

Rozwiązanie ramy przy pomocy pakietu CALFEM

Piotr Pluciński

Katedra Technologii Informatycznych w Inżynierii



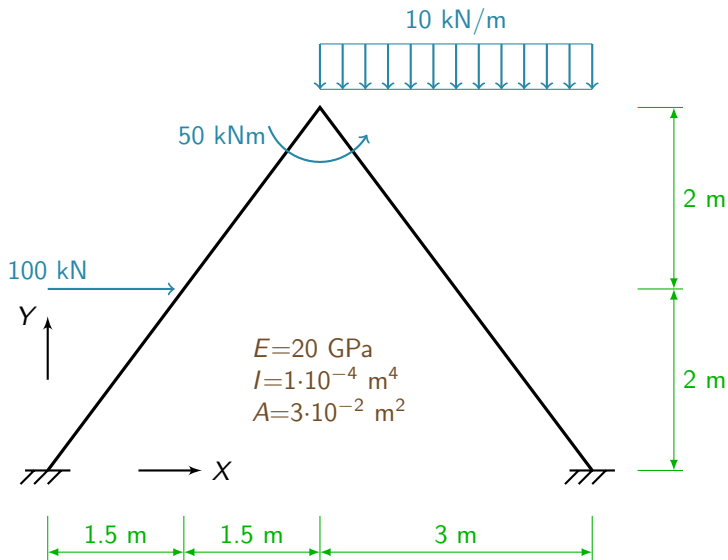
Politechnika Krakowska



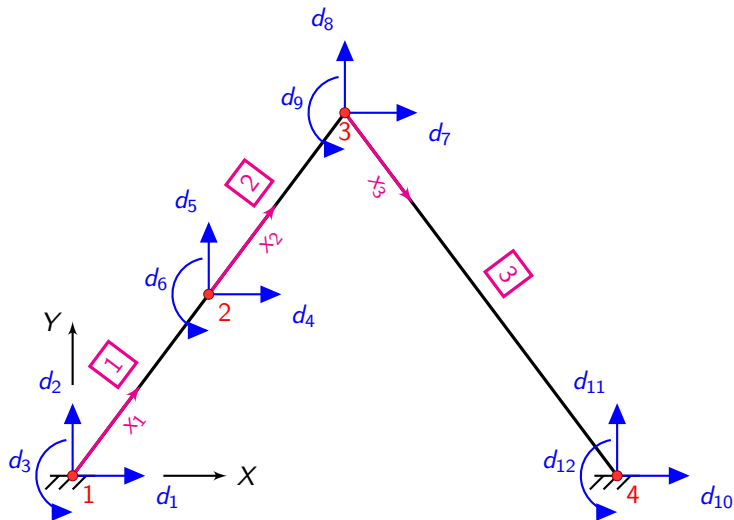
marzec 2009

aktualizacja kwiecień 2020

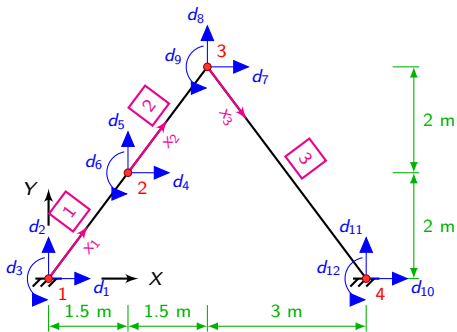
Temat zadania



Dyskretyzacja



function rama()

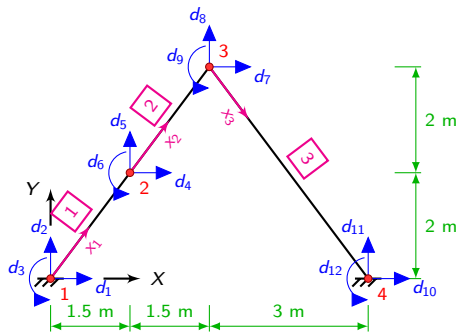


```
function rama()
```

```
% definicja macierzy stopni
```

```
% swobody dla elementow
```

```
Edof=[1 1 2 3 4 5 6 ;  
      2 4 5 6 7 8 9 ;  
      3 7 8 9 10 11 12];
```



```
function rama()
```

```
% definicja macierzy stopni
```

