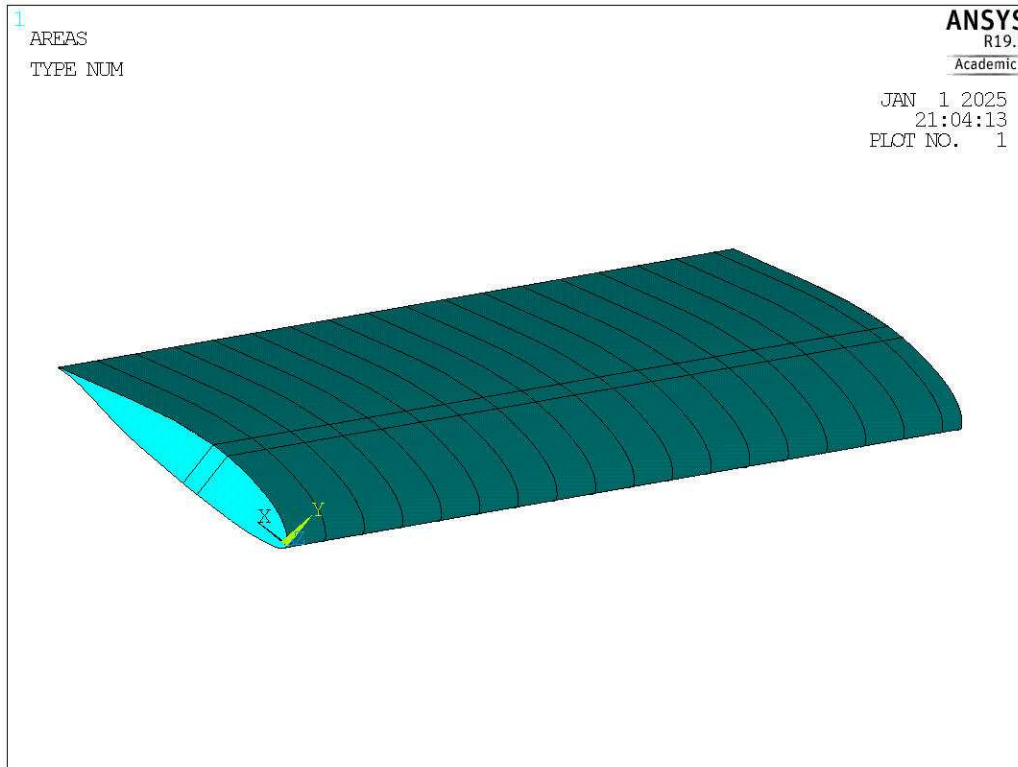


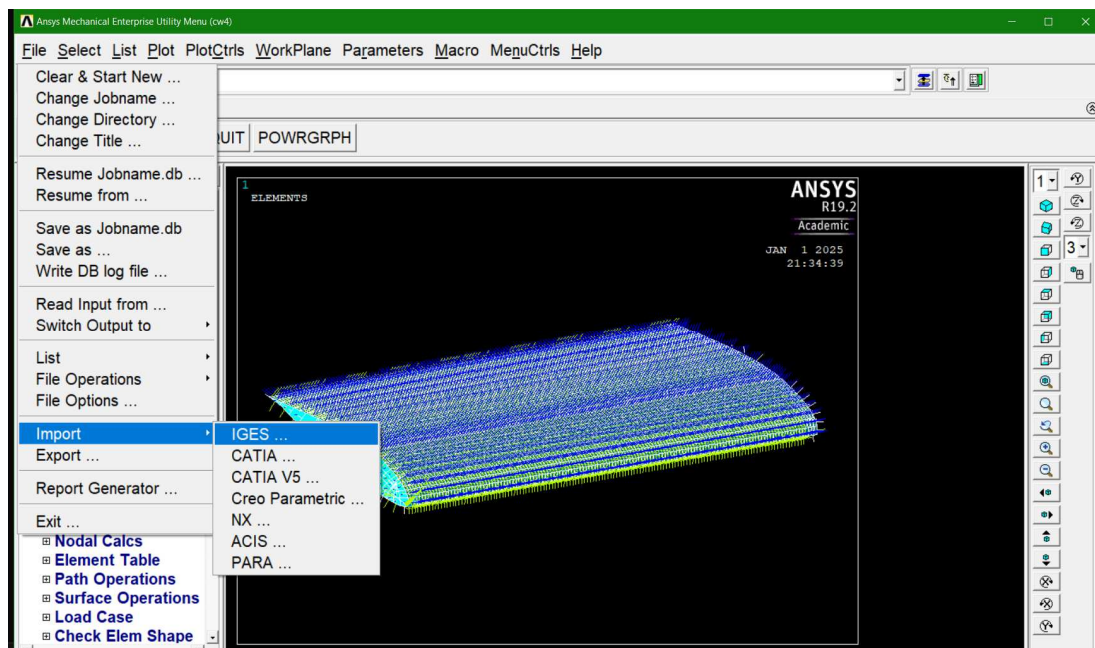
Projekt konstrukcji skrzydła szybowca

1. Analiza liniowa

Celem ćwiczenia jest zaprojektowanie układu warstw wszystkich elementów modelu skrzydła kompozytowego: pokryć, pasów dźwigara, ścianki dźwigara i żeberek, tak aby naprężenia w nich nie przekraczały naprężeń dopuszczalnych, ale jednocześnie, żeby ich masa była jak najmniejsza.



Rys. 1 – Geometria



Rys. 2 – Import geometrii

Do wyboru są 3 materiały:

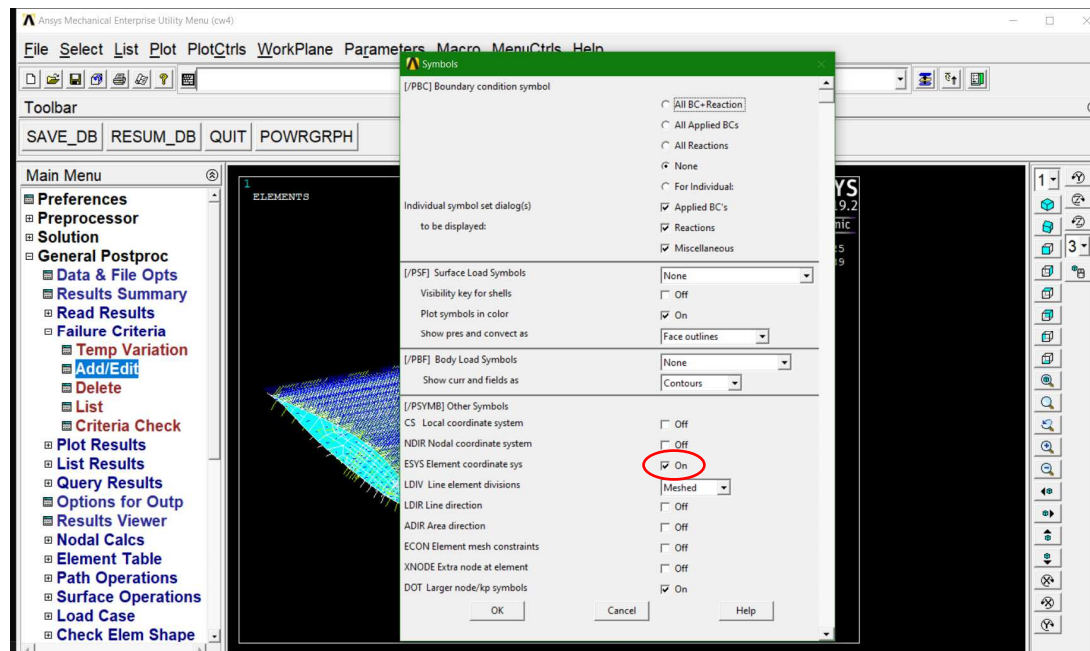
1. kompozyt węglowy jednokierunkowy o grubości 0,125 mm
2. kompozyt zbrojony tkaniną węglową o grubości 0,25 mm
3. pianka poliuretanowa o dowolnej grubości powyżej 1 mm

