

PRZYKŁAD ROZWIĄZANIA TARCZY ZA POMOCĄ PROGRAMU ANSYS



Jacek Karolak, Piotr Pluciński

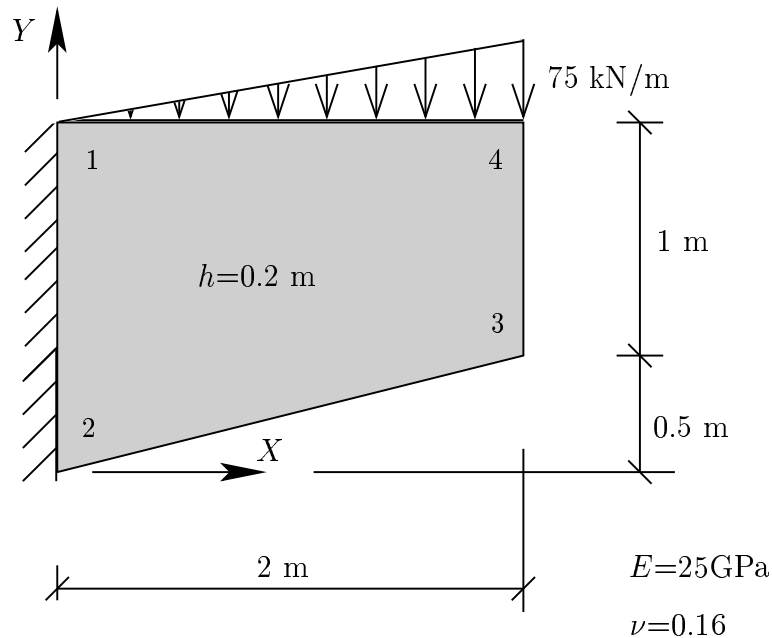
lipiec 2003

dodatek – styczeń 2005

dodatek – czerwiec 2005

1. Opis problemu

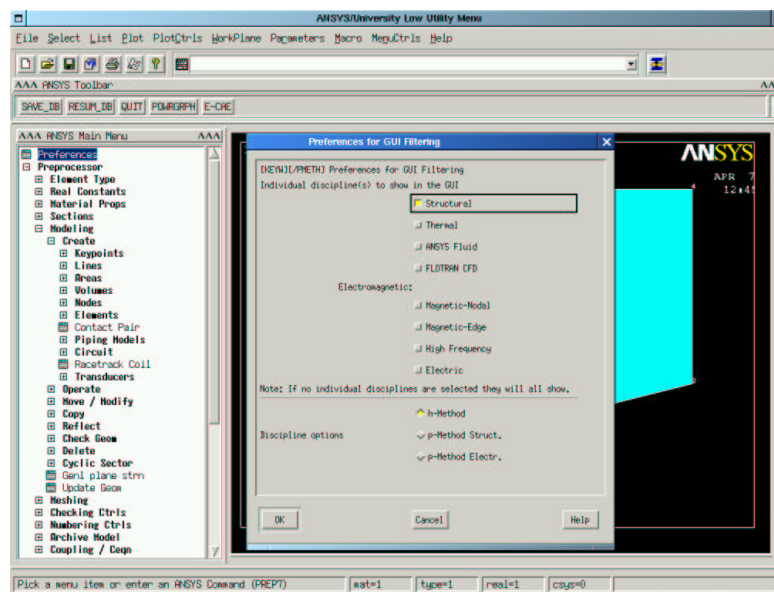
W przykładzie tym przeprowadzimy analizę statyczną tarczy jak na rys.1 za pomocą programu ANSYS. Problem będzie rozwiązywany w płaskim stanie naprężenia przy użyciu liniowej teorii sprężystości.



