

Rozwiązanie ramy przy pomocy pakietu CALFEM

Piotr Pluciński

Instytut Technologii Informatycznych w Inżynierii Lądowej



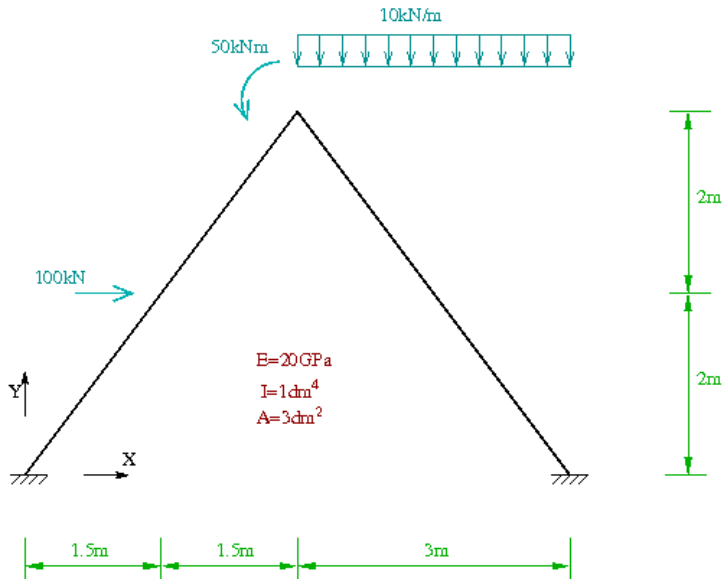
Politechnika Krakowska



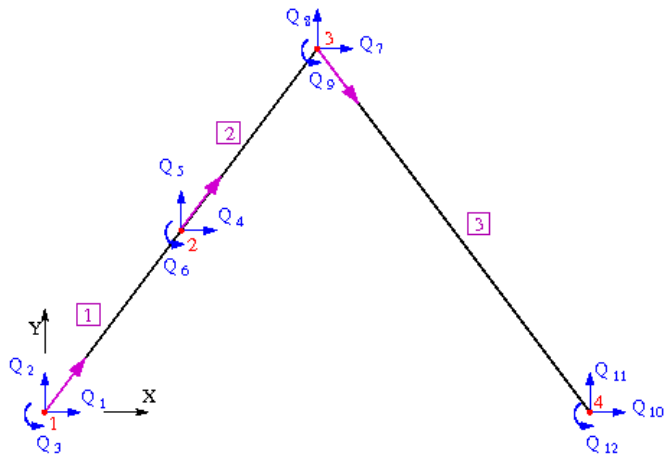
marzec 2009



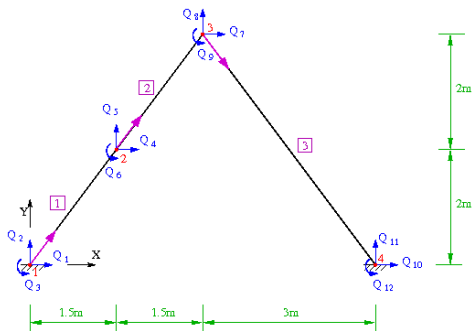
Temat zadania



Dyskretyzacja



function rama()

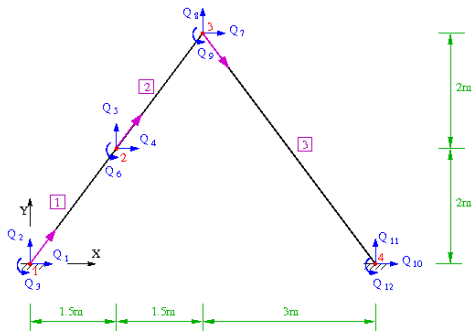


```
function rama()
```

```
% 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];
```



Skrypt - rama.m

```
function rama()
```

```
% definicja macierzy stopni
```

```
% swobody dla elementów
```

```
Edof=[1 1 2 3 4 5 6 ;
```

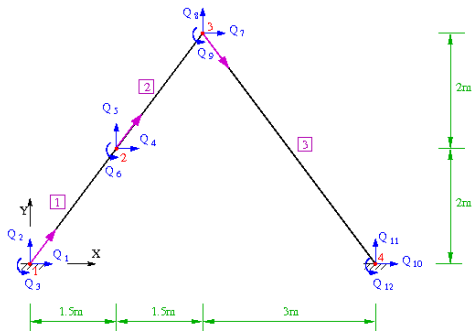
```
      2 4 5 6 7 8 9;
```

```
      3 7 8 9 10 11 12];
```

```
% macierz współrzędnych
```

```
% węzłów
```

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



Skrypt - rama.m

```
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];
```

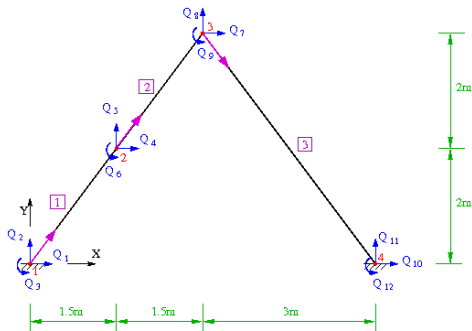
```
% macierz współrzędnych
```

```
% węzłów
```