Temperatures		T1	Temperatures		T1
EX	0	1.29E+05	EX	0	80000
EY	9000		EY	80000	
EZ	9000		EZ	9000	
PRXY	0.28		PRXY	0.2	
PRYZ	0.3		PRYZ	0.3	
PRXZ	0.28		PRXZ	0.3	
GXY	4000		GXY	5000	
GYZ	3000		GYZ	3000	
GXZ	4000		GXZ	3000	

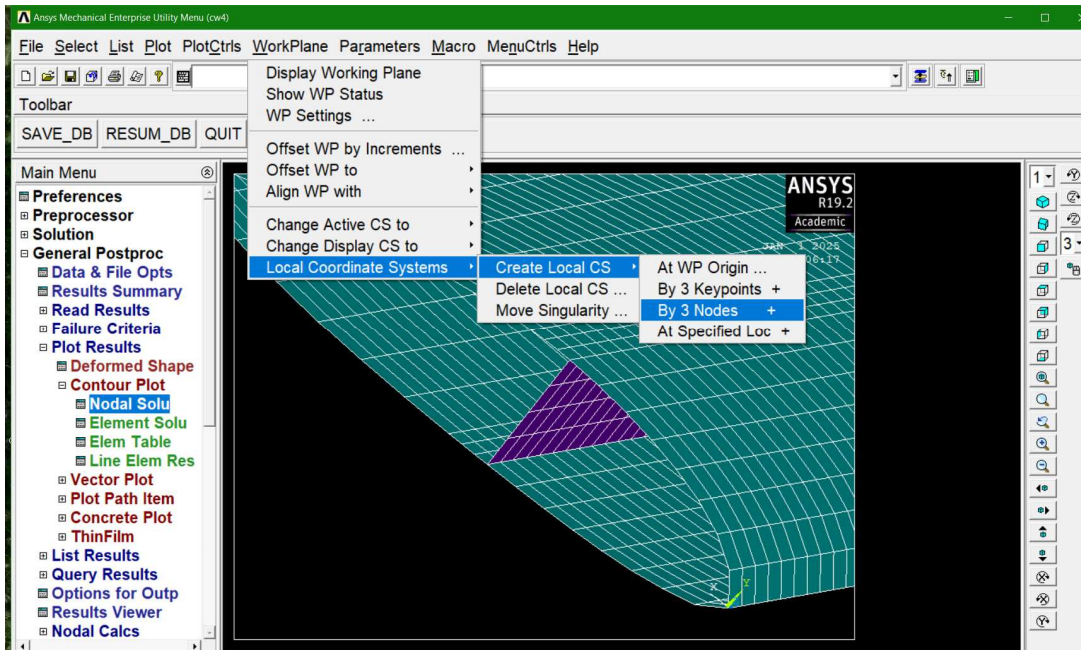
Temperatures		T1
EX	0	4000
PRXY	0.3	

Rys. 3 – Właściwości materiałowe

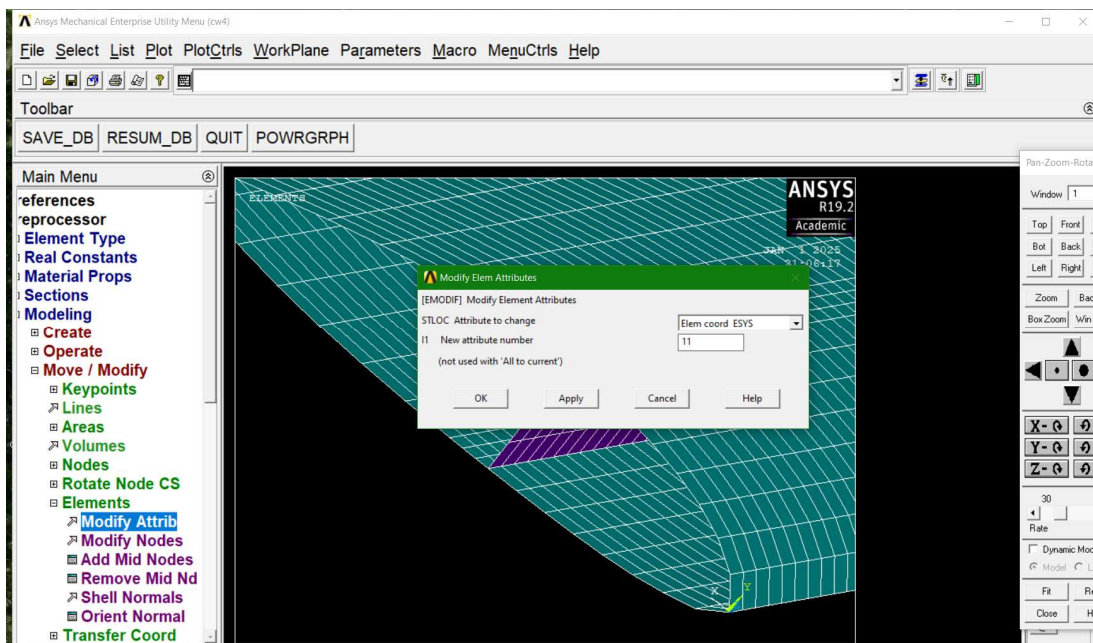
Przy projektowaniu układów warstw należy pamiętać o ukierunkowaniu elementowych układów współrzędnych.



