

# 1. Opis programu AmFEM

---

Wykorzystując środowisko MATLAB, opracowano własny program komputerowy, którym wykonywano obliczenia przykładów umieszczonych w pracy. Program pozwala na rozwiązywanie czterech typów zadań:

- wykorzystujących tylko płaskie elementy powłokowe (model 3D),
- wykorzystujących tylko belkowe elementy cienkościenne (model 1D),
- wykorzystujących przestrzenne elementy węzłowe (model mieszany 1D/3D),
- wykorzystujących elementy przejściowe (model mieszany 1D/3D).

Ponadto dla każdego typu zadania można zastosować jeden z pięciu typów analizy:

- analiza liniowa,
- analiza wyboczenia,
- analiza typu  $p - \Delta$  dla małych nieliniowości,
- analiza nieliniowa wyznaczania podstawowej ścieżki stanów równowagi, ze sterowaniem obciążeniem lub przemieszczeniem,
- analiza nieliniowa z wyznaczaniem punktów krytycznych wykorzystująca metodę bisekcji.

Program pozwala też na podstawowy postprocesing zadań:

- manipulację widokiem konstrukcji (powiększanie, pomniejszanie, przesuwanie), wyświetlenie numerów węzłów i numerów elementów,
- wyświetlenie konstrukcji w konfiguracji początkowej i aktualnej,
- zaznaczenie węzłów w których umieszczone jest obciążenie,
- zaznaczenie węzłów z wprowadzonymi warunkami brzegowymi,
- zaznaczenie węzłów wspólnych dla części powłokowej i belkowej modelu,
- wyświetlenie form wyboczenia,
- wykreślenie podstawowych ścieżek stanów równowagi,
- wyświetlenie wykresów sił przekrojowych w elementach belkowych cienkościennych.

Program uruchamiamy wydając polecenie

```
amfem
```

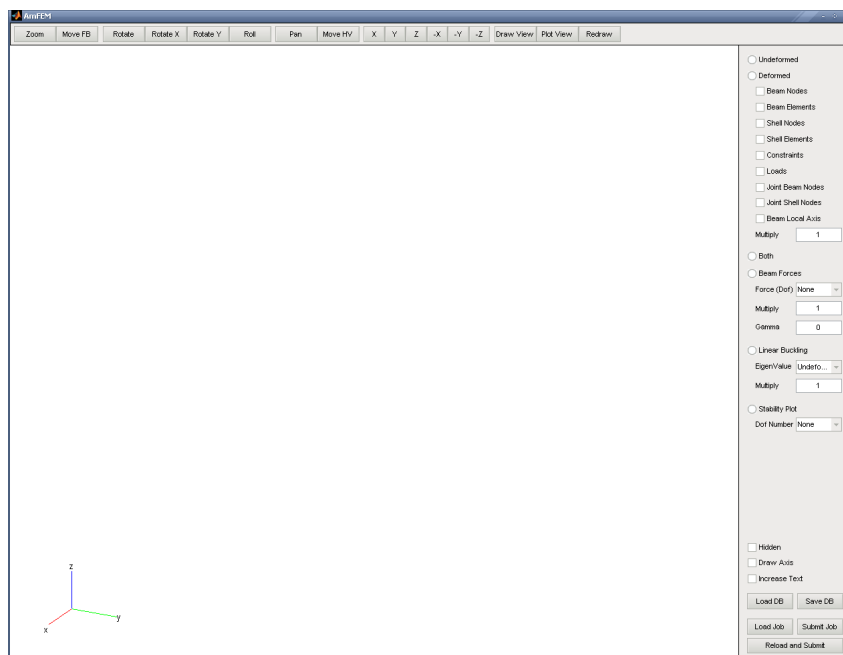
Listing 1.1. Uruchomienie programu AmFEM

z linii poleceń systemu MATLAB. Po uruchomieniu programu (rys. 1.1) należy wczytać plik zadania i uruchomić analizę.

Plik zadania jest skryptem (m-plikiem) systemu MATLAB, który inicjuje odpowiednie struktury zmiennych. Poniżej zamieszczono przykładowy skrypt zadania (podzielony na części i zaopatrzony komentarzem) analizy nieliniowej w którym zastosowano elementy przejściowe.

