

## 10 章の問題

□1

(a) 各層各柱ごとに、 $D$  値と反曲点高さ比  $\eta$  の計算を行う。

梁: $EI$ ( $k$ )	
柱 $EI$ ( $2k$ )	$\bar{k} = \frac{k+k}{2k_c} = \frac{2k}{4k} = 0.5$
	$a = \frac{0.5}{0.5+2} = 0.2$
	$D_1 = a k_c = 0.4k$
	$\eta_0 = 0.4$
	$\eta = \eta_0 + \eta_1 + \eta_2 = 0.4$
梁: $EI$ ( $k$ )	
柱 $EI$ ( $2k$ )	$\bar{k} = \frac{k+10k}{2k_c} = \frac{11k}{4k} = 2.75$
	$a = \frac{2.75}{2.75+2} = 0.579$
	$D = a k_c = 1.158k$
	$\eta_0 = 0.55$
	$\eta = \eta_0 + \eta_1 + \eta_2 = 0.4$
梁: $10EI$ ( $10k$ )	

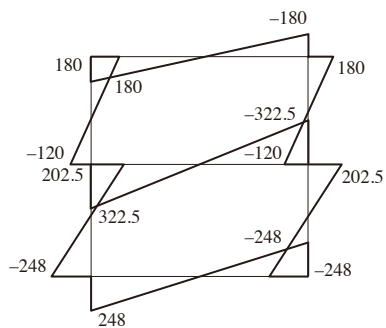
梁: $k$	
柱 $EI$ ( $2k$ )	$\bar{k} = \frac{k+k}{2k_c} = \frac{2k}{4k} = 0.5$
	$a = \frac{0.5}{0.5+2} = 0.2$
	$D_2 = a k_c = 0.4k$
	$\eta_0 = 0.4$
	$\eta = \eta_0 + \eta_1 + \eta_2 = 0.4$
梁: $10k$	
柱 $EI$ ( $2k$ )	$\bar{k} = \frac{k+10k}{2k_c} = \frac{11k}{4k} = 2.75$
	$a = \frac{2.75}{2.75+2} = 0.579$
	$D = a k_c = 1.158k$
	$\eta_0 = 0.55$
	$\eta = \eta_0 + \eta_1 + \eta_2 = 0.4$

次に層ごとに、柱の  $D$  値に比例するよう層せん断力を柱に分配し、当該層の各柱のせん断力  $V$  と柱の上下端の曲げモーメント  $M_b, M_t$  の計算を行う。

$D_1 = 0.4k$ $\Sigma D = 0.4 + 0.4 = 0.8k$ $V_1 = 200 \times \frac{D_1}{\Sigma D} = 100 \text{ kN}$ $M_{1b} = \eta l_c V = 0.4 \cdot 3 \cdot 100 = 120 \text{ kNm}$ $M_{1t} = (1 - \eta) l_c V = 0.6 \cdot 3 \cdot 100 = 180 \text{ kNm}$	
$D_2 = 0.4k$ $\Sigma D = 0.4 + 0.4 = 0.8k$ $V_2 = 200 \times \frac{D_2}{\Sigma D} = 100 \text{ kN}$ $M_{1b} = \eta l_c V = 0.4 \cdot 3 \cdot 100 = 120 \text{ kNm}$ $M_{1t} = (1 - \eta) l_c V = 0.6 \cdot 3 \cdot 100 = 180 \text{ kNm}$	

$D_1 = 1.158k$ $\Sigma D = 1.158 + 1.158 = 2.316k$ $V_1 = 300 \times \frac{D_1}{\Sigma D} = 150 \text{ kN}$ $M_{1b} = \eta l_c V = 0.55 \cdot 3 \cdot 150 = 248 \text{ kNm}$ $M_{1t} = (1 - \eta) l_c V = 0.45 \cdot 3 \cdot 150 = 202.5 \text{ kNm}$	
$D_2 = 1.158k$ $\Sigma D = 1.158 + 1.158 = 2.316$ $V_2 = 300 \times \frac{D_2}{\Sigma D} = 150 \text{ kN}$ $M_{2b} = \eta l_c V = 0.55 \cdot 3 \cdot 150 = 248 \text{ kNm}$ $M_{2t} = (1 - \eta) l_c V = 0.45 \cdot 3 \cdot 150 = 202.5 \text{ kNm}$	