Rys. 4 – Wyświetlanie elementowych układów współrzędnych

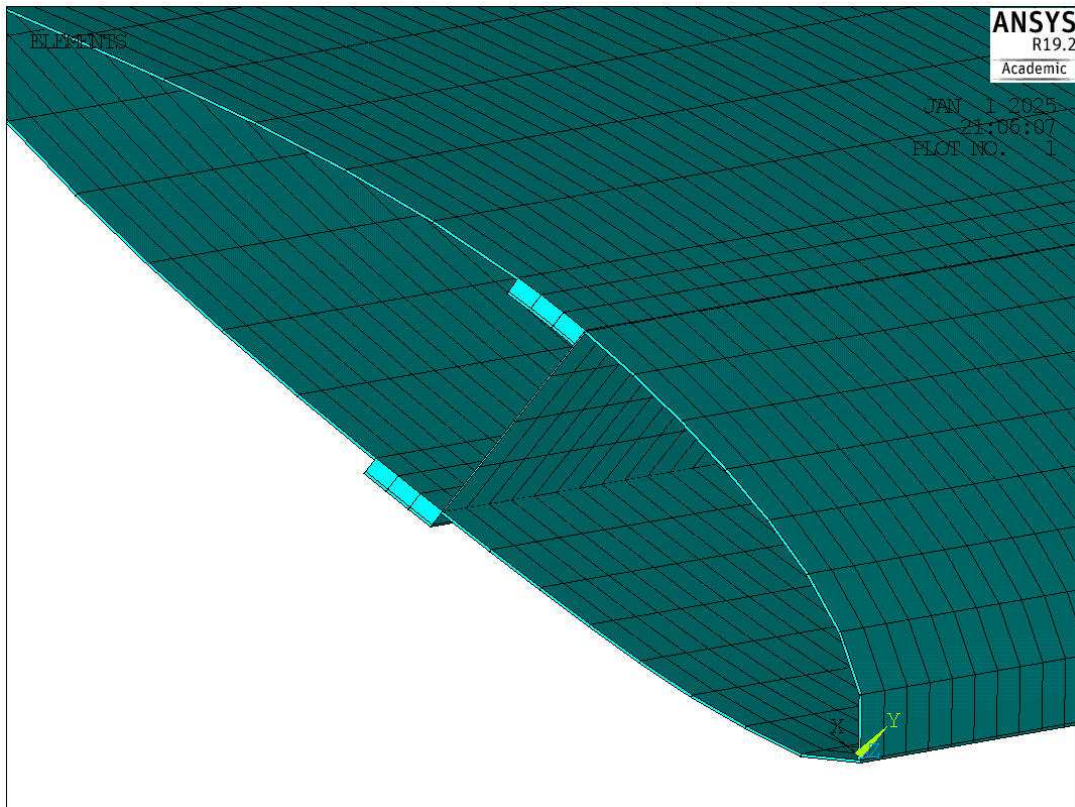


Rys. 5 – Tworzenie pomocniczego układu współrzędnych. Pierwszy węzeł to środek układu współrzędnych, drugi – kierunek x, trzeci – kierunek y.



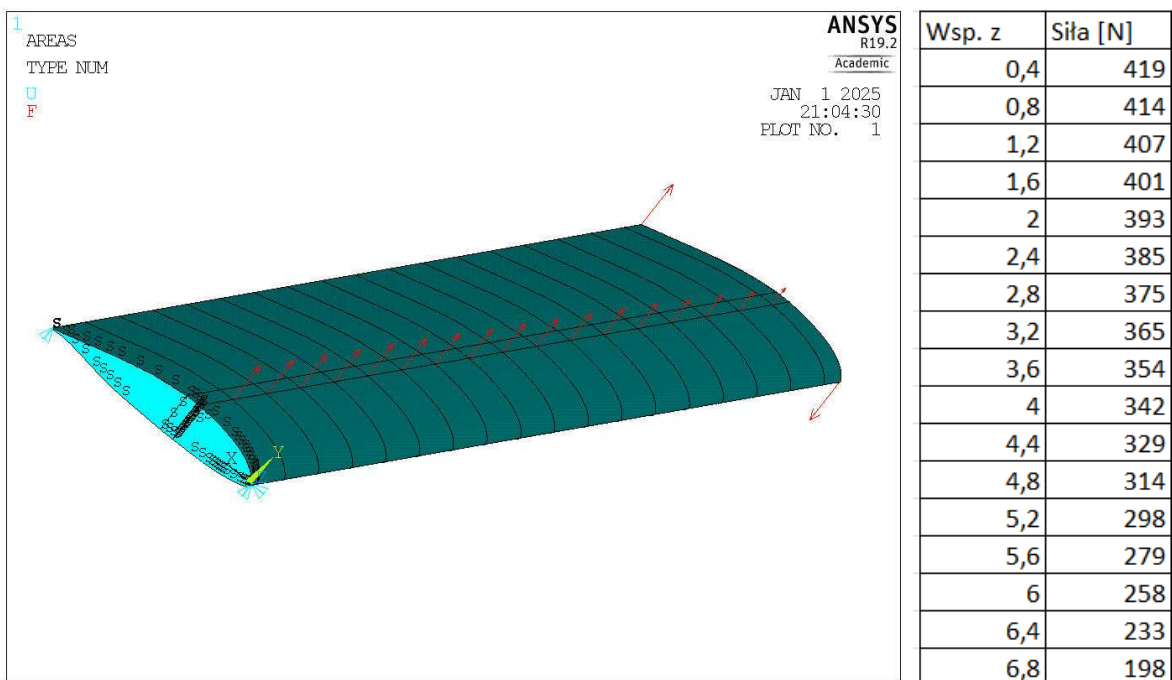
Rys. 6 – Zmiana orientacji elementowych układów współrzędnych

Należy również pamiętać o nadaniu odpowiednich offsetów. W razie potrzeby trzeba utworzyć dodatkowe sekcje.



Rys. 7 – Nieprawidłowo nadane offsety pasów dźwigara

Po podziale modelu na elementy należy zadać warunki podparcia i obciążenia jak na rysunku poniżej. Wartości sił wynikające z rozkładu Schrenka są podane w tabeli. Odpowiadają one współczynnikowi bezpieczeństwa 1,5 i współczynnikowi obciążenia 5,3. Jest to maksymalne obciążenie, jakie powinno przenieść skrzydło. Dodatkowo należy dodać moment skręcający realizowany za pomocą pary sił o wartości 500 N każda przyłożonych na końcu skrzydła