Definicja typu zadania:

```
Job.Type = 'Transient NonLinear';
```



Rys. 1.1. Okno programu AmFEM

#### Listing 1.2. Definicja typu zadania

Zmienna Type w strukturze Job składa się z dwóch części, oddzielonych spacją, które definiują model i rodzaj analizy. Rodzaj modelu określa się przez podanie jednego z słów kluczowych:

- Beam – tylko elementy cienkościenne,
- Shell – tylko elementy powłokowe,
- Joint – zadanie z wykorzystaniem przestrzennego elementu węzłowego,
- Transient – zadanie z wykorzystaniem elementów przejściowych.

Rodzaj analizy określa się przez podanie jednego z słów kluczowych:

- Linear – analiza liniowa,
- Buckle – analiza wyboczenia,
- Delta – analiza  $p - \Delta$ ,
- NonLinear – analiza nieliniowa
- Critical – poszukiwanie punktu krytycznego.

Definicję materiału umieszcza się w strukturze Material:

```
Material(1).E = 205e9;
Material(1).Er = 225.27e9;
Material(1).Ni = 0.3;
Material(1).G = 78.85e9;
```

Listing 1.3. Definicja stałych materiałowych

Składa się on z czterech pól:

- E – moduł Younga,
- Er – zredukowany moduł Younga,
- Ni – współczynnik Poissona,
- G – moduł Kirchhoffa.

W pliku danych można definiować wiele materiałów, dodając kolejne struktury `Material` (kolejne numery struktur podaje się w nawiasach okrągłych).

Definicja grubości elementu powłokowego polega na przypisaniu wartości do pola `Thickness` w strukturze `ShellSection`:

```
ShellSection(1).Thickness = 0.01;
```

Listing 1.4. Definicja grubości elementu powłokowego

W pliku danych można definiować wiele grubości, dodając kolejne numerowane struktury `ShellSection`.

Struktura `BeamSection` odpowiada za opis geometrii przekroju cienkościennego. W kolejnych polach definiuje się pole powierzchni przekroju, momenty bezwładności, położenie środka ścinania i momenty wyższych rzędów:

```
BeamSection(1).Area = 6.799999999999963e-003;
BeamSection(1).Jy = 1.024266666666667e-004;
BeamSection(1).Jz = 1.335666666666670e-005;
...
BeamSection(1).Ys = 4.021042851316333e-014;
BeamSection(1).Zs = 1.540261776800476e-014;
...
BeamSection(1).Myooy = 1.468713529473182e-020;
BeamSection(1).Mzooy = -8.762127773378741e-020;
BeamSection(1).Mzooy = -2.782079843262899e-007;
```

Listing 1.5. Definicja przekroju elementu cienkościennego

W pliku danych można definiować wiele przekrojów cienkościennych, dodając kolejne numerowane struktury `BeamSection`.

Współrzędne węzłów i tablicę topologii elementów powłokowych umieszcza się w strukturze `ShellInstance`. W tablicy `ShellInstance.Nodes` znajdują się współrzędne węzłów:

```
ShellInstance(1).Nodes = [
    1  4.15 -0.1  4.15
    2  4.15  0    4.15
    3  3.85  0    3.85
    ...
    349 4.15 -0.1  3.6
];
```

Listing 1.6. Definicje współrzędnych węzłów elementów powłokowych

a w tablicy `ShellInstance.Elements` znajduje się topologia skończenie elementowa:

```
ShellInstance(1).Elements = [
    1  1  2  19  24  124  125  126  127  1  1
    2  24  19  20  23  126  128  129  130  1  1
    3  23  20  21  22  129  131  132  133  1  1
    ...
    104 32  7  18  89  198  348  349  346  1  1
];
```

Listing 1.7. Definicja topologii elementów powłokowych

Oprócz topologii, w tablicy tej umieszczone są informacje o rodzaju materiału i przekroju elementu. Odpowiadają za to dwie ostatnie kolumny tablicy, zawierające numer struktury materiału i numer struktury opisującej grubość powłoki. Jeśli model zawiera więcej niż jedną część powłokową, rozróżnia się je dodając numer kolejny struktury `ShellInstance`.