Rys.1. Geometria tarczy oraz stałe materiałowe

2. Preprocesor

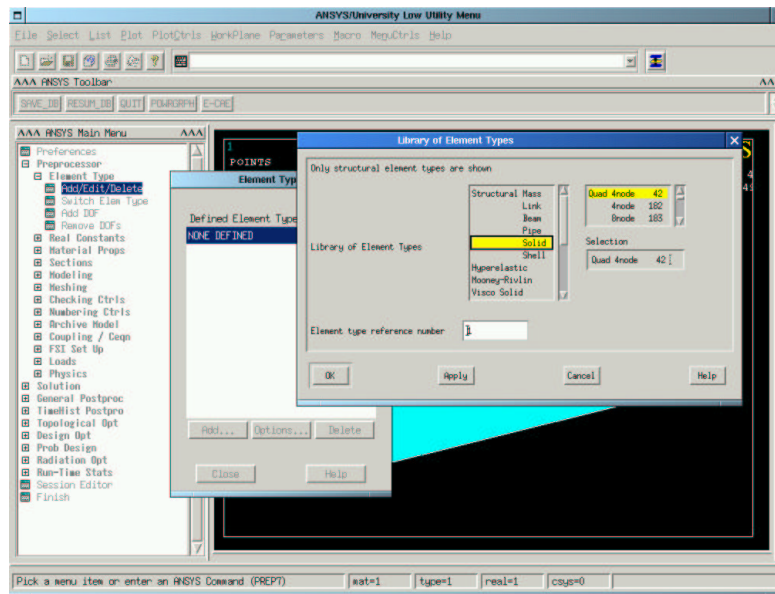
Na początku wybieramy typ filtrowania menu dla opcji związanych wyłącznie z analizą wytrzymałościową (*Main Menu > Preferences > Structural*), rys.2.



Rys.2. Włączenie filtru *Structural*

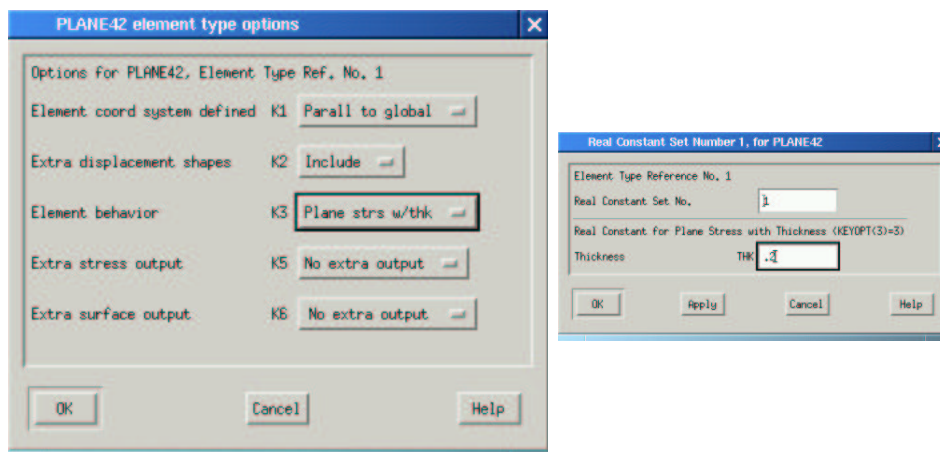
2.1. Definiowanie typu elementu

Z biblioteki dostępnych typów elementów tarczowych wybieramy elementy czterowęzłowe poprzez opcje *Main Menu > Preprocessor > Element Type > Add/Edit/Delete* oraz *Add*. Następnie wybieramy *Structural > Solid > Quad 4 node* i zatwierdzamy *OK*, rys.3. Zmianę na elementy trójwęzłowe dokonamy podczas procesu generacji siatki (p.2.4).



Rys.3. Wybór typu elementu

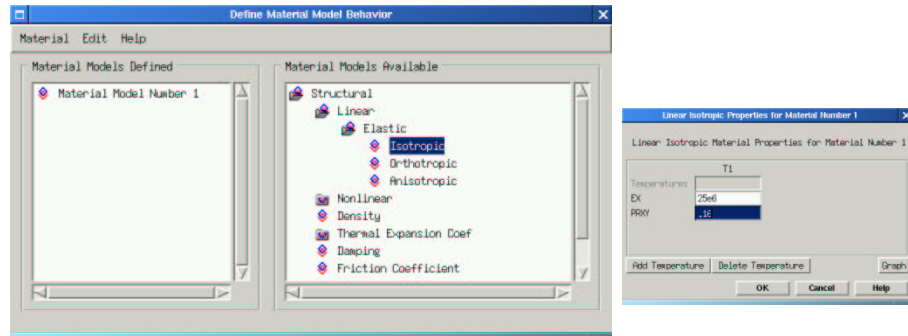
W następnym kroku musimy zdefiniować, że tarcza będzie analizowana w płaskim stanie naprężenia i ma ona określoną grubość. Aby tego dokonać w *Options* wybieramy *Element Behavior > Plane strs w/thk*. Następnie definiujemy grubość w *Main Menu > Preprocessor > Real Constants > Add/Edit/Delete* klikamy na *Add*, *OK*, *Thickness* i wpisujemy (THK) 0.2, rys.4.



