

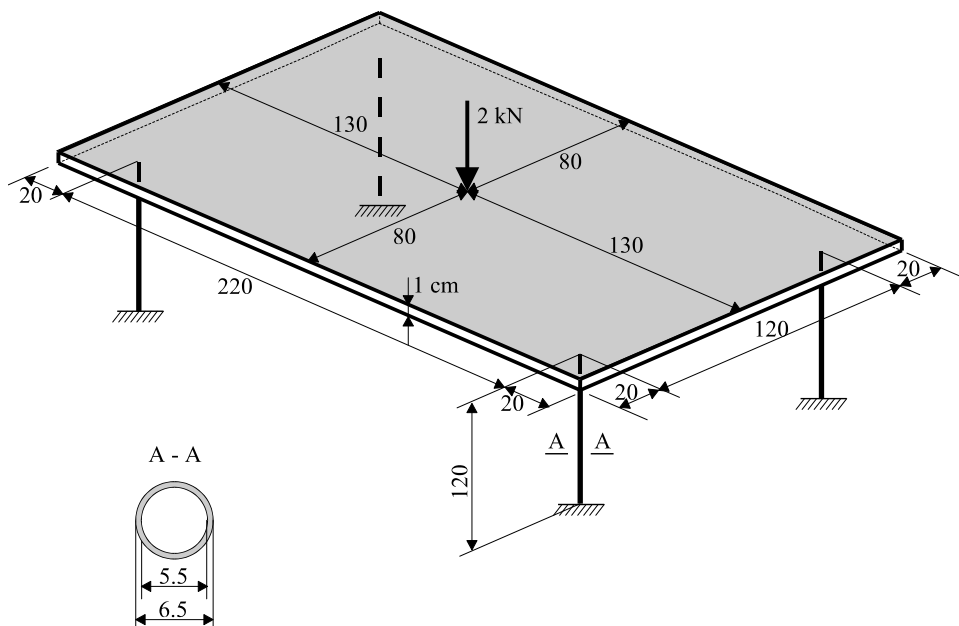
ROZDZIAŁ V.

ZADANIE 4 - STATECZNOŚĆ I DYNAMIKA KONSTRUKCJI PŁYTOWO-SŁUPOWEJ

Treść zadania

Wykonać analizę stateczności i analizę dynamiczną konstrukcji płytowo-słupowej (Rys.5.1), składającej się z poziomej płyty i z czterech słupów podpierających ją w narożach. Analizy obejmować będą:

- ♦ wyznaczenie mnożnika siły krytycznej - zadanie 4s,
- ♦ drgania własne konstrukcji - zadanie 4d,
- ♦ drgania wymuszone impulsem - zadanie 4i,
- ♦ drgania wymuszone siłą sinusoidalnie zmienną - zadanie 4w.



Rys.5.1

Zadanie 4s - wyznaczenie mnożnika siły krytycznej

Wprowadzenie danych


Konstrukcja, którą będziemy modelowali złożona jest z elementów odmiennych typów. Używane obecnie moduły **Decods** nie potrafią w jednym przebiegu utworzyć modelu konstrukcji złożonej (dopiero najnowsze dekodery, działające w Windows 95 mają takie możliwości - **SuperDraw III**), co zmusza nas do dwukrotnego użycia modułu **Decods**, aby utworzyć dwa niezależne modele: płytowy i słupów a następnie połączymy je przy użyciu modułu **Combsst**. Narysujemy zatem przy użyciu **SuperDraw** dwa oddzielne rysunki:

- ♦ pierwszy obejmować będzie tylko elementy płyty górnej a plik danych niezbędny do dalszej obróbki zostanie przygotowany za pomocą modułu **Decods**,
- ♦ drugi obejmować będzie słupy konstrukcji, których model utworzony zostanie przy użyciu modułu **Bedit**.

Uruchamiamy moduł **SuperDraw** z poziomu głównego menu **ALGORA (Algor Main Menu)** podobnie jak w zadaniach 1, 2 i 3, lub też niezależnie od menu, uruchamiamy program **SD2H.EXE (SD2.EXE dla Windows)**.


Prostokątną płytę można narysować wieloma sposobami. Jeden z nich został pokazany już podczas rysowania dna zbiornika w zadaniu 3. Pokażemy teraz odmienny sposób, polegający na kopiowaniu linii z aktywną opcją łączenia węzłów (**Join**):


1. wybieramy opcję **Draw**,

 nacisnąć klawisz **F10**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **0Draw**

2. wybieramy rzut izometryczny,

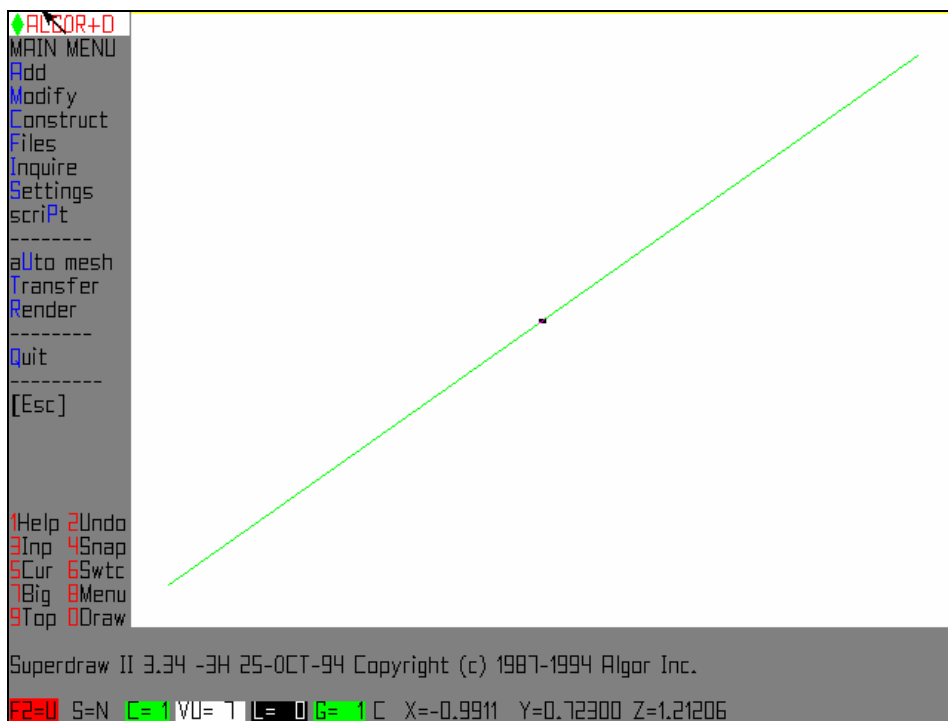
 nacisnąć klawisz z literą **V** i nacisnąć klawisz z cyfrą **7**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **View** oraz kliknąć lewym klawiszem w napis **7) Isome**





3. wracamy do głównego menu,

 nacisnąć klawisz **F9**





- ☞ kliknąć lewym klawiszem w napis **9Top**
- 4. włączamy możliwość wprowadzania danych za pomocą klawiatury,
 - ☞ nacisnąć klawisz **F3** i nacisnąć klawisz z literą **K**
 - ☞ kliknąć lewym klawiszem w napis **3Inp** i kliknąć lewym klawiszem w napis **Keyboard**
- 5. wybieramy opcję rysowania linii,
 - ☞ nacisnąć klawisz z literą **A** a następnie z literą **L**
 - ☞ kliknąć lewym klawiszem w napis **Add** a następnie w napis **Line**
- 6. podajemy współrzędne węzła początkowego pierwszej linii,
 - ☞ **X=0 Y=0 Z=1.2** i nacisnąć **ENTER**
 - ☞ tego punktu nie można wskazać myszką
- 7. podajemy współrzędne węzła końcowego pierwszej linii,
 - ☞ **X=0 Y=1.6 Z=1.2** i nacisnąć **ENTER**
 - ☞ tego punktu nie można wskazać myszką





Rys.5.2

8. oglądamy cały rysunek na ekranie,
 nacisnąć klawisz **F10**, następnie **E**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **0Draw**, następnie w napis **Enclose**
9. powracamy do głównego menu **SuperDraw**,
 nacisnąć klawisz **F9**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **9Top**

Po wykonaniu wszystkich operacji ekran monitora powinien wyglądać tak jak na Rys.5.2 Podzielimy teraz otrzymaną linię na 16 odcinków, które stanowić będą krawędzie elementów płyty:



1. wybieramy opcję dzielenia linii,
 nacisnąć klawisz **C** a następnie **D**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Construct** a następnie w napis **Divide**
2. wybieramy opcję **Select** ,
 nacisnąć klawisz **S**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Select**



Uwaga: *Jeżeli włączona jest opcja podawania współrzędnych za pomocą klawiatury, to niektórych opcji nie można uruchomić przez naciśnięcie klawisza z wyróżnioną literą.*

3. zaznaczamy wszystkie elementy,
 nacisnąć klawisz z literą **A**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **All**





Uwaga: *Wybrany element oznaczany jest małym kwadratem rysowanym w jego środku. Jeżeli znaczniki wyboru pokrywają się, to przestają być widoczne mimo, że wybór elementu jest w dalszym ciągu aktywny.*

4. wychodzimy z opcji **Select**,





-  nacisnąć klawisz **Esc**
-  kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**

5. podajemy ilość odcinków, na które zostanie podzielona linia,
 -  nacisnąć klawisz **N**, wpisać liczbę **16** i nacisnąć klawisz **Enter**
 -  kliknąć lewym klawiszem w napis **Number**, a resztę wykonać za pomocą klawiatury

*Uwaga: W czasie podziału łuków na odcinki tworzone są odcinki prostej gdy aktywna jest opcja **To lines** (na aktywność wskazuje widoczny znak *) lub odcinki łuku, gdy opcja nie jest aktywna. Jeżeli chcemy aby odcinki były krawędziami elementów powinniśmy uaktywnić tą opcję.*


6. dzielimy linię na odcinki,
 -  nacisnąć klawisz **D**
 -  kliknąć lewym klawiszem w napis **Divide**
7. wracamy do menu głównego,
 -  nacisnąć klawisz **F9**
 -  kliknąć lewym klawiszem w napis **9Top**


Skopiujemy teraz otrzymane odcinki, jednocześnie łącząc węzły, co doprowadzi do utworzenia prostokątnej siatki elementów:

1. wybieramy opcję kopiowania obiektów,
 -  nacisnąć klawisz **M** a następnie klawisz **C**
 -  kliknąć lewym klawiszem w napis **Modify** a następnie w napis **Copy**
2. uaktywniamy opcję **Join**,
 -  nacisnąć klawisz **J**
 -  kliknąć lewym klawiszem w napis **Join**


*Uwaga: Znak * przy napisie **Join** oznacza, że opcja jest aktywna.*


3. wybieramy opcję **Number**,

 nie można tego zrobić za pomocą klawiatury


 kliknąć lewym klawiszem w napis **Number**


4. podajemy ilość żądanych kopii,

 wpisać liczbę **26** i nacisnąć klawisz **ENTER**


 nie można tego zrobić myszką

5. podajemy współrzędne początku wektora kopiowania,

 wpisać **X=0 Y=0 Z=0** i nacisnąć **ENTER**


 kliknąć prawym klawiszem w skrajny punkt linii położony najbliżej dolnego lewego rogu ekranu

6. podajemy współrzędne końca wektora kopiowania,

 wpisać **X=0.1 Y=0 Z=0** i nacisnąć **ENTER**


 nie można tego zrobić myszką

7. oglądamy cały rysunek,

 nacisnąć klawisz **F10**, następnie **E**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **0Draw**, następnie w napis **Enclose**

8. wracamy do menu głównego,

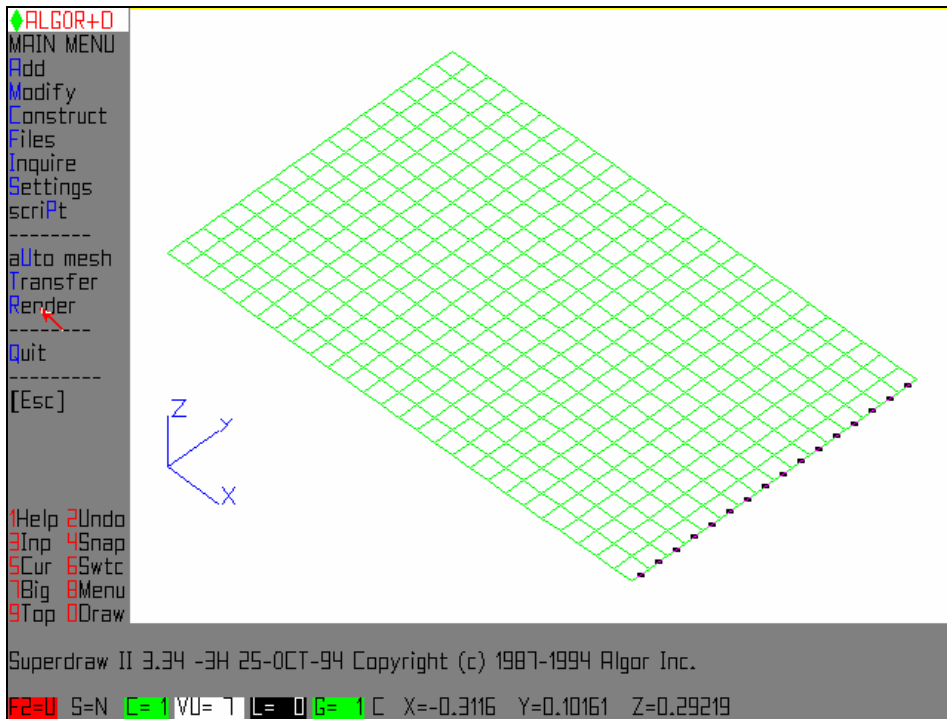
 nacisnąć klawisz **F9**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **9Top**

Uwaga: *Klikając prawym klawiszem myszki, powodujemy że kursor myszki zostaje przyciągnięty do najbliższego węzła. Przy kliknięciu lewym klawiszem kursor zostanie ustawiony w punkcie widocznym na ekranie a trzecia współrzędna tego punktu będzie taka sama jak współrzędna rzutni widoczna na ekranie w prawym dolnym rogu. Nigdy nie można mieć więc pewności, że klikając lewym klawiszem myszki trafimy w istniejący węzeł, nie widoczne na ekranie różnice położenia punktów mogą powodować błędy w czasie tworzenia modelu konstrukcji.*

Opcję przyciągania kursora myszki do najbliższego punktu można uaktywnić na stałe (kliknięcie lewym klawiszem przeniesie


kursor do najbliższego węzła), wybierając opcję: **F4 Snap, Point..**




Rys.5.3


Rysunek Rys.5.3 przedstawia siatkę elementów, którą otrzymujemy po wykonaniu opisanych operacji. Do rysunku dodamy jeszcze siłę skupioną o wartości 2 kN skierowaną w dół, przyłożoną do środka płyty. Rysowanie siły rozpoczniemy od zmiany koloru tworzonych obiektów:


















1. zmieniamy kolor rysowania,

 nacisnąć klawisz **Alt** i przytrzymując go naciskać klawisz **C** tyle razy, aż w dolnej linii ekranu ujrzymy napis **C=2** na czerwonym tle


 kliknąć lewym klawiszem w napis **ALGOR+D**, wybrać z palety kolorów kolor czerwony oznaczony numerem 2 i kliknąć lewym klawiszem


2. wybieramy opcję rysowania obiektów MES,

 nacisnąć klawisz z literą **A**, a następnie nacisnąć klawisz z literą **F**


-  kliknąć lewym klawiszem w napis **Add**, a następnie kliknąć lewym klawiszem w napis **FEA add**
3. wybieramy opcję rysowania sił,
 nacisnąć klawisz **F**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Force**
4. wybieramy opcję pozwalającą określić kierunek siły,
 nie można tego wykonać za pomocą klawiatury
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Vector**
5. ustalamy kierunek i zwrot wektora,
 nie można tego wykonać za pomocą klawiatury
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Z dir** i w napis **Negate**
6. wybieramy opcję pozwalającą na zmianę długości rysowanego wektora,
 nie można tego wykonać za pomocą klawiatury
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Length**
7. podajemy długość rysowanego wektora (np.0.5),
 wpisać liczbę **0.5** i nacisnąć klawisz **ENTER**
 nie można tego wykonać za pomocą myszki
8. opuszczamy opcję **Vector**,
 nacisnąć klawisz **Esc**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**
9. wybieramy opcję pozwalającą wprowadzić wartość siły,
 nie można tego wykonać za pomocą klawiatury
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Magnitude**
10. podajemy wartość siły,
 wpisać liczbę **2** i nacisnąć **ENTER**
 nie można tego zrobić myszką