Za definicję warunków brzegowych i obciążenia odpowiadają struktury `Constraint` i `Load`. Struktura `Constraint` ma dwa pola: `Nodes` – zawierający numery węzłów w których są zdefiniowane warunki brzegowe i pole `Dof` odpowiadające za definicję numerów stopni swobody w węźle. Na przykładzie widzimy odebranie rotacyjnych stopni swobody w węzłach o numerach 1, 2 i 3:

```
ShellInstance(1).Constraint(1).Nodes = [1 2 3];
ShellInstance(1).Constraint(1).Dof = [4 5 6];
```

Listing 1.8. Definicja warunków brzegowych w części powłokowej

struktura `Load` składa się z trzech pól: `Magnitude`, `Nodes` i `Dof`, zawierających wartości obciążenia, numery węzłów i umery stopni swobody w których obciążenie jest przyłożone. Na przykładzie widzimy definicję momentu zginającego o wartości 1000, działającego w węźle o numerze 69:

```
ShellInstance(1).Load(1).Magnitude = 1000;
ShellInstance(1).Load(1).Nodes = [69];
ShellInstance(1).Load(1).Dof = [4];
```

Listing 1.9. Definicja obciążenia w części powłokowej

W pliku zadania można definiować dowolną liczbę struktur opisujących warunki brzegowe i obciążenie.

Zadania z częścią powłokowa wymagają zdefiniowania charakterystycznych węzłów należących do ścianki od strony elementów belkowych i powłokowych. Odpowiadają za to pola `BeamNodes` i `Wall` w trykturze `ShellInstance`. W tablicy `BeamNodes` definiujemy numery węzłów belkowych skojarzonych ze ściankami.

```
ShellInstance(1).BeamNodes = [37 38];
```

Listing 1.10. Definicja belkowych węzłów ścianki

Struktura `Wall` składa się z pól:

`Nodes` – numery węzłów powłokowych, należących do ścianki,

`TtNodes` – numery węzłów określających kierunek normalny do ścianki,

`BeamSection` – numer przekroju,

`YZOmega` – wartości współrzędnych  $y$ ,  $z$  i funkcji spłaszczenia  $\omega$  węzłów powłoki w głównych osiach centralnych przekroju.

```
ShellInstance(1).Wall(1).Nodes = [17 336 10 ... 13];
ShellInstance(1).Wall(2).Nodes = [15 304 7 ... 11];

ShellInstance(1).Wall(1).TtNodes = [35 36];
ShellInstance(1).Wall(2).TtNodes = [39 40];

ShellInstance(1).Wall(1).BeamSection = 1;
ShellInstance(1).Wall(2).BeamSection = 1;

ShellInstance(1).Wall(1).YZOmega = [
    0.1    0.15    0.015
```

```

    0.05  0.15  0.0075
    0     0.15  0
    ...
    0.1  -0.15 -0.015
];

```

```

ShellInstance(1).Wall(2).YZOmega = [
    0.1  0.15  0.015
    0.05 0.15  0.0075
    0     0.15  0
    ...
    0.1  -0.15 -0.015];

```

Listing 1.11. Definicja parametrów ścianki

Definicja współrzędnych węzłów belkowych i tablicy topologii jest analogiczna jak w przypadku elementów powłokowych, za pomocą pól Nodes i Elements w strukturze BeamInstance:

```

BeamInstance.Nodes = [
    1  0  0  4
    2  0.1  0  4
    ...
    74  4  0  0
];

```

```

BeamInstance.Elements = [
    1  1  2  1  1
    2  2  3  1  1
    ...
    72  73  74  1  1
];

```

Listing 1.12. Definicja współrzędnych węzłów i topologii części belkowej

W pliku zadania można zdefiniować tylko jedną część belkową.

Pola Constraint i Load służą do definicji warunków brzegowych i obciążenia analogicznie jak w przypadku elementów powłokowych. Poniżej pokazano zamocowanie odbierające wszystkie stopnie swobody w węzłach o numerach 1 i 74:

```

BeamInstance.Constraint(1).Nodes = [1 74];
BeamInstance.Constraint(1).Dof = [1:7];

```

Listing 1.13. Definicja warunków brzegowych w części belkowej

i obciążenie momentem skręcającym o wartości  $-2000$  węzła 21:

```

BeamInstance.Load(1).Magnitude = -2000;
BeamInstance.Load(1).Nodes = [21];
BeamInstance.Load(1).Dof = [4];

```

Listing 1.14. Definicja obciążenia w części belkowej

W polu BeamInstance.ForceElements można zdefiniować numery elementów dla których wartość sił przekrojowych zostanie umieszczona na rysunku.

```
BeamInstance.ForceElements = [1 74];
```

Listing 1.15. Definicja elementów dla których zostaną wyświetlone wartości sił przekrojowych