Rys.4. Definiowanie parametrów elementu

2.2. Definiowanie materiału

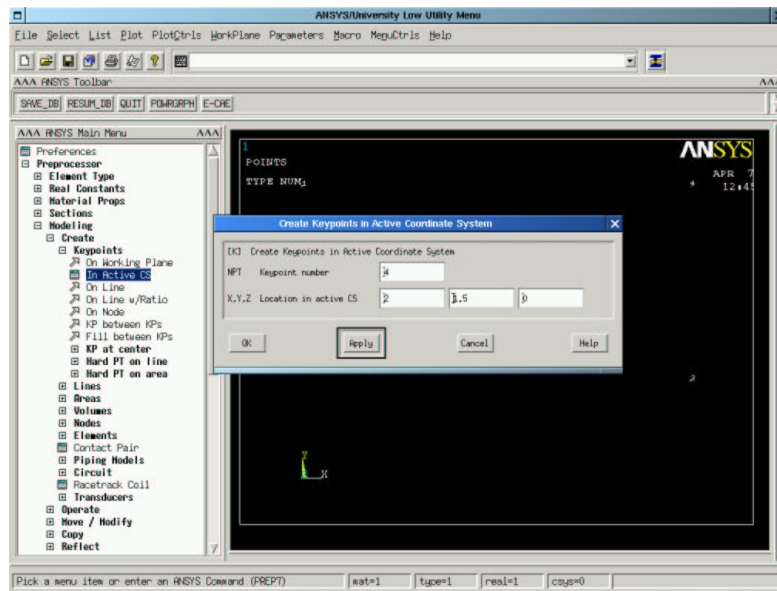
Aby wybrać odpowiedni model materiału używamy opcji *Main Menu > Preprocessor > Material Props > Material Models*, oraz klikamy na *Structural, Linear, Elastic, Isotropic*. Po zatwierdzeniu wpisujemy wartości stałych materiałowych (EX) $E = 25e6$ oraz (PRXY) $\nu = 0.16$, rys.5.



Rys.5. Definiowanie materiału

2.3. Definiowanie geometrii¹

Keypoints. Tarczę definiujemy określając charakterystyczne punkty naróżne. W tym celu wybieramy opcję *Main Menu > Preprocessor > Modeling > Create > Keypoints > In Active CS* i definiujemy keypoint 1 o współrzędnych (0, 1.5, 0); 2 – (0, 0, 0); 3 – (2, 0.5, 0); 4 – (2, 1.5, 0) zatwierdzając za każdym razem wybór kliknięciem na klawisz *Apply*, rys.6.

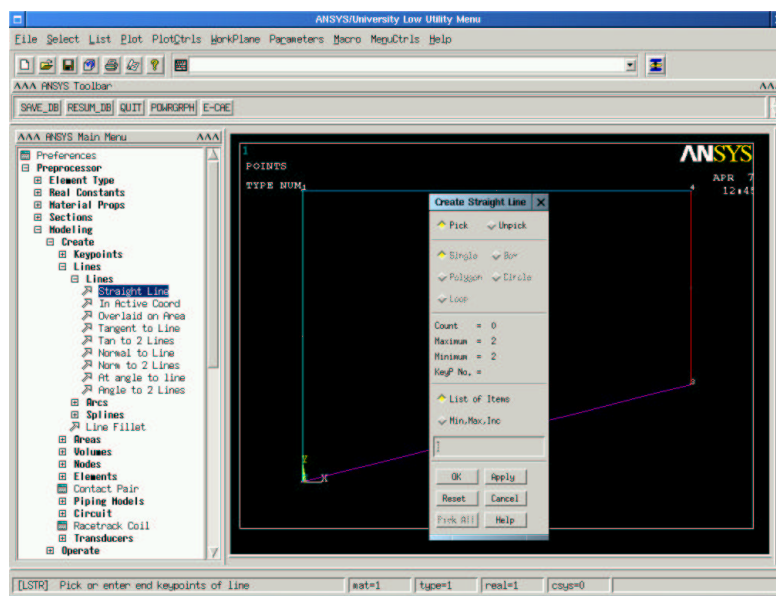


Rys.6. Definiowanie keypoints

Lines. Wybrane punkty łączymy liniami wybierając opcję *Main menu > Preprocessor > Modeling > Create > Lines > Straight Line* klikając lewym

