

## 第14章の問題 解答例

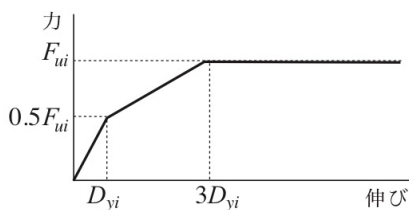
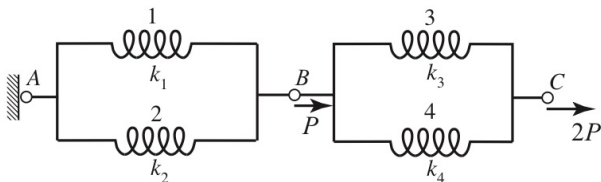
□1

```
clear; format shortG
```

### 目的

一次元のばねからなる次の構造のB点とC点に、それぞれ徐々に増加する力 $P$ と $\alpha P$ を加える。（ここでは $\alpha$ が2のときについて計算している）ここでは、誤差を小さくするための不釣り合い力の解除は行わない。

荷重増分法を使って、崩壊メカニズムに達する時の崩壊荷重をもとめ、C点に加える荷重とC点の変位 $\Delta_C$ およびB点に加える荷重とB点の変位 $\Delta_B$ の関係をグラフに示す。



各バネの復元力は、次のグラフの二折れ線で表され、 $i$ 番目のばねの折れ点の変位 $D_i$ と復元力 $F_i$ は次の表で与えられるものとする。ここではケース1の場合についての計算を示す。

### 荷重増分法を適用した計算結果

#### バネのデータと初期値

```
% 設定値
d0 = [1 3 2 4]'; % 変位
f0 = [4 2 2 1]'; % 復元力
dp = [1 2]'; % 荷重分布形
delta = 0.002; % 荷重増分係数
k1 = 0.5*f0./d0; % 折れ線の1番目の直線の瞬間剛性
k2 = k1/2; % 折れ線の2番目の直線の瞬間剛性

% 初期値
lambda = 0; % 荷重係数の初期値
ds = zeros(1,4); % バネの伸びの初期値
fs = zeros(1,4); % バネの復元力の初期値
k = k1; % 瞬間剛性の初期値
displ = zeros(1,2); % 節点の変位の初期値
displ1 = zeros(100000,1); % 節点1の変位
displ2 = zeros(100000,1); % 節点2の変位
load1 = zeros(100000,1); % 節点1の荷重
load2 = zeros(100000,1); % 節点2の荷重
extent = zeros(100000,4); % 各バネの伸び
mforce = zeros(100000,4); % 各バネの復元力
```

#### 増分法の漸化式の適用

```
count = 0; % ステップ番号
fprintf(1, '計算開始: \n');
```

計算開始:

```
while (1)
    count = count+1;
    if (count > 100000)
        fprintf(1, 'ステップ数が上限値を超えた \n');
        break;
    end
```

```

% 構造物の全体剛性マトリクスの作成
ssk = [k(1)+k(2)+k(3)+k(4)  -k(3)-k(4);  -k(3)-k(4)  k(3)+k(4)]; % 構造物の剛性マトリクス

% 構造物が不安定な場合にループを抜ける
if (det(ssk)==0)
    break;
end

% 剛性方程式を解いて荷重増分から節点の変位増分を求める
dload = delta * dp; % 荷重増分 (= 荷重増分係数 * 荷重分布形)
ddispl = ssk \ dload; % 節点変位の増分
lambda = lambda + delta; % 荷重係数

% 次のステップの節点変位と荷重係数を求める
displ = displ + ddispl; % 節点変位

% 節点の変位増分から各ばねの変位増分を求める
dd = [1 0; 1 0; -1 1; -1 1] * ddispl;

% 各ばねの伸びと復元力を求める
for i=1:4
    ds(i) = ds(i) + dd(i); % ばねの変位
    fs(i) = fs(i) + dd(i)*k(i); % ばねの力
end

% 瞬間剛性の更新
for i = 1:4
    if (k(i)==0)
        elseif (ds(i)<d0(i))
            k(i)=k1(i);
        elseif (ds(i)>= d0(i)) && (ds(i)<3*d0(i))
            k(i)=k2(i);
        else
            k(i)=0;
            fprintf(1, ' ばね No. %d が step # %d で降伏: \n', i, count);
            fprintf(1, ' load factor displ(1) displ(2) force(1) force(2) force(3) force(4)\n');
            fprintf(1, ' %10.3f %10.3f %10.3f %10.3f %10.3f %10.3f %10.3f\n', ...
                lambda, displ(1), displ(2), fs(1), fs(2), fs(3), fs(4));
        end
    end
end

% 節点の変位と節点に加えた力を記録する
displ1(count) = displ(1); % 節点1の変位
displ2(count) = displ(2); % 節点2の変位
load1(count) = lambda * (dp(1,1)); % 節点1に加えた力
load2(count) = lambda * (dp(2,1)); % 節点2に加えた力
extent(count,1:4) = ds; % ばねの伸び
mforce(count,1:4) = fs; % ばねの力

end