Struktura `Settings` odpowiada za definicję różnych parametrów związanych z procesem obliczeń i postprocessingiem. Możemy w niej zdefiniować mnożniki skali rysowanych modeli skończenie elementowych:

```
Settings.DisplacementMultiply = 200;  
Settings.ForceMultiply = 0.001;
```

Listing 1.16. Ustawienie początkowych wartości mnożników skali

włączyć uwzględnianie efektów od obrotów skończonych:

```
Settings.SecondRotation = 'yes';
```

Listing 1.17. Uwzględnienie efektów od obrotów skończonych w elementach belkowych

czy ustawić wartość parametru kary dla elementów przejściowych:

```
Settings.ConstraintsPenalty = Material(1).E;
```

Listing 1.18. Ustawienie wartości parametru kary

Ponadto w strukturze tej definiuje się sposób sterowania w metodzie Newtona-Rapshona. Pole `StabilityControl` odpowiada za wybór metody sterowania: obciążeniem (wartość ustawiona na 'force') lub przemieszczeniem ('displacement'). Pole `StabilityIncrement` odpowiada za definicję wartości przyrostów obciążenia lub przemieszczenia w kolejnych krokach obliczeń. Pola `StabilityJoint`, `StabilityElement`, `StabilityNodes` i `StabilityDof` odpowiadają za definicje elementów, węzłów i stopni swobody dla których sporządzone mają zostać wykresy ścieżek stanów równowagi:

```
Settings.StabilityControl = 'force';  
Settings.StabilityIncrement = [0.1:0.1:1];  
Settings.StabilityJoint = 1;  
Settings.StabilityElement = 'beam';  
Settings.StabilityNodes = [54 54 54 54 54 54];  
Settings.StabilityDof = [1 2 3 4 5 6];
```

Listing 1.19. Definicja parametrów sterowania w metodzie Newtona-Rapshona

Na rys. 1.2 pokazano podsumowanie po obliczeniu zadania nieliniowego z elementami przejściowymi.

Na rys. 1.3 i 1.4 pokazano odpowiednio okno programu `AmFEM` z narysowanym odkształconym modelem skończenie elementowym i wykreśloną ścieżką stanów równowagi. Natomiast na rys. 1.5 znajduje się okno programu z narysowaną formą wyboczenia.