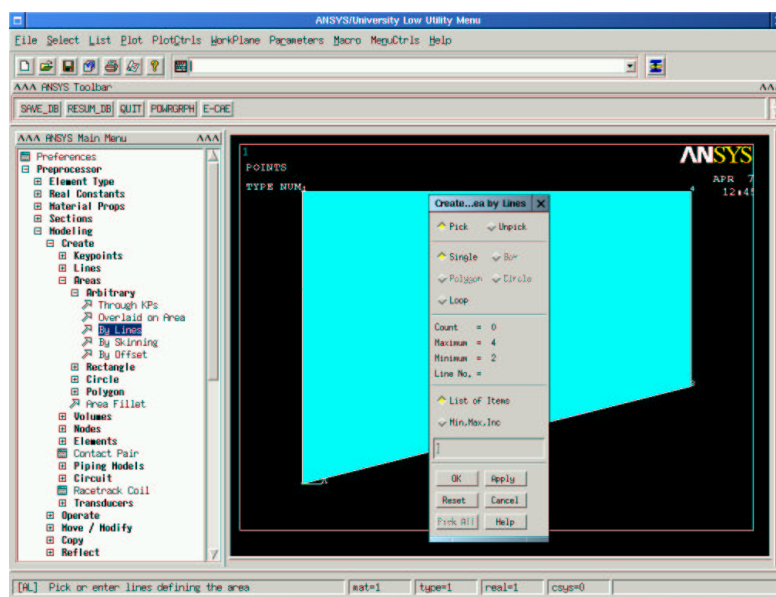
¹W przypadku gdy chcesz narzucić własną siatkę przejdź do punktu 2.5

klawiszem myszy po kolei na punkty od 1 do 2, od 2 do 3, itd., rys.7. Ważne jest aby zapamiętać kierunek definiowania poszczególnych linii, tzn. ich początek i koniec. Będzie mieć to istotny wpływ podczas definiowania obciążenia na tej linii.



Rys.7. Definiowanie linii

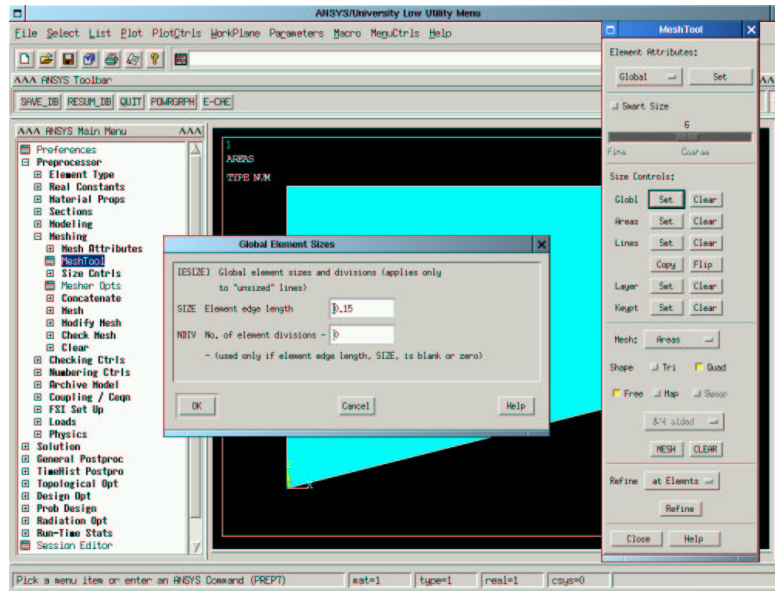
Area. Modelowanie geometrii kończymy zdefiniowaniem obszaru tarczy. Wybieramy opcje *Main menu > Preprocessor > Modeling > Create > Areas > Arbitrary > By Lines*, zaznaczamy odpowiedni brzeg i zatwierdzamy *Apply*, rys.8