Rys. 8 - Obciążenia

Wytrzymałość kompozytu jednokierunkowego:

$$X_t = 700 \text{ MPa}, Y_t = Z_t = 40 \text{ MPa}$$

$$X_c = -600 \text{ MPa}, Y_c = Z_c = -100 \text{ MPa}$$

$$S = 50 \text{ MPa}$$

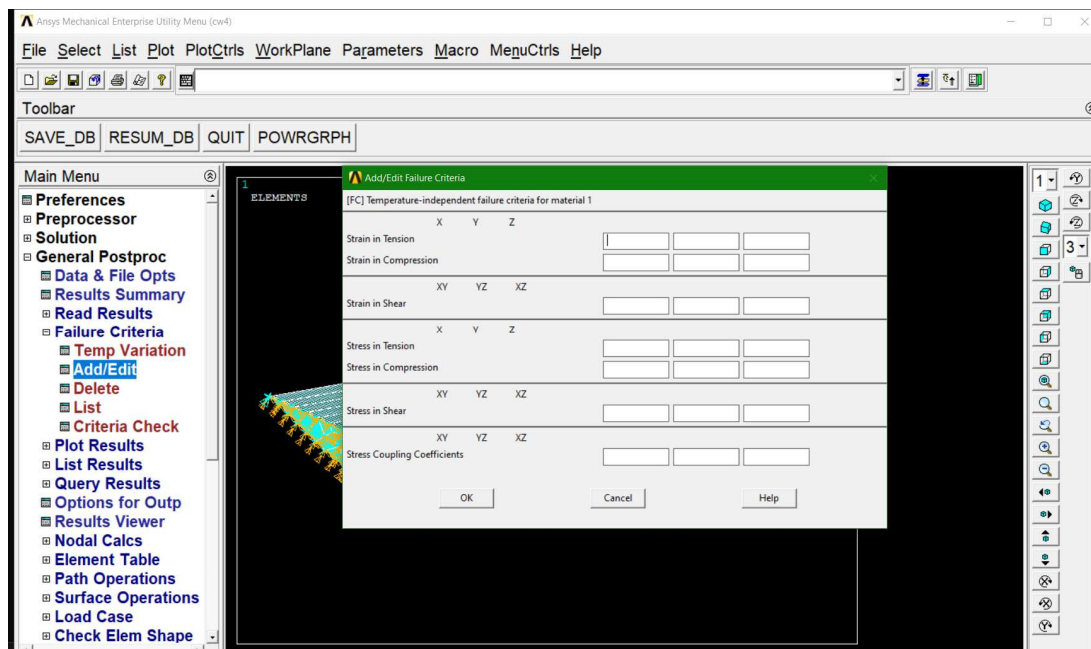
Wytrzymałość kompozytu tkaninowego:

$$X_t = Y_t = 400 \text{ MPa}, Z_t = 40 \text{ MPa}$$

$$X_t = Y_t = -300 \text{ MPa}, Z_t = -60 \text{ MPa}$$

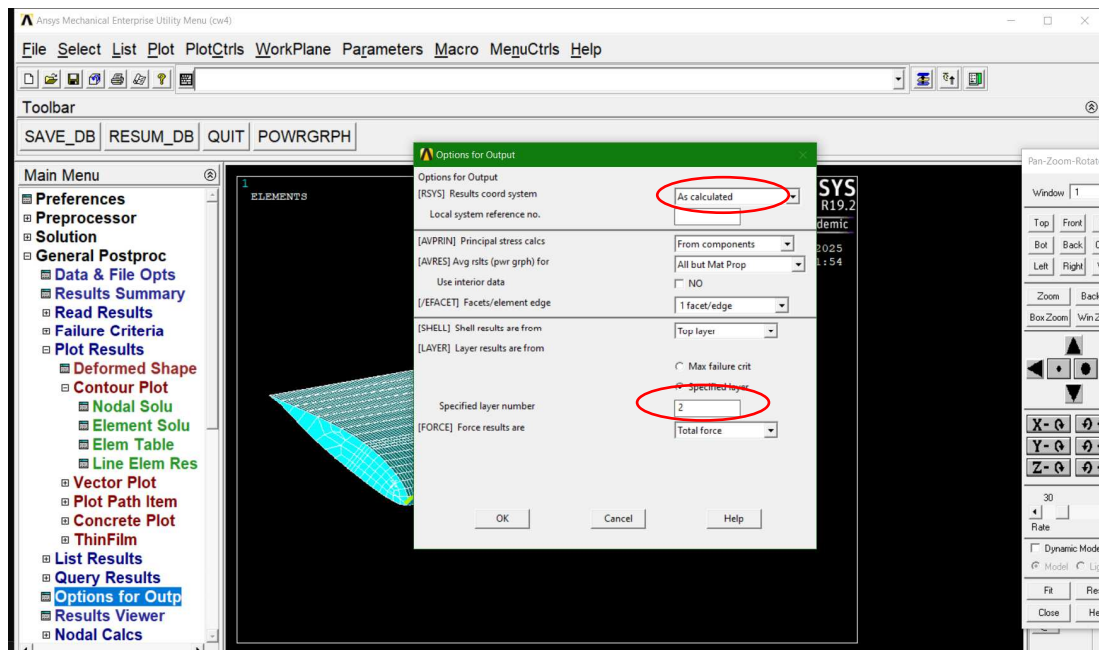
$$S = 50 \text{ MPa}$$

Można skorzystać z jednego z kryteriów wytrzymałościowych. W tym celu przed wykonaniem obliczeń należy wprowadzić wytrzymałości w poszczególnych kierunkach dla materiałów kompozytowych i oszacować wytrzymałość warstw pokrycia wg wybranego kryterium wytrzymałościowego.

