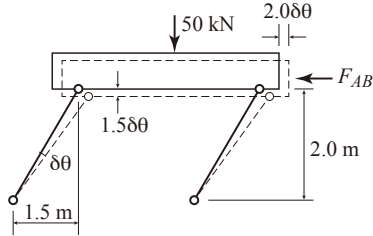


5章の問題

□ 1

(a) 軸力を知りたい部材 AB を切断し、部材に生じる圧縮応力 F_{AB} を左向きの力に置き換え、下の図のような機構が生じるものと仮定する。



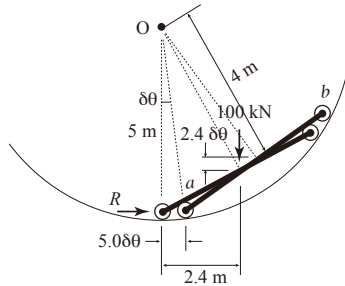
仮想仕事の原理より、

$$50 \times 1.5\delta\theta - F_{AB} \times 2.0\delta\theta = 0; (75 - 2F_{AB})\delta\theta = 0$$

$$\delta\theta \text{ をどのように選んでも成り立つためには, } 75 + 2F_{AB} = 0 \quad \therefore F_{AB} = 37.5 \text{ kN}$$

よって部材 AB の軸力は 37.5 kN (圧縮正) ■

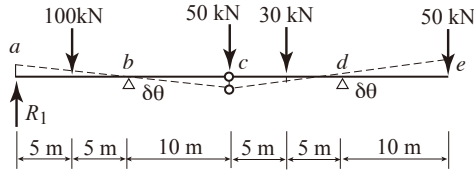
(b) 下の図のように円弧に沿って右に ab が移動すると仮定する。



$$\text{仮想仕事の原理より } R \times 5\delta\theta - 100 \times 2.4\delta\theta = 0$$

$$\delta\theta \text{ をどのように選んでも成り立つためには, } 5R - 240 = 0 \quad \therefore R = 48.0 \text{ kN (右向き正) } \blacksquare$$

(c) 支点 a の拘束を緩め、下の図のように ac が b を中心に $\delta\theta$ 時計回りに回転し、 ce は d を中心に反時計回りに $\delta\theta$ 回転する機構を仮定する。



仮想仕事の原理より、

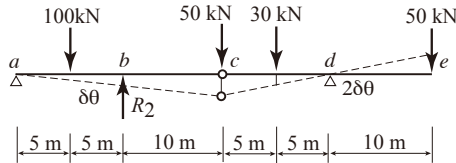
$$R_1 \times 10 \times (\delta\theta) - 100 \times 5 \times (\delta\theta) + 50 \times 10 \times (\delta\theta) + 30 \times 5 \times (\delta\theta) - 50 \times 10 \times (\delta\theta) = 0$$

$$(R_1 \times 10 - 100 \times 5 + 50 \times 10 + 30 \times 5 - 50 \times 10) \delta\theta = 0$$

$\delta\theta$ をどのように選んでも成り立つためには、

$$R_1 \times 10 - 100 \times 5 + 50 \times 10 + 30 \times 5 - 50 \times 10 = 0 \therefore R_1 = 35 \text{ kN} \quad (\text{上向き正}) \blacksquare$$

次に、支点 b の拘束を緩め、下の図のように ac が a を中心に $\delta\theta$ 時計回りに回転し、 ce は d を中心に反時計回りに $2\delta\theta$ 回転する機構を仮定する。



仮想仕事の原理より、

$$100 \times 5 \times (\delta\theta) - R_2 \times 10 \times (\delta\theta) + 50 \times 20 \times (\delta\theta) + 30 \times 5 \times (2\delta\theta) - 50 \times 10 \times (2\delta\theta) = 0$$

