



Použití matematického softwaru v technické praxi

Autor: Šimon Sosna

Vedoucí práce: doc. RNDr. Zdeněk Dušek, Ph.D.

Oponent práce: Ing. Štěpán Pacas

Volba tématu

- Rychlý rozvoj výpočetní techniky
- Pochopení pozadí výpočtů softwarů pro analýzu napětí a deformací
- Metoda konečných prvků jako nástroj pro analýzu napětí a deformací
- Široké využití

Cíl práce

Student se seznámí s matematickým softwarem podle své volby (Matlab, Octave, Maxima...), naučí se používat jeho základní funkce a programovat v něm jednoduché úlohy.

Cílem práce je pomocí tohoto softwaru zpracovat některé matematické téma s aplikacemi v technické praxi, podle konkrétního zájmu studenta. Například: plochy a jejich křivosti - pevnosti konstrukcí střech, apod.



Výzkumné otázky

- Jaký je přínos integrace výpočetní techniky?
- Možnosti využití MATLABu pro řešení mechaniky pružného tělesa?

Teoreticko-metodologická část

- Literární rešerše
- Úvod do analýzy napětí a deformace pružného tělesa
- MATLAB
- Metoda konečných prvků
- MATLAB jako nástroj pro metodu konečných prvků
- Výzkumný problém



Aplikační část

- Popis vyvíjeného programu
- Předzpracování
- Zpracování
- Pozpracování
- Testování programu



Předzpracování

2D analiza ramene konstrukce

Area (A): Nastavit A & E
Modulus (E):

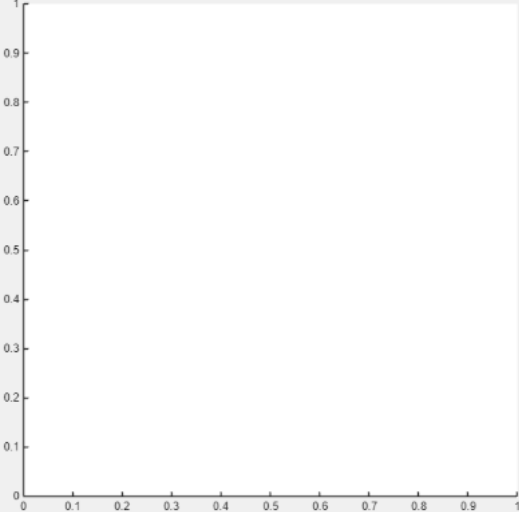
Přidat uzel
Přidat spojení
Přidat izolovaný uzel
Přidat sílu
Vytvořit vektor F
Vyřešit
Exportovat proměnné

X	Y
---	---

Uzel1	Uzel2
-------	-------

Stupen volnosti	Síla
1	0
0	0

Vepište všechny izolované uzly "1 2 3 4 5"



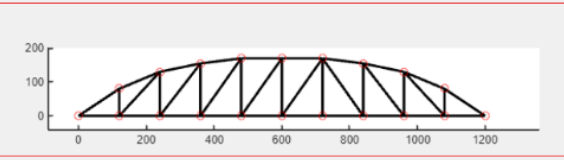
2D analiza ramene konstrukce

Area (A): Nastavit A & E
Modulus (E):

Přidat uzel
Přidat spojení
Přidat izolovaný uzel
Přidat sílu
Vytvořit vektor F
Vyřešit
Exportovat proměnné

X	Y
1	0
2	120
3	240
4	360
5	480
6	600
7	720

Uzel1	Uzel2
1	2
2	1
3	12
4	12
5	2
6	2
7	13



Předzpracování

% Inicializuj promenne

uzly = []; F = [];

