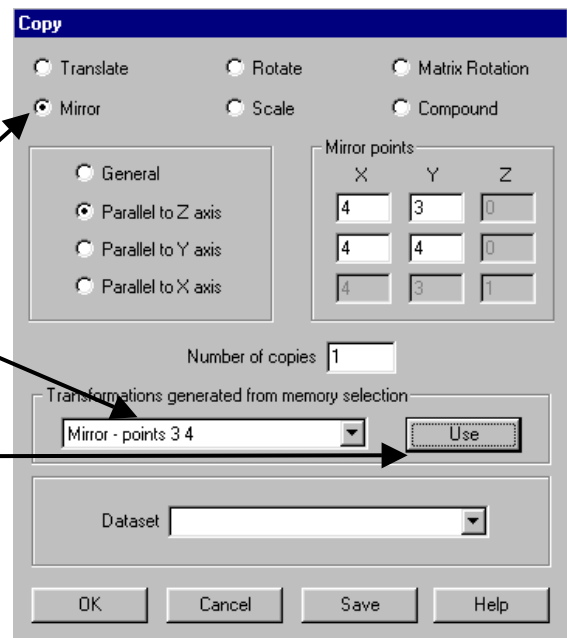


Fig. 31



**Prin copiere în oglindă, liniile obținute au sens invers celor copiate. Sensul liniei este important deoarece influențează sistemul local de axe.**

### Verificarea și schimbarea sensului liniilor:

- click dublu pe opțiunea **Geometry** din fereastra din stânga, meniul **Layers** (fig. 32)
- în caseta de dialog selectați opțiunea de afișare a sensului liniilor (**Show line directions**) (fig. 33)

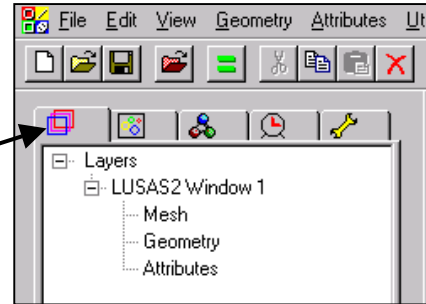


Fig. 32

- click **Ok** ✓
- pe ecran vor fi afișate liniile cu sensurile lor (fig. 34 a)
- se selectează cele cinci linii marcate în figură
- se deschide meniul **Geometry**, opțiunea **Line**, comanda **Reverse**
- pe ecran vor fi afișate liniile cu noile sensuri (fig. 34 b)

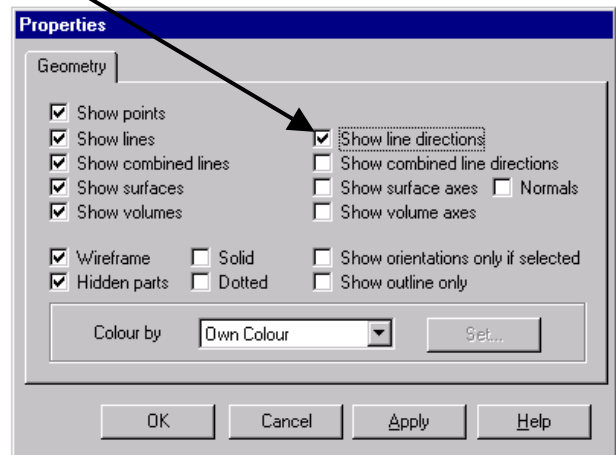


Fig. 33

- click dublu în fereastra din stânga, meniul **Layers**, opțiunea **Geometry** (fig. 32)
- în caseta de dialog de-selecțiati opțiunea de afișare a sensului liniilor (**Show line directions**) (fig. 33)

- click **Ok** ✓

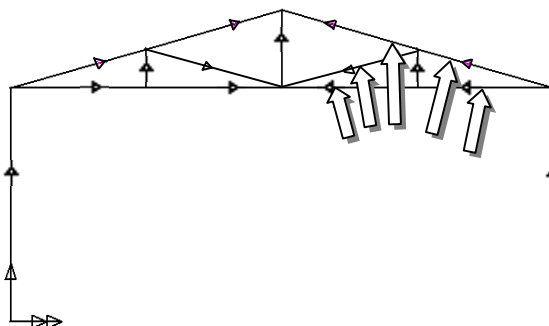


Fig. 33 a

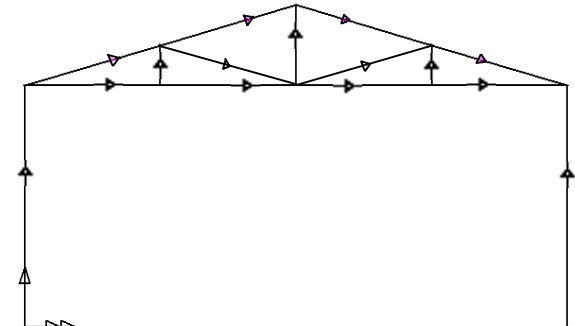


Fig. 34 b



## 2.8. Ipoteze de încărcare

### 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 încărcării

- se deschide meniul **Attributes**, opțiunea **Loading**, **Structural...** (fig. 35)
- în caseta de dialog se alege încărcarea de tip volumetric (**Body Force**) (fig. 36)