11. wybieramy opcję pozwalającą zmienić opis wprowadzanego wektora,

 nie można tego wykonać za pomocą klawiatury

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Comment**


12. wprowadzamy opis wektora (np. kN),


 wpisać **kN** i nacisnąć **ENTER**

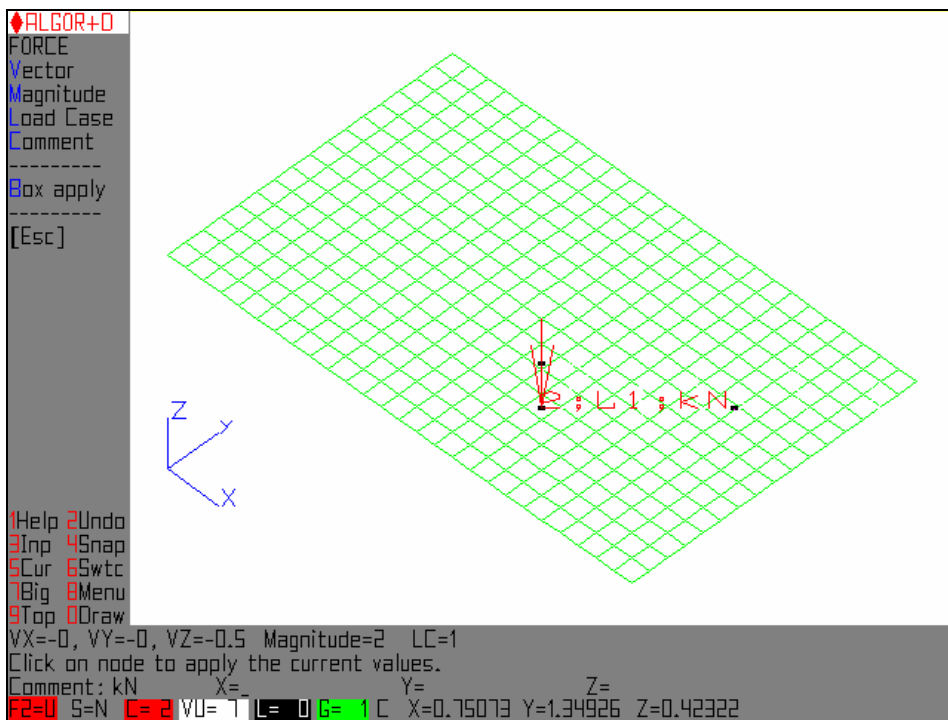
 nie można tego zrobić myszką

Uwaga: *W miejscu tym można podać dowolny napis, który pojawi się na rysunku przy strzałce wektora. Standardowym opisem sił w systemie **ALGOR** jest napis **LBS**, oznaczający jednostki siły używane w USA - funty.*

13. umieszczamy siłę skupioną na środku płyty,







 wpisać **X=1.3 Y=0.8 Z=1.2** i nacisnąć **ENTER**

 kliknąć prawym klawiszem w węzeł leżący na środku płyty





Rys.5.4

Rysunek Rys.5.4 przedstawia obciążony model płyty. Jak widać na rysunku punktem przyłożenia siły jest początek wektora. Zapiszemy teraz rezultaty pracy na dysku, w pliku o nazwie **PLYTA_S**:


1. wracamy do głównego menu,
 nacisnąć klawisz **F9**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **9Top**
2. wybieramy opcję **Files**,
 nacisnąć klawisz **F**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Files**
3. zapisujemy plik danych,
 nacisnąć klawisz **S**, wpisać nazwę pliku **PLYTA_S** i nacisnąć **ENTER**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Save**, a nazwę pliku podać za pomocą klawiatury.

Kolejnym etapem tworzenia modelu jest podanie danych dotyczących materiału i wariantów obciążenia. Wykonamy go przy użyciu modułu **Decods**, przechodząc do niego bezpośrednio z **SuperDraw**:

-  nacisnąć klawisz **T** a następnie **S**
-  kliknąć lewym klawiszem w napis **Transfer** a następnie w napis **S)**
Stress

Przygotowujemy dane modelu, który będzie służył do obliczania mnożnika siły krytycznej. W module **Decods** nie ma oddzielnej opcji tworzenia pliku danych dla analizy stateczności, posługujemy się tu plikiem analogicznym jak przy zadaniach ze statyki.


Wprowadzanie danych rozpoczynamy od wyboru typu elementów:


1. wybieramy opcję **Elements**,
 przejść strzałką do opcji **Elements** lub nacisnąć klawisz z literą **E**
2. wybieramy elementy typu płytowego,

 wejść do opcji **Type** przez wciśnięcie klawisza **ENTER**


 podświetlić napis **6) Plate** lub nacisnąć klawisz z cyfrą **6**

3. wprowadzamy informacje dotyczące materiału konstrukcji


 przejść strzałką do opcji **Group** i nacisnąć **ENTER**, lub nacisnąć klawisz z literą **G**


 w pierwszej kolumnie (**Name**) należy podać nazwę materiału - (np. **Stal St3S**) dla pierwszej grupy elementów


 pominąć drugą kolumnę (**Lib**)

 w trzeciej kolumnie (**Density**) należy podać ciężar objętościowy materiału, który dla stali wynosi $\gamma=78.5 \text{ kN/m}^3$; wpisać wartość **78.5**

 w czwartej kolumnie (**Young's**) podać moduł Younga stali $E=2.08 \cdot 10^8 \text{ kPa}$; wartość tą należy wpisać w taki sposób: **2.08e8**

 w piątej kolumnie (**Poisson**) należy podać współczynnik Poissona $\nu=0.3$; wpisać **0.3**

 w szóstej kolumnie (**Alpha**) należy podać współczynnik rozszerzalności cieplnej, który wynosi $\alpha=0.00001 \text{ /K}$, wpisać **0.00001**


 w ostatniej kolumnie **G** można podać moduł Kirchoffa


 wyjść z opcji **Group** klawiszem **Esc**


4. podajemy informacje, dotyczące elementów wyróżnionych jednym kolorem, tzn. grubość, obciążenie termiczne, ciśnienie a także orientacje elementów.


 wybrać opcję **Color** i nacisnąć **ENTER**, lub wcisnąć klawisz z literą **C**


 w pierwszej kolumnie (**Thicknes**) podać grubość płyty; wpisać **0.01**

 w drugiej kolumnie (**Tref**) podać temperaturę, przy której w konstrukcji nie występują naprężenia spowodowane obciążeniem termicznym; wpisać **0**

 w trzeciej kolumnie (**dT/dh**) podać gradient temperatury w kierunku normalnym do powierzchni płyty; wpisać **0**

 w czwartej kolumnie (**Pressure**) podajemy ciśnienie działające na element; wpisać **0**

 w ósmej kolumnie (**Orient**) należy wpisać liczbę **2** która decyduje o sposobie orientacji elementu

-  W dziewiątej, dziesiątej i jedenastej kolumnie (**IP_x**, **IP_y** i **IP_z**) podajemy współrzędne punktu orientującego element; wpisać w kolejnych kolumnach liczby **1e10**, **0** i **1.2**


Uwaga: *Podane tu współrzędne punktu **IP** wymuszają taki sposób orientowania elementów, że krawędzie **i, j** elementów prostopadle będą do globalnej osi **X**. Spowoduje to taki wybór lokalnych układów współrzędnych, gdzie oś **x** układu lokalnego równoległa będzie do osi **Y** układu globalnego (porównaj też uwagę w zadaniu 3).*

-  wyjść z opcji **Color** klawiszem **Esc**


5. wybieramy opcję **Analysis**,

-  przejść strzałką do opcji **Analysis** lub nacisnąć klawisz z literą **A**

6. wybieramy rodzaj analizy zadania (**Static**) i wprowadzamy wektor obciążenia grawitacyjnego,

-  nacisnąć **ENTER** lub nacisnąć klawisz z literą **S**


-  wpisać wartość przyspieszenia ziemskiego **9.81**


-  wybrać kierunek i zwrot działania przyciągania ziemskiego przez wpisanie przy **A_x=0**, **A_y=0**, **A_z=-1**


7. ustalamy mnożniki działających obciążeń,


-  przejść strzałką do opcji **Global** lub nacisnąć klawisz z literą **G**


-  przejść strzałką do opcji **Load Case** i nacisnąć **ENTER**, lub nacisnąć klawisz z literą **L**

-  w pierwszej kolumnie wpisujemy mnożnik obciążenia ciśnieniem równy w tym przypadku **0**

-  w drugiej kolumnie wpisujemy mnożnik obciążenia ciężarem własnym równy w tym przypadku **1**


-  w trzeciej kolumnie wpisujemy mnożnik obciążenia geometrycznego równy w tym przypadku **0**

-  w czwartej kolumnie wpisujemy mnożnik obciążenia termicznego równy w tym przypadku **0**

-  wyjść z opcji **Load Case** klawiszem **Esc**

8. uruchamiamy procedurę tworzenia plików danych,

 przejść strzałką do opcji **Decode** lub nacisnąć klawisz z literą **D**


 jeżeli nie jest podświetlona opcja **Run**, to przejść strzałką do tej opcji i nacisnąć **ENTER**, lub nacisnąć klawisz z literą **R**

Wynikiem pracy modułu **Decods** są cztery pliki, z których jeden, **PLYTA_S.SST** jest niezbędny do dalszego modelowania konstrukcji, gdyż moduł **Combsst** czyta binarne pliki danych typu **SST**.

Przejdziemy teraz do rysowania słupów konstrukcji. Wykonamy najpierw rysunek przy użyciu modułu **SuperDraw** a następnie wprowadzimy dane dotyczące materiału i warunków brzegowych korzystając z modułu **Bedit**.


Uruchamiamy moduł **SuperDraw** podobnie jak zrobiliśmy to w poprzedniej części zadania i przystępujemy do rysowania pierwszego słupa:


1. wybieramy opcję **Draw**,

 nacisnąć klawisz **F10**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **0Draw**

2. zmieniamy sposób rzutowania na rzut izometryczny,

 nacisnąć klawisz z literą **V** i nacisnąć klawisz z cyfrą **7**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **View** oraz kliknąć lewym klawiszem w napis **7) Isome**


3. wracamy do głównego menu,

 nacisnąć klawisz **F9**





 kliknąć lewym klawiszem w napis **9Top**

4. umożliwiamy wprowadzanie danych za pomocą klawiatury,





 nacisnąć klawisz **F3** i nacisnąć klawisz z literą **K**

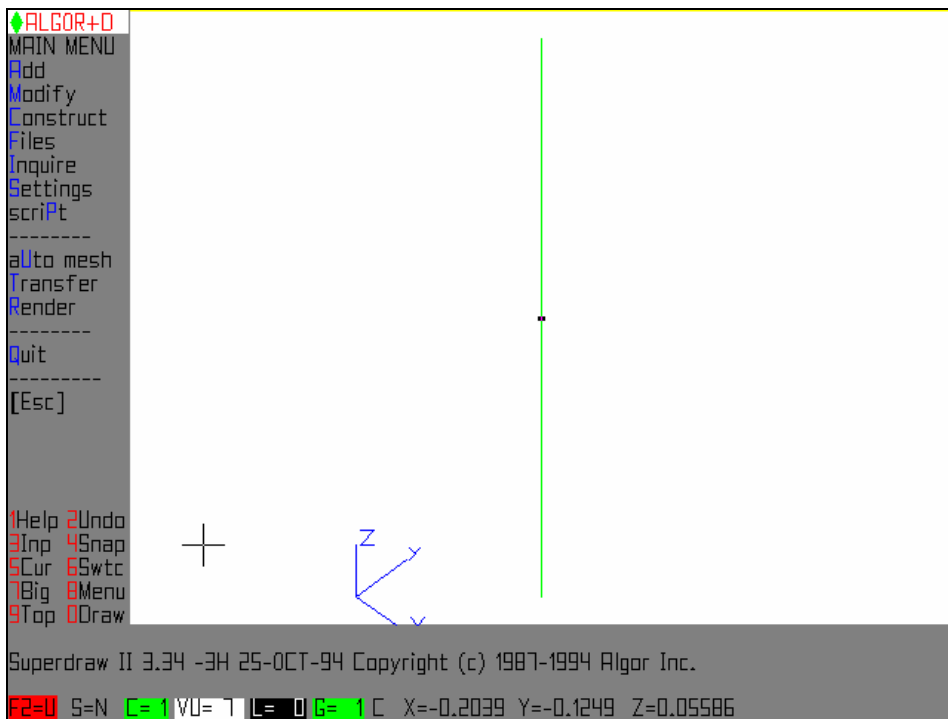
 kliknąć lewym klawiszem w napis **3Inp** i kliknąć lewym klawiszem w napis **Keyboard**

5. wybieramy opcję rysowania linii,





-  nacisnąć klawisz z literą **A** a następnie z literą **L**
-  kliknąć lewym klawiszem w napis **Add** a następnie w napis **Line**
- 6. uaktywniamy opcję **Single**,
-  niedostępna za pomocą klawiatury
-  kliknąć lewym klawiszem myszy w napis **Single**,

Uwaga: *Opcja jest aktywna jeżeli widzimy znak * przy napisie **Single**.*











- 7. podajemy współrzędne węzła początkowego pierwszej linii,
-  **X=0.2 Y=0.2 Z=0** i nacisnąć **ENTER**
-  tych operacji nie można wykonać myszką
- 8. podajemy współrzędne węzła końcowego pierwszej linii,
-  **X=0.2 Y=0.2 Z=1.2** i nacisnąć **ENTER**
-  tego punktu nie można wskazać myszką



Rys.5.5



9. oglądamy cały rysunek,
 nacisnąć klawisz **F10**, następnie **E**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **0Draw**, następnie w napis **Enclose**
10. wracamy do głównego menu,
 nacisnąć klawisz **F9**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **9Top**

Rysunek Rys.5.5 przedstawia widok ekranu po wykonaniu opisanych operacji. Pozostałe słupy narysujemy kopiując słup pierwszy:


1. wybieramy opcję kopiowanie linii,
 nacisnąć klawisz **M** a następnie klawisz **C**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Modify** a następnie w napis **Copy**
2. wybieramy opcję **Number**,
 nie można tego zrobić za pomocą klawiatury
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Number**
3. podajemy ilość żądanych kopii,
 wpisać liczbę 1 i nacisnąć klawisz **ENTER**
 nie można tego zrobić myszką
4. podajemy współrzędne początku wektora kopiowania,
 wpisać **X=0 Y=0 Z=0** i nacisnąć **ENTER**
 nie można tego zrobić myszką
5. podajemy współrzędne końca wektora kopiowania,
 wpisać **X=2.2 Y=0 Z=0** i nacisnąć **ENTER**
 nie można tego zrobić myszką

Uwaga: Opcja **Join** nie może być aktywna, gdyż spowodowałaby połączenie końców kopiowanych linii.

6. oglądamy cały rysunek,


 nacisnąć klawisz **F10**, następnie **E**, a w celu wyjścia nacisnąć **Esc**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **ODraw**, następnie w napis **Enclose**
i w celu wyjścia kliknąć w napis **[Esc]**

7. wybieramy opcję **Copy**,

 nacisnąć klawisz **C**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Copy**

8. wybieramy opcję **Select**, aby zaznaczyć oba słupy,

 nacisnąć klawisz **S**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **Select**

9. zaznaczamy wszystkie elementy,

 nacisnąć klawisz z literą **A**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **All**


10. opuszczamy opcję **Select**,


 nacisnąć klawisz **Esc**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**


11. podajemy współrzędne początku i końca wektora kopiowania,

 wpisać **X=0, Y=0, Z=0** (początek wektora) i nacisnąć **ENTER**

 wpisać **X=0, Y=1.2, Z=0** (koniec wektora) i nacisnąć **ENTER**


 nie można tego wykonać myszką

12. oglądamy cały rysunek (Rys.5.6),

 nacisnąć klawisz **F10**, następnie **E**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **ODraw**, następnie w napis **Enclose**

13. przechodzimy do głównego menu,

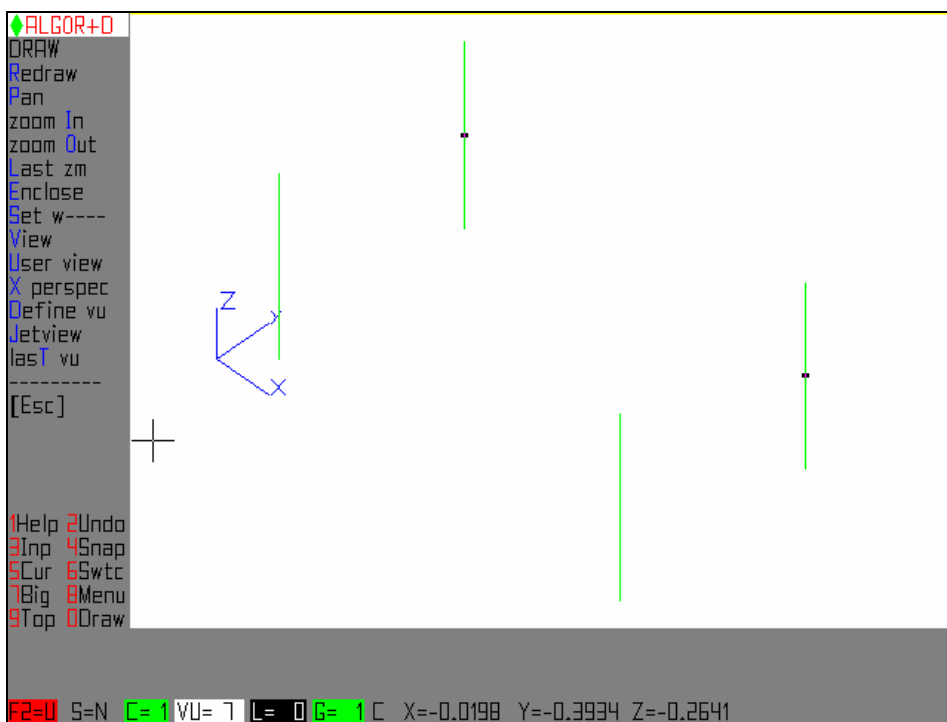
 nacisnąć klawisz **Esc**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**

14. wybieramy opcję **Divide**, służącą do podziału odcinków,


 nacisnąć klawisz **C** a następnie naciskamy **D**


- ☞ kliknąć lewym klawiszem w napis **Construct**, następnie w napis **Divide**




Rys.5.6

15. wybieramy opcję **Select**, aby zaznaczyć wszystkie słupy,
☞ nacisnąć klawisz **S**
☞ kliknąć lewym klawiszem w napis **Select**
16. zaznaczamy wszystkie elementy,
☞ nacisnąć klawisz z literą **A**
☞ kliknąć lewym klawiszem w napis **All**
17. opuszczamy opcję **Select**,
☞ nacisnąć klawisz **Esc**
☞ kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**
18. wybieramy opcję **Number**, aby podać liczbę podziału (5 części),

 nacisnąć klawisz **N**, a następnie wpisujemy liczbę **5** i potwierdzamy klawiszem **ENTER**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Number**, a pozostałe dane wprowadzić za pomocą klawiatury


19. wybieramy opcję **Divide**, aby dokonać podziału,

 nacisnąć klawisz **D**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Divide**,


Zapisujemy rezultaty pracy na dysku w pliku o nazwie **SLUPY_S** i przechodzimy do modułu **Bedit**, aby dokończyć modelowanie:

1. wracamy do głównego menu,

 nacisnąć klawisz **F9**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **9Top**


2. wybieramy opcję **Files**,

 nacisnąć klawisz **F**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **Files**


3. zapisujemy plik danych,

 nacisnąć klawisz **S**, wpisać nazwę pliku **SLUPY_S** (bez rozszerzenia) i nacisnąć **ENTER**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **Save**, a nazwę pliku podać za pomocą klawiatury.