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

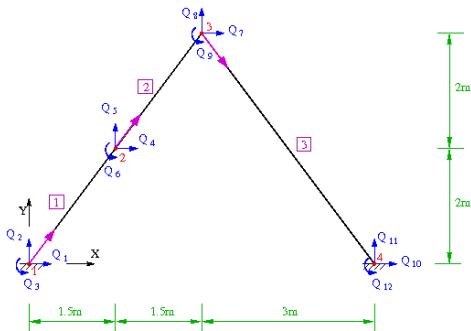
```
% macierz stopni swobody
```

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



Skrypt - rama.m

```
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 wspolrzędnych  
% węzłow  
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 wektorow wspol-  
% rzędnych dla elementow  
[Ex,Ey]=coordxtr(Edof,Coord,Dof,2);
```



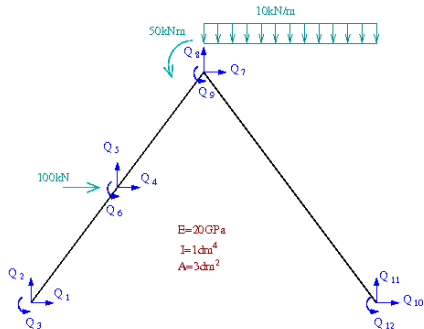
% stałe materiałowe

$E=2e7;$

$I=1e-4;$

$A=0.03;$

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



% stałe materiałowe

$E=2e7$;

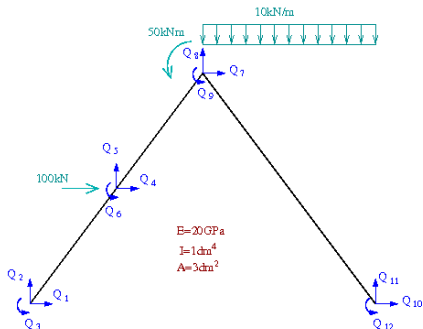
$I=1e-4$;

$A=0.03$;

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

$K=zeros(12)$;

$F=zeros(12,1)$;



% stałe materiałowe

$E=2e7$;

$I=1e-4$;

$A=0.03$;

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

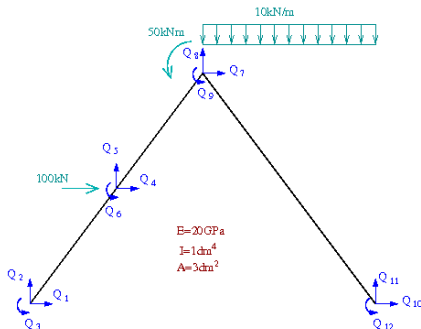
$K=zeros(12)$;

$F=zeros(12,1)$;

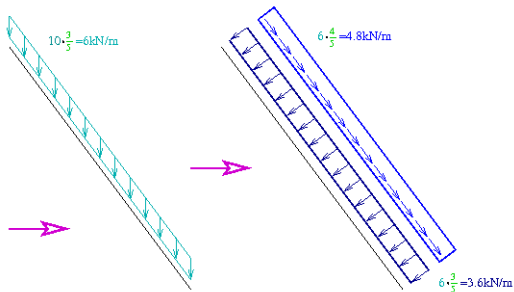
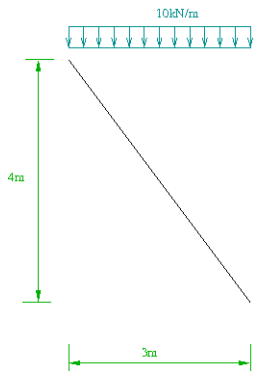
% uwzględnienie sił węzłowych

$F(4)=100$;

$F(9)=50$;



Zastępnik



$$eq = [4.8, -3.6]$$



```
% 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  
[Q,R ]=solveq(K,F,bc)
```



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

```
[Q,R ]=solveq(K,F,bc)
```

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

```
Qe=extract(Edof,Q);
```



```
% wyliczenie wektora przemieszczeń i reakcji  
[Q,R ]=solveq(K,F,bc)  
  
%przemieszczenia węzłów dla poszczególnych elementów  
Qe=extract(Edof,Q);  
  
% powrót do elementu - obliczenie sił przywęzłowych  
f1=beam2s(Ex(1,:),Ey(1,:),ep,Qe(1,:))  
f2=beam2s(Ex(2,:),Ey(2,:),ep,Qe(2,:))  
f3=beam2s(Ex(3,:),Ey(3,:),ep,Qe(3,:),eq)
```



```
% wyliczenie wektora przemieszczeń i reakcji
[Q,R ]=solveq(K,F,bc)

%przemieszczenia węzłów dla poszczególnych elementów
Qe=extract(Edof,Q);

% powrót do elementu - obliczenie sił przywęzłowych
f1=beam2s(Ex(1,:),Ey(1,:),ep,Qe(1,:))
f2=beam2s(Ex(2,:),Ey(2,:),ep,Qe(2,:))
f3=beam2s(Ex(3,:),Ey(3,:),ep,Qe(3,:),eq)

% wykonanie rysunku odkształconej ramy
eldisp2(Ex,Ey,Qe,[1,4,1]);
```