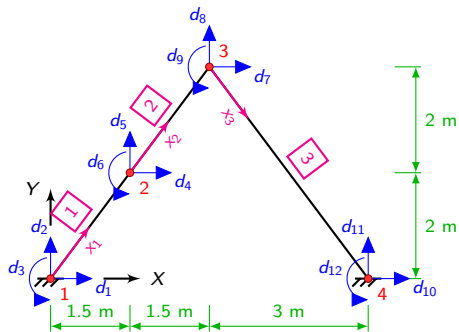
```
% swobody dla elementow
```

```
Edof=[1 1 2 3 4 5 6 ;  
      2 4 5 6 7 8 9 ;  
      3 7 8 9 10 11 12];
```

```
% macierz wspolrzednych
```

```
% wzetow
```

```
Coord=[0 0; 1.5 2; 3 4; 6 0];
```



```
function rama()
```

```
% definicja macierzy stopni
```

```
% swobody dla elementow
```

```
Edof=[1 1 2 3 4 5 6 ;  
      2 4 5 6 7 8 9 ;  
      3 7 8 9 10 11 12];
```

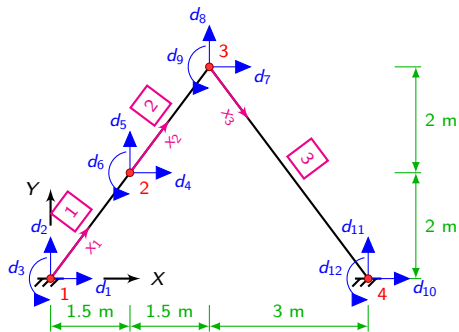
```
% macierz wspolrzednych
```

```
% wzetow
```

```
Coord=[0 0; 1.5 2; 3 4; 6 0];
```

```
% macierz stopni swobody
```

```
Dof=[1 2 3; 4 5 6;  
     7 8 9; 10 11 12];
```



```
function rama()
```

```
% definicja macierzy stopni
```

```
% swobody dla elementów
```

```
Edof=[1 1 2 3 4 5 6 ;  
      2 4 5 6 7 8 9 ;  
      3 7 8 9 10 11 12];
```

```
% macierz współrzędnych
```

```
% węzłów
```

```
Coord=[0 0; 1.5 2; 3 4; 6 0];
```

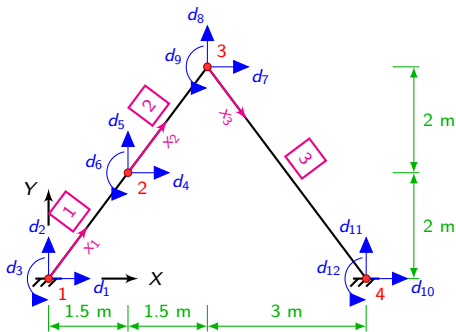
```
% macierz stopni swobody
```

```
Dof=[1 2 3; 4 5 6;  
     7 8 9; 10 11 12];
```

```
% obliczenie wektorów współ-
```

```
% rzędnych dla elementów
```

```
[Ex,Ey]=coordxtr(Edof,Coord,Dof,2);
```