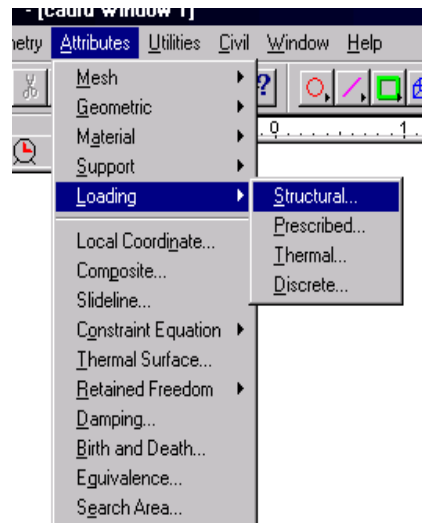


Fig. 35

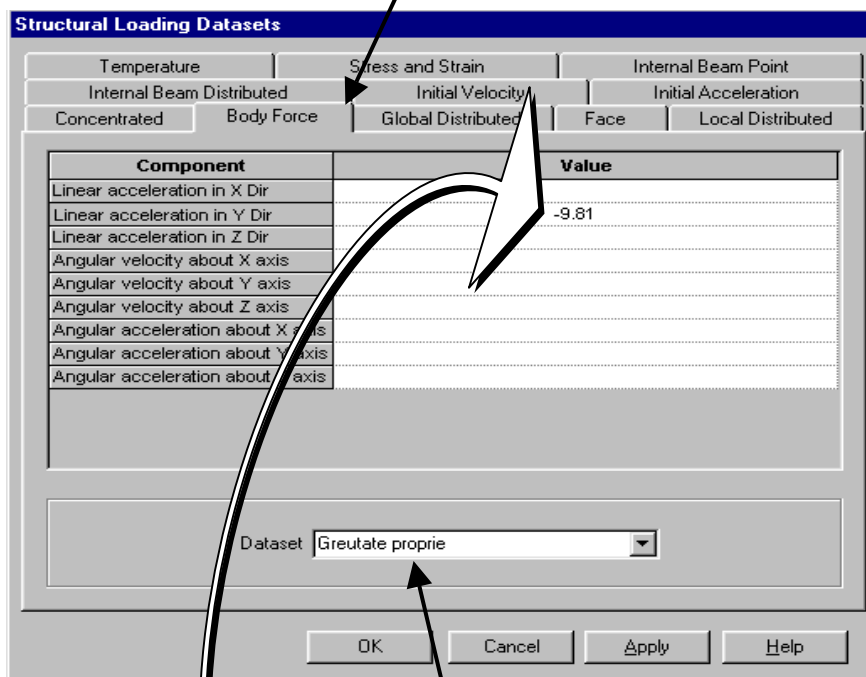


Fig. 36

- se specifică intensitatea accelerației gravitaționale de  $-9.81 \text{ m/s}^2$  pe direcția axei Y
- se atribuie setului de date numele **Greutate proprie**
- click **Ok** ✓
- în fereastra din stânga, meniul **Treeview** va fi afișat numele încărcării definite (fig. 37)

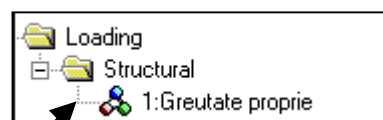


Fig. 37



## Atribuirea încărcării elementelor structurale

- 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 va fi afișată pe ecran (fig. 38) vă asigurați că încărcarea este atribuită liniilor în cazul 1 de încărcare (**Loadcase 1**) și cu factorul **1** de multiplicare
- click **Ok** ✓
- pe ecran va fi afișată structura cu încărcarea din cazul 1 (fig. 39)

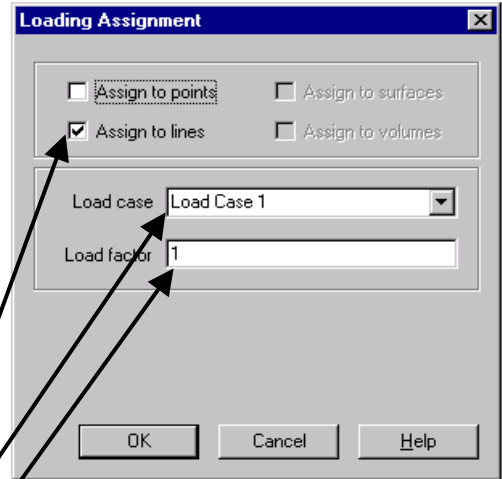


Fig. 38

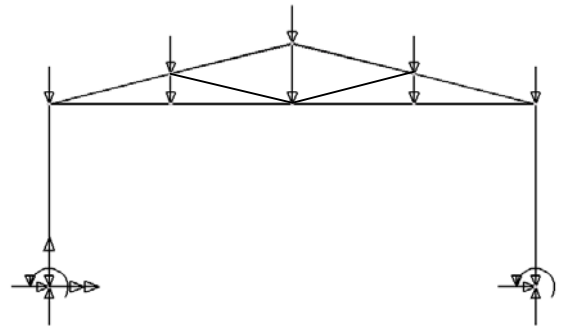


Fig. 39

## Ipoteza 2 - forță concentrată



### Definirea încărcării

- se deschide meniul **Attributes**, opțiunea **Loading, Structural...** (fig. 35)
- în caseta de dialog se alege încărcarea de tip forță concentrată (**Concentrated**) (fig. 40)
- se specifică intensitatea forței de **500 N** pe direcția axei **X**
- se atribuie setului de date numele **Forța concentrată**
- click **Ok** ✓
- în meniul din stânga va fi afișat numele încărcării definite