節点における材端モーメントの釣り合いから、梁端モーメントを求め、これに基づいて曲げモーメント図を作成すると次の通りとなる。曲げモーメントの数値の単位は kNm とする。



(b)

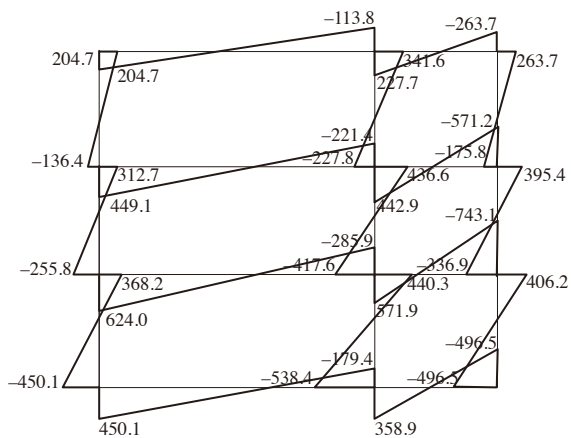
各部材の剛比 ( $k$ ) より、各層各柱ごとに  $D$  値と反曲点高さ比  $\eta$  の計算を行う。

梁: $2EI$ ( $= k$ )		梁: $EI$ ( $= 1.5k$ )			
柱: $EI$ ( $= k$ )	$\bar{k} = \frac{k+k}{2k} = 1.0$ $a = \frac{1.0}{1.0+2} = 0.333$ $D_1 = a k_c = 0.333k$ $\eta_0 = 0.4$ $\eta = \eta_0 + \eta_1 + \eta_2 = 0.4$ <p>梁: <math>2EI</math> (<math>= k</math>)</p>	柱: $EI$ ( $= k$ )	$\bar{k} = \frac{k+1.5k+k+1.5k}{2k} = 2.5$ $a = \frac{2.5}{2.5+2} = 0.556$ $D_2 = a k_c = 0.556k$ $\eta_0 = 0.44$ $\eta = \eta_0 + \eta_1 + \eta_2 = 0.44$ <p>梁: <math>EI</math> (<math>= 1.5k</math>)</p>	柱: $EI$ ( $= k$ )	$\bar{k} = \frac{1.5k+1.5k}{2k} = 1.5$ $a = \frac{1.5}{1.5+2} = 0.429$ $D_3 = a k_c = 0.429k$ $\eta_0 = 0.41$ $\eta = \eta_0 + \eta_1 + \eta_2 = 0.41$
柱: $EI$ ( $= k$ )	$\bar{k} = \frac{k+k}{2k} = 1.0$ $a = \frac{1.0}{1.0+2} = 0.333$ $D_1 = a k_c = 0.333k$ $\eta_0 = 0.45$ $\eta = \eta_0 + \eta_1 + \eta_2 = 0.45$ <p>梁: <math>2EI</math> (<math>= k</math>)</p>	柱: $EI$ ( $= k$ )	$\bar{k} = \frac{k+1.5k+k+1.5k}{2k} = 2.5$ $a = \frac{2.5}{2.5+2} = 0.556$ $D_2 = a k_c = 0.556k$ $\eta_0 = 0.44$ $\eta = \eta_0 + \eta_1 + \eta_2 = 0.44$ <p>梁: <math>EI</math> (<math>= 1.5k</math>)</p>	柱: $EI$ ( $= k$ )	$\bar{k} = \frac{1.5k+1.5k}{2k} = 1.5$ $a = \frac{1.5}{1.5+2} = 0.429$ $D_3 = a k_c = 0.429k$ $\eta_0 = 0.46$ $\eta = \eta_0 + \eta_1 + \eta_2 = 0.46$
柱: $EI$ ( $= k$ )	$\bar{k} = \frac{k+10k}{2k} = 5.5$ $a = \frac{5.5}{5.5+2} = 0.73$ $D_1 = a k_c = 0.73k$ $\eta_0 = 0.55$ $\eta = \eta_0 + \eta_1 + \eta_2 = 0.55$ <p>梁: <math>20EI</math> (<math>= 20k</math>)</p>	柱: $EI$ ( $= k$ )	$\bar{k} = \frac{k+1.5k+10k+15k}{2k} = 13.75$ $a = \frac{13.75}{13.75+2} = 0.873$ $D_2 = a k_c = 0.873k$ $\eta_0 = 0.55$ $\eta = \eta_0 + \eta_1 + \eta_2 = 0.55$ <p>梁: <math>10EI</math> (<math>= 15k</math>)</p>	柱: $EI$ ( $= k$ )	$\bar{k} = \frac{1.5k+15k}{2k} = 8.25$ $a = \frac{8.25}{8.25+2} = 0.805$ $D_3 = a k_c = 0.805k$ $\eta_0 = 0.55$ $\eta = \eta_0 + \eta_1 + \eta_2 = 0.55$