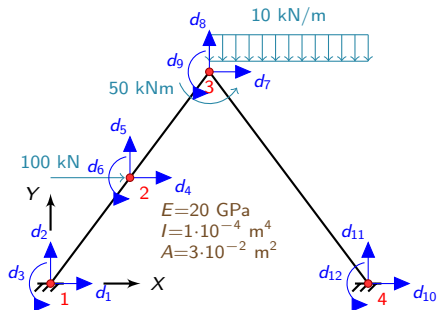
% stałe materiałowe

$E=2e7;$

$I=1e-4;$

$A=0.03;$

$ep=[E,A,I];$



% stałe materiałowe

$E=2e7;$

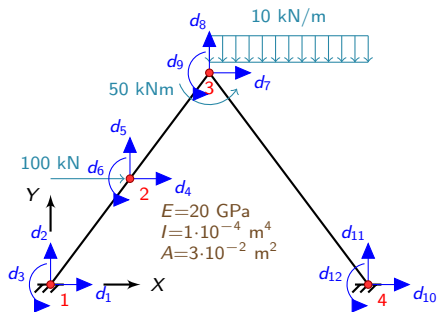
$I=1e-4;$

$A=0.03;$

$ep=[E,A,I];$

$K=zeros(12);$

$f=zeros(12,1);$



```
% stałe materiałowe
```

```
E=2e7;
```

```
l=1e-4;
```

```
A=0.03;
```

```
ep=[E,A,l];
```

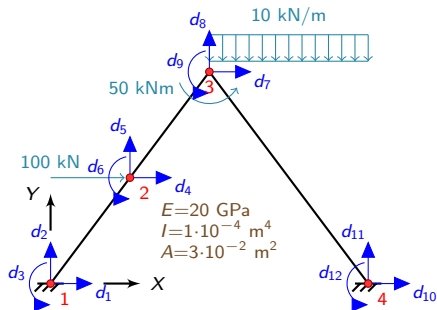
```
K=zeros(12);
```

```
f=zeros(12,1);
```

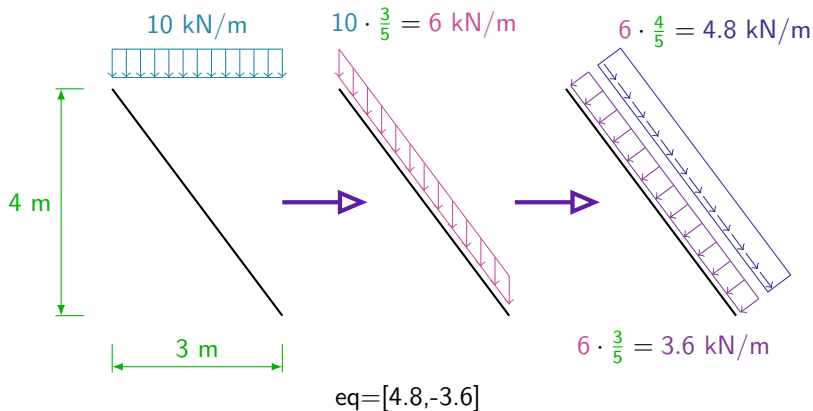
```
% uwzględnienie sił węzłowych
```

```
f(4)=100;
```

```
f(9)=50;
```



Węzłowe siły zastępujące obciążenie ciągłe przyłożone do wnętrza elementu



```
% wykonanie rysunku ramy  
eldraw2(Ex,Ey, [1,2,2]);
```

```
% wykonanie rysunku ramy
```

```
eldraw2(Ex,Ey, [1,2,2]);
```

```
% obliczenie macierzy sztywności dla elementów
```

```
Ke1=beam2e(Ex(1,:),Ey(1,:),ep);
```

```
Ke2=beam2e(Ex(2,:),Ey(2,:),ep);
```

```
[Ke3,fe3]=beam2e(Ex(3,:),Ey(3,:),ep,eq);
```

```
% wykonanie rysunku ramy
```

```
eldraw2(Ex,Ey, [1,2,2]);
```

```
% obliczenie macierzy sztywności dla elementów
```

```
Ke1=beam2e(Ex(1,:),Ey(1,:),ep);
```

```
Ke2=beam2e(Ex(2,:),Ey(2,:),ep);
```

```
[Ke3,fe3]=beam2e(Ex(3,:),Ey(3,:),ep,eq);
```

```
% agregacja macierzy sztywności i wektora obciążenia
```

```
K=assem(Edof(1,:),K,Ke1);
```

```
K=assem(Edof(2,:),K,Ke2);
```

```
[K,f]=assem(Edof(3,:),K,Ke3,f,fe3);
```

```
% wykonanie rysunku ramy
```

```
eldraw2(Ex,Ey, [1,2,2]);
```

```
% obliczenie macierzy sztywności dla elementów
```

```
Ke1=beam2e(Ex(1,:),Ey(1,:),ep);
```

```
Ke2=beam2e(Ex(2,:),Ey(2,:),ep);
```

```
[Ke3,fe3]=beam2e(Ex(3,:),Ey(3,:),ep,eq);
```

```
% agregacja macierzy sztywności i wektora obciążenia
```