4. wybieramy opcję **Transfer**,

 nacisnąć klawisz **T**



 kliknąć lewym klawiszem w napis **Transfer**

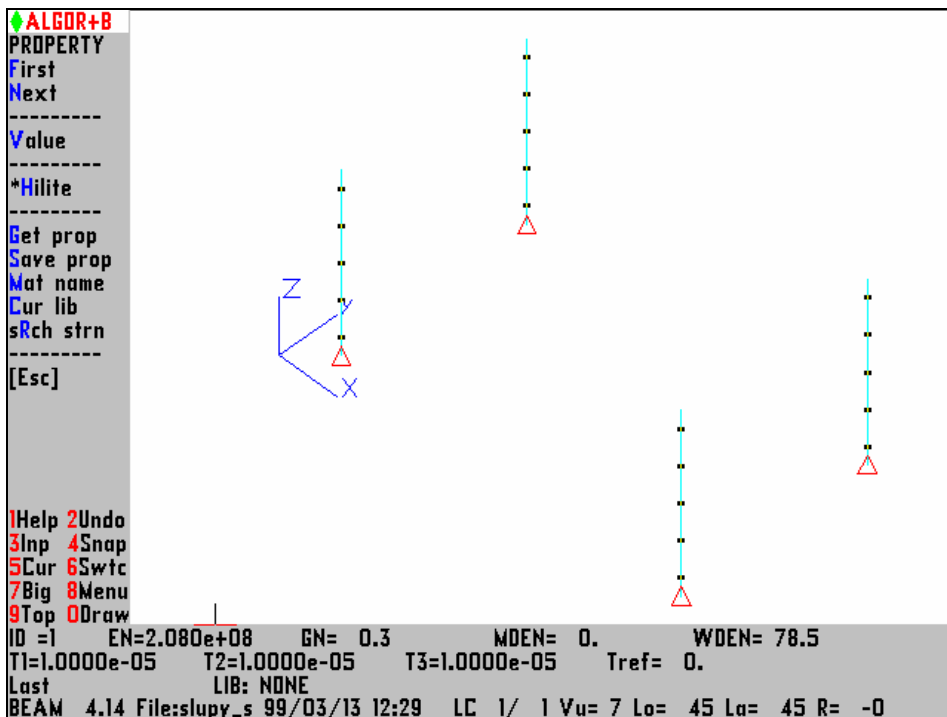
5. wybieramy opcję **B) BEDIT** (Uwaga! Moduł **Bedit** wymaga klucza sprzętowego),

 nacisnąć klawisz **B**





 kliknąć lewym klawiszem w napis **B) Bedit**
















Do zakończenia modelowania słupów pozostało wprowadzenie danych określających stałe materiałowe, przekrój poprzeczny elementów oraz warunki brzegowe:

1. wybieramy opcję **Add/Mod**, która pozwala modyfikować dane,
 nacisnąć klawisz **A**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Add/Mod**



Rys.5.7

2. wybieramy opcję **Property**, która umożliwia podanie stałych materiałowych,
 nacisnąć klawisz **P**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Property**
3. wybieramy opcję **Value**, która pozwala wprowadzić dane,
 nacisnąć klawisz **V**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Value**

4. wprowadzamy stałe materiałowe (Rys.5.7),
 -  należy wpisać **EN=2.08e8** (moduł Younga), nacisnąć ⇨ lub klawisz **Tab**
 -  należy wpisać **GN=0.3** (współczynnik Poissona), nacisnąć ⇨ lub klawisz **Tab**
 -  należy wpisać **MDEN=0** (gęstość masowa), nacisnąć ⇨ lub klawisz **Tab**
 -  należy wpisać **WDEN=78.5** (ciężar właściwy), nacisnąć ⇨ lub klawisz **Tab**
 -  należy wpisać **T1=0.00001** (współczynnik rozszerzalności termicznej wzdłuż lokalnej osi x), nacisnąć ⇨ lub klawisz **Tab**
 -  należy wpisać **T2=0.00001** (współczynnik rozszerzalności termicznej wzdłuż lokalnej osi y), nacisnąć ⇨ lub klawisz **Tab**
 -  należy wpisać **T3=0.00001** (współczynnik rozszerzalności termicznej wzdłuż lokalnej osi z), nacisnąć ⇨ lub klawisz **Tab**
 -  należy wpisać **Tref=0** (temperatura przy której nie powstają w konstrukcji naprężenia spowodowane temperaturą), nacisnąć **ENTER**
 -  opcja niedostępna przy użyciu myszy
5. opuszczamy opcję **Property**,
 -  nacisnąć klawisz **Esc**
 -  kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**
6. wybieramy opcję **Sectional**, która umożliwia podanie charakterystyk geometrycznych przekrojów,
 -  nacisnąć klawisz **S**
 -  kliknąć lewym klawiszem w napis **Sectional**
7. wybieramy opcję **Value**,
 -  nacisnąć klawisz **V**
 -  kliknąć lewym klawiszem w napis **Value**

Uwaga: Jeżeli przy napisie **Hilite** jest znak *, to opcja jest aktywna i w czasie pracy zaznaczone są te elementy którym przypisane będą własności przekrojów.

- podajemy wartości charakterystyk geometrycznych przekroju (Rys.5.8) (porównaj również objaśnienia w zadaniu 2),

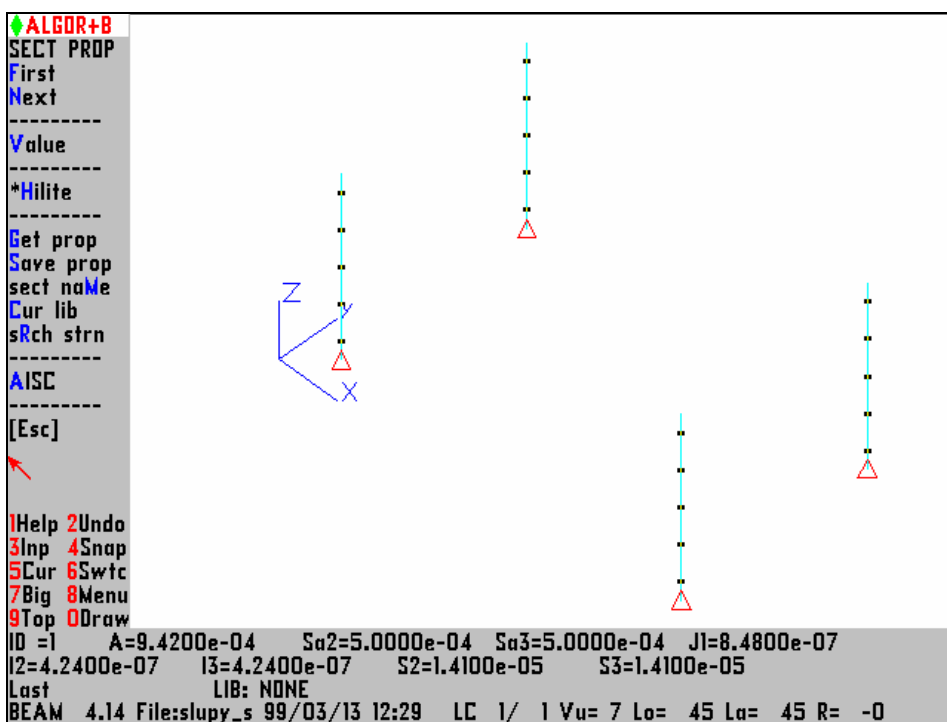


wprowadzić wartości:

**A=9.42e-4 Sa2=5e-4 Sa3=5e-4 J1=8.48e-7 I2=4.24e-7 I3=4.24e-7
S2=1.41e-5 S3=1.41e-5** i nacisnąć klawisz **ENTER**



opcja niedostępna przy użyciu myszy




Rys.5.8

Uwaga: Wprowadzając różne od zera wartości **Sa2** oraz **Sa3**, spowodujemy uwzględnienie wpływu sił poprzecznych na odkształcenia elementów.

- opuszczamy opcję **Sectional**,





nacisnąć klawisz **Esc**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**

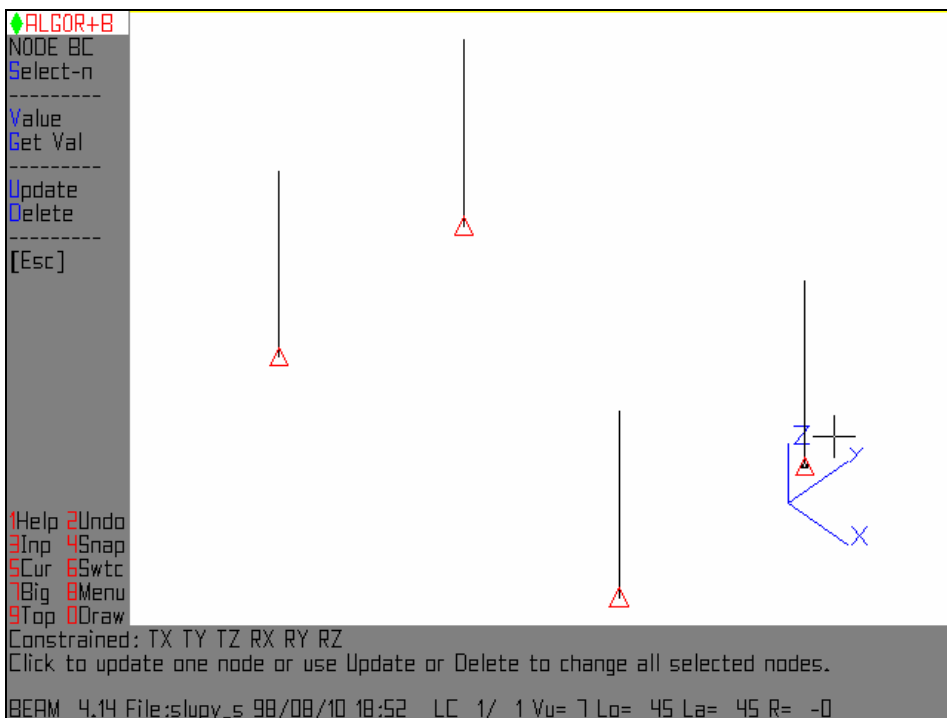
Kolejnym krokiem jest określenie warunków podparcia:

1. wybieramy opcję **Node BC**,

 nacisnąć klawisz **N**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Node BC**


Uwaga: *Na dole ekranu standardowo widnieje napis **Constrained: TX TY TZ RX RY RZ** który oznacza, że wszystkie stopnie swobody są odebrane.*




Rys.5.9











2. wybieramy węzły podporowe (Rys.5.9),

 należy podać współrzędne węzłów podporowych



 kliknąć klawiszem w cztery dolne węzły słupów

3. opuszczamy opcję **Node BC**,
 nacisnąć klawisz **Esc**
kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**

Wybieramy opcję, która pozwala na wprowadzenie obciążenia konstrukcji ciężarem własnym:

1. wybieramy opcję **Load**,
 nacisnąć klawisz **L**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Load**
2. wybieramy opcję **Gravity**,
 nacisnąć klawisz **G**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Gravity**
3. wybieramy opcję, która pozwala na ustawienie parametrów decydujących o wartości i kierunku obciążenia grawitacyjnego,
 nacisnąć klawisz z literą **V**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Value**
4. podajemy parametry obciążenia grawitacyjnego,
 **GX=0, GY= 0, GZ=-1, Accel=9.81** i nacisnąć **ENTER**
 operacji tych nie można wykonać myszką
5. uaktywniamy obciążenie grawitacyjne wstawiając znak ***** przy napisie **Included**,
 nacisnąć klawisz **I**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Included**

*Uwaga: Operację numer 5 należy wykonać tylko wtedy, jeżeli znaku ***** nie ma przy napisie **Included**.*

6. wracamy do głównego menu
 nacisnąć klawisz **F9**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **9Top**

Ustalamy rodzaj analizy, którą chcemy wykonać. Ponieważ słupy mają być połączone z płytą, to rodzaj analizy musi być zgodny z poprzednią częścią modelu. Wybieramy zatem analizę statyczną:

1. wybieramy opcję **anLy type**,



nacisnąć klawisz **L**



kliknąć lewym klawiszem w napis **anLy type**

2. uaktywniamy opcję **Static**,



nacisnąć klawisz **S**



kliknąć lewym klawiszem w napis **Static**

*Uwaga: Opcja Static jest aktywna gdy z lewej strony napisu Static widnieje znak *.*

3. opuszczamy opcję **anLy type**,



nacisnąć klawisz **Esc**



kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**

Zapiszemy teraz wprowadzone dane na dysku:

1. wybieramy opcję **Files**,



nacisnąć klawisz **F**



kliknąć lewym klawiszem w napis **Files**

2. zapisujemy pliki danych,





nacisnąć klawisz **S**



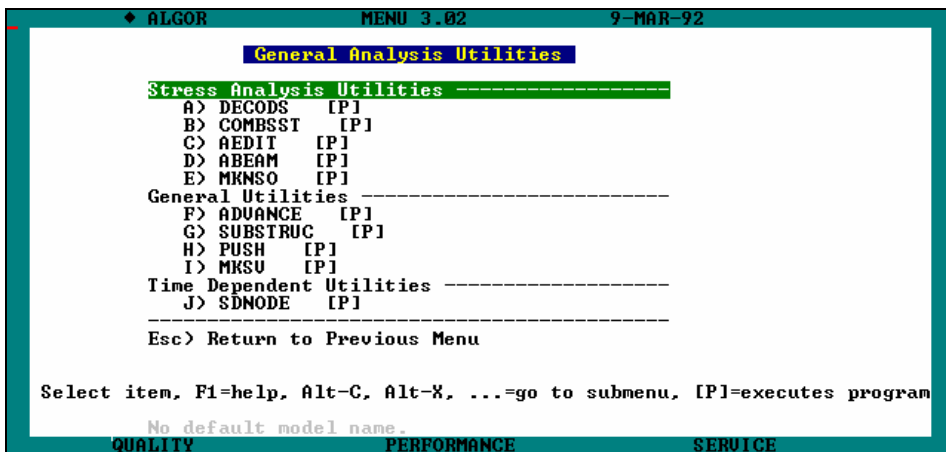
kliknąć lewym klawiszem w napis **Save**

*Uwaga: Moduł Bedit utworzy plik **SLUPY_S.BED** zawierający wszystkie dane.*

Do połączenia słupów z płytą niezbędny jest binarny plik danych typu **SST** możemy plik taki utworzyć, wybierając opcję **Transfer** a następnie opcję **Make sst**:

-  nacisnąć klawisz **T** a następnie klawisz **M**
-  kliknąć lewym klawiszem w napis **Transfer** a następnie w napis **Make sst**



Po zakończeniu zapisu pliku **SLUPY_S.SST** moduł **Bedit** kończy swoje działanie. Jeżeli wywołany został z głównego menu systemu **ALGOR**, to powrócimy na poziom tego menu.





Rys.5.10

Do zakończenia modelowania konstrukcji pozostało nam połączenie obu części tzn. słupów i płyty. Zadanie to wykonamy za pomocą modułu **Combsst**, który wywołujemy z głównego menu:

1. wybieramy opcję umożliwiającą wywoływanie modułów pomocniczych (Rys.5.10),

-  nacisnąć klawisz z literą **D**
-  kliknąć lewym klawiszem w napis **D) General Stress Analysis: Decoder and Utilities ...**

2. wywołujemy moduł **Combsst** (Rys.5.11),

-  nacisnąć klawisz z literą **B**
-  kliknąć lewym klawiszem w napis **B) Combsst**

Moduł **Combsst** wymaga podania nazw trzech plików:

- ♦ pliku wynikowego (**Combine Name**),
- ♦ pliku głównego (**Root Name**),
- ♦ pliku dołączonego (**Graft Name**).

Procesem łączenia można sterować podając następujące parametry:

- ♦ plik, z którego czytane są warunki brzegowe (**Boundary Cond**) - standardowo jest to plik główny,
- ♦ plik, z którego czytane są warianty obciążenia (**Load Case**) - standardowo jest to plik główny,
- ♦ maksymalna odległość między punktami, którą moduł traktuje jako odległość zerową co ma wpływ na identyfikację węzłów (**Tolerance**),
- ♦ możliwość transformacji węzłów (**Auto Push**) - standardowo opcja ta jest wyłączona.