propojeni = []; A = 0; % Area

izolstupne = []; E = 0; % Elastic Modulus

```
1 % Inicializace proměnných
2 A = 0; % Plocha
3 E = 0; % Modul pružnosti
4
5 % UI komponenty pro vstup s ověřením platnosti
6 stitekA = uilabel(fig, 'Text', 'Plocha (A):', 'Position', [20, 760, 100, 22]);
7 oblastA = uieditfield(fig, 'text', 'Position', [120, 760, 100, 22]);
8 stitekE = uilabel(fig, 'Text', 'Modul (E):', 'Position', [20, 730, 100, 22]);
9 oblastE = uieditfield(fig, 'text', 'Position', [120, 730, 100, 22]);
10
11 function setAE()
12     A = str2double(oblastA.Value);
13     E = str2double(oblastE.Value);
14
15     if isnan(A) || A <= 0 || isnan(E) || E <= 0
16         uialert(fig, 'Zadejte kladné numerické hodnoty pro plochu a modul pružnosti.', 'Chyba vstupu');
17     end
18 end
19
20 % Tlačítko pro nastavení A a E na základě ověřených vstupních hodnot
21 tlacitkoNastavitAE = uibutton(fig, 'push', 'Position', [240, 745, 100, 40], ...
22     'Text', 'Nastavit A & E', 'ButtonPushedFcn', @(btn, event) setAE());
```

```
1 % Funkce pro přidání a sestavení sil do globálního vektoru
2 function addForce()
3     silaData = tabulkaSila.Data;
4     nn = size(uzly, 1);
5     F = zeros(2 * nn, 1);
6     for i = 1:size(silaData, 1)
7         index = silaData(i, 1);
8         forceValue = silaData(i, 2);
9         if index > 0 && index <= size(F, 1)
10             F(index) = F(index) + forceValue;
11         end
12     end
13 % Aktualizace GUI s novým vektorem sil
14 assignin('base', 'F', F);
15 end
```


Zpracování

$$\begin{bmatrix} f_{1x} \\ f_{2x} \end{bmatrix} = \frac{AE}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_{1x} \\ d_{2x} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} f_{1x} \\ f_{1y} \\ f_{2x} \\ f_{2y} \end{bmatrix} = \frac{AE}{L} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_{1x} \\ d_{1y} \\ d_{2x} \\ d_{2y} \end{bmatrix}$$

$$[f] = [K][d]$$

$$\begin{bmatrix} F_{1x} \\ F_{1y} \\ F_{2x} \\ F_{2y} \end{bmatrix} = \frac{AE}{L} \begin{bmatrix} \cos^2\theta & \cos\theta\sin\theta & -\cos^2\theta & -\cos\theta\sin\theta \\ \cos\theta\sin\theta & \sin^2\theta & -\cos\theta\sin\theta & -\sin^2\theta \\ -\cos^2\theta & -\cos\theta\sin\theta & \cos^2\theta & \cos\theta\sin\theta \\ -\cos\theta\sin\theta & -\sin^2\theta & \cos\theta\sin\theta & \sin^2\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_{1x} \\ d_{1y} \\ d_{2x} \\ d_{2y} \end{bmatrix}$$

$$[F] = [T][K][T]^{-1}[D]$$

Zpracování



```
1 % Počet uzlů
2 nn = size(uzly, 1);
3
4 % Stupně volnosti (DOF)
5 totalDOF = 2 * nn;
6
7 % Inicializace globální matice tuhosti jako nulové matice
8 K_global = zeros(totalDOF);
```

```
1 for trubka = 1:ne
2
3 end
```

```
1 n1 = propojeni(trubka, 1);
2 n2 = propojeni(trubka, 2);
3
4 souradniceX1 = uzly(n1, 1);
5 souradniceY1 = uzly(n1, 2);
6 souradniceX2 = uzly(n2, 1);
7 souradniceY2 = uzly(n2, 2);
```