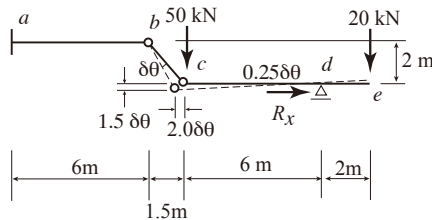
$$(100 \times 5 - R_2 \times 10 + 50 \times 20 + 30 \times 5 \times 2 - 50 \times 10 \times 2) \delta\theta = 0$$

$\delta\theta$ をどのように選んでも成り立つためには、

$$100 \times 5 - R_2 \times 10 + 50 \times 20 + 30 \times 5 \times 2 - 50 \times 10 \times 2 = 0 \therefore R_2 = 80 \text{ kN} \quad (\text{上向き正}) \blacksquare$$

(d)

知りたい反力 R_x に対応した支点 d の水平方向の拘束を解除して水平方向のローラーに置換して下の図のような機構を仮定する。 bc は b を中心に時計回りに $\delta\theta$ 回転し、その結果部材 cd は、 d を中心に反時計回りに $0.25\delta\theta$ 回転し、水平方向に左に $2.0\delta\theta$ 移動する。



仮想仕事の原理より

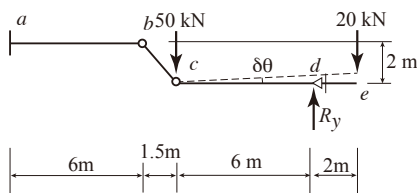
$$50 \times 1.5 \times \delta\theta - 20 \times 0.5 \times \delta\theta - R_x \times 2.0 \times \delta\theta = 0$$

$$(50 \times 1.5 - 20 \times 0.5 - R_x \times 2.0) \times \delta\theta = 0$$

$\delta\theta$ をどのように選んでも成り立つためには,

$$50 \times 1.5 - 20 \times 0.5 - R_x \times 2.0 = 0 \quad \therefore R_x = -65 \text{ kN} \quad (\text{右向き正}) \blacksquare$$

知りたい反力 R_y に対応した支点 d の鉛直方向の拘束を解除して鉛直方向のローラーに置換して下の図のような機構を仮定する。 cd は c を中心に反時計回りに $\delta\theta$ 回転する。



仮想仕事の原理より

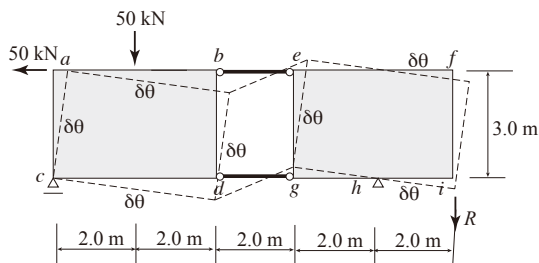
$$R_y \times 6 \times \delta\theta - 20 \times 8 \times \delta\theta = 0 \quad \delta\theta \text{ で整理すると } (R_y \times 6 - 20 \times 8) \delta\theta = 0$$

$\delta\theta$ をどのように選んでも成り立つためには,

$$R_y \times 6 - 20 \times 8 = 0 \quad \therefore R_y = -26.7 \text{ kN} \quad (\text{上向き正}) \blacksquare$$

(e)

知りたい反力 R に対応した支点 i の鉛直方向の拘束を解除して図のような機構を仮定する。面部材 $abdc$ と $efig$ は、平行で同じ長さのリンクで結合されているため、両者とも同じ方向に $\delta\theta$ 回転する。



仮想仕事の原理より

$$-50 \times 4 \times \delta\theta + 50 \times 2 \times \delta\theta + R \times 2 \times \delta\theta = 0$$

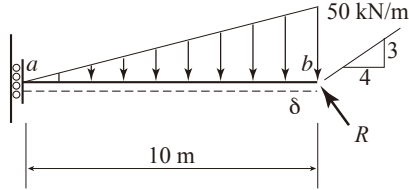
$$\delta\theta \text{で整理すると } (-50 \times 4 + 50 \times 2 + R \times 2) \delta\theta = 0$$