Po naciśnięciu klawisza **H** program wyświetla kilka stron tekstu, wyjaśniającego znaczenie parametrów.

```

COMBSSTH Version 3.00-3H 12-DEC-94

COMBINE FILES MENU

C) Combine Name  : 'zad4s'
R) Root Name    : 'slupy_s'
G) Graft Name   : 'plyta_s'
B) Boundary Cond : 'R'
L) Load Case   : 'R'
T) Tolerance    : '1.000000E-02'
A) Auto push    : 'Off'
H) Help
Q) Quit
P) Process


Enter C, R, G, B, L, T, A, H, Q, or P (P to create file) :
```

Rys.5.11


W module **Combsst** sterowanie odbywa się tylko za pomocą klawiatury, kursor myszki nie jest widoczny na ekranie.




Rozpoczynamy łączenie dwóch modeli:

1. podajemy nazwę pliku wynikowego

 nacisnąć klawisz z literą **C** a następnie wpisać nazwę pliku; wpisać nazwę **ZAD4S** i nacisnąć **ENTER**

2. podajemy nazwę pliku głównego,

 nacisnąć klawisz z literą **R** a następnie wpisać nazwę pliku **SLUPY_S** i nacisnąć **ENTER**

3. podajemy nazwę pliku dołączonego,
 nacisnąć klawisz z literą **G** a następnie wpisać nazwę pliku **PLYTA_S** i nacisnąć **ENTER**
4. podajemy tolerancję identyfikacji węzłów,
 nacisnąć klawisz z literą **T** a następnie wpisać **0.01** i nacisnąć **ENTER**
5. uruchamiamy proces łączenia modeli,
 nacisnąć klawisz z literą **P**

Na ekranie wyświetlone zostaną informacje, dotyczące łączonych części:




- ♦ ilość węzłów w pliku głównym (**Number Of Root Nodes**),
- ♦ wartość tolerancji używana podczas łączenia (**Tolerance Value Used**),
- ♦ ilość węzłów pliku dołączonego (**Graft Nodes Checked**),
- ♦ ilość wspólnych węzłów (**Node Matches**),
- ♦ ilość węzłów w pliku wynikowym po wykonaniu łączeniu (**Total Combined Nodes**).


Na dysku zapisane będą dwa pliki danych:

- ♦ plik potrzebny modułowi **SuperView** - jest to plik binarny **ZAD4S.SST**,
- ♦ oraz tekstowy plik danych dla modułów obliczeniowych.

Rozwiązanie zadania 4s

Wywołujemy teraz moduł obliczający mnożniki siły krytycznej, nosi on nazwę **Ssap6s**:

1. wybieramy opcję analizy statycznej,
 przesunąć kursor na pozycję
X. Linear Elastic Buckling Analysis (Plates & Beams)
i nacisnąć **ENTER** lub nacisnąć klawisz z cyfrą **X**
 kliknąć lewym klawiszem myszki w napis
X. Linear Elastic Buckling Analysis (Plates & Beams)
2. podajemy nazwę pliku danych,
 wpisać nazwę zadania: **ZAD4S** i nacisnąć klawisz **ENTER**

 myszka nie działa w żadnym module **Ssap**

3. wpisujemy nazwę komendy sterującej modulem **Ssap6s**,

 napisać **RUN** i nacisnąć **ENTER**

Rozpoczyna działanie program rozwiązujący zadanie wyznaczania mnożników obciążeń krytycznych. Na ekranie wyświetlane są informacje o numerze wykonywanej iteracji oraz dokładności określenia mnożnika.

Analiza wyników zadania 4s

Po zakończeniu obliczeń, na dysku zostają zapisane pliki z których dwa są dla nas istotne: **ZAD4S.DO** - zawierający **przemieszczenia węzłów oraz ZAD4S.L** - tekstowy plik zawierający dane i wyniki obliczeń. Mnożnik obciążenia podany jest w pliku **ZAD4S.L**, wynosi on w rozwiązywanym przykładzie 114.376. Jeżeli wartość mnożnika większa jest od 1.0 to oznacza on stan bezpieczny, gdyż obciążenie krytyczne jest większe od działającego na konstrukcję. Ponieważ w tym przykładzie płyta obciążona została siłą $P=2\text{kN}$ to siła krytyczna powodująca utratę stateczności konstrukcji jest równa $114.376 \cdot 2\text{kN} = 228.752\text{kN}$.


Deformację konstrukcji po wyboczeniu obejrzyć można za pomocą modułu **SuperView**. Po uruchomieniu tego modułu należy przeczytać z dysku plik **ZAD4S**:


1. wybieramy opcję **Files** umożliwiającą wykonywanie operacji na plikach,

 nacisnąć klawisz z literą **F**, a następnie klawisz **L**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Files**, a następnie w napis **Load**


2. podajemy nazwę pliku,


 wpisać nazwę pliku **zad4s** i nacisnąć **ENTER**

 nie można tego wykonać myszką


Oglądamy deformacje konstrukcji wyboczonej:


1. wybieramy opcję **Displaced**,

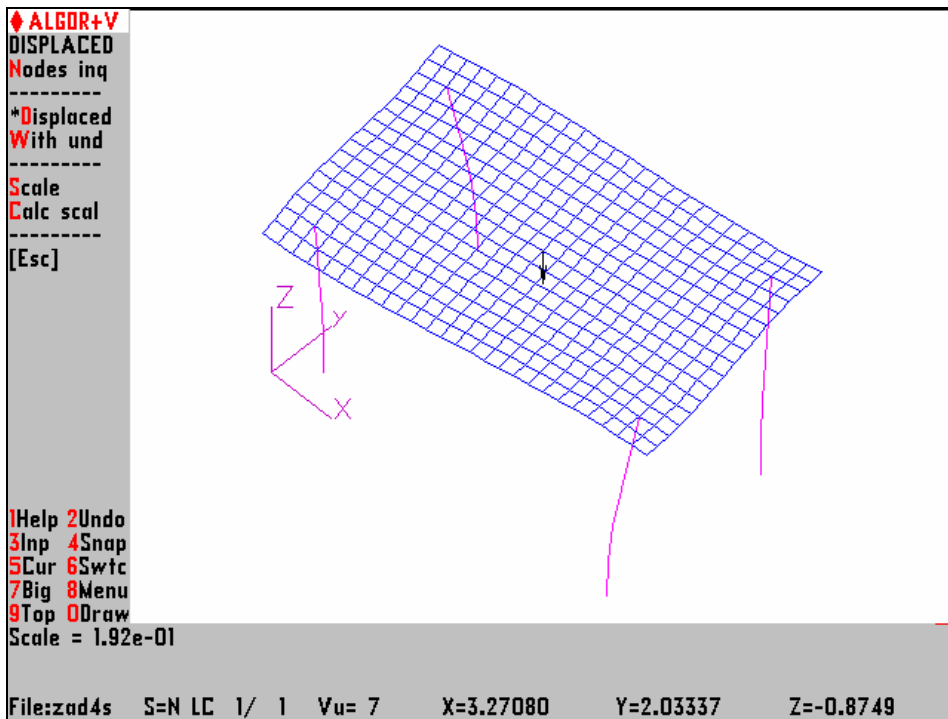
 nacisnąć klawisz **D**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Displaced**

2. uaktywniamy opcję rysowania odkształconej siatki elementów,


 nacisnąć klawisz **D**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **Displaced**




Rys.5.12


3. wyznaczamy skalę przemieszczeń tak, aby były dobrze widoczne na rysunku (Rys.5.12),

 nacisnąć klawisz **C**







 kliknąć lewym klawiszem w napis **Calc scal**

4. wracamy do głównego menu modułu,





 nacisnąć klawisz **F9**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **9Top**

Rysunek deformacji można zapisać jako mapę bitową, wybierając w menu głównym opcję **Files** a następnie **Bitmap**:

1. wybieramy opcję zapisywania mapy bitowej,
 nacisnąć klawisz **F** a następnie **B**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Files** a następnie w napis **Bitmap**
2. wybieramy nazwę dla pliku mapy bitowej (np. **WYBOCZ**),
 nacisnąć klawisz **F** a następnie podać nazwę pliku **WYBOCZ** i nacisnąć **ENTER**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Filename** a resztę wykonać przy użyciu klawiatury
3. zapisujemy rysunek przemieszczeń na dysku,
 nacisnąć klawisz **D**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Do bitmap**

Kończymy pracę modułu **SuperView**:

1. wracamy do głównego menu modułu **SuperView**,
 nacisnąć klawisz **F9**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **9top**
2. kończymy pracę modułu,
 nacisnąć klawisz **Q**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Quit**.

Zakończyliśmy wprowadzić analizę wyników zadania lecz czytelnikowi należą się jeszcze wyjaśnienia dotyczące sposobu modelowania konstrukcji, mianowicie powodu podziału elementów prętowych (słupów) na mniejsze odcinki.

W zadaniu 2 podział elementów prętowych na odcinki nie był konieczny gdyż zajmowaliśmy się tylko analizą statyczną, gdzie jak wiadomo, osie odkształcone prętów opisać można krzywymi stopnia trzeciego. W metodzie elementów skończonych o kształcie

zdeformowanych elementów decyduje tzw. funkcja kształtu, którą dla elementów prętowych przyjmuje się właśnie w postaci wielomianu stopnia 3-go (wielomiany Hermitta). Zatem analiza MES i klasyczna analiza statyczna dają te same wyniki. Inaczej jest w zadaniach dotyczących stateczności lub dynamiki gdzie osie odkształconych elementów opisywane są funkcjami trygonometrycznymi ($\sin(x)$, $\cos(x)$) lub hiperbolicznymi ($\sinh(x)$, $\cosh(x)$). Analiza MES jest w tych przypadkach przybliżona gdyż osie elementów w czasie deformacji odbiegają od przewidywanych przez funkcje kształtu. Wielkość błędu zminimalizować można przez podział prętów na mniejsze elementy.

Poniżej podajemy wartości siły krytycznej obliczonej dla słupa o wysokości 1.0m i przekroju identycznym jak pokazany na rys 4.1, przy podziałach pręta na coraz większą liczbę elementów. Przy obliczeniach nie uwzględniono deformacji spowodowanych siłami poprzecznymi (**Sa2=0**, **Sa3=0**) można więc porównać obliczone przy użyciu MES wartości z siłą krytyczną obliczoną przy użyci znanego wzoru Eulera: $P_{kr} = \pi^2 EJ / l_w^2 = 217.605 \text{ kN}$

Podział	P_{kr} [kN]	Błąd [%]
1	264.576	21.58
2	219.242	0.75
4	217.716	0.05
8	217.612	0.003
16	217.606	0.0004

Analiza tych wartości pozwala stwierdzić, że podział prętów przyjęty w zadaniu 4s (na pięć elementów) pozwala uzyskać przy użyciu MES wyniki obarczone bardzo małym błędem.

Zadanie 4d - wyznaczenie częstości i postaci drgań własnych konstrukcji


Wprowadzenie danych

Zmodyfikujemy teraz nieco dane poprzedniego zadania tak aby uzyskać model przydatny do rozwiązywania zadania dynamiki konstrukcji. Zmiany polegać będą głównie na wybraniu typu analizy i podaniu liczby

częstości drgań własnych, które chcemy wyliczyć. W modelu płyty usuniemy też siłę skupioną, która zostałaby zinterpretowana jako masa skupiona zaczepiona w środkowym węźle płyty. Rozpoczynamy modyfikację płyty, którą wykonujemy przy użyciu modułu **SuperDraw**, który uruchamiamy analogicznie jak na początku tego zadania. Po uruchomieniu modułu czytamy plik danych geometrycznych poprzedniej wersji zadania:


1. czytamy plik danych **PLYTA_S**,

 nacisnąć klawisz z literą **F** a następnie nacisnąć **L** i wpisać nazwę pliku **PLYTA_S** i nacisnąć **ENTER**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Files**, następnie w napis **Load** a dalszą część polecenia wykonać za pomocą klawiatury


Usuniemy teraz siłę skupioną:


1. wybieramy opcję usuwania obiektów,

 nacisnąć klawisz **M** a następnie **D**


 kliknąć w napis **Modify** a następnie **Delete**

2. wybieramy opcję pozwalającą zaznaczyć obiekty do usunięcia,

 nacisnąć klawisz **S**

 kliknąć w napis **Select**

3. wybieramy opcję filtrowania obiektów,

 nacisnąć klawisz z literą **F**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **Filter**


4. wybieramy sposób filtracji elementów - **Color**,

 nacisnąć klawisz z literą **C**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Color**

5. wybieramy kolor czerwony - kolor numer 2,

 nacisnąć klawisz z cyfrą 2 i nacisnąć **ENTER**

 kliknąć lewym klawiszem w kolor czerwony oznaczony numerem 2 na palecie kolorów

6. wychodzimy z opcji **Filter**,



nacisnąć klawisz **Esc**



kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**

7. usuwamy znaczniki wyboru elementów,



nacisnąć klawisz z literą **N**



kliknąć lewym klawiszem w napis **None**

8. zaznaczymy wszystkie elementy koloru czerwonego (siła skupiona wraz z opisem),



nacisnąć klawisz z literą **A**



kliknąć lewym klawiszem w napis **All**

9. wychodzimy z opcji **Select**,



nacisnąć klawisz **Esc**



kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**

10. usuwamy siłę skupioną,



nacisnąć klawisz **D**



kliknąć lewym klawiszem w napis **Delete**

11. wracamy do głównego menu,



nacisnąć klawisz **F9**



kliknąć lewym klawiszem w napis **9Top**

Zapisujemy plik danych ze zmienioną nazwą:



nacisnąć klawisz z literą **F**, następnie nacisnąć **A** i wpisać na dole nową nazwę zadania **PLYTA_D** i nacisnąć **ENTER**



kliknąć lewym klawiszem w napis **Files**, następnie w napis **save As** oraz wpisać nową nazwę zadania **PLYTA_D** i nacisnąć **ENTER**

Przejdziemy teraz do modułu **Decods**, aby zmienić typ analizy.





nacisnąć klawisz **T** a następnie **S**






kliknąć lewym klawiszem w napis **Transfer** a następnie w napis **S) Stress**



Po uruchomieniu modułu Decods poinformuje on nas, że brak mu danych materiałowych niezbędnych do utworzenia modelu. Większość tych danych wprowadziliśmy poprzednio dla modelu **PLYTA_S**, wykorzystamy je teraz:

1. wybieramy opcję **File**,
 przejść strzałką do opcji **File** lub wcisnąć klawisz z literą **F**
2. wybieramy plik, z którego przeczytamy dane materiałowe,
 wejść do opcji **Get**, wybrać plik **PLYTA_S.EMS** i nacisnąć **ENTER**

Modyfikujemy teraz dane niezbędne do analizy dynamicznej:


1. wybieramy opcję **Analysis**,
 przejść kursorem do opcji **Analysis**
2. wybieramy rodzaj analizy zadania (**Modal**),
 wcisnąć klawisz z literą **M**
 w okienku danych wprowadzamy liczbę częstości drgań własnych; po napisie **NF (frequencies)** wpisać liczbę **10**


*Uwaga: Aby wprowadzone dane zostały zaakceptowane należy przy pozostałych pozycjach danych naciskać **ENTER** tak długo, aż zamknie się okienko **Modal analysis**.*

3. uruchamiamy dekodery,
 przejść kursorem do opcji **Decode** lub wcisnąć klawisz z literą **D**
 jeżeli nie jest podświetlona opcja **Run**, to przejść kursorem do tej opcji i nacisnąć **ENTER**, lub wcisnąć klawisz z literą **R**


Zmodyfikujemy teraz dane dotyczące słupów, podpierających płytę. Uruchamiamy moduł **Bedit** i czytamy plik danych **SLUPY_S**:

1. przechodzimy w głównym menu systemu **ALGOR** do opcji **C) Linear Modal, Vibration and Transient Stress Analysis**

 kursorem przejść o dwie pozycje w dół i nacisnąć **Enter** lub nacisnąć klawisz **C**


 kliknąć lewym klawiszem w napis


2. wybieramy opcję uruchamiania modułu **Bedit**,

 nacisnąć klawisz **C**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **C) Bedit: Beam Design Editor**


3. czytamy plik danych **SLUPY_S**,


 nacisnąć klawisz z literą **F**, następnie nacisnąć **L**, wpisać nazwę pliku **SLUPY_S** i wcisnąć **ENTER**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Files**, następnie w napis **Load** oraz wpisać za pomocą klawiatury nazwę zadania **SLUPY_S** i nacisnąć **ENTER**


Zmieniamy rodzaj analizy:

1. wybieramy opcję **anLy type** w celu ustalenia rodzaju analizy ,

 nacisnąć klawisz **L**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **anLy type**


2. wybieramy opcję **Modal**,

 nacisnąć klawisz **M**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **Modal**


3. podajemy liczbę częstości drgań własnych, które chcemy wyliczyć,

 nacisnąć klawisz **F**, wpisać liczbę **10** i wcisnąć **ENTER**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **no Freq**, a resztę wykonać za pomocą klawiatury


4. wyjście z opcji **anLy type**

 nacisnąć dwukrotnie klawisz **Esc**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]** a następnie powtórzyć czynność


Zapisujemy wprowadzone dane do pliku o nazwie **SLUPY_D**:


1. wybieramy opcję **Files**,

 nacisnąć klawisz **F**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **Files**

2. zapisujemy plik danych,

 nacisnąć klawisz **A**, podać nazwę pliku **SLUPY_D** i wcisnąć klawisz **ENTER**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **save As**, a resztę wykonać za pomocą klawiatury

Podobnie jak poprzednio tworzymy binarny plik danych typu **SST**, który jest niezbędny modułowi **Combsst** do połączenia obu części zadania:

 nacisnąć klawisz **T** a następnie klawisz **M**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **Transfer** a następnie w napis **Make sst**