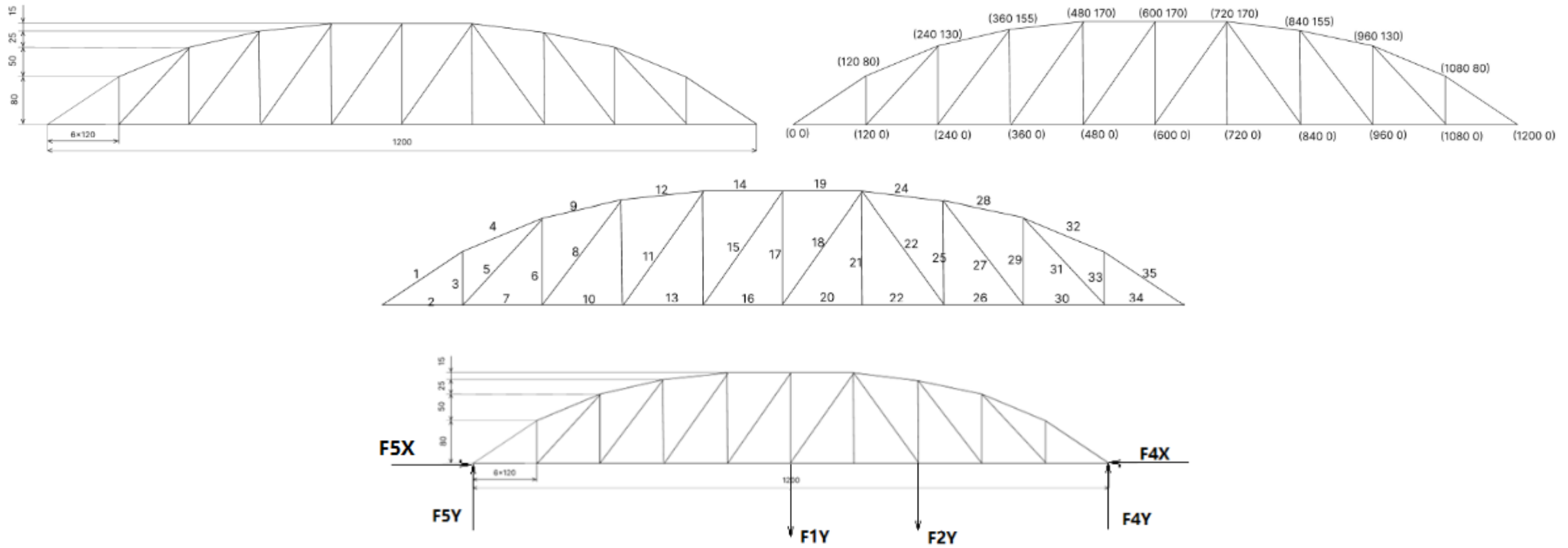
```
1 delka = sqrt(((souradniceX2-souradniceX1))^2 + ((souradniceY2-souradniceY1)^2));
2 cosinus = (souradniceX2-souradniceX1) / delka;
3 sinus = (souradniceY2-souradniceY1) / delka;
```

```
1 k_local = ((A*E)/delka)*[cosinus*cosinus, sinus*cosinus, -cosinus*cosinus, -sinus*cosinus; ...
2                          sinus*cosinus, sinus*sinus, -sinus*cosinus, -sinus*sinus; ...
3                          -cosinus*cosinus, -sinus*cosinus, cosinus*cosinus, sinus*cosinus; ...
4                          -sinus*cosinus, -sinus*sinus, sinus*cosinus, sinus*sinus];
```