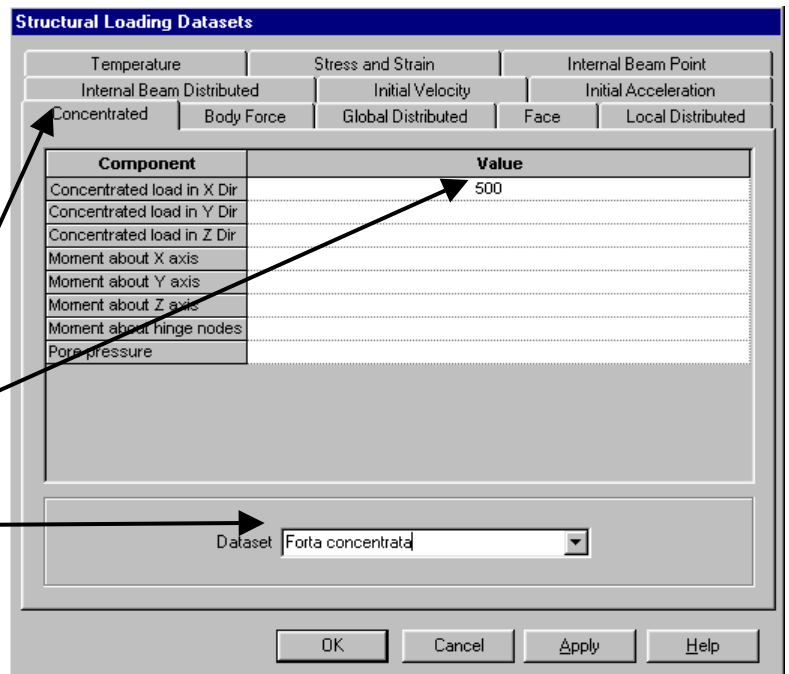


Fig. 40



## Atribuirea încărcării

- se selectează punctul în care se dorește aplicarea încărcării concentrate
- se selectează încărcarea **Forța concentrată** 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 a modelului
- se eliberează butonul mouse-ului
- în caseta de dialog care apare pe ecran vă asigurați că încărcarea este atribuită la nod în cazul 2 de încărcare (**Loadcase 2**) și cu factorul **1** de multiplicare (fig. 41)
- click **Ok** ✓

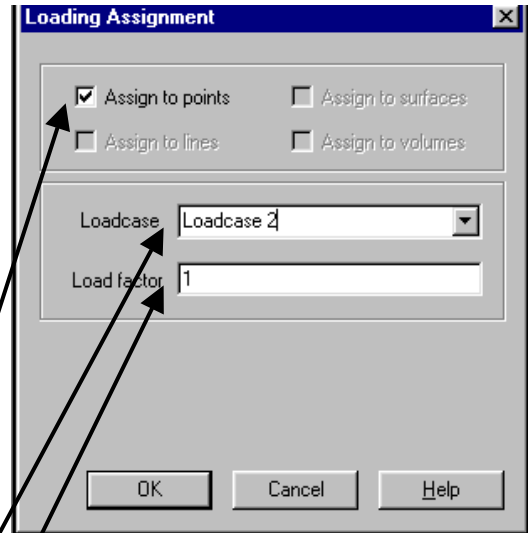


Fig. 41



**Încărcarea se poate vizualiza numai dacă este activ cazul de încărcare respectiv.**

## Selectarea cazului de încărcare dorit

- selectați meniul **Load Case** din fereastra din stânga (fig. 42)
- selectați cazul 2 de încărcare (**Load Case 2**) apăsând butonul din dreapta al mouse-lui
- alegeți opțiunea **Set Active**
- pe ecran va fi afișată structura cu încărcarea din cazul activ (fig. 43)

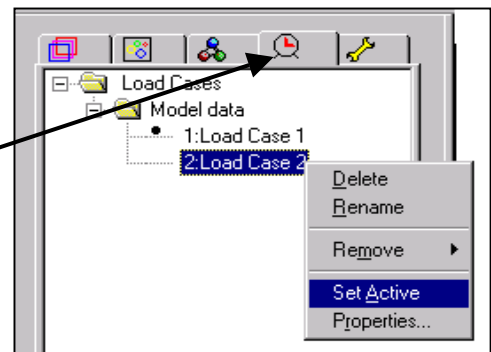


Fig. 42



**Salvați pentru ultima oară fișierul !**

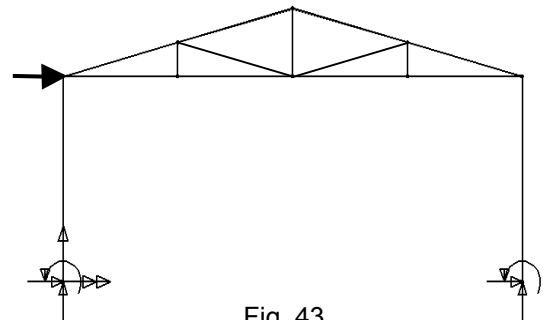



Fig. 43

## II. Efectuarea analizei

- se deschide meniul **File** (fig. 44)
- se alege opțiunea **LUSAS Datafile...** sau direct, prin butonul 
- în caseta de dialog (fig. 45) se de-selectează opțiunea **Solve now**
- se aleg opțiunile **Load output file**, **Plot file** și **Load results**
- click **Save** ✓