Operacja ta kończy pracę modułu **Bedit** i znowu znajdujemy się na poziomie **Algor Main Menu**, z którego można uruchomić moduł **Combsst**:

1. wybieramy opcję

General Stress Analysis: Decoder and Utilities ...

 nacisnąć klawisz z literą **E**


 kliknąć lewym klawiszem w napis

E) General Stress Analysis: Decoder and Utilities






Uwaga: *Można również skorzystać jak poprzednio z **Linear Stress, Gap/Cable, and Buckling Analysis** gdzie również jest dostępny moduł **General Stress Analysis: Decoder and Utilities ...***

2. uruchomienie modułu **Combsst**,

 nacisnąć klawisz z literą **B**



 kliknąć lewym klawiszem w napis **B) Combsst [P]**

Podobnie jak podczas łączenia poprzedniego modelu, podajemy nazwy trzech plików i parametr tolerancji:


1. podajemy nazwę pliku wynikowego
 nacisnąć klawisz z literą **C** a następnie wpisać nazwę pliku; wpisać nazwę **ZAD4D** i nacisnąć **ENTER**
2. podajemy nazwę pliku głównego,
 nacisnąć klawisz z literą **R** a następnie wpisać nazwę pliku **SLUPY_D** i nacisnąć **ENTER**
3. podajemy nazwę pliku dołączonego,
 nacisnąć klawisz z literą **G** a następnie wpisać nazwę pliku **PLYTA_D** i nacisnąć **ENTER**
4. podajemy tolerancję identyfikacji węzłów,
 nacisnąć klawisz z literą **T** a następnie wpisać **0.01** i nacisnąć **ENTER**
5. uruchamiamy proces łączenia modeli,
 nacisnąć klawisz z literą **P**


Rozwiązanie zadania 4d

Po tym poleceniu zostaną zapisane pliki danych: **ZAD4D**, oraz **ZAD4D.SST**, które są potrzebne do dalszej analizy zadania. Po zakończeniu pracy modułu łączącego, znajdujemy się znowu na poziomie **Algor Main Menu**, skąd po naciśnięciu klawisza **Esc** przechodzimy do opcji analizy częstotliwości:

-  nacisnąć klawisz z cyfrą **1**
-  kliknąć lewym klawiszem w napis **1) Mode Shape Analysis**

Tym poleceniem uruchamiamy moduł wyznaczający częstotliwości i postacie drgań własnych - **Ssap1**. Rozpoczynamy rozwiązanie zadania:

1. czytamy z dysku plik danych,
 wpisać nazwę pliku: **ZAD4D** i nacisnąć **ENTER**

2. uruchamiamy program obliczeniowy,
 wpisać polecenie **run** i nacisnąć **ENTER**

Analiza wyników zadania 4d

Wyznaczanie wartości własnych jest bardzo złożonym zadaniem, dlatego też może trwać dosyć długo. Program wykonuje kolejne iteracje, informując o tym komunikatami wyświetlanymi na ekranie. Po zakończeniu obliczeń moduł **Ssap1** sprawdza czy nie została opuszczona żadna częstość własna. Wykonuje to przez sprawdzanie szeregów Sturm. Jeżeli obliczenia zakończone zostaną pomyślnie, to na dysku w pliku **ZAD4D.L** zapisane zostaną znalezione częstości drgań. Ponieważ jest to plik tekstowy, można bez trudu odczytać wyniki obliczeń za pomocą dowolnego edytora tekstów. Tab.5.1 przedstawia fragment pliku zawierający częstości, okresy drgań własnych oraz błąd, z którym zostały wyznaczone. Częstości drgań własnych podawane są w radianach na sekundę (**rad/sec**) i hercach (**Hertz**), a okres drgań w sekundach (**sec**). Napis: **The Sturm sequence check didn't find any missing frequency** informuje, że w czasie obliczeń nie została opuszczona żadna częstość własna.

Tab.5.1



mode number	circular frequency (rad/sec)	frequency (Hertz)	period (sec)	tolerance
-----	-----	-----	-----	-----
1	4.6787E+01	7.4463E+00	1.3429E-01	1.4542E-15
2	4.9089E+01	7.8128E+00	1.2800E-01	1.6984E-15
3	5.3144E+01	8.4581E+00	1.1823E-01	2.5762E-15
4	6.7697E+01	1.0774E+01	9.2814E-02	7.9382E-16
5	8.5258E+01	1.3569E+01	7.3696E-02	3.3282E-13
6	1.4573E+02	2.3193E+01	4.3116E-02	2.5828E-11
7	1.6007E+02	2.5476E+01	3.9252E-02	3.0208E-09
8	2.0571E+02	3.2739E+01	3.0544E-02	5.9882E-08
9	2.0883E+02	3.3236E+01	3.0088E-02	4.9578E-09
10	2.3491E+02	3.7386E+01	2.6748E-02	2.3674E-06
The Sturm sequence check didn't find any missing frequency.				

Poza plikiem tekstowym z rozszerzeniem **.L** moduł **Ssap1** zapisuje też inny plik tekstowy **ZAD4D.FRQ**, w którym zapisywane są

częstości własne. Plik ten niezbędny jest w czasie oglądania wyników w module **SuperView**. Poza tym jak większość modułów obliczeniowych (procesorów) **ALGORA** zapisuje plik binarny z rozszerzeniem **.DO**, zawierający przemieszczenia węzłów. W zadaniach wyznaczania wartości własnych, kolejne wektory własne traktowane są jak przemieszczenia obliczone dla kilku wariantów obciążenia statycznego.





Obejrzenie postaci drgań umożliwi nam moduł **SuperView**, który uruchamiamy tak jak to robiliśmy wcześniej z poziomu **Algor Main Menu**, przechodząc przez opcję **C) Linear Modal, Vibration and Transient Stress Analysis**, a następnie wybierając opcję **B) Superview II**.

Po uruchomieniu **SuperView** czytamy dane z pliku **ZAD4D**:

-  nacisnąć klawisz z literą **F**, następnie nacisnąć **L**, wpisać **ZAD4D** i nacisnąć **ENTER**,
-  kliknąć lewym klawiszem w napis **Files**, następnie w napis **Load**, a resztę wykonać przy użyciu klawiatury


Jeżeli nie odpowiada nam aktualna rzutnia lub sposób rzutowania, można to zmienić tak jak robiliśmy to już wielokrotnie, wybierając opcję **Draw**.


Jak już wspomniano wynikiem obliczeń są częstości i postacie drgań własnych (wektory własne). Przeglądanie wyników polega na wyświetlaniu obrazów deformacji konstrukcji, odpowiadającej kolejnym postaciom drgań. Wymaga to uaktywnienia polecenia **Displaced**, które wymusza rysowanie odkształconej siatki elementów. Uaktywnimy teraz polecenie **Displaced** i dobierzemy skalę przemieszczeń:

1. wybieramy opcję **Displaced**,
 -  nacisnąć klawisz **D**
 -  kliknąć lewym klawiszem w napis **Displaced**
2. uaktywniamy polecenie **Displaced**,
 -  nacisnąć klawisz **D**
 -  kliknąć lewym klawiszem w napis **Displaced**

*Uwaga: Podobnie jak poprzednio opcja jest aktywna, gdy wyświetlony jest przy niej znak **


3. określamy skalę przemieszczeń,

 nacisnąć klawisz **C**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Calc scal**


Uwaga: *Po oszacowaniu skali przemieszczeń rysunek zostanie automatycznie przerysowany, na ekranie pojawi się zdeformowana siatka elementów, odpowiadająca pierwszej postaci drgań (Rys.5.13).*

4. wychodzimy z opcji **Displaced**,

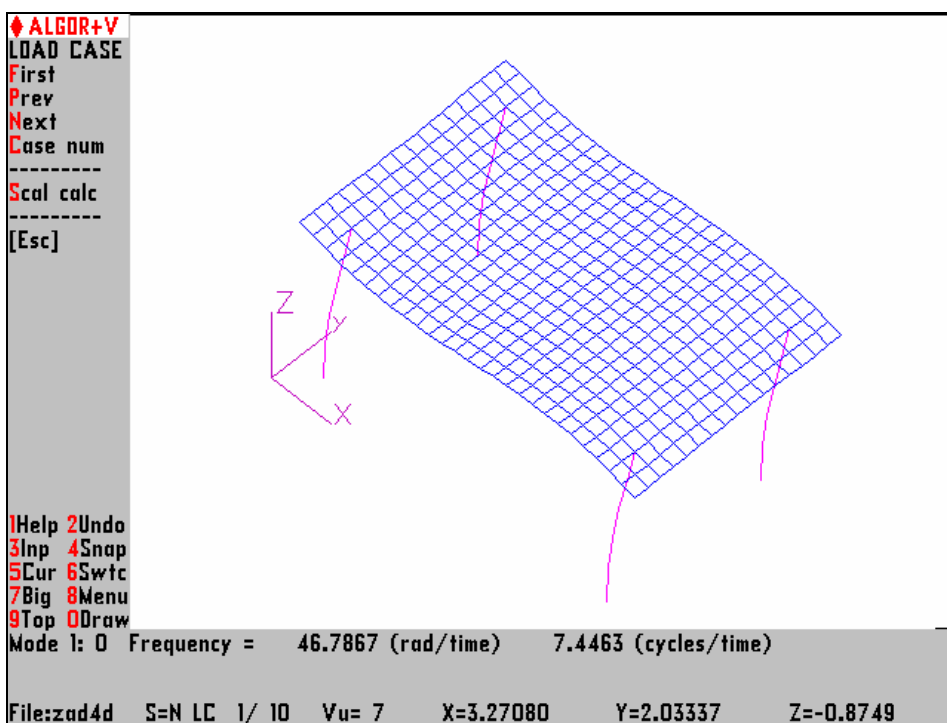
 nacisnąć klawisz **Esc**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**

5. wybieramy opcję **Load case**, aby oglądać kolejne postacie drgań,

 nacisnąć klawisz **L**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Load case**



Rys.5.13

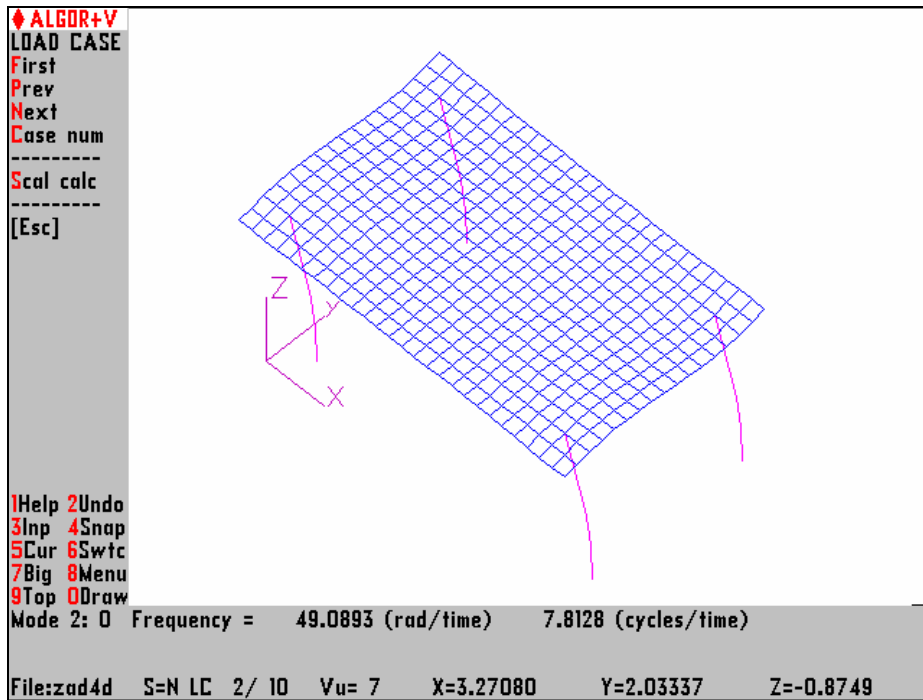
6. wyświetlamy drugą postać drgań (Rys.5.14)



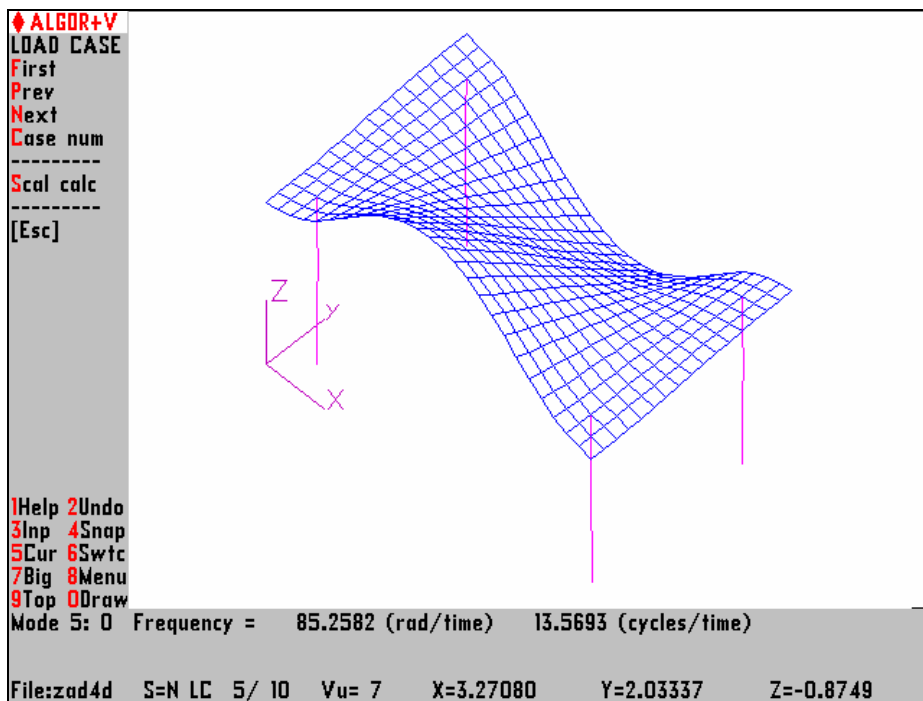
nacisnąć klawisz **N**



kliknąć lewym klawiszem w napis **Next**



Rys.5.14




Rys.5.15

Naciskając klawisz **N** lub klikając w napis **Next** otrzymujemy kolejne rysunki, ukazujące postacie drgań własnych. Poniżej okna graficznego można odczytać częstość drgań podawaną w radianach na sekundę (**rad/time**) oraz w hercach (**cycles/time**). Jeżeli interesuje nas jakaś częstość możemy do niej przejść bezpośrednio, wybierając opcję **Case num** i podając numer częstości. Rys.5.15 przedstawia np. piątą postać drgań własnych o częstości drgań 13.5693 Hz.

Kończymy oglądanie wyników wychodząc z modułu **SuperView**:

 nacisnąć klawisz **Esc** a następnie klawisz **Q**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]** a następnie w napis **Quit**

Zadanie 4i - analiza drgań wymuszonych impulsem siły



Wprowadzenie danych

Analiza drgań wymuszonych impulsem zostanie wykonana za pomocą modułu **Ssap2** i jest możliwa tylko po wcześniejszym







wyznaczeniu częstości drgań własnych konstrukcji (wykonaliśmy to w poprzednim zadaniu).



Wprowadzenie siły przyłożonej impulsowo wykonamy za pomocą modułu **Timeload**, w którym należy podać m.in. krok całkowania, wartości siły w poszczególnych chwilach czasowych, numer węzła, w którym przyłożymy siłę oraz współczynnik tłumienia drgań konstrukcji. Siłę przyłożymy w środku płyty w węźle o współrzędnych **X=1.3, Y=0.8, Z=1.2**. Numer węzła o tych współrzędnych ustalimy w module **SuperView**, który uruchamiamy tak jak to robiliśmy wcześniej z poziomu **Algor Main Menu**, przechodząc przez opcję **C) Linear Modal, Vibration and Transient Stress Analysis**, a następnie wybierając opcję **B) Superview II**.