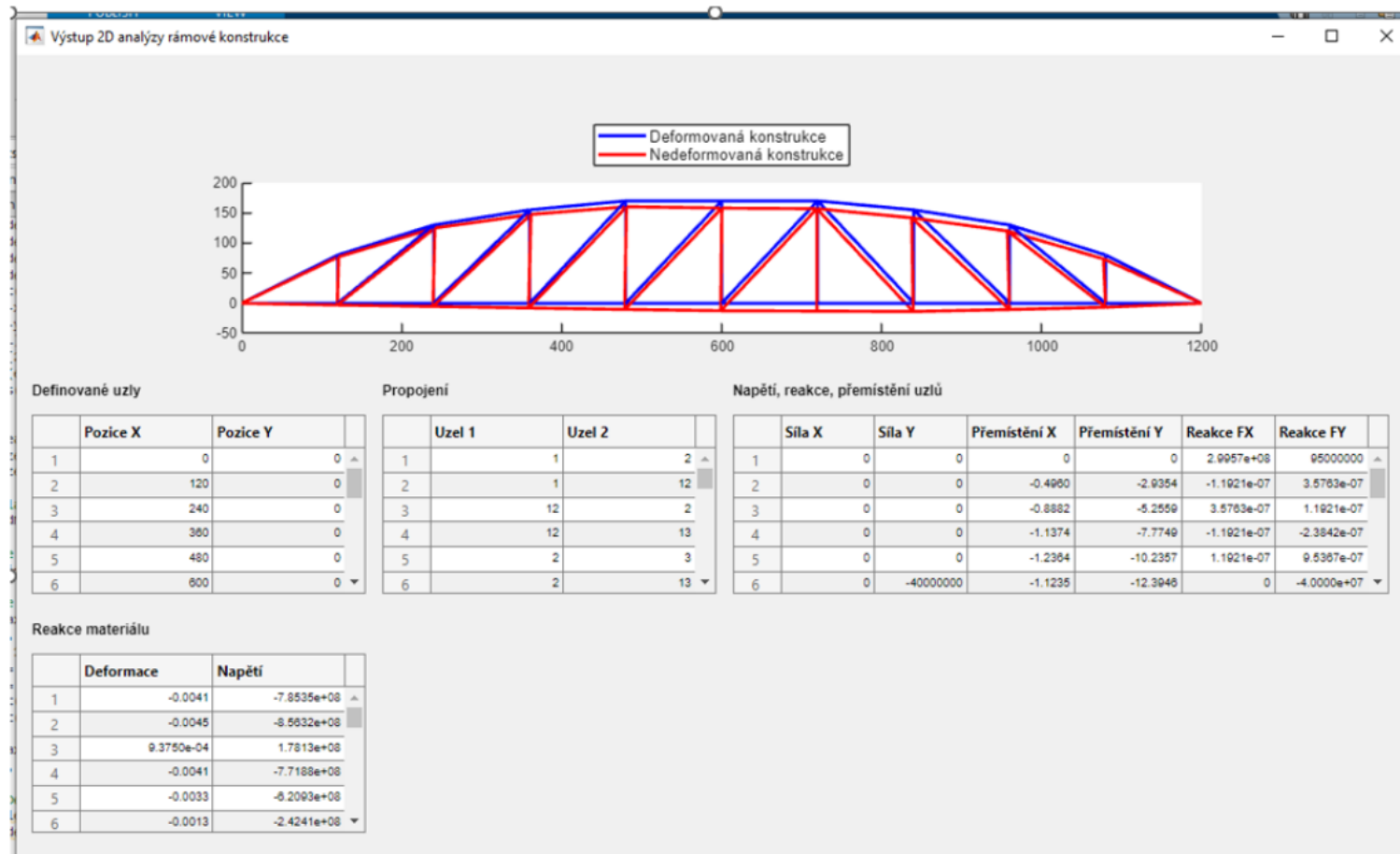
```
1 rozptyl = [2*n1-1, 2*n1, 2*n2-1, 2*n2];
2 K_global(rozptyl, rozptyl) = K_global(rozptyl, rozptyl) + k_local;
```

```
1 posunuti(izolstupne) = K_global(izolstupne, izolstupne) \ F(izolstupne);
2 assignin('base', 'posunuti', posunuti);
```

Testování aplikace



Pozpracování



Návrhy opatření

- Špatný vstup -> špatný výstup
- Důležitost správnosti fáze zpracování
- Dynamické zatěžování
- Mechanika kontinua

Závěr

- Seznámení se základy analýzy napětí
- Seznámení s metodou konečných prvků
- MATLAB jako nástroj pro metodu konečných prvků
- Vytvořen program pro analýzu příhradových konstrukcí
- Problematika fáze zpracování a správných vstupních dat

Otázky oponenta

- Jaká je výhoda softwaru Matlab, který jste zvolil, oproti nabízeným softwarům v cíli práce?
- Vysvětlete rozdíl mezi normálovým a smykovým napětím?
- Z jakého důvodu jste v práci neuvedl seznam použitých obrázků, tabulek a zkratek?

Děkuji za pozornost