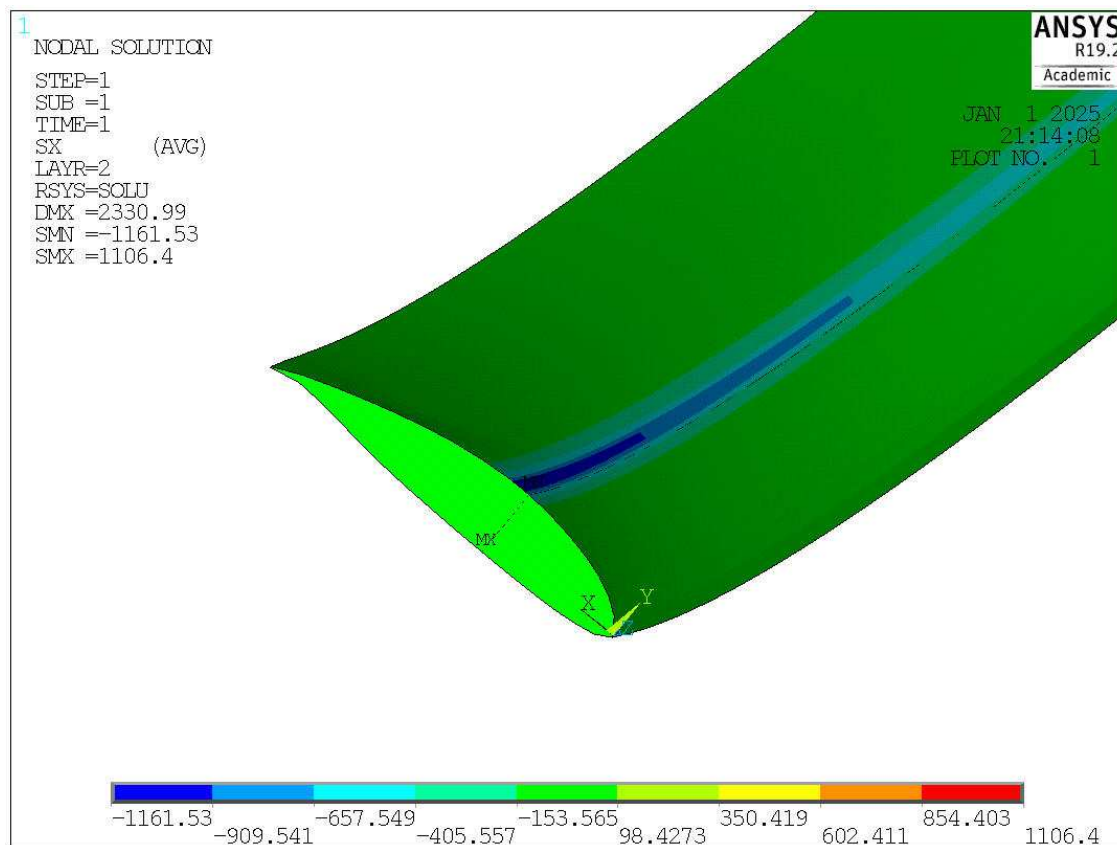


Rys. 9 – Wprowadzanie wytrzymałości do kryterium wytrzymałościowego

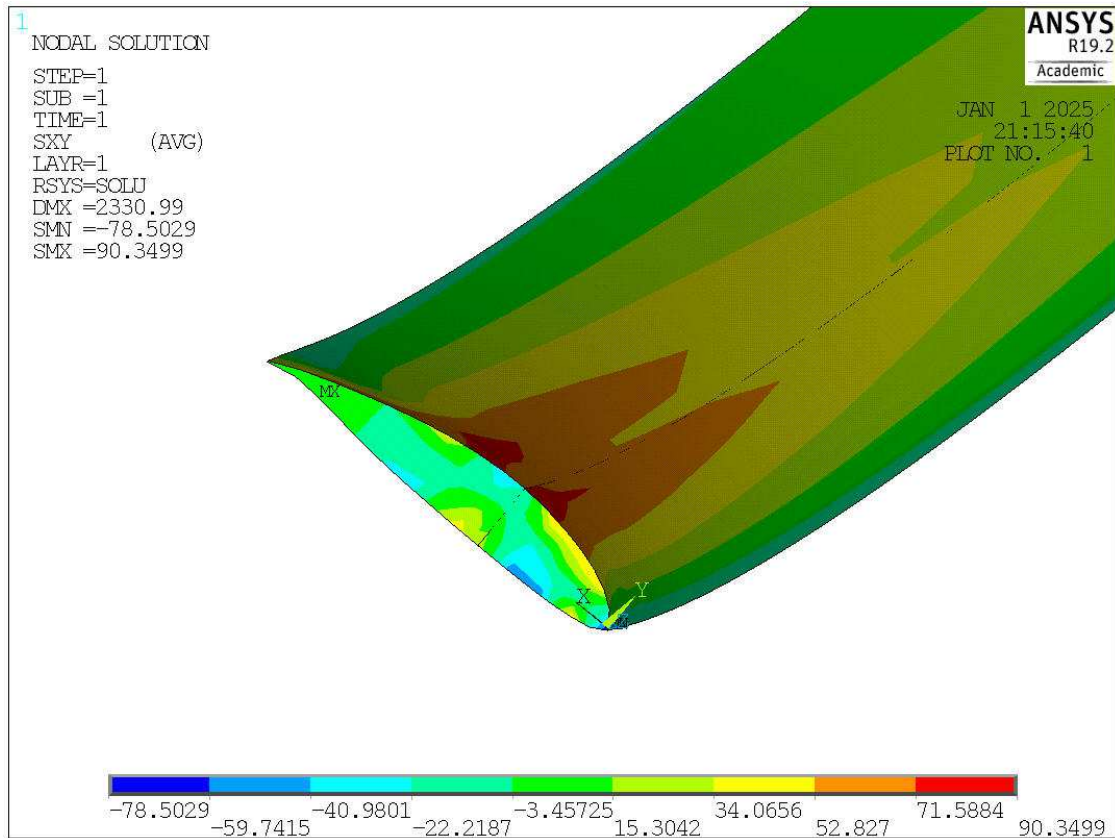
Łub pokazać naprężenia normalne w pasach dźwigara oraz naprężenia ścinające w pokryciu i w ścianie dźwigara. Należy pamiętać, żeby wyniki obliczeń prezentować dla konkretnej warstwy.



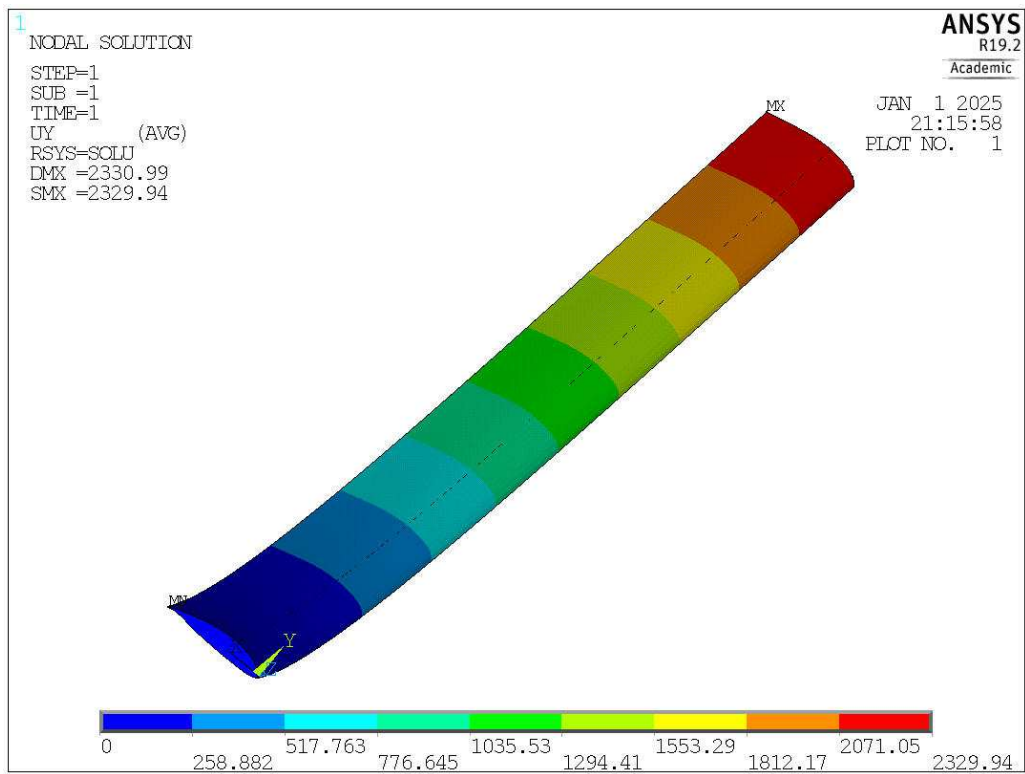
Rys. 10 - Wybór warstwy do prezentacji obliczeń