Po uruchomieniu **SuperView** czytamy z dysku dane zapisane w pliku **ZAD4D**:





-  nacisnąć klawisz z literą **F**, następnie nacisnąć **L**, wpisać **ZAD4D** i nacisnąć **ENTER**,
-  kliknąć lewym klawiszem w napis **Files**, następnie w napis **Load**, a resztę wykonać przy użyciu klawiatury

Wygodniej nam będzie ustalić numer węzła o danych współrzędnych, jeżeli zmienimy rzutnię rysunku:

1. wybieramy opcję **Draw**,
 -  nacisnąć klawisz **F10**
 -  kliknąć lewym klawiszem w napis **0Draw**
2. zmieniamy sposób rzutowania na rzut na płaszczyznę **XY**,
 -  nacisnąć klawisz z literą **V** i nacisnąć klawisz z cyfrą **1**
 -  kliknąć lewym klawiszem w napis **View** oraz kliknąć lewym klawiszem w napis **1) XY top**
3. oglądamy cały rysunek na ekranie,
 -  nacisnąć klawisz **E**
 -  kliknąć lewym klawiszem w napis **Enclose**
4. wracamy do głównego menu,





-  nacisnąć klawisz **F9**
-  kliknąć lewym klawiszem w napis **9Top**

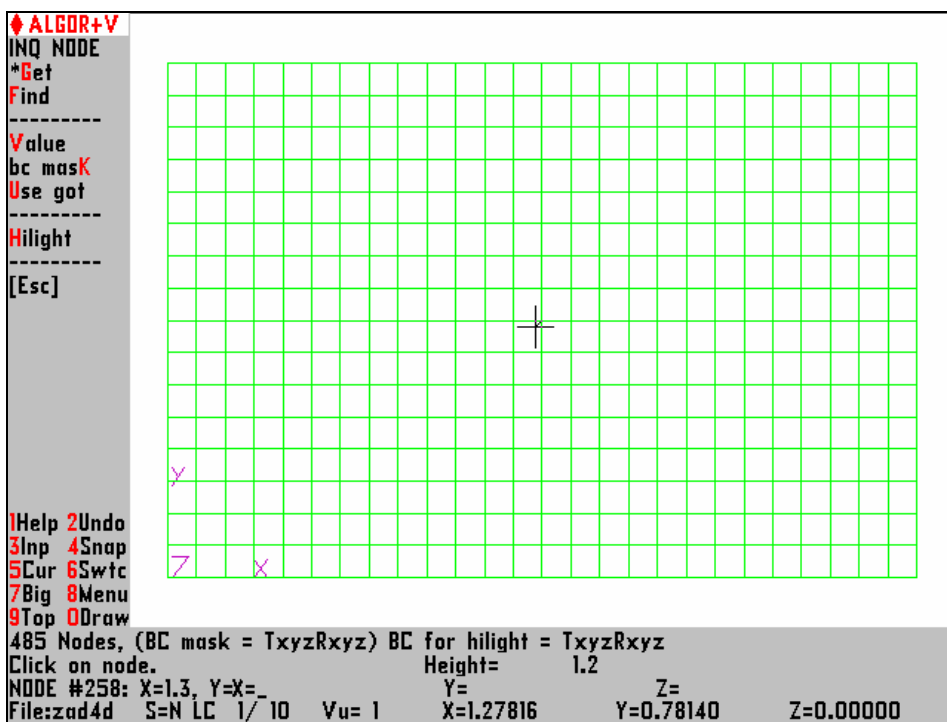
Sprawdzimy numer węzła:

1. wybieramy opcję **Node BC**, dzięki której można uzyskać informacje m.in. o numerze węzła,
 -  nacisnąć klawisz **I**, a następnie klawisz **N**
 -  kliknąć lewym klawiszem w napis **Inquire**, a następnie w napis **Node BC**
2. wskazujemy węzeł o współrzędnych **X=1.3, Y=0.8, Z=1.2**
 -  ustawić możliwość podawania współrzędnych z klawiatury, wciskając klawisz **F3** i klawisz **K**, a następnie podać współrzędne węzła **X=1.3, Y=0.8, Z=1.2**
 -  ustawić kursor myszki na węźle tak, aby na dole ekranu współrzędne kursora przyjęły wartości zbliżone do współrzędnych węzła (Rys.5.16) i kliknąć klawiszem myszki

W lewym dolnym rogu ekranu (Rys.5.16) po napisie **Node #** podany jest numer węzła: **258**.

Kończymy pracę modułu **SuperView**:

1. wracamy do głównego menu modułu **SuperView**,
 -  nacisnąć klawisz **F9**
 -  kliknąć lewym klawiszem w napis **9top**
2. kończymy pracę modułu,
 -  nacisnąć klawisz **Q**
 -  kliknąć lewym klawiszem w napis **Quit**.



Rys.5.16

Po wyjściu z modułu **SuperView** wciskamy dowolny klawisz i przechodzimy do modułu **Timeload**. W tym celu wybieramy opcję **D) Pre-Processors for Transient and Vibration Modules**, a następnie opcję **A) TIMELOAD (SSAP2, SSAP4 Pre-Processor)**.

Sposób wprowadzania danych w module **Timeload** różni się znacznie od wprowadzania danych w innych modułach systemu **ALGOR**. W tym przypadku na monitorze pojawiają się komunikaty, po których należy wprowadzić odpowiednią informację. Jeżeli wciśniemy **ENTER**, aby potwierdzić nasze dane, to nie można później powrócić do tej opcji i wpisać wartości (lub nazwy) poprawnie. Wszystkie dane podajemy za pomocą klawiatury, kursor myszki nie jest widoczny na ekranie.

Wprowadzamy dane:

1. po komunikacie

Enter processor input file name (<CR> TO QUIT) >>

podajemy nazwę pliku zadania, w którym liczyliśmy częstotliwości drgań własnych,

 wpisać nazwę pliku **ZAD4D** i nacisnąć **ENTER**

Uwaga: *Napis (<CR> TO QUIT) informuje nas, że wciskając w tym miejscu klawisz **ENTER** możemy zrezygnować z pracy z modulem **Timeload**.*

2. po komunikacie

Enter dynamic analysis file name (TO BE CREATED) >>

podajemy nazwę nowego tekstowego pliku wejściowego,

 wpisać nazwę pliku **ZAD4I** i nacisnąć **ENTER**

3. po komunikatach **Enter desired dynamic analysis code (NDYN) :**


Time History Restart.....-2

Direct Integration.....4

Transient Heat Transfer.....11

(<CR> TO QUIT) >>

wybieramy rodzaj analizy naszego zadania,

 wpisać **-2** i nacisnąć **ENTER**

Uwaga: *Analizy **Time History Restart** oraz **Direct Integration** służą do numerycznego całkowania równań ruchu. Tekstowe pliki danych, z których korzysta procesor różnią się w przypadku obu metod. W pierwszej metodzie plik tekstowy zawiera tylko informacje podane przez nas w module **Timeload** i dlatego drugim plikiem wejściowym jest plik z poprzedniego zadania **ZAD4D**. . Procesor **Ssap2** potrzebuje również plików **ZAD4D.S7**, **ZAD4D.S8**, **ZAD4D.S9**, ponieważ zadanie to rozwiązywane jest metodą superpozycji modalnej. W drugiej metodzie plik tekstowy z danymi zawiera wszystkie informacje niezbędne do obliczeń, a analiza zadania polega na numerycznym całkowaniu równań ruchu.*

*Analiza **Transient Heat Transfer** służy do analizy zagadnień związanych z przepływem ciepła.*

4. po komunikatach

Enter desired function type :


Ramp or constant.....1

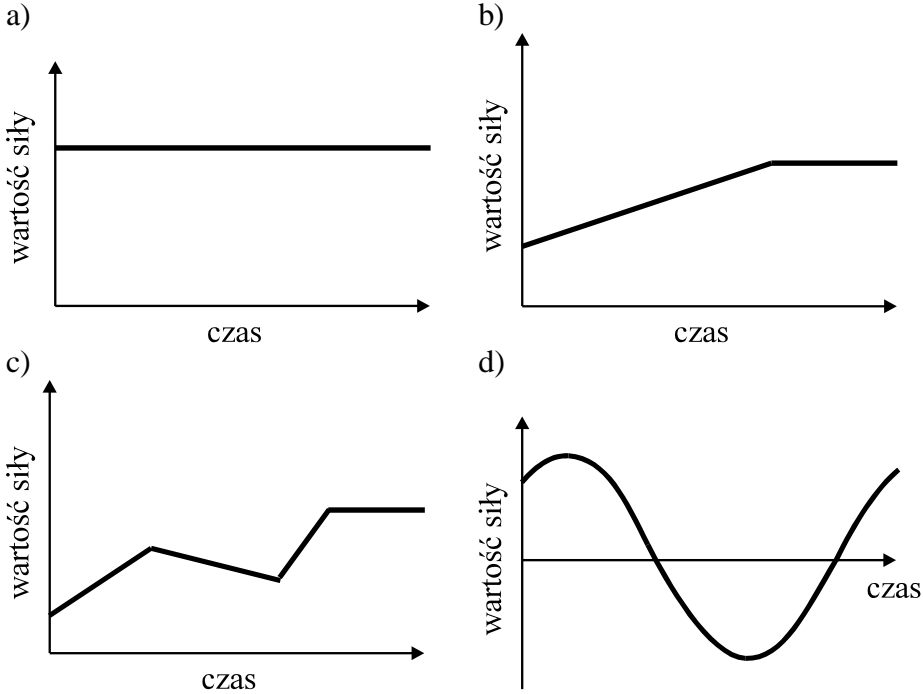
Piece-wise linear.....2

Sinusoidal.....3

Function number >>

wybieramy rodzaj zmienności siły w czasie,


 wpisać **2** i nacisnąć **ENTER**



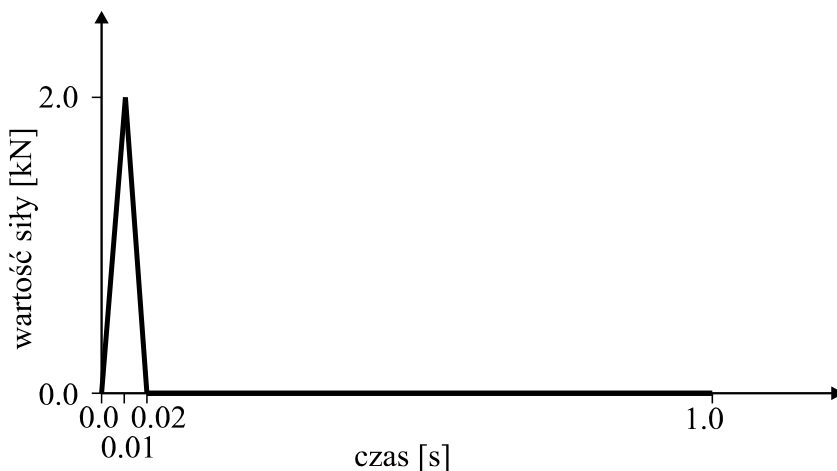
Rys.5.17

Uwaga: Pierwszy typ danych umożliwia przedstawienie siły rosnącej liniowo w czasie (Rys.5.17a) lub stałej (Rys.5.17b), drugi przedstawia siłę, której zmiany w czasie można pokazać jako krzywą łamaną (Rys.5.17c), a trzeci typ umożliwia wprowadzenie siły zmieniającej się sinusoidalnie w czasie (Rys.5.17d).

5. po komunikacie **Solution time step (Delta t) >>** podajemy krok czasowy rozwiązywania (krok całkowania).


 wpisać **0.01** i nacisnąć **ENTER**


Uwaga: Wartość kroku całkowania należy tak dobierać, aby był mniejszy od około 0.1 okresu drgań własnych (por. [5]).





Rys.5.18


6. podajemy charakterystyczne współrzędne punktów łamanej, która opisuje zmienność siły wymuszającej w czasie (Rys.5.18)


 po komunikacie **Initial function value at time=0.0 (point no. 1) >>** wpisać wartość siły dla $t=0$ s, która wynosi **0** i nacisnąć **ENTER**


 po komunikacie **Next time value (point no. 2) >>** wpisać czas dla drugiego punktu, który wynosi **0.01** i nacisnąć **ENTER**


 po komunikacie **Function value (for point no. 2) >>** wpisać wartość siły dla $t=0.01$ s, która wynosi **2** i nacisnąć **ENTER**

 po komunikacie **Next time value (point no. 3) (<CR> Stop entering points) >>** wpisać czas dla trzeciego punktu, który wynosi **0.02** i nacisnąć **ENTER**

 po komunikacie **Function value (for point no. 3) >>** wpisać wartość siły dla $t=0.02$ s, która wynosi **0** i nacisnąć **ENTER**

 po komunikacie **Next time value (point no. 4) (<CR> Stop entering points) >>** wpisać czas dla trzeciego punktu, który wynosi **1** i nacisnąć **ENTER**

 po komunikacie **Function value (for point no. 4) >>** wpisać wartość siły dla $t=1$ s, która wynosi **0** i nacisnąć **ENTER**


 po komunikacie **Next time value (point no. 5) (<CR> Stop entering points) >>**

nacisnąć **ENTER**, aby zakończyć wprowadzanie współrzędnych wykresu

7. po komunikacie

Please enter your choice of interval of time steps for output (<CR> Gives 1) >>


podajemy co który krok chcielibyśmy uzyskać wyniki w plikach z wynikami **ZAD4I.DO** i **ZAD4I.NSO**

 wpisać **2** i nacisnąć **ENTER**

8. po komunikacie

Damping factor (fraction of critical; <CR> Gives .01) >>

podajemy wartość współczynnika tłumienia jako część tłumienia krytycznego (naciśnięcie klawisza **ENTER** powoduje przyjęcie wartości 0.1),


 wpisać **0.05** i nacisnąć **ENTER**

Uwaga: *Zależność pomiędzy współczynnikiem tłumienia (γ) a logarytmicznym dekrementem tłumienia Δ przedstawia równanie*

$$\Delta = \frac{4\pi\gamma}{\sqrt{16 - \gamma^2}}.$$

Napis **ENTER NODAL LOAD DATA (nodes 1 to 485)** informuje, że rozpoczynamy wprowadzanie danych dotyczących obciążanych węzłów. Numery węzłów zawsze wprowadzamy jako grupy węzłów z numerami o stałych odstępach. W naszym zadaniu siłę przyłożymy tylko do jednego węzła o numerze **258**.

1. po napisie **First node number (<CR> To continue) >>** podajemy numer węzła,

 wpisać **258** i nacisnąć **ENTER**


Uwaga: *Napis (<CR> To continue) informuje nas, że wciskając w tym miejscu klawisz **ENTER** kończymy wprowadzanie danych (np. numerów węzłów).*

2. po napisie **Last node number (<CR> Same as first) >>** nie podajemy następnego numeru węzła, ale kończymy podawanie informacji o tej grupie węzłów

 wcisnąć **ENTER**

Uwaga: *Podana sekwencja poleceń spowoduje przyłożenie siły do jednego węzła.*


3. po napisie **Enter DOF (<CR> To continue) >>** podajemy numer stopnia swobody zgodny z kierunkiem działania siły,

 wpisać **3** i nacisnąć **ENTER**


Uwaga: *Kierunki stopni swobody są oznaczone następującymi numerami:*

- 1 - przesunięcie wzdłuż osi X ,
- 2 - przesunięcie wzdłuż osi Y ,
- 3 - przesunięcie wzdłuż osi Z ,
- 4 - wektor obrotu wokół osi X ,
- 5 - wektor obrotu wokół osi Y ,
- 6 - wektor obrotu wokół osi Z .

4. po komunikacie **Enter scale factor (<CR> Gives 1.0) >>** podajemy współczynnik skalujący siłę, w naszym przypadku będzie to **-1**, ponieważ wektor siły ma zwrot przeciwny do osi Z ,

 wpisać **-1** i nacisnąć **ENTER**


5. kończymy wprowadzanie informacji o kierunkach sił i punktach ich przyłożenia,

 nacisnąć dwa razy **ENTER**

Następnym etapem jest podanie informacji o wynikach jakie chcielibyśmy zapisać w pliku tekstowym (w naszym zadaniu plik ten będzie się nazywał **ZAD4I.L**). Założymy, że interesują nas wartości ekstremalnych maksymalnych przemieszczeń i wprowadzimy następujące dane:

1. po informacjach
Tabular.....1
Printer plot.....2
Maxima only (default)...3 >>


wpiszemy liczbę **3** czyli zadeklarujemy zainteresowanie wartościami ekstremalnymi,

 wpisać **3** i nacisnąć **ENTER**

2. po napisie **First node number (<CR> To continue) >>** kończymy podawanie danych, ponieważ dalsze informacje nie dotyczą trzeciej opcji,

 nacisnąć **ENTER**

3. potwierdzamy, że nie chcemy wprowadzać danych o węzłach i kończymy pracę z modulem **Timeload**,

 po napisie

No nodes have been entered. Enter nodal data again (N/Y) >> [Y]:


wpisać **N** i nacisnąć **ENTER**

Wprowadzając w taki sposób dane otrzymaliśmy plik tekstowy **ZAD4I.**, który jest plikiem wejściowym dla modułu **Ssap2**. Moduł **Timeload** nie tworzy pliku z rozszerzeniem **.SST**

Rozwiązanie zadania 4i

Po zakończeniu pracy modułu **Timeload**, powracamy przez naciśnięcie klawisza **Esc** na poziom **Linear Modal, Vibration and Transient Stress Analysis**, skąd przechodzimy do opcji analizy drgań wymuszonych:


 nacisnąć klawisz z cyfrą **2**

 kliknąć lewym klawiszem w napis


2) Time History Modal Superposition

Po uruchomieniu właściwego modułu rozpoczynamy rozwiązanie zadania:

1. czytamy z dysku plik danych,

 wpisać nazwę pliku: **ZAD4I** i nacisnąć **ENTER**

2. uruchamiamy program obliczeniowy,

 wpisać polecenie **run** i nacisnąć **ENTER**

3. podajemy nazwę pliku z analizy drgań własnych

 wpisać nazwę pliku: **ZAD4D** i nacisnąć **ENTER**

Analiza wyników zadania 4i

Moduł **Ssap2**, tak jak wszystkie inne moduły **SsapX**, tworzy pliki: binarny, zawierający przemieszczenia węzłów (z rozszerzeniem **.DO**) i tekstowy z rozszerzeniem **.L**. Gdy moduł **Ssap2** zakończy pracę, zostaje uruchomiony moduł **Mksst**, który utworzy brakujący plik z rozszerzeniem **.SST**. Plik binarny **ZAD4I.DO** zawiera przemieszczenia dla 48 kroków czasowych w odstępach 0.02 s.


Tab.5.2 zawiera fragment pliku **ZAD4I.L** z ekstremalnymi przemieszczeniami węzłów na kierunkach poszczególnych stopni swobody oraz czas, dla którego te przemieszczenia wystąpią.