$\delta\theta$ をどのように選んでも成り立つためには,

$$-50 \times 4 + 50 \times 2 + R \times 2 = 0 \quad \therefore R = 50 \text{ kN (下向き正)} \blacksquare$$

(f)

知りたい反力 R に対応した支点 b のローラーの拘束を解除して、鉛直下向きに δ だけ移動する図のような機構を仮定する。



仮想仕事の原理より

$$\frac{1}{2} \times 50 \times 10 \times \delta - \frac{4}{5} \times R \times \delta = 0$$

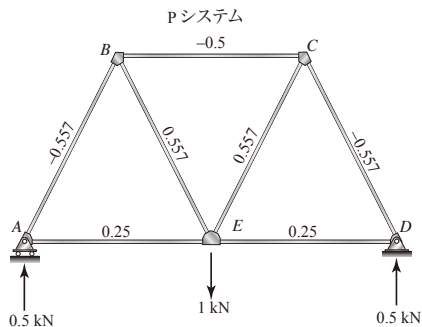
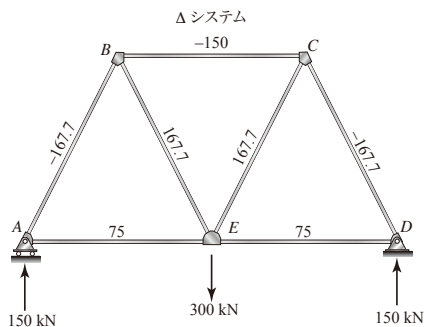
$$\delta \text{ で整理すると } \left(\frac{1}{2} \times 50 \times 10 - \frac{4}{5} \times R \right) \times \delta = 0$$

δ をどのように選んでも成り立つためには,

$$\frac{1}{2} \times 50 \times 10 - \frac{4}{5} \times R = 0 \quad \therefore R = 312.5 \text{ kN (ローラーに垂直な左上向き正)} \blacksquare$$

□ 2

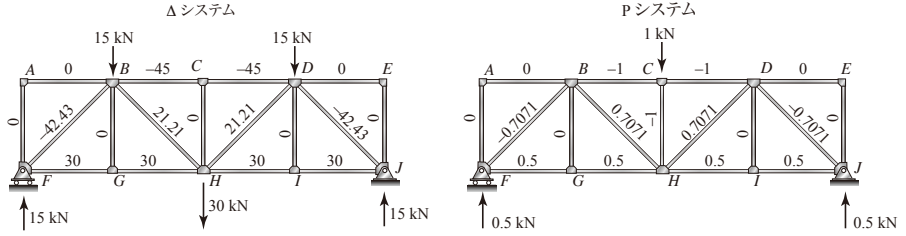
(a)



部材	l_i mm	A_{i2} mm ²	N_i kN	\bar{N}_i kN	$\bar{N}_i N_i (l_i / A_i)$ (kN) ² /mm
AB	8944.3	1500	-167.7	-0.557	557.0
CD	8944.3	1500	-167.7	-0.557	557.0
BE	8944.3	1500	167.7	0.557	557.0
EC	8944.3	1500	167.7	0.557	557.0
AE	8000	1500	75	0.25	100.0
ED	8000	1500	75	0.25	100.0
BC	8000	1500	-150	-0.5	400.0
$\sum \bar{N}_i N_i (l_i / E A_i) =$					13.47

$$v_E \cdot 1 = \frac{1}{E} \sum_{i=1}^7 N_i \frac{l_i}{A_i} \bar{N}_i = 13.47 \text{ kNmm} \quad \text{よって, } v_E = 13.47 \text{ mm (下向き正)}。$$

(b)