Rys.8. Definiowanie obszaru

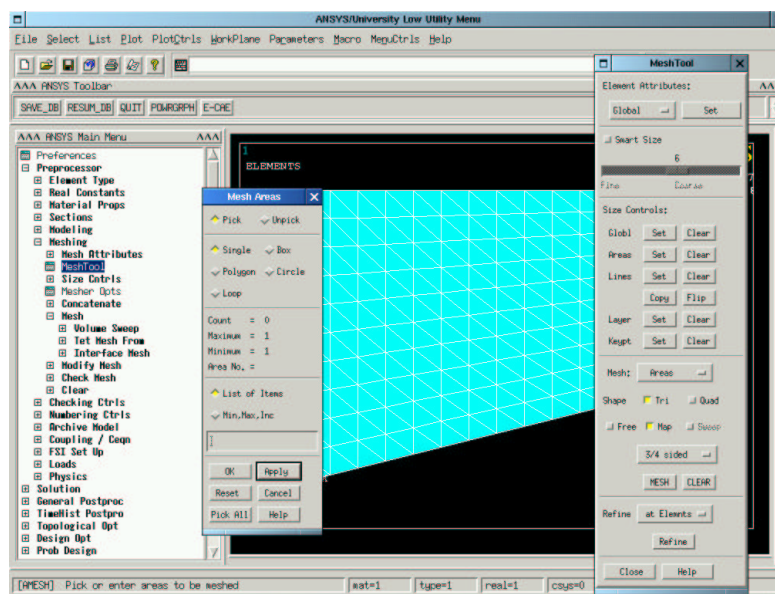
2.4. Generacja siatki

Siatkę generujemy wybierając opcję *Main Menu > Preprocessor > Meshing > Mesh Tool*. Następnie w *Size Controls: Globl > Set* wpisujemy maksymalny wymiar pojedynczego elementu *SIZE* – np. 0.15, rys.9. (Zamiast tego można wpisać liczbę podziału brzegu obszaru *NDIV* – np.10.)



Rys.9. Definicja gęstości siatki

Wybieramy kształt elementów w siatce (*Shape*) trójkątny (*Tri*) oraz opcje siatkowania jako regularną (*Map*). Następnie klikamy na *Mesh* i na nasz obszar zatwierdzając przyciskiem *Apply*, rys.10.



Rys.10. Generowanie siatki

2.5. Definicja siatki bez użycia generatora siatek

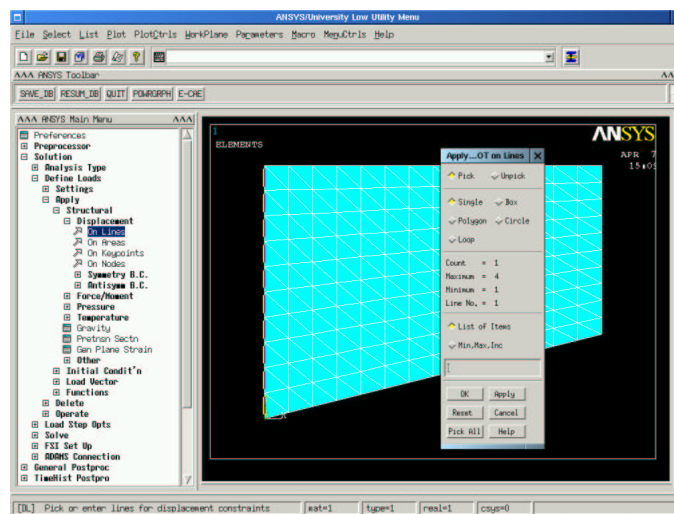
W przypadku gdy chcemy narzucić własną siatkę zamiast automatycznej generacji siatki musimy najpierw zdefiniować węzły (*Main Menu > Preprocessor > Modeling > Create > Nodes > In Active CS*). Sposób postępowania podobny jest jak w przypadku wprowadzania *Keypoints*.

Mając zdefiniowane węzły możemy teraz wprowadzić elementy wybierając *Main Menu > Preprocessor > Modeling > Create > Elements > Auto Numbered > Thru Nodes*. Zaznaczamy wszystkie węzły danego elementu i zatwierdzamy *Apply*.

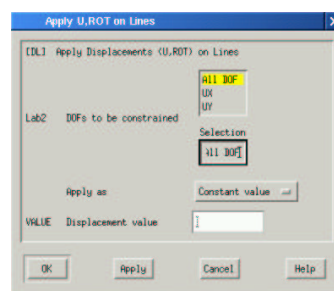
3. Solver

3.1. Warunki brzegowe

Warunki kinematyczne. Na lewym brzegu tarczy blokujemy wszystkie przemieszczenia poprzez wybór opcji *Main Menu > Solution > Define Loads > Apply > Structural > Displacement > On Lines*, klikamy na odpowiedni brzeg, rys.11. W przypadku gdy siatkę zdefiniowaliśmy bez użycia generatora siatek warunek brzegowy musimy zdefiniować w węzłach. (*Main Menu > Solution > Define Loads > Apply > Structural > Displacement > On Nodes*) oraz wybieramy typ warunków brzegowych *ALL DOF*, rys.12.