Tab.5.2

Maximum absolute values of displacement from output time steps						
	X transl.	Y transl.	Z transl.	X rot(deg)	Y rot(deg)	Z rot(deg)
Node no.	19	18	472	419	37	0
MAXIMA	6.566E-05	2.044E-05	2.796E-03	1.394E-01	2.166E-01	0.000E+00
TIME	2.000E-02	5.000E-02	2.000E-02	1.000E-02	2.000E-02	0.000E+00

Do oglądania pozostałych wyników posłużymy się modulem **SuperView**, który uruchamiamy tak jak to robiliśmy wcześniej z poziomu **Algor Main Menu**.

Po uruchomieniu **SuperView** czytamy z dysku dane z pliku **ZAD4I**:


 nacisnąć klawisz z literą **F**, następnie nacisnąć **L**, wpisać **ZAD4I** i nacisnąć **ENTER**,


 kliknąć lewym klawiszem w napis **Files**, następnie w napis **Load**, a resztę wykonać przy użyciu klawiatury

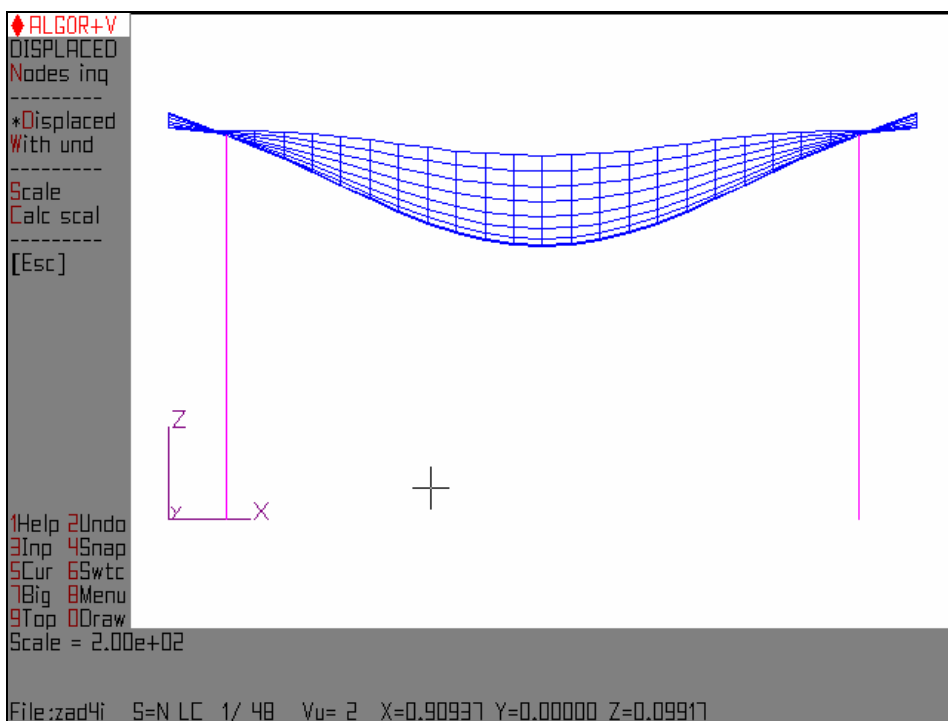
Jeżeli nie odpowiada nam aktualna rzutnia lub sposób rzutowania, można to zmienić tak jak robiliśmy to już wielokrotnie, wybierając opcję **Draw**.

Przeglądanie wyników rozpoczniemy od analizy deformacji konstrukcji. Wykonamy to w taki sam sposób jak w poprzednim zadaniu, tzn. wykorzystamy polecenie **Displaced**, które wymusza rysowanie odkształconej siatki elementów:

1. wybieramy opcję **Displaced**,


 nacisnąć klawisz **D**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Displaced**









Rys.5.19

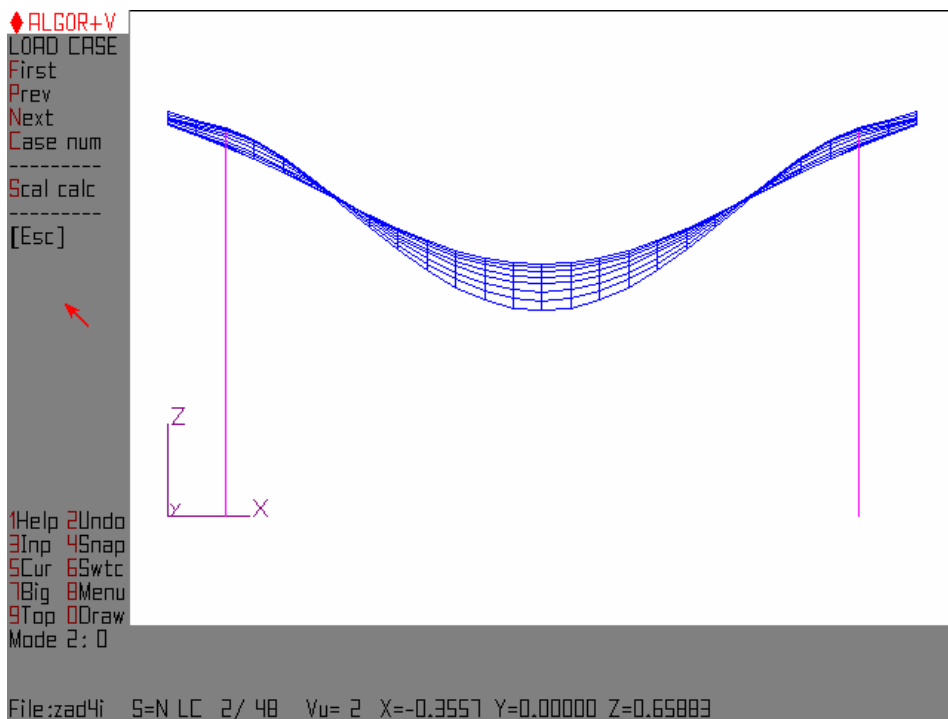
2. uaktywniamy polecenie **Displaced**,

 nacisnąć klawisz **D**



 kliknąć lewym klawiszem w napis **Displaced**



Na Rys.5.19 pokazana jest deformacja konstrukcji w pierwszym kroku czasowym dla $t=0.02s$. Zmiany deformacji w czasie oglądamy wykorzystując opcję **Load case**:

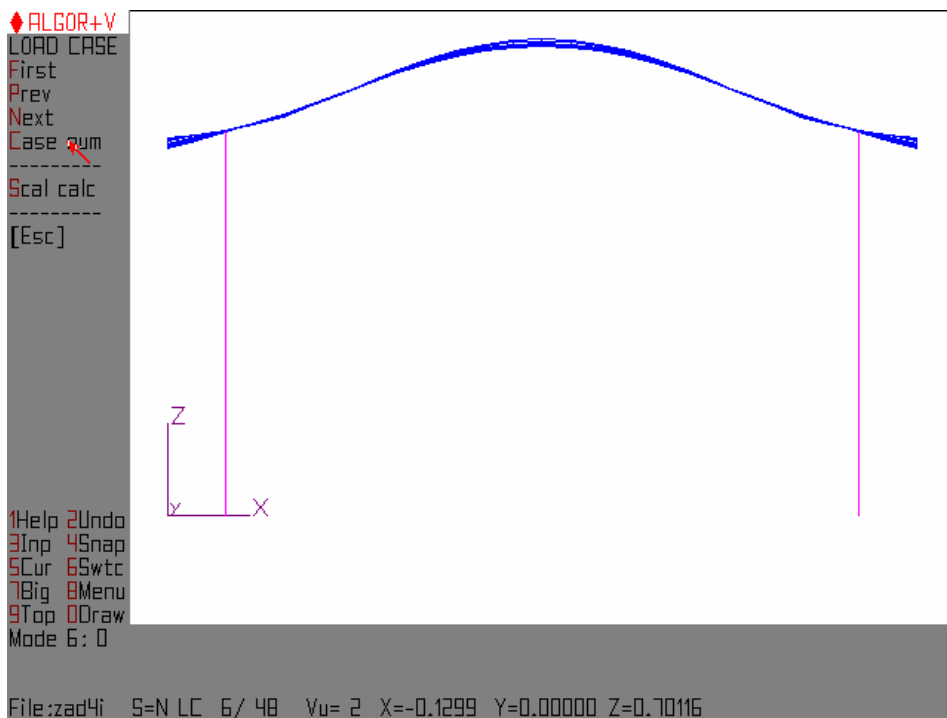
1. wracamy do głównego menu,
 nacisnąć klawisz **Esc**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**
2. wybieramy opcję **Load case**,
 nacisnąć klawisz **L**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Load case**
3. przechodzimy do następnego kroku czasowego $t=0.04$ s (Rys.5.20),
 nacisnąć klawisz **N**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Next**



Rys.5.20


3. ustalamy skalę przemieszczeń (np. 200) (Rys.5.19),
 nacisnąć klawisz **S**, wpisać **200** i nacisnąć **ENTER**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Scale**, pozostałe operacje należy wykonać za pomocą klawiatury










4. przechodzimy do wybranego kroku czasowego np.6, gdzie $t=0.12$ s (Rys.5.21),
 -  nacisnąć klawisz **C**, wpisać **6** i nacisnąć **ENTER**
 -  kliknąć lewym klawiszem w napis **Case num**, pozostałe operacje należy wykonać za pomocą klawiatury



Rys.5.21





Zmieniając numer kroku czasowego, możemy prześledzić zachowanie się konstrukcji w ciągu 1 s. Wynikiem obliczeń są jednak nie tylko przemieszczenia w poszczególnych krokach czasowych, ale także naprężenia (np. zredukowane, główne, itp.). Z tab.5.2 wynika, że maksymalne przemieszczenia występują w czasie $t=0.04$ s czyli w drugim kroku czasowym. Obejrzymy naprężenia powstałe w konstrukcji w tym momencie. Przed analizą zmienimy również rzutnię rysunku.







1. ustawiamy drugi krok,
 -  nacisnąć klawisz **C**, wpisać **2** i nacisnąć **ENTER**

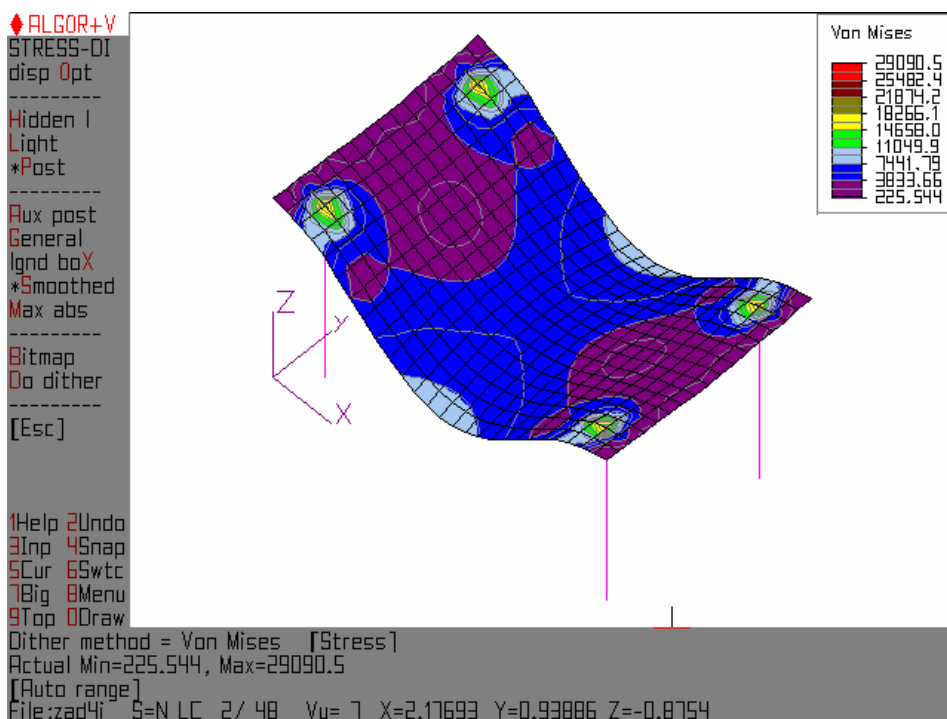
-  kliknąć lewym klawiszem w napis **Case num**, pozostałe operacje należy wykonać za pomocą klawiatury
- 2. wracamy do głównego menu,
 -  nacisnąć klawisz **Esc**
 -  kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**
- 3. wybieramy rzut izometryczny,
 -  nacisnąć klawisz **F10**, klawisz z literą **V** a następnie nacisnąć klawisz z cyfrą **7**
 -  kliknąć lewym klawiszem w napis **0Draw**, kliknąć w napis **View** oraz kliknąć lewym klawiszem w napis **7) Isome**
- 4. oglądamy cały rysunek na ekranie,
 -  nacisnąć klawisz **E**
 -  kliknąć lewym klawiszem w napis w napis **Enclose**
- 5. powracamy do głównego menu,
 -  nacisnąć klawisz **F9**
 -  kliknąć lewym klawiszem w napis **9Top**

W poprzednich rozdziałach opisaliśmy sposób tworzenia map bitowych, przedstawiających różne rodzaje naprężeń, odkształceń, sił wewnętrznych i przemieszczeń. W ten sam sposób możemy przeanalizować wyniki w tym zadaniu, z tą tylko różnicą, że w zadaniach opartych na analizie statycznej mieliśmy tylko jeden krok czasowy, natomiast teraz możemy analizować mapy bitowe w wielu krokach.

Obejrzymy zredukowane naprężenia hipotezy Misesa-Hubera:



- 1. wybieramy opcję **Stress-di**,
 -  nacisnąć klawisz **S**
 -  kliknąć lewym klawiszem w napis **Stress-di**
- 2. wybieramy opcję **Post**,
 -  nacisnąć klawisz **P**
 -  kliknąć lewym klawiszem w napis **Post**

3. uaktywniamy opcję **von Mises**,
 nacisnąć klawisz **M**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **von Mises**
4. powracamy do opcji **Stress-di**,
 nacisnąć dwa razy klawisz **Esc**
 kliknąć lewym klawiszem dwa razy w napis **[Esc]**
5. rysujemy mapę bitową (por. Rys.5.5),
 nacisnąć klawisz **D**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Do dither**



Rys.5.22

Kończymy oglądanie wyników wychodząc z modułu **SuperView**:





-  nacisnąć klawisz **F9** a następnie klawisz **Q**
-  kliknąć lewym klawiszem w napis **9Top** a następnie w napis **Quit**

Zadanie 4w - drgania wymuszone siłą sinusoidalnie zmienną

Wprowadzenie danych

Analiza drgań wymuszonych siłą sinusoidalnie zmienną przyłożoną do węzła płyty o współrzędnych **X=1.3, Y=0.8, Z=1.2** (numer węzła **258**) zostanie wykonana za pomocą modułu **Ssap5**. Tak jak w przypadku poprzedniego zadania jest możliwa tylko po wcześniejszym wyznaczeniu częstości i postaci drgań własnych konstrukcji gdyż procesor **Ssap5** posługuje się metodą odpowiedzi częstotliwościowej. Wprowadzenie informacji o sile wymuszającej oraz parametrów sterujących zapisem wyników wykonamy za pomocą preprocesora **Press5**. W tym celu wybieramy opcję **D) Pre-Processors for Transient and Vibration Modules**, a następnie opcję **C) PRESS5 (SSAP5 Pre-Processor)**.

Wprowadzamy dane:

1. po komunikacie **Print instructions (N/Y/H/Q) >>** rezygnujemy z wyświetlania instrukcji,
 wpisać **N** i nacisnąć **ENTER**
2. po komunikacie **Enter modal analysis file name (<CR> to quit) >>** podajemy nazwę pliku z obliczonymi częstościami drgań własnych,
 wpisać nazwę pliku **ZAD4D** i nacisnąć **ENTER**
3. po komunikacie **Enter SSAP5 file name (to be created) >>** podajemy nazwę nowego tekstowego pliku wejściowego,
 wpisać nazwę pliku **ZAD4W** i nacisnąć **ENTER**
4. po komunikacie **No. of applied nodes (NAND) >>** podajemy ilość obciążonych węzłów,
 wpisać **1** i nacisnąć **ENTER**


Uwaga: Numer obciążonego węzła odnaleźć można metodą podaną w zadaniu poprzednim korzystając z postprocesora **SuperView**.

5. po komunikatach

Enter 1 to select same frequency loads (IFREQ)

Enter 0 otherwise >>

wyberamy opcję **1**,

 wpisać **1** i nacisnąć **ENTER**

Uwaga: Wybieramy opcję **1**, która spowoduje wyznaczenie modułu amplitudy drgań wymuszonych wg wzoru: $A = \sqrt{A_c^2 + A_s^2}$, gdzie A_c oznacza amplitudę drgań zgodnych w fazie z siłą wymuszającą, A_s amplitudę drgań w fazie przeciwnej. Opcja ta ma sens tylko wtedy, gdy wymuszenia odbywają się z tą samą częstotliwością. Wybór opcji **0** spowoduje wyłączenie obliczenia modułu amplitudy.

6. po komunikacie **Cluster factor for frequencies (CLUSTF) >>** naciskamy **ENTER**,


 nacisnąć **ENTER**

Uwaga: Współczynnik **CLUSTF** ma znaczenie tylko wtedy, jeżeli **IFREQ=0**.