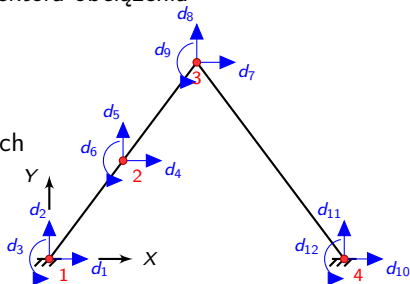
```
K=assem(Edof(1,:),K,Ke1);
```

```
K=assem(Edof(2,:),K,Ke2);
```

```
[K,f]=assem(Edof(3,:),K,Ke3,f,fe3);
```

```
% uwzględnienie warunków brzegowych
```

```
bc=[ 1 0; 2 0; 3 0; 10 0; 11 0; 12 0];
```




```
% wyliczenie wektora przemieszczeń i reakcji  
[d,r ]=solveq(K,f,bc)
```

```
% wyliczenie wektora przemieszczeń i reakcji
```

```
[d,r ]=solveq(K,f,bc)
```

```
%przemieszczenia węzłów dla poszczególnych elementów
```

```
de=extract(Edof,d);
```

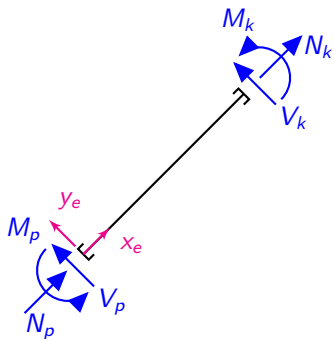
```
% wyliczenie wektora przemieszczeń i reakcji  
[d,r ]=solveq(K,f,bc)  
  
%przemieszczenia węzłów dla poszczególnych elementów  
de=extract(Edof,d);  
  
% powrót do elementu - obliczenie sił przywęzłowych  
r1=beam2s(Ex(1,:),Ey(1,:),ep,de(1,:))  
r2=beam2s(Ex(2,:),Ey(2,:),ep,de(2,:))  
r3=beam2s(Ex(3,:),Ey(3,:),ep,de(3,:),eq)
```

```
% wyliczenie wektora przemieszczeń i reakcji  
[d,r]=solveq(K,f,bc)  
  
%przemieszczenia węzłów dla poszczególnych elementów  
de=extract(Edof,d);  
  
% powrót do elementu - obliczenie sił przywęzłowych  
r1=beam2s(Ex(1,:),Ey(1,:),ep,de(1,:))  
r2=beam2s(Ex(2,:),Ey(2,:),ep,de(2,:))  
r3=beam2s(Ex(3,:),Ey(3,:),ep,de(3,:),eq)  
  
% wykonanie rysunku odkształconej ramy  
eldisp2(Ex,Ey,de,[1,4,1]);
```