```

ばね No. 3 が step # 657 で降伏:

load factor	displ(1)	displ(2)	force(1)	force(2)	force(3)	force(4)
1.314	2.206	8.212	3.207	0.735	2.002	0.626

ばね No. 4 が step # 751 で降伏:

load factor	displ(1)	displ(2)	force(1)	force(2)	force(3)	force(4)
1.502	2.629	14.651	3.630	0.876	2.002	1.002

計算終了

```
fprintf(1, '崩壊機構形成 \n');
```

崩壊機構形成

```
fprintf(1, ' 崩壊時の作用荷重 点B %11.4f 点C %11.4f \n', dp(1)*lambda, dp(2)*lambda);
```

崩壊時の作用荷重 点B      1.5020    点C      3.0040

```
fprintf(1, ' 崩壊時の節点変位 点B %11.4f 点C %11.4f \n', displ(1), displ(2));
```

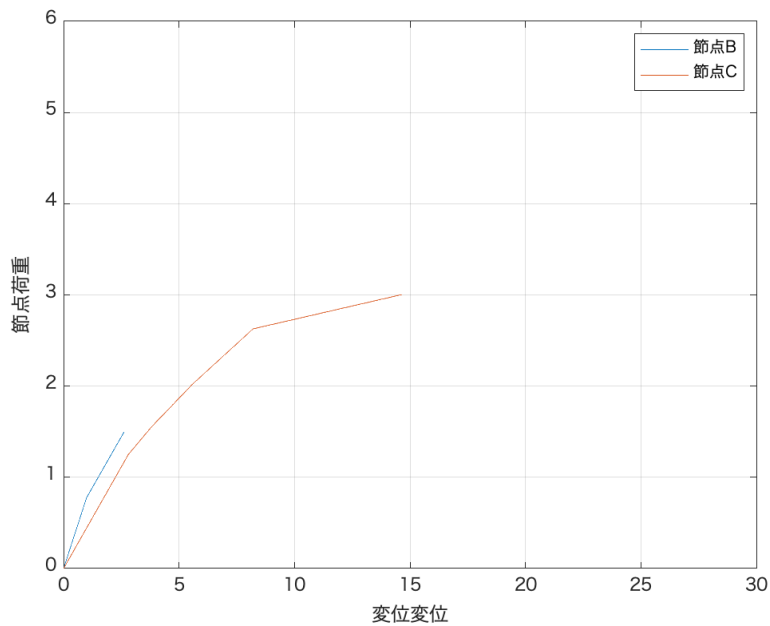
崩壊時の節点変位 点B      2.6293    点C      14.6506

```
count = count - 1;
```

```

plot(displ1(1:count),load1(1:count),displ2(1:count),load2(1:count)); % 各節点に加える力と節点の変位の関係
axis([0 30 0 6]);
legend(["節点B" "節点C"]);
xlabel('変位変位'); ylabel('節点荷重');
grid;

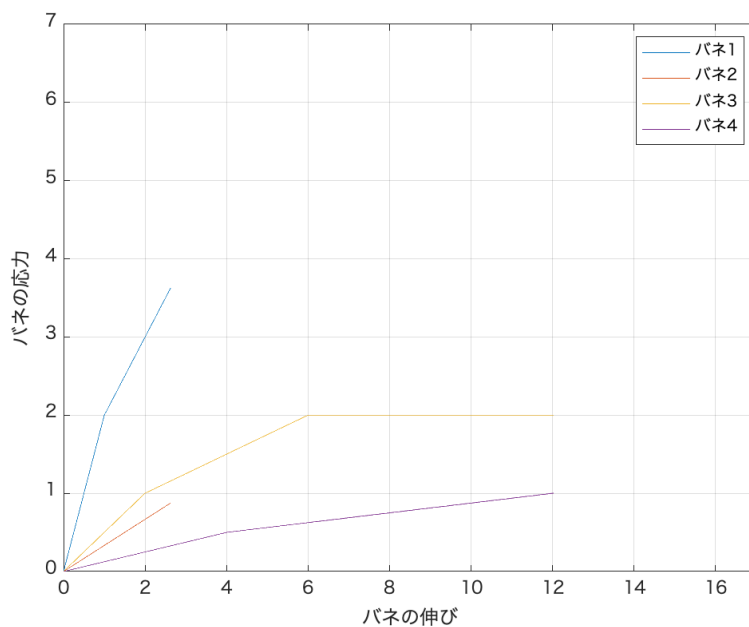
```



```

plot(extent(1:count,:),mforce(1:count,:)); % 各ばねの伸びとバネの復元力の関係
axis([0 17 0 7]);
legend(["バネ1" "バネ2" "バネ3" "バネ4"]);
xlabel('バネの伸び'); ylabel('バネの応力');
grid;

```



```

fprintf(1,'計算終了 \n');

```

計算終了