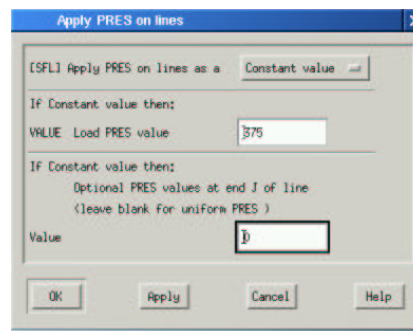


Rys.11. Wybór brzegu z kinematycznymi warunkami brzegowymi



Rys.12. Wybór typu kinematycznych warunków brzegowych

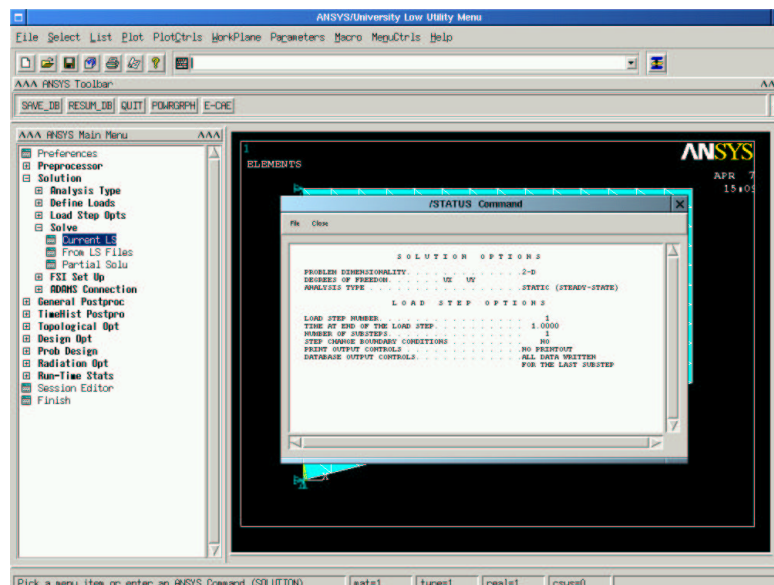
Warunki statyczne. Zadane obciążenie przyłożymy jako ciśnienie na pole powierzchni. W związku z tym 75 kN/m musimy podzielić przez grubość tarczy 0.2 m co daje 375 kN/m^2 . Wybieramy opcje *Main Menu > Solution > DefineLoads > Apply > Structural > Pressure > On Lines*. Następnie zaznaczamy odpowiednią linię brzegową. Wartości obciążenia wpisujemy w odpowiednie miejsca zgodnie z przyjętym kierunkiem zdefiniowanej linii tzn. na początku 375 i na końcu 0 , rys.13. W przypadku gdy obciążenie ciągle przyłożone jest równoległe do brzegu, oraz gdy zdefiniowano siatkę bez użycia generatora siatek to należy je zamienić na statycznie równoważne obciążenie węzłowe. (*Main Menu > Solution > DefineLoads > Apply > Structural > Force/Moment > On Nodes*).



Rys.13. Definiowanie obciążenia

3.2. Rozwiązanie zadania

Zdefiniowaną tarczę możemy teraz przeliczyć wybierając *Main Menu > Solution > Solve > Current LS*, rys.14.