We wszystkich typach zadań, w strukturach `BeamOut` i `ShellOut` umieszczone są pola o nazwie `Q`, zawierające wartości przemieszczeń uogólnionych w węzłach belkowych i powłokowych. W przypadku zadań z wyboczenia, oprócz wyników z analizy liniowej, dodatkowe wyniki umieszczane są w strukturach `BeamBuckle` i `ShellBuckle`. Dla każdej wartości krytycznej obciążenia jest w nich tworzona struktura `Mode` w której umieszczone są zmienne zawierające wartość mnożnika obciążenia krytycznego `EigenValue` i wektor formy wyboczenia `EigenVector`. Dla zadań nieliniowych

```

Command Window
FEF Solver Program for MATLAB
=====
Job filename: csm_04utemmk_nonlin_transient_wl.m
Job type: Transient Nonlinear
Control: Force

Joints
-----
Number of joints: 1
Number of walls: 2

Shell Elements
-----
Nodes per element: 8
Dof per node: 6
Dof per element: 48

Number of elements: 96
Number of nodes: 329
Number of dof: 1974

Thin-Walled Elements
-----
Nodes per element: 2
Dof per node: 7
Dof per element: 14

Number of elements: 72
Number of nodes: 74
Number of dof: 518

Transient Elements
-----
Number of elements: 34

Total number of dof: 2492

Increment | Lambda | Iteration | Convergence Q | Convergence F | Status
-----
1 | 0.1000 | 3 | 1.7702e-006 | 3.0741e-012 | OK
2 | 0.2000 | 3 | 3.5363e-006 | 5.1182e-012 | OK
3 | 0.3000 | 3 | 4.1145e-006 | 9.0781e-012 | OK
4 | 0.4000 | 3 | 4.3864e-006 | 8.9420e-012 | OK
5 | 0.5000 | 3 | 4.5288e-006 | 1.2751e-011 | OK
6 | 0.6000 | 3 | 4.6099e-006 | 1.4426e-011 | OK
7 | 0.7000 | 3 | 4.6283e-006 | 1.6992e-011 | OK
8 | 0.8000 | 3 | 4.6243e-006 | 2.0764e-011 | OK
9 | 0.9000 | 3 | 4.5967e-006 | 2.4003e-011 | OK
10 | 1.0000 | 3 | 4.5503e-006 | 2.8231e-011 | OK

Total time: 40.9531

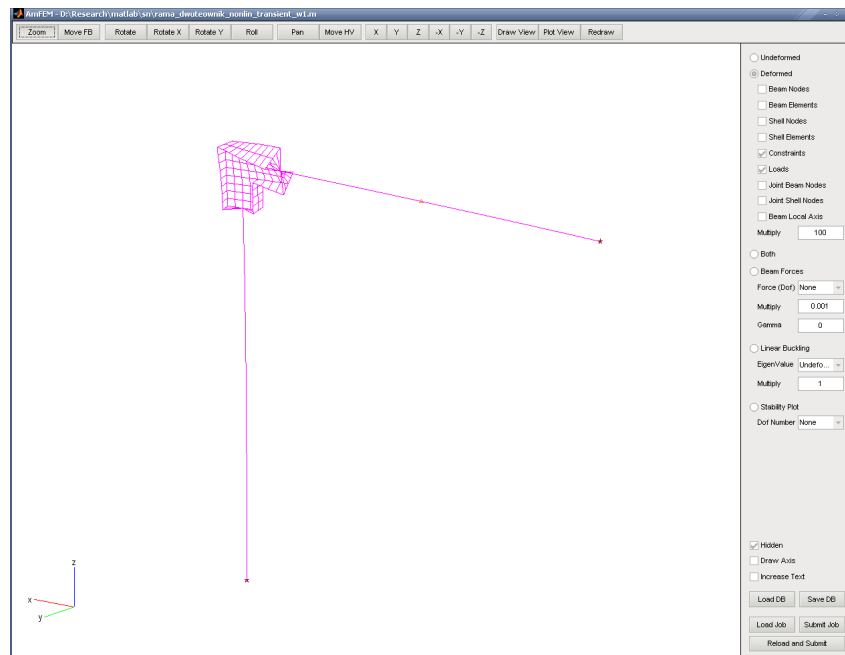
```

Rys. 1.2. Podsumowanie zadania w oknie Command Window systemu MATLAB

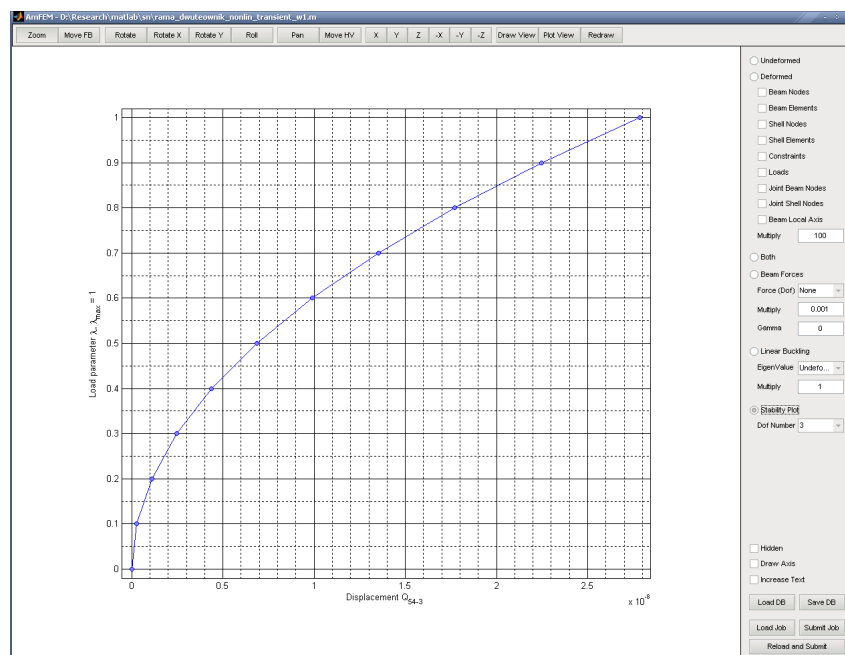
i zadań typu  $p - \Delta$  oprócz wartości przemieszczeń uogólnionych, dostępna jest jeszcze wynikowa struktura *Stability*, zawierająca wyniki dotyczące ścieżek stanów równowagi dla każdego zdefiniowanego węzła w rekordzie *Settings*. Struktura zawiera między innymi pola *Inc* oraz *Q* w których zapamiętane są wartości parametru obciążenia i korespondujące z nimi wartości przemieszczeń.

