

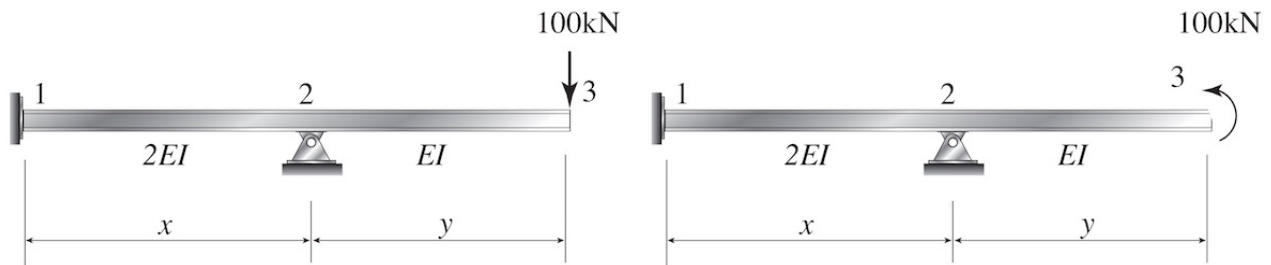
第12章の問題 解答例

□ 1 (a)

```
clear; format shortG
```

目的

下図の不静定はりについて、左をケース1、右をケース2とする。変位法により、それぞれ場合の節点3の変位を求める。単位は、kN と mm とする。部材1-2の長さ x は 6000mm, 部材2-3の長さ y は、6000mmとする。



共通の定数の値と単位は次の通りとする。

```
E = 205000; % ヤング率 (kN/mm^2)
A = 12000;  % 断面積 (mm^2)
I = 1.2e7;  % 断面二次モーメント (mm^4)
L12 = 6000; % 部材の長さ(1-2) (mm)
L23 = 6000; % 部材の長さ(2-3) (mm)
P = -100;   % ケース1で節点3に作用させる外力(上向き正) (-100kN)
M = 100e3;  % ケース2で節点3に作用させるモーメント(反時計回り正) (100,000kNmm)
```

部材剛性マトリクス

すべての部材の剛性マトリクスを基準座標系で作成する。

(1) 部材12

```
eal = E*A/L12;
ei   = E*I;
al   = L12;
k11 = [ eal 0 0; 0 12*ei/al^3 6*ei/al^2; 0 6*ei/al^2 4*ei/al];
k12 = [-eal 0 0; 0 -12*ei/al^3 6*ei/al^2; 0 -6*ei/al^2 2*ei/al];
k21 = [-eal 0 0; 0 -12*ei/al^3 -6*ei/al^2; 0 6*ei/al^2 2*ei/al];
k22 = [ eal 0 0; 0 12*ei/al^3 -6*ei/al^2; 0 -6*ei/al^2 4*ei/al];
sk12 = [k11 k12; k21 k22] % 部材12 の剛性マトリクス
```

sk12 = 6×6

4.1e+05	0	0	-4.1e+05	0	0
0	136.67	4.1e+05	0	-136.67	4.1e+05
0	4.1e+05	1.64e+09	0	-4.1e+05	8.2e+08
-4.1e+05	0	0	4.1e+05	0	0
0	-136.67	-4.1e+05	0	136.67	-4.1e+05
0	4.1e+05	8.2e+08	0	-4.1e+05	1.64e+09

(2) 部材23

```
eal = E*A/L23;
ei   = E*I;
```

```

al = L23;
k11 = [ eal 0 0; 0 12*ei/al^3 6*ei/al^2; 0 6*ei/al^2 4*ei/al];
k12 = [-eal 0 0; 0 -12*ei/al^3 6*ei/al^2; 0 -6*ei/al^2 2*ei/al];
k21 = [-eal 0 0; 0 -12*ei/al^3 -6*ei/al^2; 0 6*ei/al^2 2*ei/al];
k22 = [ eal 0 0; 0 12*ei/al^3 -6*ei/al^2; 0 -6*ei/al^2 4*ei/al];
sk23 = [k11 k12; k21 k22] % 部材23 の部材剛性マトリクス

```

```

sk23 = 6×6
    4.1e+05         0         0    -4.1e+05         0         0
         0    136.67    4.1e+05         0    -136.67    4.1e+05
         0    4.1e+05    1.64e+09         0    -4.1e+05    8.2e+08
   -4.1e+05         0         0    4.1e+05         0         0
         0   -136.67   -4.1e+05         0    136.67   -4.1e+05
         0    4.1e+05    8.2e+08         0   -4.1e+05    1.64e+09