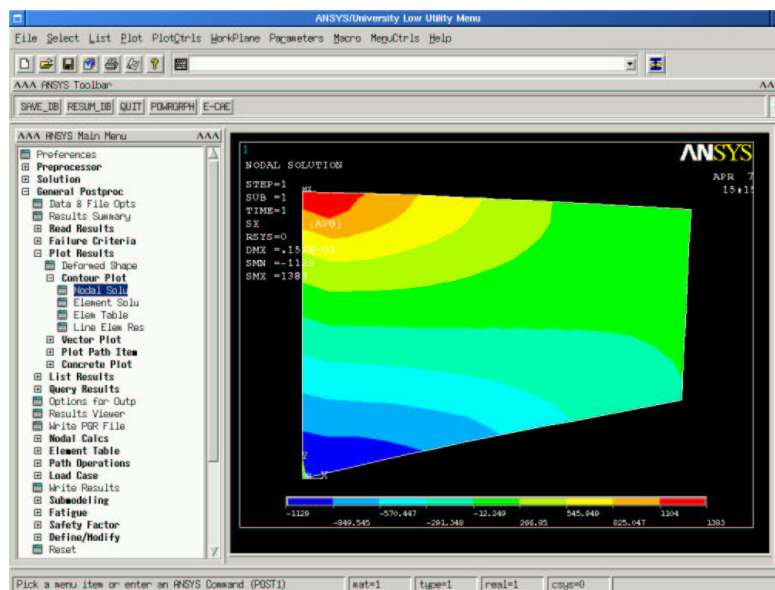


Rys.14. Obliczenie zadania

4. Przeglądanie wyników

4.1. Forma graficzna

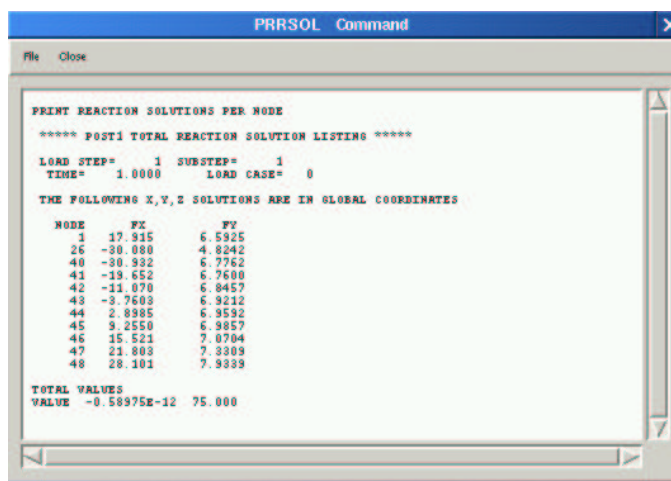
Aby przeglądać wyniki w formie graficznej wybieramy opcje *Main Menu* > *General Postproc* > *Plot Results* > *Contour Plot* > *Nodal Solution* lub *Element Solution* i wybiera z menu interesujące nas wykresy. Przykładowo na rys.15 przedstawiono wykres σ_x .



Rys.15. Wykres σ_x

4.2. Forma tekstowa

Aby przeglądać wyniki w formie tekstu wybieramy opcje *Main Menu* > *General Postproc* > *List Results* > *Nodal Solution*, *Element Solution* lub *Reaction Solu*. Rysunek rys.16 przedstawia przykładowy wydruk dla reakcji.

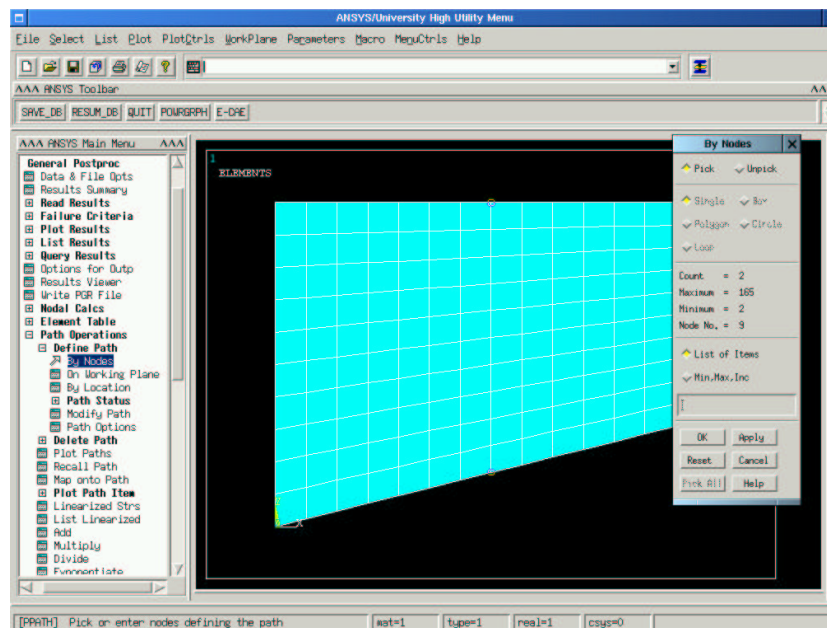


Rys.16. Wydruk reakcji

Suma reakcji na x wynosi zero, a suma reakcji na y równoważy przyłożone obciążenie.

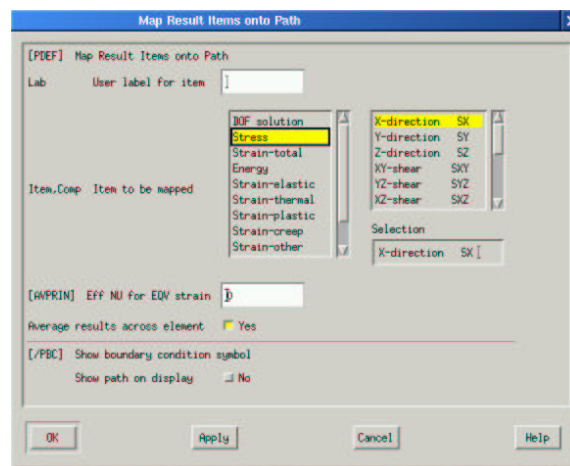
4.3. Wykresy obliczonych wielkości wzdłuż dowolnego przekroju

W pierwszej kolejności musimy zdefiniować wzdłuż jakiego przekroju chcemy wykonać wykres. Decydujemy się budować przekrój na węzłach. W tym celu wybieramy *Main Menu > General Postproc > Path Operations > Define Path > By Nodes* klikamy na dwa węzły leżące na przeciwległych bokach, zatwierdzamy *OK* i wpisujemy nazwę przekroju np. *AA*.