Rys. 11 – Naprężenia normalne w pasie dźwigara



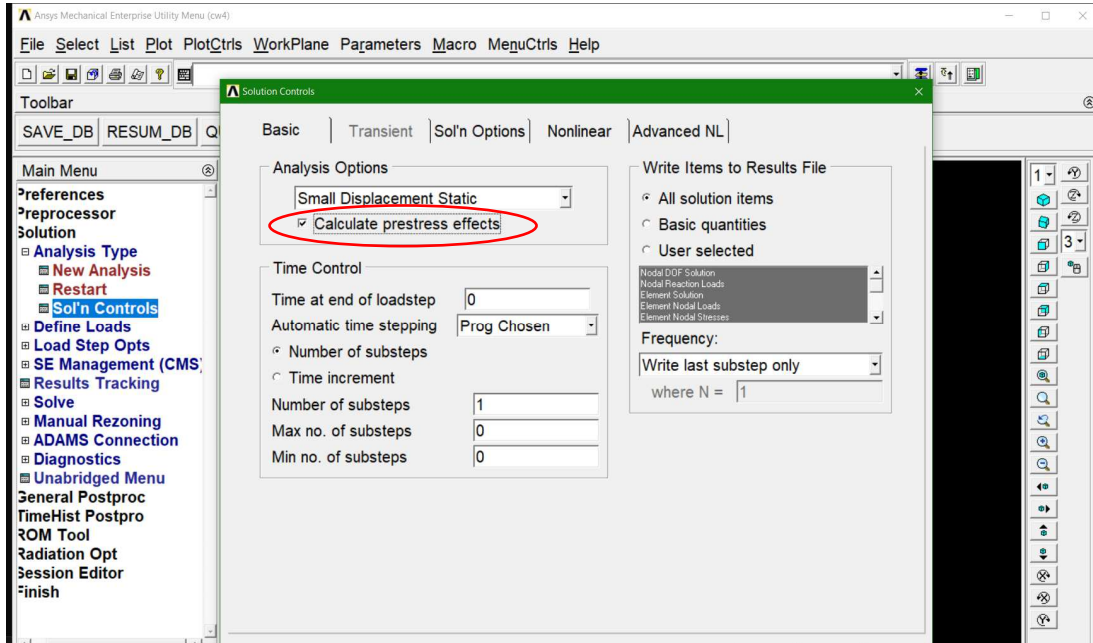
Rys. 12 – Naprężenia styczne w pokryciu



Rys. 13 – Przemieszczenia pionowe

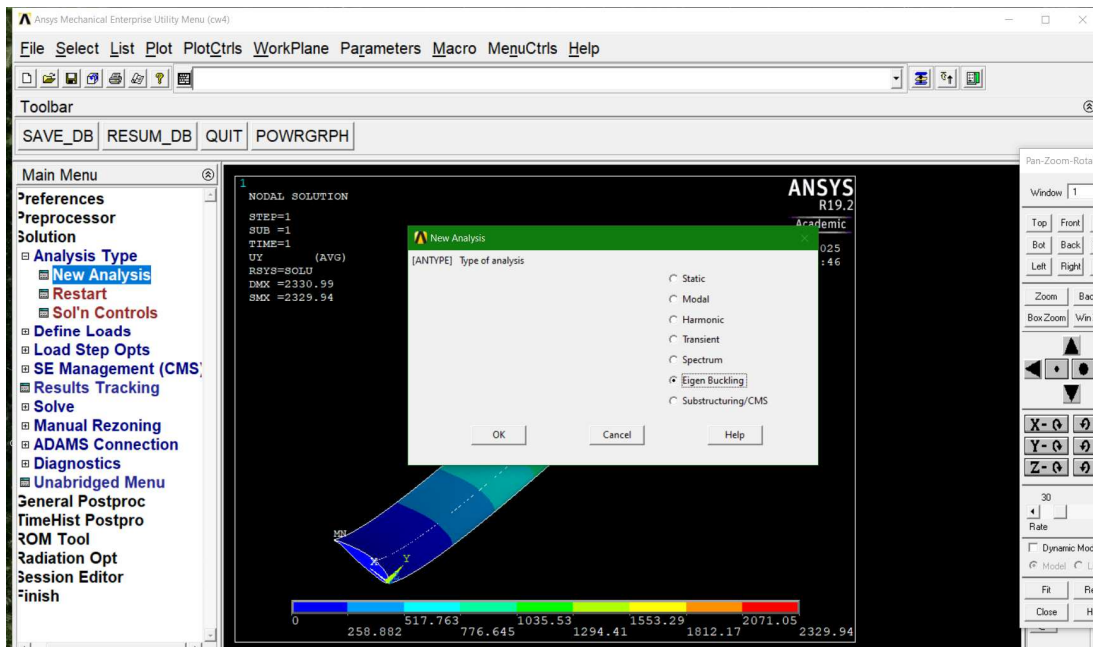
2. Analiza wyboczenia

Po ustaleniu układów warstw, które gwarantują odpowiedni poziom naprężeń należy wykonać analizę wyboczenia. W tym celu należy najpierw wykonać obliczenia statyczne z zaznaczoną opcją calculate prestress effects.