Na górnym pasku narzędzi znajdują się przyciski pozwalające na zmianę widoku rysunku:

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <div style="border: 1px solid gray; background-color: #d3d3d3; padding: 2px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Zoom</div> <div style="border: 1px solid gray; background-color: #d3d3d3; padding: 2px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Move FB</div> <div style="border: 1px solid gray; background-color: #d3d3d3; padding: 2px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Rotate</div> <div style="border: 1px solid gray; background-color: #d3d3d3; padding: 2px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Rotate X</div> <div style="border: 1px solid gray; background-color: #d3d3d3; padding: 2px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Rotate Y</div> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– powiększanie i pomniejszanie widoku konstrukcji (realizowane przez zmianę ustawień kamery),</li> <li>– przesuwanie szkicu konstrukcji do przodu i do tyłu,</li> <li>– dowolny obrót szkicu konstrukcji (realizowane przez zmianę ustawień kamery),</li> <li>– obrót szkicu konstrukcji w płaszczyźnie ekranu wokół osi poziomej (realizowane przez zmianę ustawień kamery),</li> <li>– obrót szkicu konstrukcji w płaszczyźnie ekranu wokół osi pionowej (realizowane przez zmianę ustawień kamery),</li> </ul> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



Rys. 1.3. Okno programu AmFEM z narysowanym odkształconym modelem



Rys. 1.4. Okno programu AmFEM z wykreśloną ścieżką stanów równowagi

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Pan</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">Move HV</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;"> <span>X</span> <span>-X</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; border: 1px solid black; padding: 2px;"> <span>Y</span> <span>-Y</span> </div> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– przesuwanie szkicu konstrukcji w płaszczyźnie ekranu (realizowane przez zmianę ustawień kamery),</li> <li>– przesuwanie szkicu konstrukcji w kierunku poziomym i pionowym,</li> <li>– włączenie widoku z kierunku osi <math>X</math> lub <math>-X</math>,</li> <li>– włączenie widoku z kierunku osi <math>Y</math> lub <math>-Y</math>,</li> </ul> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                          |                                   |   |                                                              |
|------------------------------------------|-----------------------------------|---|--------------------------------------------------------------|
| <input type="button" value="Z"/>         | <input type="button" value="-Z"/> | – | włączenie widoku z kierunku osi $Z$ lub $-Z$ ,               |
| <input type="button" value="Draw View"/> |                                   | – | włączenie domyślnego widoku szkicu konstrukcji,              |
| <input type="button" value="Plot View"/> |                                   | – | włączenie domyślnego widoku wykresu ścieżki stanu równowagi, |
| <input type="button" value="Redraw"/>    |                                   | – | odświeżenie ekranu.                                          |

Narzędzia dotyczące zmiany rysowanych elementów znajdują się na bocznym pasku w następujących grupach:

— model w konfiguracji początkowej i aktualnej:

|                                            |   |                                                                   |
|--------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------|
| <input type="radio"/> Undeformed           | – | narysowanie konstrukcji w konfiguracji początkowej,               |
| <input type="radio"/> Deformed             | – | narysowanie konstrukcji w konfiguracji aktualnej,                 |
| <input type="checkbox"/> Beam Nodes        | – | wyświetlenie numerów węzłów belkowych,                            |
| <input type="checkbox"/> Beam Elements     | – | wyświetlenie numerów elementów belkowych,                         |
| <input type="checkbox"/> Shell Nodes       | – | wyświetlenie numerów węzłów powłokowych,                          |
| <input type="checkbox"/> Shell Elements    | – | wyświetlenie numerów elementów powłokowych,                       |
| <input type="checkbox"/> Constraints       | – | zaznaczenie węzłów z wprowadzonymi warunkami brzegowymi,          |
| <input type="checkbox"/> Loads             | – | zaznaczenie węzłów w których umieszczone jest obciążenie,         |
| <input type="checkbox"/> Joint Beam Nodes  | – | wyświetlenie węzłów belkowych ścianki,                            |
| <input type="checkbox"/> Joint Shell Nodes | – | wyświetlenie węzłów powłokowych ścianki,                          |
| <input type="checkbox"/> Beam Local Axis   | – | wyświetlenie lokalnych układów współrzędnych elementów belkowych, |
| Multiply <input type="text" value="1"/>    | – | ustawienie wartości mnożnika skali w konfiguracji aktualnej,      |
| <input type="radio"/> Both                 | – | narysowanie konstrukcji niezdeformowanej i zdeformowanej,         |

