

mFEM

Simple finite elements in Matlab

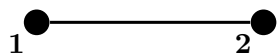
© 2021
ÚT AV ČR, v.v.i.

Obsah

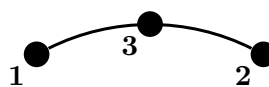
1	TYPY ELEMENTŮ	2
2	STRUKTURA PROGRAMU	3
2.1	Vstupní soubory	3
2.1.1	Zadání úlohy	3
2.1.2	Spouštěcí m-file	3
2.2	PC	3
2.3	Dynamická analýza	4
2.3.1	Capabilities	4
2.3.2	Řazení ve vstupním souboru	4
2.3.3	Vstupní soubor	4

1

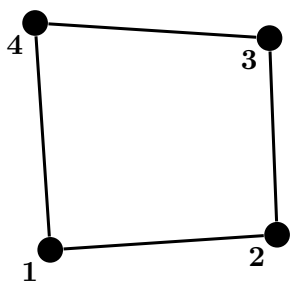
TYPY ELEMENTŮ



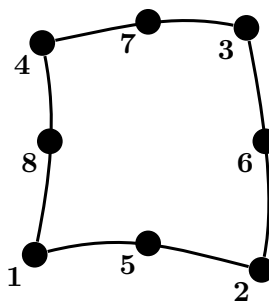
LIN02



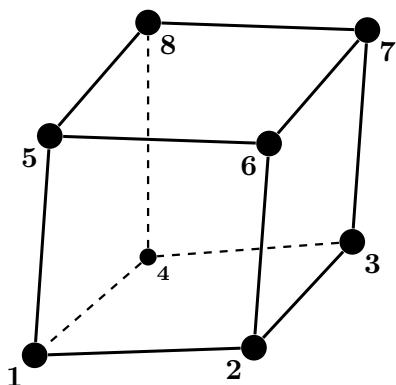
LIN03



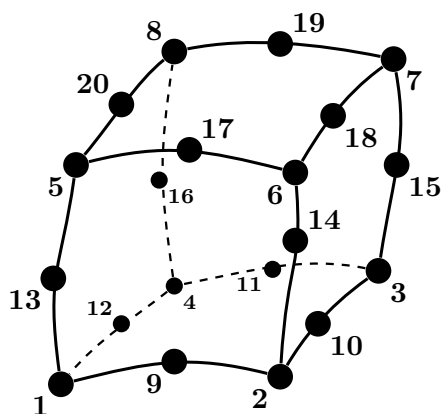
QUA04



QUA08



HEX08



HEX20

2

STRUKTURA PROGRAMU

2.1 Vstupní soubory

2.1.1 Zadání úlohy

Sít a řídicí parametry úlohy jsou zapsány ve vstupním `.in` souboru. Popis souboru je podrobně uveden v dalších kapitolách.

2.1.2 Spouštěcí m-file

Základní spouštěcí m-file má následující formát

```
clear; close all; clc;  
TaskName = 'FileName';  
mFEM;
```

Hodnota `TaskName` udává jméno `in` souboru se zadáním, jméno souboru se zadává bez koncovky.

2.2 PC

Při spuštění matlabu na lokálním počítači se předpokládá spuštění programu z grafického prostředí. Otevře se soubor `MFEM.prj`, což je soubor projektu. Otevření projektu zajistí nastavení všech potřebných cest. Je možno spustit:

- spouštěcí m-file nebo
- nebo přímo soubor `mFEM.m`. V takovém případě se otevře okno pro výběr vstupního `in` souboru.

2.3 Dynamická analýza

2.3.1 Capabilities

- Lineární isotropní material, možno kombinovat více materiálů
- Stacionární a nestacionární okrajové podmínky, periodické okrajové podmínky
- Počáteční podmínky
- Zatížení časově závislými uzlovými silami, posunutím a rychlostmi
- Explicitní a implicitní časová integrace
- Konstantní časový krok

2.3.2 Řazení ve vstupním souboru

- blok SETTINGS musí být před blokem FREQUENCIES
- blok SETTINGS musí být před bloky NODES, ELEMENTS, MESH

2.3.3 Vstupní soubor

Jednotlivé bloky jsou uvozeny klíčovým slovem a odděleny alespoň jedním prázdným řádkem.

Řádky začínající znakem % jsou považovány za komentáře.

Řádek nemusí začínat na první pozici, mezery na začátku jsou ignorovány.

SETTINGS

DIM NG Int ProblemType NOD ELE

Základní parametry úlohy.

DIM	Dimenze úlohy (1 / 2 / 3)
NG	Řád integrace (1 / 2 / 3 / 14)
Int	Typ integrace (1 – Gauss)
ProblemType	Rovinná napjatost/deformace, osová symetrie ve 2D (psts, pstn, asym)
NOD	Počet uzlů
ELE	Počet elementů

SETTINGS 2

HG CMM_LMM RBM [RMM]

Rozšířené parametry úlohy.