7. po komunikacie

Enter Node, Direction, Type, Index, Scaling and Phase for [# 1 of 1] >>

podajemy numer obciążanego węzła, kierunek działania siły wymuszającej (1 dla przesunięcia wzdłuż osi X, 2 dla przesunięcia wzdłuż osi Y, 3 dla przesunięcia wzdłuż osi Z, 4 dla obrotu wokół osi X, 5 dla obrotu wokół osi Y, 6 dla obrotu wokół osi Z), typ wzbudzenia (1 oznacza przyspieszenie a 2 siłę), numer częstości wzbudzenia (wartości częstości wzbudzenia podawane będą w następnej sekcji danych), współczynnik skalujący amplitudę wzbudzenia, kąt przesunięcia fazowego (w stopniach) dla wzbudzenia,

 wpisać **258, 3, 2, 1, 1, 0** i nacisnąć **ENTER**

8. po komunikacie **Continue to next section ... 0**

Modify data1>> 0

naciskamy **ENTER**,

 nacisnąć **ENTER**

Uwaga: Podanie zamiast **0** wartości **1** umożliwi poprawienie danych.
Komunikat ten powtarzać będzie się kilkakrotnie po każdym etapie wprowadzanych danych.

9. po komunikatach


NAF - Number of exciting frequencies

INFQ = 0 : Exclude natural frequencies

1 : Include natural frequencies


Enter NAF, INFQ >>

podajemy ilość częstości siły wymuszającej i parametr informujący czy wśród tych częstości znajduje się częstość drgań własnych konstrukcji (1-tak, 0-nie),

 wpisać **1, 0** i nacisnąć **ENTER**

10. po komunikacie

Enter 1 frequencies (Hz) for [# 1 of 1 sets] >>podajemy częstość oscylacji siły wymuszającej,

 wpisać **8** i nacisnąć **ENTER**

11. po komunikacie

Continue to next section ... 0

Modify data1>> 0

naciskamy **ENTER**, jeżeli dane zostały wprowadzone poprawnie,


 nacisnąć **ENTER**

12. po komunikacie

NFDX - Number of freq. points defining damping ratio

Enter NFDX >>

podajemy ilość częstości drgań własnych, dla których będzie określone tłumienie,

 wpisać **2** i nacisnąć **ENTER**

13. po komunikacie

Enter FREQ (Hz) and RATIO for [# 1 of 2 sets] >>

podajemy pierwszą częstość drgań własnych oraz związany z nią współczynnik tłumienia (część tłumienia krytycznego),

 wpisać **7.4463,0.1** i nacisnąć **ENTER**

14. po komunikacie

Enter FREQ (Hz) and RATIO for [# 2 of 2 sets] >>

podajemy drugą częstość drgań własnych oraz związany z nią współczynnik tłumienia,

 wpisać **7.8128,0.1** i nacisnąć **ENTER**

Uwaga: Wartości 7.4463 i 7.8128 są częstościami drgań własnych, które zostały obliczone w zadaniu 4d.

15. po komunikacie

Continue to next section ... 0

Modify data1>> 0 naciskamy

ENTER, jeżeli dane zostały wprowadzone poprawnie,


 nacisnąć **ENTER**

16. po komunikacie

NFAX - Number of freq. points defining amplitude

Enter NFAX >>


podajemy **1**, gdyż siła wymuszająca ma tylko jedną częstotliwość,

 wpisać **1** i nacisnąć **ENTER**

17. po komunikacie

Enter FREQ (Hz), ACCEL and FORCE for [# 1 of 1 sets] >>

podajemy częstość i amplitudę wymuszenia (przyspieszenia lub siły),

 wpisać **8,0,1.5** i nacisnąć **ENTER**

18. po komunikacie

Continue to next section ... 0

Modify data1>> 0

naciskamy **ENTER**, jeżeli dane zostały wprowadzone poprawnie,

 nacisnąć **ENTER**




Rozwiązanie zadania 4w

Po zakończeniu pracy modułu **Press5**, powracamy przez naciśnięcie klawisza **Esc** na poziom **Linear Modal, Vibration and Transient Stress Analysis**, skąd przechodzimy do opcji analizy drgań wymuszonych:

 nacisnąć klawisz z cyfrą **5**

-  kliknąć lewym klawiszem w napis
5) Frequency Response Analysis

Po uruchomieniu właściwego modułu rozpoczynamy rozwiązanie zadania:

1. czytamy z dysku plik danych,
 wpisać nazwę pliku: **ZAD4W** i nacisnąć **ENTER**
2. uruchamiamy program obliczeniowy,
 wpisać polecenie **run** i nacisnąć **ENTER**
3. podajemy nazwę pliku z analizy drgań własnych
 wpisać nazwę pliku: **ZAD4D** i nacisnąć **ENTER**



Analiza wyników zadania 4w

Moduł **Ssap5**, po zakończeniu pracy, utworzy na dysku pliki: binarny, zawierający amplitudy drgań wymuszonych (**ZAD4W.DO**) i tekstowy **ZAD4W.L**, zawierający wprowadzone dane. Amplitudy drgań wymuszonych zapisane zostają jako trzy następujące przypadki:

1. amplituda drgań zgodnych w fazie z wymuszeniem (kąt przesunięcia fazowego $\varphi=0^\circ$),
2. amplituda drgań w fazie przeciwnej (kąt przesunięcia fazowego $\varphi=90^\circ$),
3. moduł amplitudy obliczony wg wzoru $A = \sqrt{A_c^2 + A_s^2}$, gdzie A_c oznacza amplitudę drgań zgodnych w fazie z siłą wymuszającą, A_s amplitudę drgań w fazie przeciwnej.

Do oglądania wyników posłużymy się modulem **SuperView**, który uruchamiamy tak jak to robiliśmy wcześniej z poziomu **Algor Main Menu**.


Po uruchomieniu **SuperView** czytamy z dysku dane z pliku **ZAD4W**:


-  nacisnąć klawisz z literą **F**, następnie nacisnąć **L**, wpisać **ZAD4W** i nacisnąć **ENTER**,
-  kliknąć lewym klawiszem w napis **Files**, następnie w napis **Load**, a resztę wykonać przy użyciu klawiatury

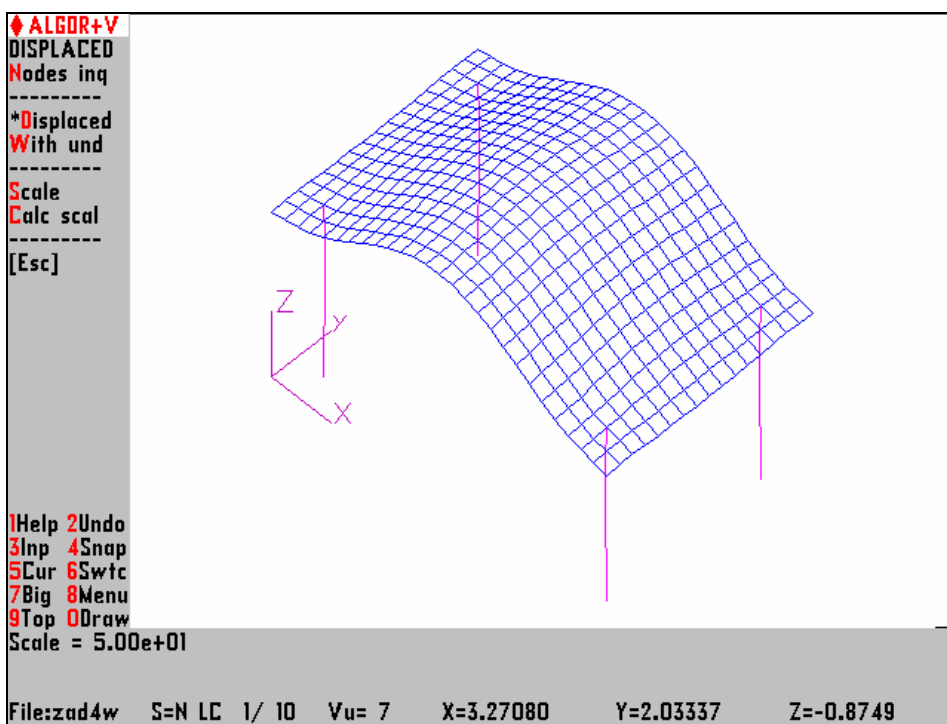
Wybieramy sposób rzutowania metodą opisaną przy poprzednich zadaniach (na naszych rysunkach przedstawione są rzuty izometryczne).

Przechodzimy do analizy deformacji konstrukcji. Wykonamy to w taki sam sposób jak w poprzednim zadaniu, tzn. wykorzystamy polecenie **Displaced**, które wymusza rysowanie odkształconej siatki elementów:

1. wybieramy opcję **Displaced**,


 nacisnąć klawisz **D**


 kliknąć lewym klawiszem w napis **Displaced**









Rys.5.23

2. uaktywniamy polecenie **Displaced**,

 nacisnąć klawisz **D**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **Displaced**

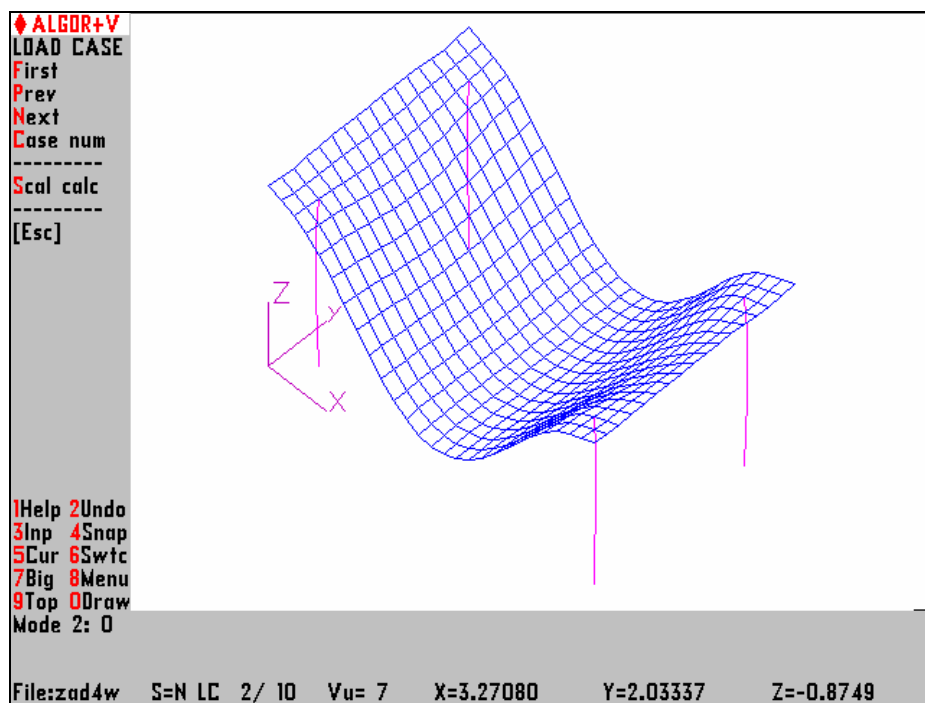
Rysunek przemieszczeń (Rys.5.23), który ujrzymy, odpowiada amplitudom drgań wymuszonych zgodnych w fazie z siłą wzbudzącą. Aby obejrzeć amplitudy drgań w fazie przeciwnej należy przejść do opcji **Load Case** i wybrać opcję **Next**:

1. wychodzimy z opcji **Displaced**,
 nacisnąć klawisz **Esc**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **[Esc]**
2. wybieramy opcję **Load case**,
 nacisnąć klawisz **L**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Load case**
3. wyświetlamy amplitudy drgań wymuszonych w fazie przeciwnej (Rys.5.24),
 nacisnąć klawisz **N**
 kliknąć lewym klawiszem w napis **Next**

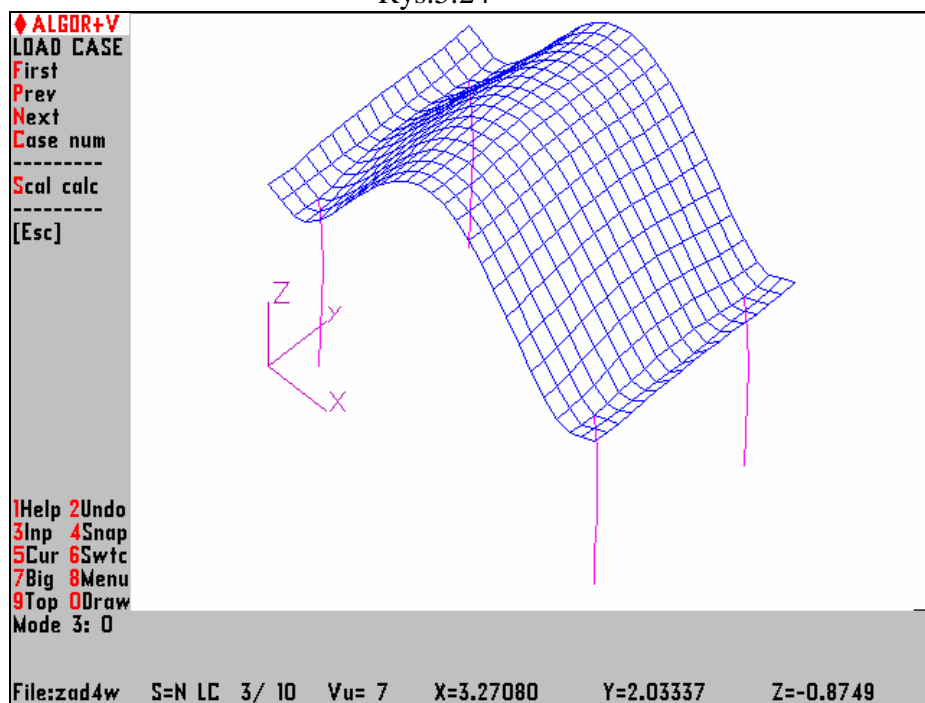
Wybranie kolejnego przypadku spowoduje wyświetlenie obrazu modułów amplitud drgań wymuszonych Rys.5.25. Przemieszczenia pokazane na tym rysunku nie odpowiadają przemieszczeniom rzeczywistym konstrukcji, lecz pozwalają zorientować się w maksymalnych wartościach amplitud drgań.

Podobnie, jak w innych zadaniach, można wyświetlić mapy przemieszczeń, naprężeń lub sił wewnętrznych. Sposób wyświetlenia tych map opisany jest np. w zadaniu nr 3.

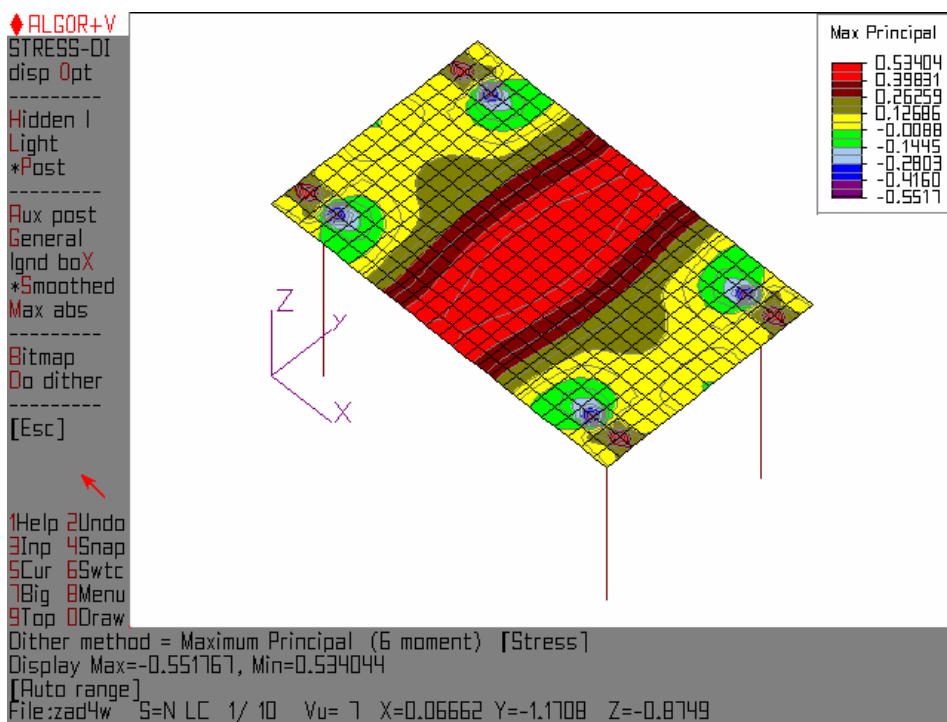
Rys.5.26 przedstawia mapę bitową amplitud maksymalnych momentów głównych dla drgań zgodnych w fazie z wymuszeniem.



Rys.5.24





Rys.5.25



Rys.5.26

Zakończenie analizy wyników przy użyciu modułu **SuperView** wykonujemy, jak poprzednio:

 nacisnąć klawisz **F9** a następnie klawisz **Q**

 kliknąć lewym klawiszem w napis **9Top** a następnie w napis **Quit**.

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] ALGOR. *ViziCad Plus, Algor Classic Modeling Tools, Linear Stress Analysis Release Notes*, ALGOR, Inc. Pittsburgh, PA, USA. Copyright 1992 Algor Inc.
- [2] J. Podgórski, E. Błazik-Borowa, *Metoda elementów skończonych w statyce konstrukcji*, Wyd. Politechniki Lubelskiej, (przygotowane do druku w 1999).
- [3] G.Rakowski [red.]: *Mechanika budowli. Ujęcie komputerowe*, t.I,II,III, Arkady, Warszawa 1991.
- [4] G.Rakowski, Z.Kacprzyk: *Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji*, OWPW, Warszawa 1993.
- [5] C.C.Spyrakos: *Finite Element Method in Engineering Practice*, West Virginia University Press, 1994.
- [6] O.C.Zienkiewicz: *Metoda elementów skończonych*, Arkady, Warszawa 1972.
- [7] O.C.Zienkiewicz, R.L.Taylor, *The Finite Element Method*, Vol.1 i 2, McGraw Hill Book Company, 1994.