各層ごとに、層せん断力を柱の  $D$  値に比例するよう分配して、当該層の各柱のせん断力  $V_i$  を求め、柱の上端の曲げモーメント  $M_{ib} = \eta l_c V_i$ 、下端の曲げモーメント  $M_{it} = (1 - \eta) l_c V_i$  の計算を行う。

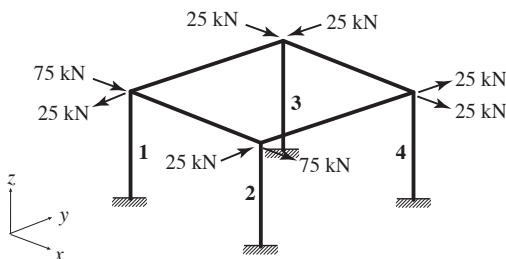
$D_1 = 0.333k$ $\Sigma D = 0.333 + 0.556 + 0.429 = 1.318$ $V_1 = 450 \times \frac{0.333}{\Sigma D} = 113.7 \text{ kN}$ $M_{1b} = 0.4 \cdot 3 \cdot 113.7 = 136.4 \text{ kNm}$ $M_{1t} = 0.6 \cdot 3 \cdot 113.7 = 204.7 \text{ kNm}$	$D_2 = 0.556k$ $\Sigma D = 0.333 + 0.556 + 0.429 = 1.318$ $V_2 = 450 \times \frac{0.556}{\Sigma D} = 189.8 \text{ kN}$ $M_{2b} = 0.4 \cdot 3 \cdot 189.8 = 227.8 \text{ kNm}$ $M_{2t} = 0.6 \cdot 3 \cdot 189.8 = 341.6 \text{ kNm}$	$D_3 = 0.429k$ $\Sigma D = 0.333 + 0.556 + 0.429 = 1.318$ $V_3 = 450 \times \frac{0.429}{\Sigma D} = 146.5 \text{ kN}$ $M_{3b} = 0.4 \cdot 3 \cdot 146.5 = 175.8 \text{ kNm}$ $M_{3t} = 0.6 \cdot 3 \cdot 146.5 = 263.7 \text{ kNm}$
$D_1 = 0.333k$ $\Sigma D = 0.333 + 0.556 + 0.429 = 1.318$ $V_1 = 750 \times \frac{0.333}{\Sigma D} = 189.5 \text{ kN}$ $M_{1b} = 0.45 \cdot 3 \cdot 189.5 = 255.8 \text{ kNm}$ $M_{1t} = 0.55 \cdot 3 \cdot 189.5 = 312.7 \text{ kNm}$	$D_2 = 0.556k$ $\Sigma D = 0.333 + 0.556 + 0.429 = 1.318$ $V_2 = 750 \times \frac{0.556}{\Sigma D} = 316.4 \text{ kN}$ $M_{2b} = 0.44 \cdot 3 \cdot 316.4 = 417.6 \text{ kNm}$ $M_{2t} = 0.56 \cdot 3 \cdot 316.4 = 436.6 \text{ kNm}$	$D_3 = 0.429k$ $\Sigma D = 0.333 + 0.556 + 0.429 = 1.318$ $V_3 = 750 \times \frac{0.429}{\Sigma D} = 244.1 \text{ kN}$ $M_{3b} = 0.46 \cdot 3 \cdot 244.1 = 336.9 \text{ kNm}$ $M_{3t} = 0.54 \cdot 3 \cdot 244.1 = 395.4 \text{ kNm}$
$D_1 = 0.730k$ $\Sigma D = 0.730 + 0.873 + 0.805 = 2.408$ $V_1 = 900 \times \frac{0.730}{\Sigma D} = 272.8 \text{ kN}$ $M_{1b} = 0.55 \cdot 3 \cdot 272.8 = 450.1 \text{ kNm}$ $M_{1t} = 0.45 \cdot 3 \cdot 272.8 = 368.2 \text{ kNm}$	$D_2 = 0.873k$ $\Sigma D = 0.730 + 0.873 + 0.805 = 2.408$ $V_2 = 900 \times \frac{0.873}{\Sigma D} = 326.3 \text{ kN}$ $M_{2b} = 0.55 \cdot 3 \cdot 326.3 = 538.4 \text{ kNm}$ $M_{2t} = 0.45 \cdot 3 \cdot 326.3 = 440.3 \text{ kNm}$	$D_3 = 0.805k$ $\Sigma D = 0.730 + 0.873 + 0.805 = 2.408$ $V_3 = 900 \times \frac{0.805}{\Sigma D} = 300.9 \text{ kN}$ $M_{3b} = 0.55 \cdot 3 \cdot 300.9 = 496.5 \text{ kNm}$ $M_{3t} = 0.45 \cdot 3 \cdot 300.9 = 406.2 \text{ kNm}$