HG	Hourglass control – total stiffness method (matrix coefficient ... 1)
CMM_LMM	Mass matrix CMM – consistent LMM – lumped OPT – 'optimal' – (CMM+LMM)/2
RBM	Filter rigid body motion (0 / 1), for free structures File <i>RBM.mat</i> with rigid body eigenmodes is necessary
RMM	Reciprocal mass matrix (0 / 1), for direct inversion

MATERIAL

mat# **name** **E** **nu** **rho** **Area/Thickness**

Definice použitého materiálu.

mat#	Číslo materiálu
name	Název materiálu (steel,..)
E	Youngův modul [N/mm ²]
nu	Poissonovo číslo
rho	Hustota [kg/m ³]
Průřez/Tloušťka	Pro 1D nebo 2D úlohy [m nebo m ²]

TIME

End time **Timestep size** **Time integrator** **Parameters**

End time	Konečný čas analýzy [s]
Timestep size	Časový krok (konstantní) [s]
Time integrator	CD – Centrální diference NM – Newmark
Parameters	0 ... (pro CD) β, γ ... (pro NM, možný formát: 0.25,0.5 or 1/4,1/2)

NODES

nod# **x** **y** **z**

nod#	počet uzlů
x	x-souřadnice [m]
y	y-souřadnice [m]
z	z-souřadnice [m]

ELEMENTS

```
el#   mat#   et   nodes
```

el# Číslo elementu
mat# Číslo materiálu
et Typ elementu
nodes Seznam uzlů

BOUNDARY

```
node  ldof  value
```

node Číslo uzlu, možný formát: 1,2,5,98 or 1:17
ldof Lokální stupeň volnosti uzlu (1 / 2 / 3), možný formát: 1,3 or 1:3
value Předepsaná hodnota (0 / nenulová) [m]

LOAD

```
file  nfor|dis|vel|acc  filename[,column|,sheetnumber]  nodes  ldof  
file  for|pre  filename[,column|,sheetnumber]  node,node,...  elem  
LS#   nfor|dis|vel|acc  value  nodes  ldof  
LS#   for|pre  value  node,node,...  elem
```

LS# Číslo zatěžovacího stavu
quantity Předepsaná veličina
nfor – uzlová síla
pre – tlak
for – síla
dis – posunutí
vel – rychlost
acc – zrychlení
filename Jméno souboru
value Předepsaná hodnota (tlak [Pa], síla [N])
nodes Čísla uzlů, možný formát: 1,2,5,98 or 1:17
ldof/elem Lokální stupeň volnosti uzlů (1, 2, 3) pro uzlové veličiny (for, dis),
možný formát: 1,3 nebo 1:3
Čísla elementů pro elementové veličinu (pre)

Zadání zatížení na uzly.

Konstantní hodnoty zatížení se zadávají pomocí **value**. Zadání

```
3 vel -1 1:566 2
```

znamená, že ve 3. zatěžovacím stavu bude do uzlů 1 až 566 přiřazena rychlost o velikosti -1 do směru y .

Časově proměnné zatížení se zadává pomocí `filename`. Hodnoty jsou uloženy v externím souboru. Je možné použít soubor Excel nebo textový soubor.

Při použití excelovského souboru se zadává jméno souboru `.xls`. Pokud je v souboru více listů, napíše se název listu za název souboru oddělený čárkou. Zadání

```
file for signal.xls 10,12,14 3
```

přiřadí uzlům 10, 12 a 14 sílu ve směru z , časový průběh zatížení je načten ze souboru `signal.xls`.

Při použití textového souboru platí následující pravidla

- všechny řádky musí mít stejný počet sloupců,
- v prvním sloupci je čas, v dalších sloupcích data,
- počet sloupců není omezen,
- nejsou povoleny komentáře a
- nejsou povoleny prázdné řádky.

Zadává se:

- pouze jméno souboru, pak se jako datový použije druhý sloupec (první po čase) nebo
- jméno souboru a číslo datového sloupce. Počítá se včetně časového sloupce. Zadání `file.txt,2` odpovídá zadání `file.txt`.

INITIAL

```
file  quantity  filename  nodes  ldof
value  quantity  value  nodes  ldof
```

`quantity` Předepsané hodnoty
`dis` – posunutí
`vel` – rychlost
`acc` – zrychlení

`filename` Jméno souboru

`value` Předepsaná hodnota (tlak [Pa], síla [N])

`nodes` Čísla uzlů, možný formát: 1,2,5,98 nebo 1:17

`ldof/elem` Lokální stupeň volnosti uzlů (1, 2, 3), možný formát: 1,3 nebo 1:3

RECORD

KEYS Qc QDc QDDc STRc QT QDT QDDT STRT Energy
curve node numbers
cycle [n | type number]

Blok **RECORD** slouží k určení, které hodnoty se budou zaznamenávat do výsledků.

Řádek uvozený klíčovým slovem **KEYS** slouží ke specifikaci vypisovaných veličin. Je nepovinný.

Za klíčovým slovem **curve** následuje seznam uzlů, ve kterých budou uschovány hodnoty veličin spočtené ve všech časových krocích.

Za klíčovým slovem **cycle** se určují čísla cyklů, ve kterých budou vytvořeny VTU soubory s výsledky pro zobrazení v programu Paraview.

klíč	default	
Qc	1	posunutí
QDc	1	rychlost
QDDc	1	zrychlení
STRc	1	napětí
QT	1	
QDT	1	
QDDT	1	
STRT	1	
Energy	1	energie elementů

Za slovem **cycle** následuje klíčové slovo a číslo

direct	n udává přímo čísla cyklů, která se budou vypisovat
divide	ekvivalentní původnímu zadání, pro n platí stejná pravidla
every	je vypsán každý n-tý cyklus plus poslední
all	je vypsán každý cyklus, hodnota n se nezadává