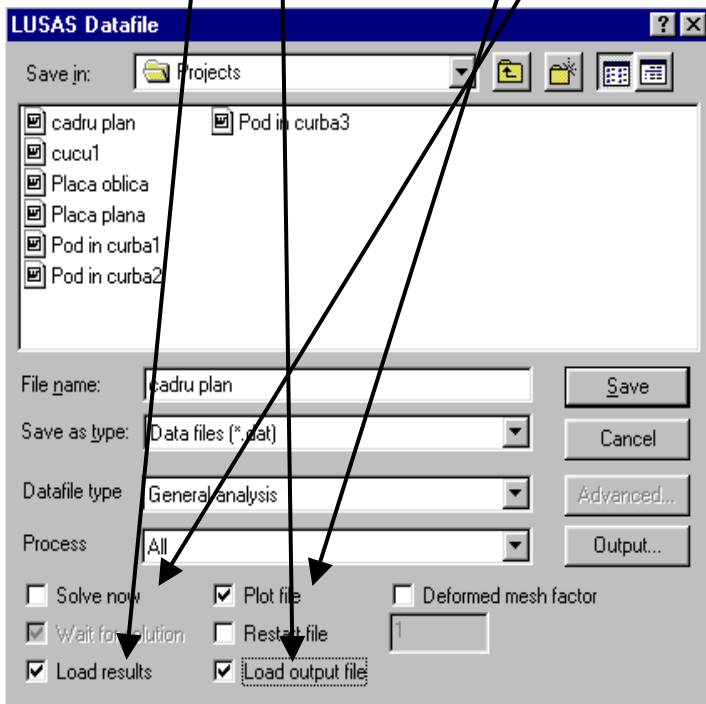


Fig. 45

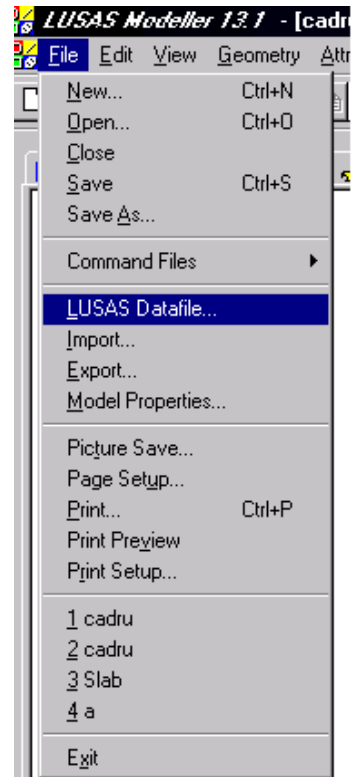


Fig. 44

- se deschide meniul **File** (fig. 44)
- se alege comanda **Exit**



- click dublu pe **LUSAS Solver (2)** pentru lansarea programului care efectuează analiza
- în fereastra Dos se introduce numele fișierului fără extensie (**cadru plan**)
- se apasă tasta **Enter**



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

### III. Vizualizarea rezultatelor (Postprocesare)



- click dublu pe **LUSAS Modeller (2)** pentru apelarea programului pentru citirea și vizualizarea rezultatelor
- se deschide meniul **File**
- se alege comanda **Open**
- în caseta de dialog care va fi afișată se selectează opțiunea **Results File (\*.mys)** pentru a avea acces la fișierul de rezultate (fig. 46)
- se selectează numele fișierului (**cadru plan**)
- click **Ok** ✓

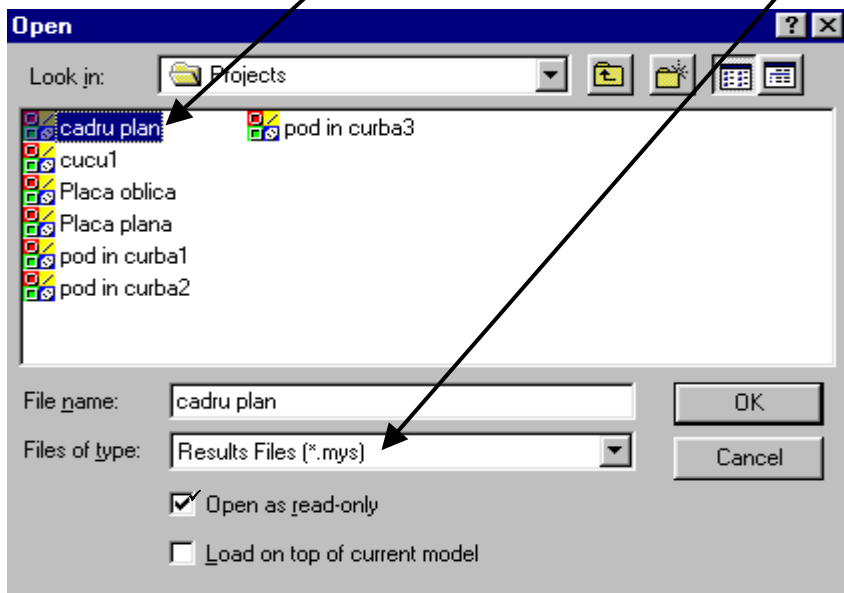


Fig. 46

După efectuarea analizei, programul oferă direct rezultatele din primul caz de încărcare.

### 3.1. Deformata structurii

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

Pentru a vedea mai bine deformată a structurii este indicat ca de pe ecran să îndepărtăm geometria inițială a structurii și mesh-ul.

- click în meniul **Layers**, fereastra din stânga cu butonul din dreapta al mouse-ului, pe opțiunea **Geometry**, comanda **Delete** (fig. 47)
- similar pentru **Mesh**

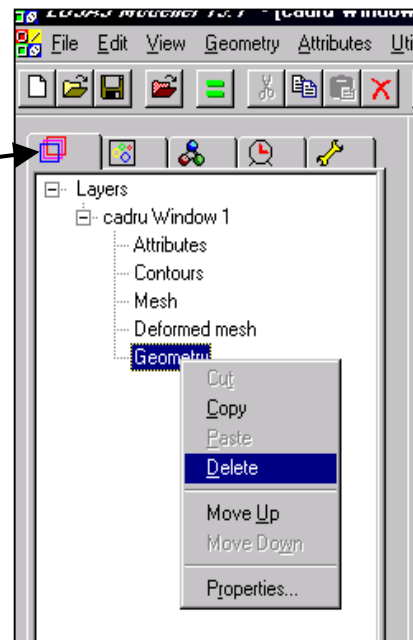


Fig. 47

- click cu butonul dreapta al mouse-ului în fereastra de grafică, în afara modelului
- în meniul care apare se selectează **Deformed mesh** pentru a adăuga la meniul **Layers** din fereastra din stânga această opțiune (fig. 48)
- pe ecran va fi afișată structura în poziție deformată pentru cazul activ de încărcare (cazul 1) (fig. 49)