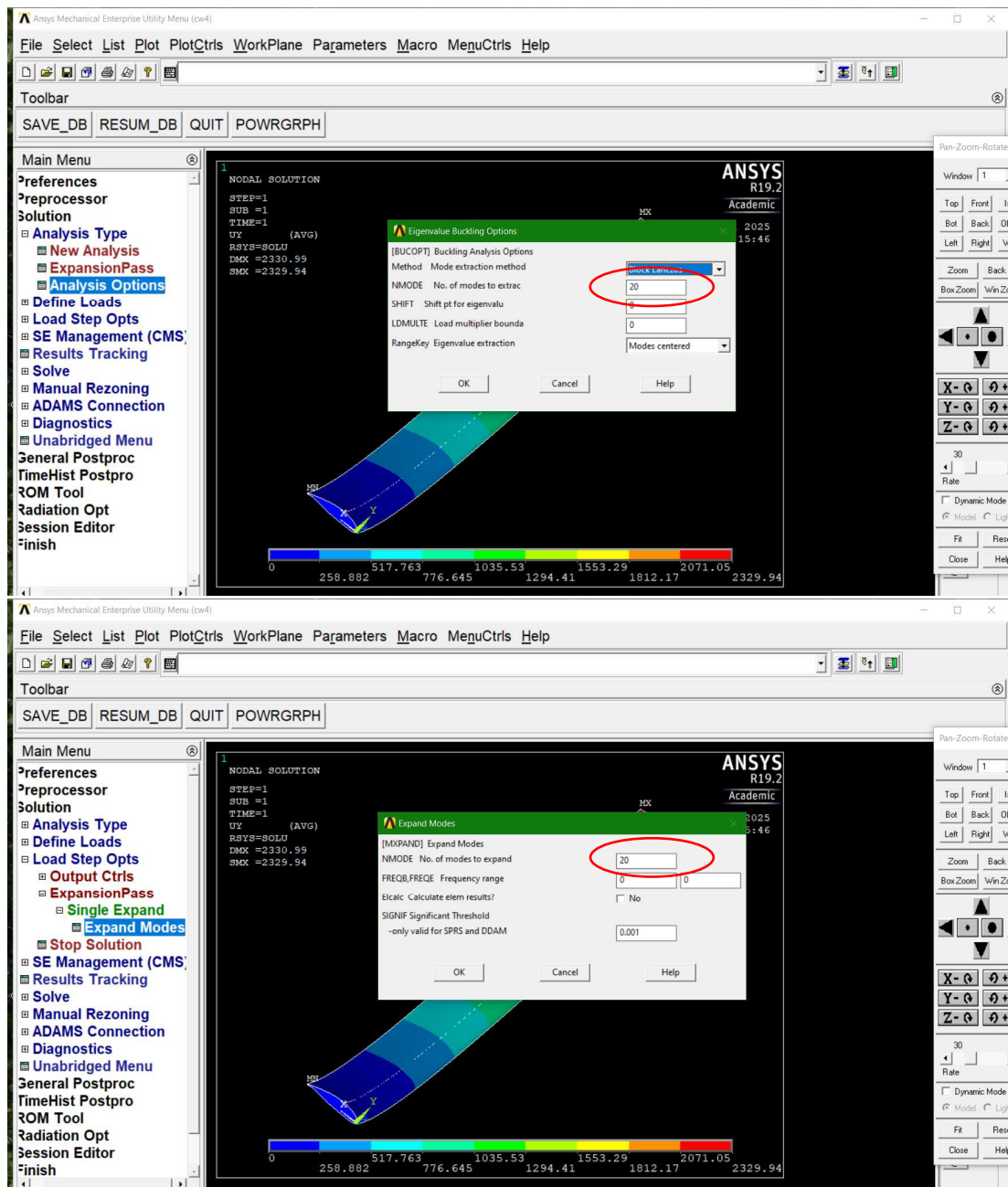


Rys. 14 – Wstępna analiza statyczna

A następnie analizę Eigen buckling z zaznaczeniem, ile postaci wyboczenia ma być wyliczone.