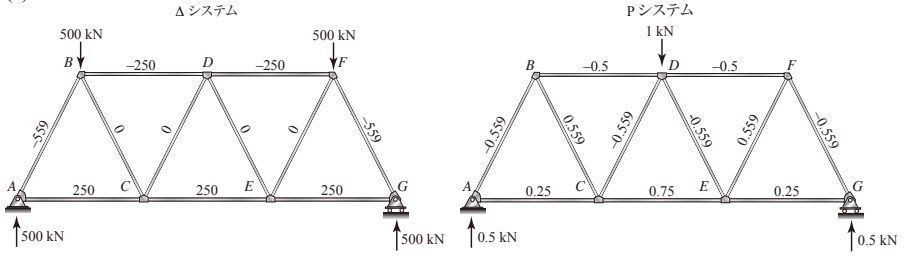


Δ システムの軸力も、P システムの軸力も両方がゼロでない部材のみを表に記入すると、

部材	l_i mm	A_i mm^2	N_i kN	\bar{N}_i kN	$\bar{N}_i N_i (l_i / A_i)$ $(\text{kN})^2 / \text{mm}$
BC	4000	1000	-45	-1	180.0
CD	4000	1000	-45	-1	180.0
FB	5557.8	1000	-42.43	-0.7071	166.7
DJ	5557.8	1000	-42.43	-0.7071	166.7
BH	5557.8	1000	21.21	0.7071	83.4
HD	5557.8	1000	21.21	0.7071	83.4
GH	4000	1000	30	0.5	60.0
HI	4000	1000	30	0.5	60.0
FG	4000	1000	30	0.5	60.0
IJ	4000	1000	30	0.5	60.0
$\sum \bar{N}_i N_i (l_i / E A_i) =$					5.24

$$v_C \cdot 1 = \frac{1}{E} \sum_{i=1}^{17} N_i \frac{l_i}{A_i} \bar{N}_i = 5.24 \text{ kNmm} \quad \text{よって、} v_C = 5.24 \text{ mm} \quad (\text{下向き正})。$$

(c)

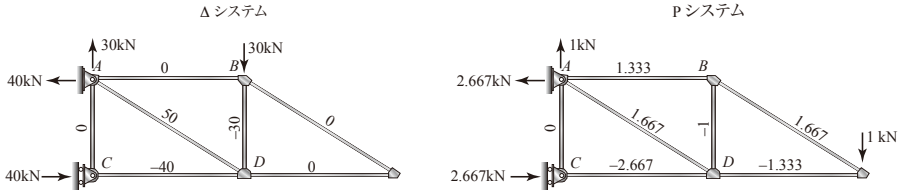


Δ システムの軸力も、P システムの軸力から、どちらもゼロでない部材のみを表に記すと、

部材	l_i mm	A_i mm ²	N_i kN	\bar{N}_i kN	$\bar{N}_i N_i (l_i / A_i)$ (kN) ² /mm
BD	6000	900	-250	-0.5	833.3
DF	6000	900	-250	-0.5	833.3
AB	6708.2	900	-559	-0.559	2329.1
FG	6708.2	900	-559	-0.559	2329.1
AC	6000	300	250	0.25	1250.0
CE	6000	300	250	0.75	3750.0
EG	6000	300	250	0.25	1250.0
$\sum \bar{N}_i N_i (l_i / E A_i) =$					59.88

$$v_D \cdot 1 = \frac{1}{E} \sum_{i=1}^{17} N_i \frac{l_i}{A_i} \bar{N}_i = 59.88 \text{ kNmm} \quad \text{よって, } v_D = 59.88 \text{ mm (下向き正)}。$$

(d)



△ システムの軸力も、P システムの軸力もどちらもゼロでない部材のみを表に記すと、

部材	l_i mm	A_i mm ²	N_i kN	\bar{N}_i kN	$\bar{N}_i N_i (l_i / A_i)$ (kN) ² /mm
AD	5000	1000	50	1.6667	416.7
BD	3000	1000	-30	-1	90.0
CD	4000	1000	-40	-2.6667	426.7
$\sum \bar{N}_i N_i (l_i / E A_i) =$					4.44

$$v_D \cdot 1 = \frac{1}{E} \sum_{i=1}^7 N_i \frac{l_i}{A_i} \bar{N}_i = 4.44 \text{ kNmm} \quad \text{よって、} v_D = 4.44 \text{ mm (下向き正)}。$$