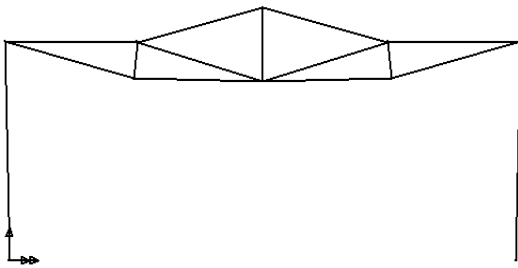


Fig. 49



Fig. 48

Se selectează cazul 2 de încărcare parcurgând următorii pași:

- în fereastra din stânga se selectează meniul **Cazuri de încărcare** (fig. 50)
- cu butonul din dreapta al mouse-ului se selectează cazul 2 de încărcare (**Load Case 2**)
- se alege opțiunea **Set active**

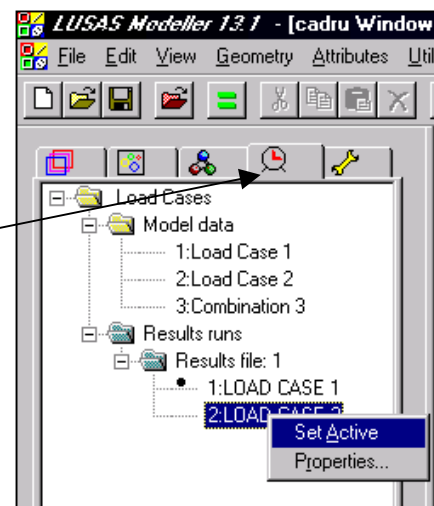


Fig. 50

- pe ecranul calculatorului va fi afișată deformată structura corespunzătoare cazului activ de încărcare (cazul 2) (fig. 51)

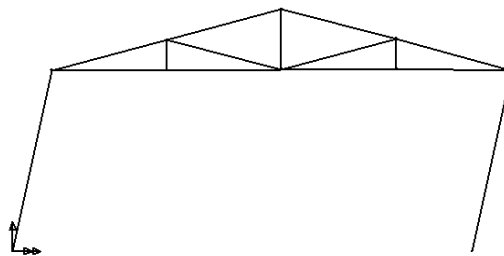


Fig. 51

### 3.2. Definirea unei combinații de încărcări

Pentru a vedea efectul cumulat al mai multor cazuri de încărcare asupra structurii se pot crea combinații ale acestora.

- se deschide meniul **Utilities** (fig. 52)
- se alege opțiunea **Combination, Basic**
- în fereastra din stânga, în meniul **Cazuri de încărcare**, va fi afișată combinația (**Combination 3**) (fig. 53)
- cu butonul din stânga al mouse-ului click dublu pe **Combination 3**

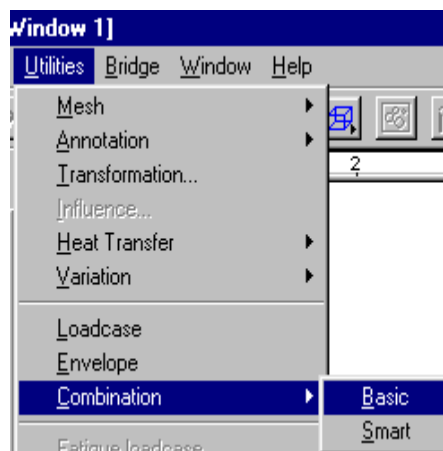


Fig. 52

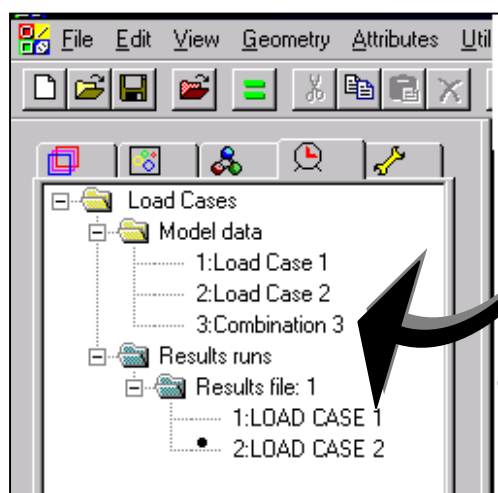


Fig. 53



- în caseta de dialog se selectează **Results file: 1** (fig. 54)
- sub **Results file: 1** vor fi afișate toate cazurile de încărcare analizate
- în partea dreaptă a casetei va apare inclus automat în combinație cazul 1 de încărcare
- se selectează cazul 2 de încărcare (**Loadcase 2**) pentru a fi inclus în combinație