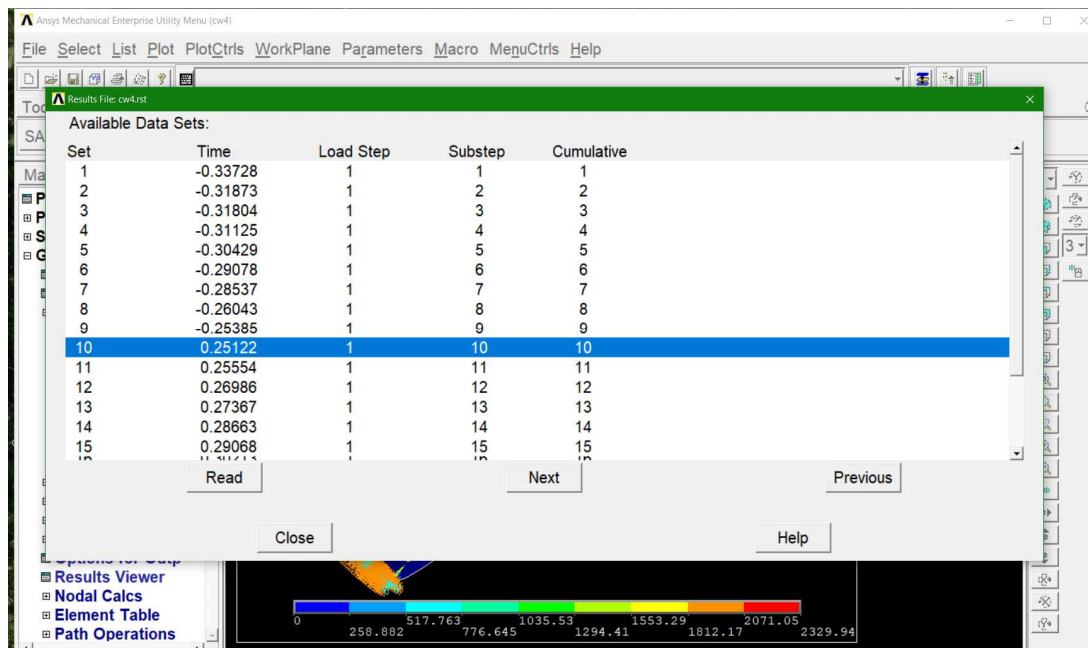


Rys. 15 – Analiza wyboczenia liniowego

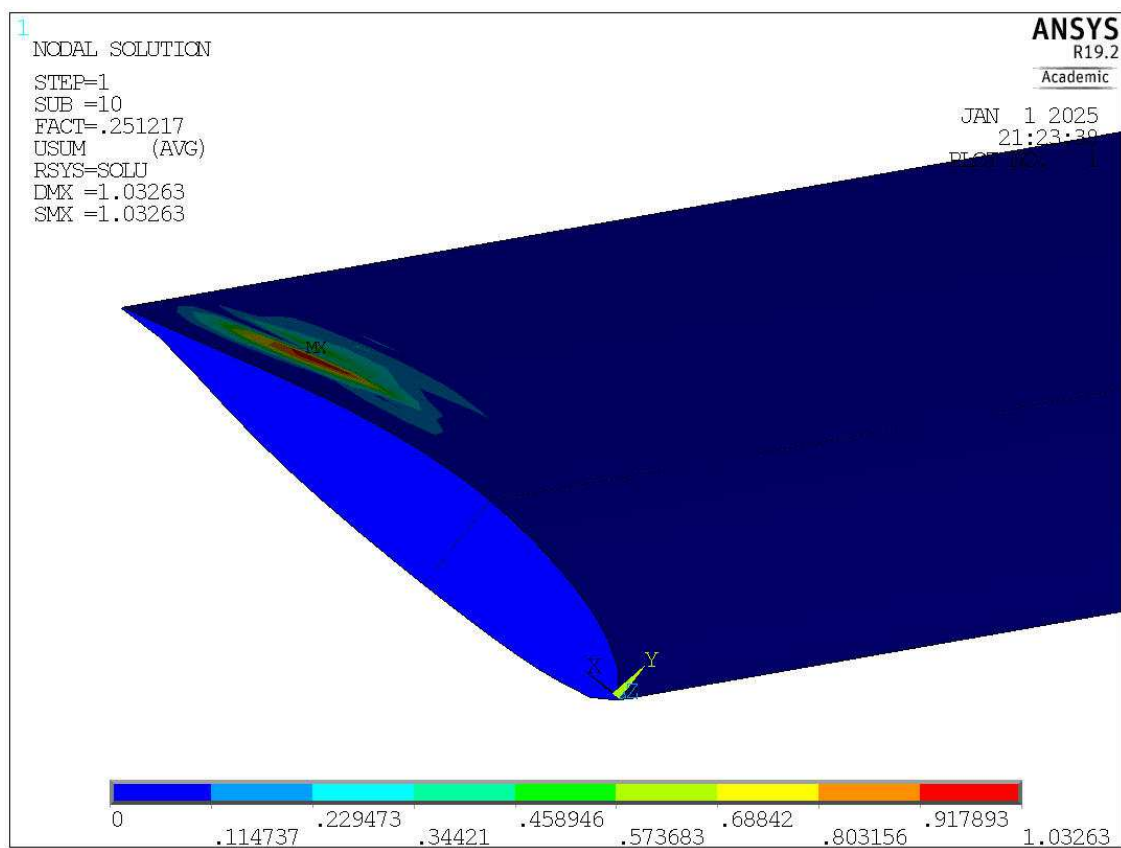


Rys. 16 – Zaznaczenie liczby postaci wyboczenia

Po wykonaniu obliczeń należy wybrać pierwszą dodatnią postać wyboczenia i zobaczyć, gdzie występuje. Wyboczenie może wystąpić w pokryciu górnym (ściskanie) lub w ścianie dźwigara (ściananie).

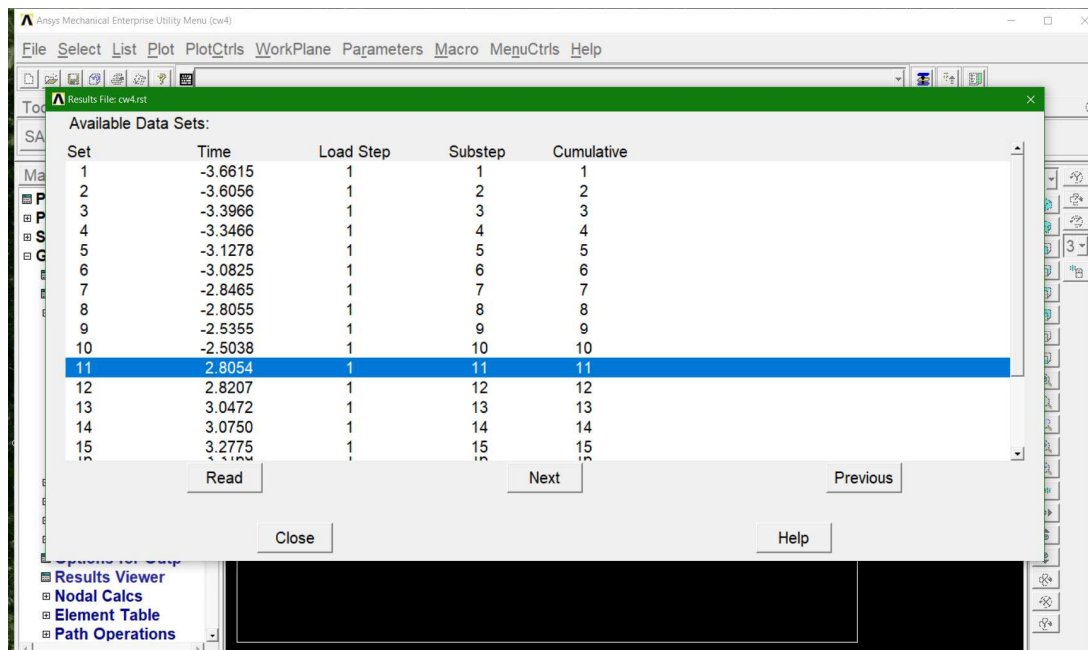


Rys. 17 – Współczynniki wyboczenia



Rys. 18 – Wyboczenie górnego pokrycia

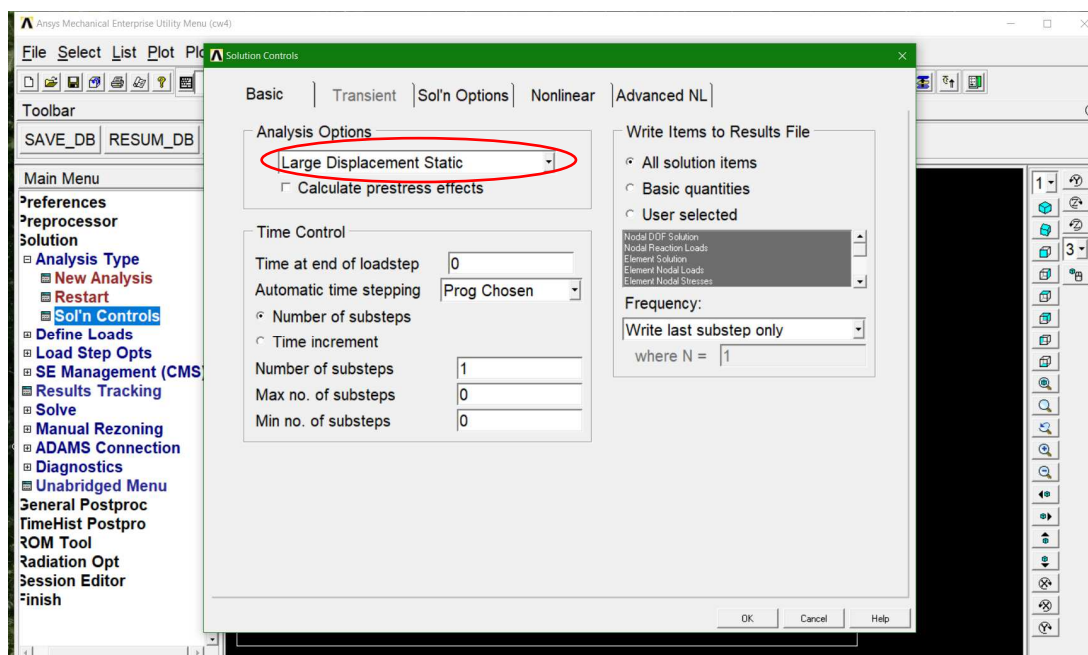
Jeżeli w wymienionych elementach występuje wyboczenie, należy w ich układach warstw dodać warstwę pianki o grubości, która zapewni współczynnik wyboczenia powyżej 1.



Rys. 19 – Współczynniki wybożenia po zastosowaniu struktury przekładkowej

3. Analiza dużych ugięć

Po uzyskaniu współczynnika wybożenia powyżej 1, można przeprowadzić analizę nieliniową (dużych ugięć) w celu policzenia rzeczywistego ugięcia i naprężeń.



Rys. 20 – Włączenie analizy dużych ugięć