— wykreślenie wykresów sił przekrojowych w elementach belkowych:

|                                               |   |                                                    |
|-----------------------------------------------|---|----------------------------------------------------|
| <input type="radio"/> Beam Forces             | – | włączenie rysowania wykresów sił przekrojowych,    |
| Force (Dof) <input type="text" value="None"/> | – | siła przekrojowa,                                  |
| Multiply <input type="text" value="1"/>       | – | wartości mnożnika skali wykresy sił przekrojowych, |
| Gamma <input type="text" value="0"/>          | – | kąt obrotu wykresu wokół osi elementu belkowego,   |

— narysowanie formy wyboczenia:

|                                       |   |                                       |
|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
| <input type="radio"/> Linear Buckling | – | włączenie rysowania formy wyboczenia, |
|---------------------------------------|---|---------------------------------------|

|            |           |
|------------|-----------|
| EigenValue | Undefo... |
| Multiply   | 1         |

- numer formy wyboczenia,
- wartości mnożnika szkicu formy wyboczenia,

— narysowanie ścieżki stanu równowagi:

|                                      |
|--------------------------------------|
| <input type="radio"/> Stability Plot |
| Dof Number None                      |

- włączenie rysowania ścieżki stanu równowagi,
- numer stopnia swobody umieszczonego na wykresie ścieżki stanu równowagi,

— w każdym powyższym przypadku można jeszcze wybrać:

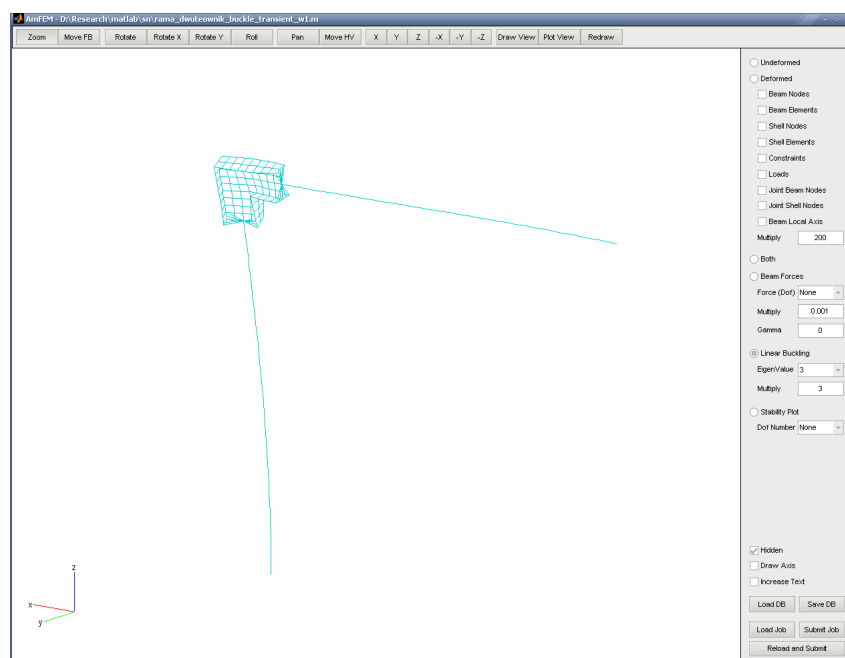
|                                        |
|----------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Hidden        |
| <input type="checkbox"/> Draw Axis     |
| <input type="checkbox"/> Increase Text |

- ukrycie niewidocznych krawędzi,
- naszkicowanie globalnego układu współrzędnych,
- powiększenie czcionki używanej do numerowania węzłów i elementów.

Wczytywanie plików zadań oraz wczytywanie i zapisywanie wyników obliczeń można zrealizować używając przycisków:

|                   |            |
|-------------------|------------|
| Load DB           | Save DB    |
| Load Job          | Submit Job |
| Reload and Submit |            |

- wczytanie i zapisanie wyników analizy,
- wczytanie zadania i uruchomienie analizy,
- ponowne wczytania zadania i uruchomienie analizy.



Rys. 1.5. Okno programu AmFEM z narysowaną formą wyboczenia