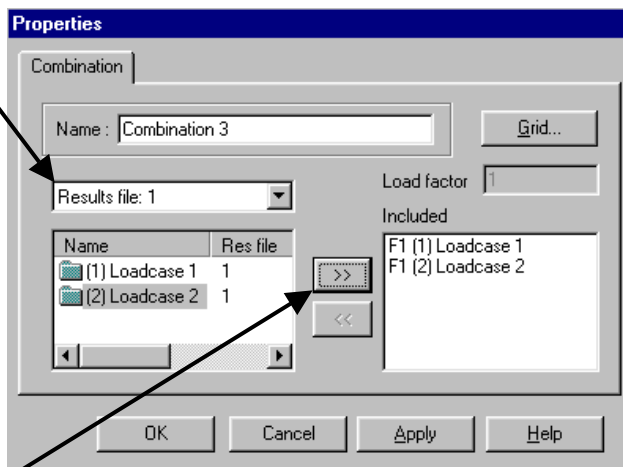


Fig. 54

- cu butonul **>>** se include cazul 2 de încărcare în combinație
- se alege un factor de multiplicare pentru fiecare caz de încărcare (pentru problema dată acesta este **1** în ambele cazuri de încărcare)
- click **Ok** ✓

- se activează combinația 3 (fig. 55)
- pe ecran va fi afișată deformată structura corespunzătoare cazului activ de încărcare (combinația 3) (fig. 56)

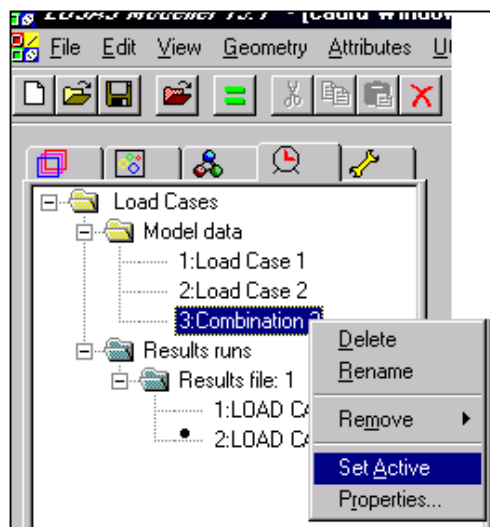


Fig. 55



**Pentru ca rezultatele să fie corecte, în definirea combinației fiecare caz de încărcare trebuie să apară o singură dată.**

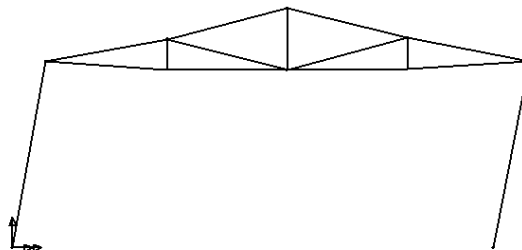


Fig. 56

### 3.3. Deplasări maxime și minime

- se activează cazul 1 de încărcare
- click butonul dreapta al mouse-ului în fereastra de grafică, în afara modelului
- în meniul care este afișat se selectează opțiunea valori (**Values**)
- în caseta de dialog se selectează tipul de rezultate (**Value Results**): deplasări pe direcția axei X (**Displacement, DX**) (fig. 57)

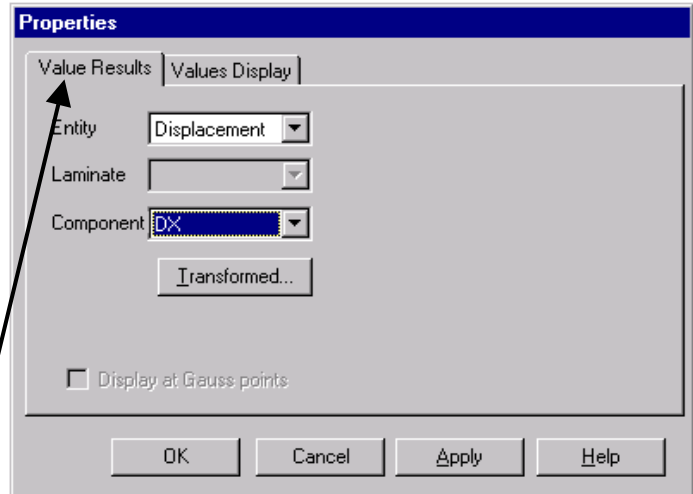


Fig. 57

- în aceeași casetă de dialog se selectează modul de afișare al rezultatelor (**Value Display**) (fig. 58): câte valori să afișeze, dimensiunea și culoarea cifrelor rezultatelor și simbolul cu care marchează locul în care se înregistrează aceste valori

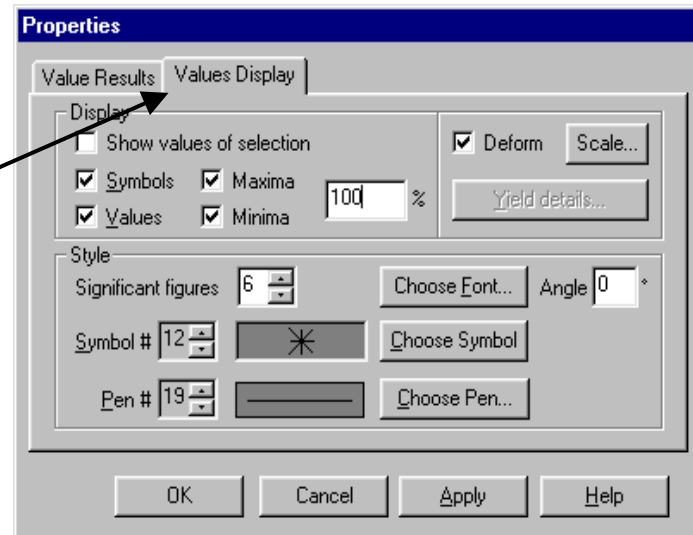


Fig. 58

- click **Ok** ✓
- pe ecran va fi afișată deformată și valorile extreme ale deplasărilor pe direcția axei X pentru cazul activ de încărcare (fig. 59) (**Obs: Simetrie geometrică, elastică, de rezemare și încărcare simetrică duc la deplasări simetrice.**)