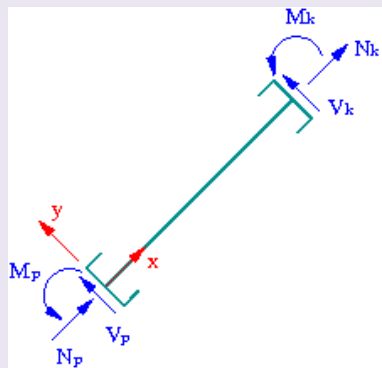


Q=	R=	f1=		
0	-69.3890	43.7836	-53.8986	-73.2148
0	-2.6878	43.7836	-53.8986	61.5316
0	73.2148			
0.0355	0.0000	f2=		
-0.0264	-0.0000			
-0.0073	-0.0000	-16.2164	26.1014	61.5316
0.0003	0.0000	-16.2164	26.1014	-3.7219
-0.0001	0.0000			
0.0288	0.0000	f3=		
0	-30.6110			
0	32.6878	-20.5168	-22.8761	-53.7219
0	15.6586	-44.5168	-4.8761	15.6586

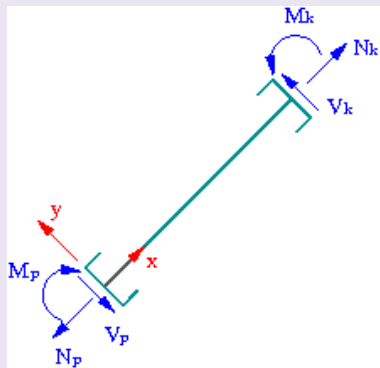


Znakowanie sił w ES

klasyczny MES



CALFEM



Skrypt - rama.m - wykresy

```
% powrót do elementu - obliczenie sił przywęzłowych  
f1=beam2s(Ex(1,:),Ey(1,:),ep,Qe(1,:),[0,0],7)  
f2=beam2s(Ex(2,:),Ey(2,:),ep,Qe(2,:),[0,0],7)  
f3=beam2s(Ex(3,:),Ey(3,:),ep,Qe(3,:),eq,21)
```



```
% powrót do elementu - obliczenie sił przywęzłowych
f1=beam2s(Ex(1,:),Ey(1,:),ep,Qe(1,:),[0,0],7)
f2=beam2s(Ex(2,:),Ey(2,:),ep,Qe(2,:),[0,0],7)
f3=beam2s(Ex(3,:),Ey(3,:),ep,Qe(3,:),eq,21)

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




```
% Siły podłużne  
figure(2)  
scal=scalfact2(Ex(3,:),Ey(3,:),f3(:,1),0.35);  
eldia2(Ex(1,:),Ey(1,:),f1(:,1),plotpar,scal);  
eldia2(Ex(2,:),Ey(2,:),f2(:,1),plotpar,scal);  
eldia2(Ex(3,:),Ey(3,:),f3(:,1),plotpar,scal);  
axis([-1 7 -1 5])  
title('sily podluzne')
```



```
% Siły podłużne  
figure(2)  
scal=scalfact2(Ex(3,:),Ey(3,:),f3(:,1),0.35);  
eldia2(Ex(1,:),Ey(1,:),f1(:,1),plotpar,scal);  
eldia2(Ex(2,:),Ey(2,:),f2(:,1),plotpar,scal);  
eldia2(Ex(3,:),Ey(3,:),f3(:,1),plotpar,scal);  
axis([-1 7 -1 5])  
title('sily podluzne')
```

```
% Siły poprzeczne  
figure(3)  
scal=scalfact2(Ex(1,:),Ey(1,:),f1(:,2),0.35);  
eldia2(Ex(1,:),Ey(1,:),f1(:,2),plotpar,scal);  
eldia2(Ex(2,:),Ey(2,:),f2(:,2),plotpar,scal);  
eldia2(Ex(3,:),Ey(3,:),f3(:,2),plotpar,scal);  
axis([-1 7 -1 5]);  
title('sily poprzeczne')
```



```
% Momenty  
figure(4)  
scal=scalfact2(Ex(1,:),Ey(1,:),f1(:,3),0.35);  
eldia2(Ex(1,:),Ey(1,:),f1(:,3),plotpar,scal);  
eldia2(Ex(2,:),Ey(2,:),f2(:,3),plotpar,scal);  
eldia2(Ex(3,:),Ey(3,:),f3(:,3),plotpar,scal);  
axis([-1 7 -1 5]);  
title('momenty');
```