```

構造物の剛性マトリクス

構造物の剛性マトリクスを作成する。

```

skk = zeros(9,9); % 要素がすべてゼロのマトリクス skk
%
node1 = [1 2 3]; % 部材1-2の(1)端の自由度
node2 = [4 5 6]; % 部材1-2の(2)端の自由度
skk(node1,node1) = skk(node1,node1) + sk12([1 2 3],[1 2 3]);
skk(node1,node2) = skk(node1,node2) + sk12([1 2 3],[4 5 6]);
skk(node2,node1) = skk(node2,node1) + sk12([4 5 6],[1 2 3]);
skk(node2,node2) = skk(node2,node2) + sk12([4 5 6],[4 5 6]);
%
node1 = [4 5 6]; % 部材2-3の(1)端の自由度
node2 = [7 8 9]; % 部材2-3の(2)端の自由度
skk(node1,node1) = skk(node1,node1) + sk23([1 2 3],[1 2 3]);
skk(node1,node2) = skk(node1,node2) + sk23([1 2 3],[4 5 6]);
skk(node2,node1) = skk(node2,node1) + sk23([4 5 6],[1 2 3]);
skk(node2,node2) = skk(node2,node2) + sk23([4 5 6],[4 5 6]);
%
skk % 構造物の剛性マトリクス

```

```

skk = 9×9
    4.1e+05         0         0    -4.1e+05         0         0
         0    136.67    4.1e+05         0    -136.67    4.1e+05
         0    4.1e+05    1.64e+09         0    -4.1e+05    8.2e+08
   -4.1e+05         0         0    8.2e+05         0         0    -4.1
         0   -136.67   -4.1e+05         0    273.33         0
         0    4.1e+05    8.2e+08         0         0    3.28e+09
         0         0         0   -4.1e+05         0         0    4.1
         0         0         0         0   -136.67   -4.1e+05
         0         0         0         0    4.1e+05    8.2e+08

```

未知の節点の変位

支持条件より、節点1の3つの変位成分と、節点2の x方向とy方向の2つの変位成分はすべてゼロである。残りの4つの自由度は、変位が未知となる。これらの未知の変位の成分を求める。

```

node = [6 7 8 9] % 変位が未知の自由度の番号

```

```

node = 1×4
     6     7     8     9

```

```

k = skk(node,node) % 構造物の剛性マトリクスのうち、変位が未知の自由度に関する部分マトリクス

```

```

k = 4×4
    3.28e+09      0    -4.1e+05    8.2e+08
         0    4.1e+05      0      0
   -4.1e+05      0    136.67   -4.1e+05
    8.2e+08      0   -4.1e+05    1.64e+09

```

ケース1

```
load = [0 0 P 0]' % 変位が未知の自由度に加える荷重ベクトル
```

```

load = 4×1
      0
      0
   -100
      0

```

```
displ = k \ load % 変位が未知の自由度の変位のベクトル
```

```

displ = 4×1
   -0.00036585
           0
       -5.122
   -0.0010976

```

```
fprintf('節点3のx方向の変位は, %g mm\n', displ(2))
```

```
節点3のx方向の変位は, 0 mm
```

```
fprintf('節点3のy方向の変位は, %g mm\n', displ(3))
```

```
節点3のy方向の変位は, -5.12195 mm
```

```
fprintf('節点3の回転角は, %g rad\n', displ(4))
```

```
節点3の回転角は, -0.00109756 rad
```

ケース2

```
load = [0 0 0 M]' % 変位が未知の自由度に加える荷重
```

```

load = 4×1
      0
      0
      0
  100000

```

```
displ = k \ load % 変位が未知の自由度の変位のベクトル
```

```

displ = 4×1
   6.0976e-05
           0
       1.0976
   0.00030488

```

```
fprintf('節点3のx方向の変位は, %g mm\n', displ(2))
```

```
節点3のx方向の変位は, 0 mm
```

```
fprintf('節点3のy方向の変位は, %g mm\n', displ(3))
```

節点3のy方向の変位は, 1.09756 mm

```
fprintf('節点3の回転角は, %g rad\n', displ(4))
```

節点3の回転角は, 0.000304878 rad