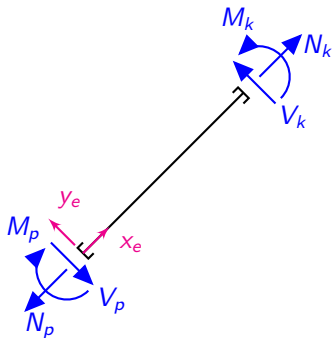
| d= | r= | r1= | | | |
|---------|----------|----------|----------|----------|--|
| 0 | -69.3890 | 43.7836 | -53.8986 | -73.2148 | |
| 0 | -2.6878 | 43.7836 | -53.8986 | 61.5316 | |
| 0 | 73.2148 | | | | |
| 0.0355 | 0.0000 | r2= | | | |
| -0.0264 | -0.0000 | | | | |
| -0.0073 | -0.0000 | -16.2164 | 26.1014 | 61.5316 | |
| 0.0003 | 0.0000 | -16.2164 | 26.1014 | -3.7219 | |
| -0.0001 | 0.0000 | | | | |
| 0.0288 | 0.0000 | r3= | | | |
| 0 | -30.6110 | | | | |
| 0 | 32.6878 | -20.5168 | -22.8761 | -53.7219 | |
| 0 | 15.6586 | -44.5168 | -4.8761 | 15.6586 | |

Znakowanie sił w ES

klasyczny MES



CALFEM



```
% powrót do elementu - obliczenie sił przywęzłowych  
r1=beam2s(Ex(1,:),Ey(1,:),ep,de(1,:),[0,0],7)  
r2=beam2s(Ex(2,:),Ey(2,:),ep,de(2,:),[0,0],7)  
r3=beam2s(Ex(3,:),Ey(3,:),ep,de(3,:),eq,21)
```

```
% powrót do elementu - obliczenie sił przywęzłowych
r1=beam2s(Ex(1,:),Ey(1,:),ep,de(1,:),[0,0],7)
r2=beam2s(Ex(2,:),Ey(2,:),ep,de(2,:),[0,0],7)
r3=beam2s(Ex(3,:),Ey(3,:),ep,de(3,:),eq,21)

% rysunek odkształconej ramy
figure(1)
eldraw2(Ex,Ey, [1,2,2]);
eldisp2(Ex,Ey,de,[1,4,1]);
axis([-1 7 -1 5]);
title('przemieszczenia')
plotpar=[2 1];
```



```
% Siły podłużne  
figure(2)  
scal=scalfact2(Ex(3,:),Ey(3,:),r3(:,1),0.35);  
eldia2(Ex(1,:),Ey(1,:),r1(:,1),plotpar,scal);  
eldia2(Ex(2,:),Ey(2,:),r2(:,1),plotpar,scal);  
eldia2(Ex(3,:),Ey(3,:),r3(:,1),plotpar,scal);  
axis([-1 7 -1 5])  
title('sily podluzne')
```

```
% Siły podłużne  
figure(2)  
scal=scalfact2(Ex(3,:),Ey(3,:),r3(:,1),0.35);  
eldia2(Ex(1,:),Ey(1,:),r1(:,1),plotpar,scal);  
eldia2(Ex(2,:),Ey(2,:),r2(:,1),plotpar,scal);  
eldia2(Ex(3,:),Ey(3,:),r3(:,1),plotpar,scal);  
axis([-1 7 -1 5])  
title('sily podluzne')
```

```
% Siły poprzeczne  
figure(3)  
scal=scalfact2(Ex(1,:),Ey(1,:),r1(:,2),0.35);  
eldia2(Ex(1,:),Ey(1,:),r1(:,2),plotpar,scal);  
eldia2(Ex(2,:),Ey(2,:),r2(:,2),plotpar,scal);  
eldia2(Ex(3,:),Ey(3,:),r3(:,2),plotpar,scal);  
axis([-1 7 -1 5]);  
title('sily poprzeczne')
```

```
% Momenty  
figure(4)  
scal=scalfact2(Ex(1,:),Ey(1,:),r1(:,3),0.35);  
eldia2(Ex(1,:),Ey(1,:),r1(:,3),plotpar,scal);  
eldia2(Ex(2,:),Ey(2,:),r2(:,3),plotpar,scal);  
eldia2(Ex(3,:),Ey(3,:),r3(:,3),plotpar,scal);  
axis([-1 7 -1 5]);  
title('momenty');
```

Wykresy