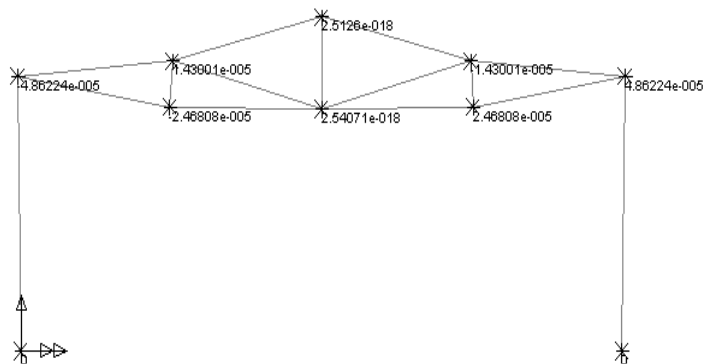


Fig. 59

- similar se procedează pentru deplasările pe direcția axei Y și pentru celelalte cazuri de încărcare sau combinații ale acestora

### 3.4. Diagrame de eforturi

- se activează cazul 2 de încărcare
- click butonul dreapta al mouse-ului în fereastra de grafică, în afara modelului
- în meniul afișat se selectează opțiunea diagrame de eforturi (**Diagrams**)
- în caseta de dialog se selectează tipul de rezultate (**Diagram Plot**): eforturi axiale (**Stress, Fx**) (fig. 60)

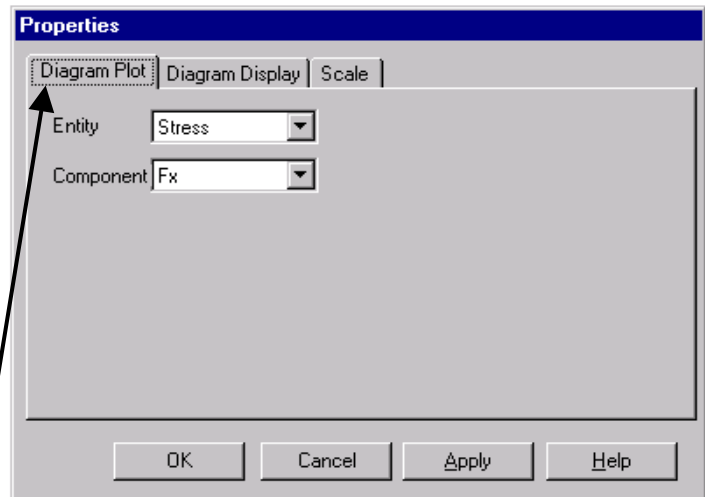


Fig. 60

- în aceeași casetă de dialog se selectează modul de afișare al rezultatelor (**Diagram Display**) (fig. 61): diagrame cu sau fără valori, culoarea, procentul din lungimea barei pe care este reprezentată diagrama
- click **Ok** ✓

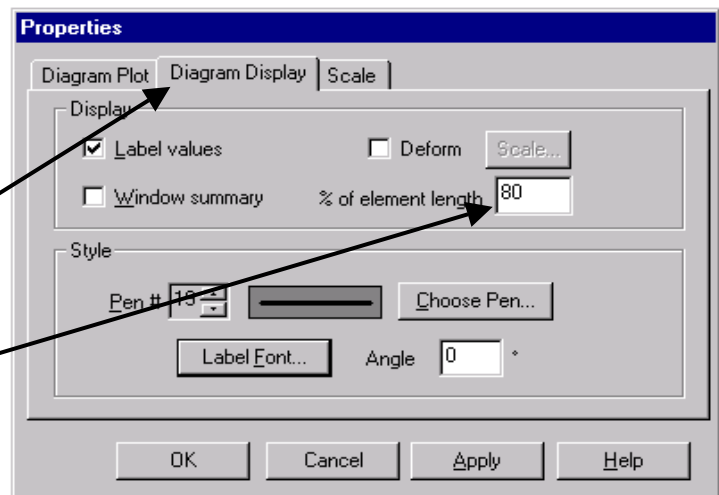


Fig. 61

- pe ecran va fi afișată diagrama de eforturi axiale (fig. 62)
- similar se procedează pentru celelalte diagrame de eforturi din cazul activ de încărcare (cazul 2) (**T**- fig. 63; **M** - fig. 64) sau din alte cazuri de încărcare și combinații ale acestora