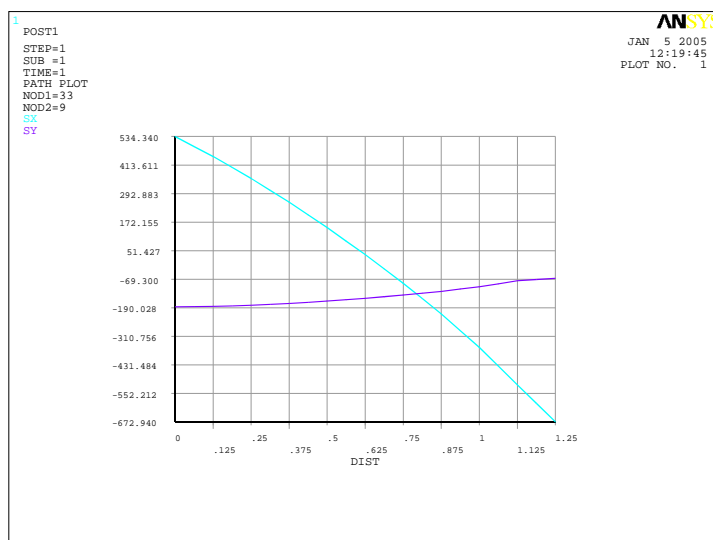
Rys.17. Definiowanie przekroju

Następnie dokonujemy odwzorowania wartości dla których chcemy wykonać wykres wzdłuż przekroju (*Main Menu > General Postproc > Path Operations > Map onto Path*) np. σ_x



Rys.18. Definiowanie przekroju

Odwzorowane w ten sposób wielkości możemy nanieść na wykres *Main Menu > General Postproc > Path Operations > Plot Path Item > On Graph* zaznaczając wartości uprzednio zmapowane np. SX i SY .



Rys.19. Wykresy naprężeń σ_x i σ_y wzdłuż przekroju

Powyższy wykres możemy również wykonać na geometrii układu *Main Menu > General Postproc > Path Operations > Plot Path Item > On geometry*.

Oś odciętych możemy zmieniać w *Main Menu > General Postproc > Path Operations > Plot Path Item > Path Range* - standardowo ustawiono S - wzdłuż linii przekroju.

5. Porównanie wyników

W tabeli Tab.1 zestawiono wyniki przemieszczeń² dla węzłów narożnych.

	Obliczenia ręczne	FElt - 2 elementy	FElt - 200 elementów	ANSYS - 280 elementów
u_3	$-8.182e - 06$	$-8.1822e - 06$	$-2.2471e - 05$	$-2.2284e - 05$
v_3	$-5.213e - 05$	$-5.2126e - 05$	$-1.3353e - 04$	$-1.3575e - 04$
u_4	$1.529e - 05$	$1.5292e - 05$	$5.0246e - 05$	$5.1343e - 05$
v_4	$-6.156e - 05$	$-6.1559e - 05$	$-1.4195e - 04$	$-1.4425e - 04$

Tabela 1. Porównanie wyników obliczeń ręcznych z obliczeniami komputerowymi tarczy

²W tabeli zamieszczono poprawione wyniki przemieszczeń w stosunku do przykładu 5.6 w skrypcie.


```
esize,0.15/skala ! rozmiar oczka siatki
mshape,0,2D ! wybranie siatki o elementach prostokatnych
mshkey,1 ! siatka regularna
mat,1 ! ustawienie typu materialu
real,1 ! ustawienie parametrow elementu grubosci
amesh,1 ! siatkowanie powierzchni 1

!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!! warunki brzegowe !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
dl,1,,all,0. ! utwierdzenie lini nr1

sfl,4,pres,Ft/t,0. ! zdefiniowanie cisnienia na lini 4
allsel,all ! wyselekcjonowanie wszystkiego

!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!! rozwiazywanie i wyniki !!!!!!!!!!!!!

/input,term ! zatrzymanie wykonywania polecen
! aby przejsc dalej trzeba wpisac /eof

/solution ! przejście do solvera
antype,static ! ustawienie rodzaju problemu
solve ! obliczanie

/post1 ! przejście do postprocesora
/dscale,0,1 ! ustawienie przeskalowania rys.
plnsol,u,y ! wydruk przemieszczenia uy

/input,term
plnsol,s,x ! wydruk naprezen na kierunek x

/input,term
plnsol,s,y ! wydruk naprezen na kierunek y

/input,term
plnsol,s,xy ! wydruk naprezen na kierunek xy

/input,term
finish ! skonczenie obliczen i wyjscie
```