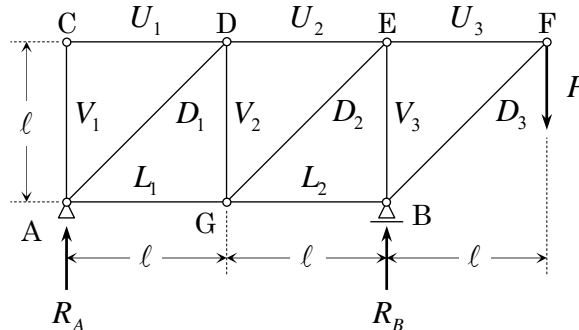


【問題 CM-BT-6】 下図に示す曲げ剛性 EI が一定の静定トラスについて、以下の設問に答えよ。

- (1) 部材力 $U_1, U_2, U_3, L_1, L_2, V_1, V_2, V_3, D_1, D_2, D_3$ を求めよ。
- (2) 荷重 P を漸次増加させるとき、最初に座屈が発生する部材はどの部材か。また、そのときの荷重 P の大きさ P_E を求めよ。



【解答】

(1) まず、支点反力 R_A, R_B を求めると、次のようになる。

鉛直方向の力の釣合から、 $R_A + R_B = P$

B 点回りのモーメントの釣合から、 $R_A \cdot 2l + Pl = 0 \quad \therefore R_A = -\frac{1}{2}P$

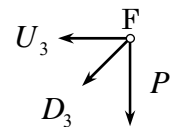
A 点回りのモーメントの釣合から、 $R_B \cdot 2l = P \cdot 3l \quad \therefore R_B = \frac{3}{2}P$

各部材力は、"節点法"を用いて、鉛直方向と水平方向の力の釣合から、以下のように求める。

1) F 点について、

(鉛直) $D_3 \sin 45^\circ + P = \frac{D_3}{\sqrt{2}} + P = 0 \quad \therefore D_3 = -\sqrt{2}P$

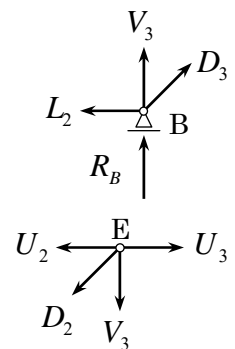
(水平) $U_3 + D_3 \cos 45^\circ = U_3 + \frac{D_3}{\sqrt{2}} = 0 \quad \therefore U_3 = -\frac{D_3}{\sqrt{2}} = P$



2) B 点について、

(鉛直) $V_3 + D_3 \sin 45^\circ + R_B = V_3 + \frac{D_3}{\sqrt{2}} + \frac{3}{2}P = 0 \quad \therefore V_3 = P - \frac{3}{2}P = -\frac{P}{2}$

(水平) $L_2 = D_3 \cos 45^\circ = \frac{D_3}{\sqrt{2}} = -P$



3) E 点について、

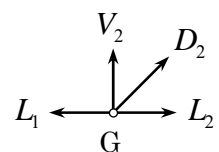
(鉛直) $V_3 + D_2 \sin 45^\circ = V_3 + \frac{D_2}{\sqrt{2}} = 0 \quad \therefore D_2 = -\sqrt{2}V_3 = \frac{\sqrt{2}}{2}P$

(水平) $U_2 + D_2 \cos 45^\circ = U_2 + \frac{D_2}{\sqrt{2}} = U_3 \quad \therefore U_2 = U_3 - \frac{D_2}{\sqrt{2}} = P - \frac{P}{2} = \frac{P}{2}$

4) G 点について、

(鉛直) $V_2 + D_2 \sin 45^\circ = V_2 + \frac{D_2}{\sqrt{2}} = 0 \quad \therefore V_2 = -\frac{D_2}{\sqrt{2}} = -\frac{P}{2}$

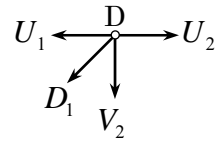
(水平) $L_1 = L_2 + D_2 \cos 45^\circ = -P + \frac{D_2}{\sqrt{2}} = -P + \frac{P}{2} = -\frac{P}{2}$



5) D 点について、

$$\text{(鉛直)} \quad V_2 + D_1 \sin 45^\circ = V_2 + \frac{D_1}{\sqrt{2}} = 0 \quad \therefore D_1 = -\sqrt{2}V_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}P$$

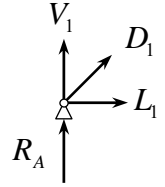
$$\text{(水平)} \quad U_1 + D_1 \cos 45^\circ = U_1 + \frac{D_1}{\sqrt{2}} = U_2 \quad \therefore U_1 = U_2 - \frac{D_1}{\sqrt{2}} = \frac{P}{2} - \frac{P}{2} = 0$$



6) A 点について、

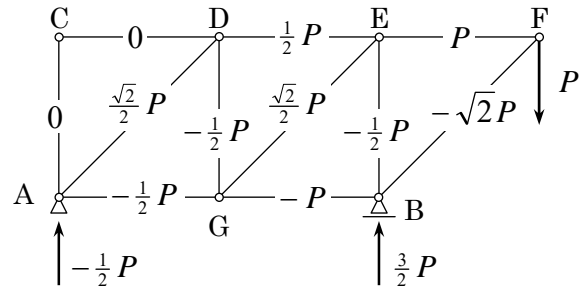
$$\text{(鉛直)} \quad V_1 + D_1 \sin 45^\circ + R_A = V_1 + \frac{D_1}{\sqrt{2}} - \frac{P}{2} = 0 \quad \therefore V_1 = -\frac{D_1}{\sqrt{2}} + \frac{P}{2} = -\frac{P}{2} + \frac{P}{2} = 0$$

$$\text{(水平)} \quad L_1 + D_1 \cos 45^\circ = L_1 + \frac{D_1}{\sqrt{2}} = -\frac{P}{2} + \frac{P}{2} = 0 \quad (\text{Check})$$



以上をまとめると、

$U_1 = 0$	$U_2 = \frac{P}{2}$	$U_3 = P$
$L_1 = -\frac{P}{2}$	$L_2 = -P$	
$V_1 = 0$	$V_2 = -\frac{P}{2}$	$V_3 = -\frac{P}{2}$
$D_1 = \frac{\sqrt{2}}{2}P$	$D_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}P$	$D_3 = -\sqrt{2}P$



となり、これを図示すると右図のようになる。

(2) 荷重 P を漸次増加させるとき、最初に座屈が発生する部材は、部材長が同じ場合は最大の圧縮力が作用する部材である。また、部材の支持条件は、すべて両端回転支持である。

(1) で求めた部材力から、部材長が l の場合は L_2 、部材長が $\sqrt{2}l$ の場合は D_3 が候補として挙げられる。それぞれについて、座屈発生時の荷重 P_E を求めると、次のようになる。

$$L_2 \text{ の場合は、 } P_E = \frac{\pi^2 EI}{l^2}$$

$$D_3 \text{ の場合は、 } \sqrt{2}P_E = \frac{\pi^2 EI}{(\sqrt{2}l)^2} = \frac{\pi^2 EI}{2l^2} \quad \therefore P_E = \frac{\pi^2 EI}{2\sqrt{2}l^2}$$

したがって、 D_3 の場合の方が、 L_2 の場合より座屈荷重が小さくなることがわかる。

よって、最初に座屈が発生する部材は、 D_3 すなわち **部材 BF** であり、そのときの荷重 P の大きさ P_E

は、 $P_E = \frac{\pi^2 EI}{2\sqrt{2}l^2}$ である。