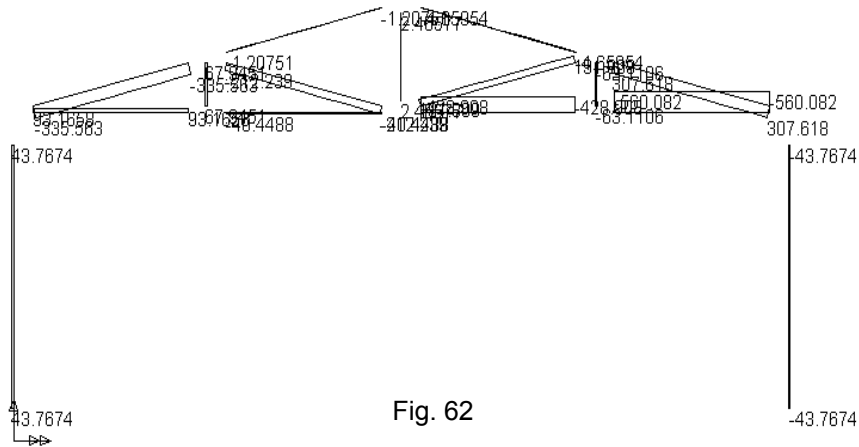


Fig. 62

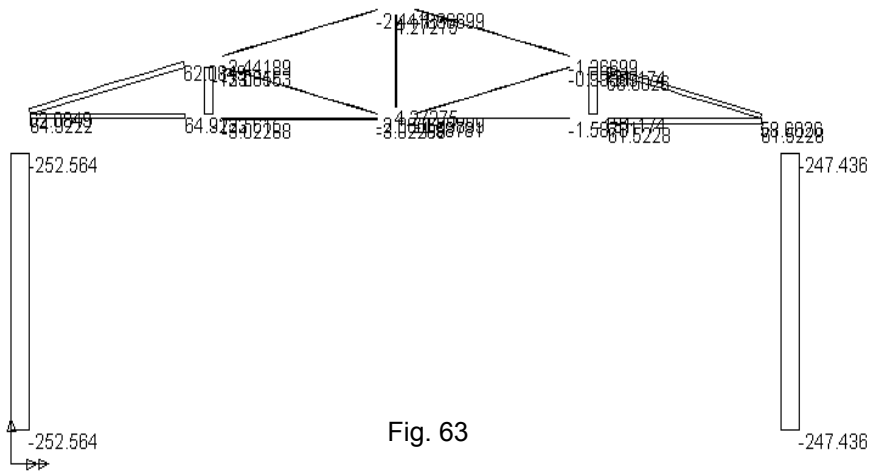


Fig. 63

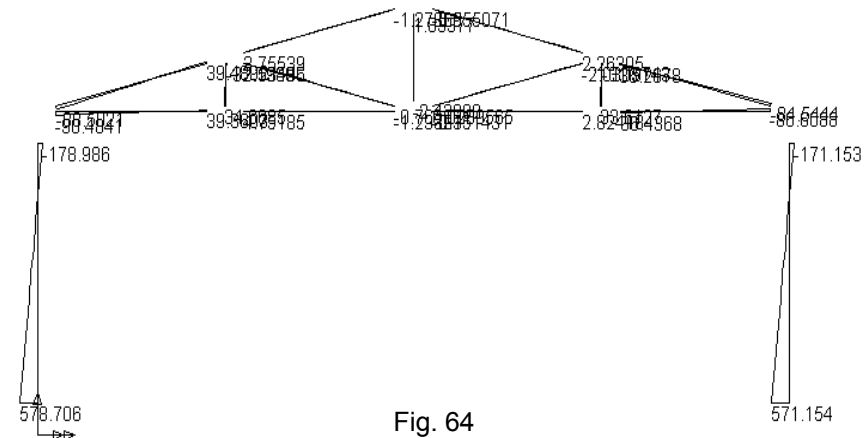


Fig. 64

### 3.5. Reacțiuni

- se activează combinația 3
- click butonul dreapta al mouse-ului în fereastra de grafică, în afara modelului
- în meniul afișat se selectează opțiunea valori (**Values**)
- în caseta de dialog se selectează categoria de rezultate (**Value Results**): reacțiunea moment (**Reaction, MZ**) (fig. 645)

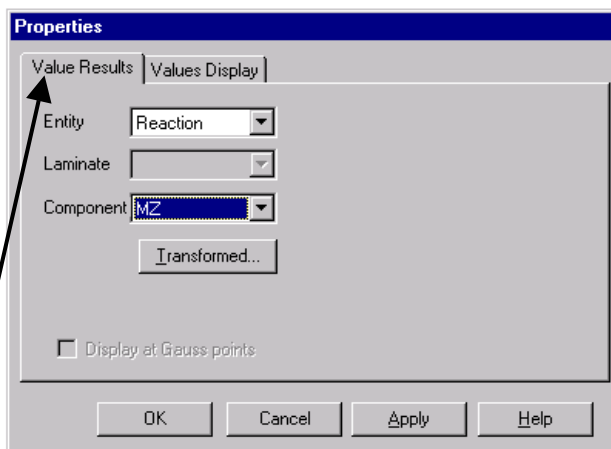


Fig. 65

- în aceeași casetă de dialog se selectează modul de afișare al rezultatelor (**Value Display**): valori maxime și minime, dimensiunea și culoarea cifrelor rezultatelor și simbolul cu care marchează locul în care se înregistrează aceste valori
- click **Ok** ✓
- pe ecran vor fi afișate valorile reacțiunilor moment pentru cazul activ de încărcare (fig. 66)
- similar se procedează pentru celelalte reacțiuni și pentru celelalte cazuri de încărcare

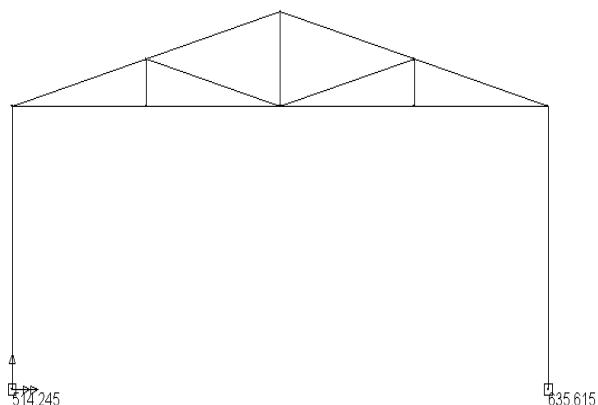


Fig. 66

### TEMA:

- ☞ reprezentați forma deformată a structurii cu valorile maxime ale deplasărilor pe verticală corespunzătoare cazului 2 de încărcare
- ☞ reprezentați diagramele de eforturi (N, M) corespunzătoare cazului 1 de încărcare și a combinației definite
- ☞ reprezentați reacțiunile verticale și valorile acestora corespunzătoare cazurilor 1 și 2 de încărcare