節点における材端モーメントの釣り合いから、梁端モーメントを求める。節点の左右に梁部材が接続する場合には、梁端モーメントは剛比に比例して分配する。これに基づいて曲げモーメント図を作成すると次の通りとなる。曲げモーメントの数値の単位は kNm とする。



□ 2

それぞれの柱頭に分配される水平力は次のようになる。



以下，その算定の手順について述べる。

柱の位置の $x$ 座標と $y$ 座標は，部材1が $(-3, -3)$ ，部材2が $(3, -3)$ ，部材3が $(-3, 3)$ ，部材4が $(3, 3)$ とする。対称性より，剛心位置は平面の重心位置に等しく $x$ 座標と $y$ 座標は， $(0, 0)$ である。

柱の剛度はすべて $k_c \left( = \frac{EI}{4} \right)$ とする。柱の上下端が固定であることから $a = 1$ である。

り，各柱の $D_{ix}$ と $D_{iy}$ はすべて $k_c$ である。

外力：

$$V_x = \sum V_{ix} = 200 \text{ kN}$$

$$V_y = \sum V_{iy} = 0 \text{ kN}$$

$$M_t = \sum y_i V_{ix} - \sum x_i V_{iy} = -3 \times 200 = -600 \text{ kNm (時計回り正)}$$

各柱のせん断力 $V_{ix}$   $V_{iy}$ は，次の式10.22a と式10.22b で求めることができる。

$$V_{ix} = \frac{D_{ix}}{\Sigma D_{ix}} V_x + \frac{y_i D_{ix}}{I_p} M_t \quad V_{iy} = \frac{D_{iy}}{\Sigma D_{iy}} V_y - \frac{x_i D_{iy}}{I_p} M_t$$

ここに，

$$\Sigma D_{ix} = 4k_c, \quad \Sigma D_{iy} = 4k_c,$$

横力分布係数の極二次モーメント $I_p$ は，

$$I_p = \sum y_i^2 D_{ix} + \sum x_i^2 D_{iy} = 4 \times (3^2 \times k_c) + 4 \times (3^2 \times k_c) = 72k_c$$

部材1：

$$V_{1x} = \frac{k_c}{4k_c} \times 200 + \frac{(-3) \times k_c}{72k_c} \times (-600) = 50 + 25 = 75 \text{ kN}$$

$$V_{1y} = \frac{k_c}{4k_c} \times 0 - \frac{(-3) \times k_c}{72k_c} \times (-600) = -25 \text{ kN}$$

部材2：

$$V_{2x} = \frac{k_c}{4k_c} \times 200 + \frac{(-3) \times k_c}{72k_c} \times (-600) = 50 + 25 = 75 \text{ kN}$$

$$V_{2y} = \frac{k_c}{4k_c} \times 0 - \frac{3 \times k_c}{72k_c} \times (-600) = 25 \text{ kN}$$

部材3：

$$V_{3x} = \frac{k_c}{4k_c} \times 200 + \frac{3 \times k_c}{72k_c} \times (-600) = 50 - 25 = 25 \text{ kN}$$

$$V_{3y} = \frac{k_c}{4k_c} \times 0 - \frac{(-3) \times k_c}{72k_c} \times (-600) = -25 \text{ kN}$$

部材4：

$$V_{2x} = \frac{k_c}{4k_c} \times 200 + \frac{3 \times k_c}{72k_c} \times (-600) = 50 - 25 = 25 \text{ kN}$$

$$V_{2y} = \frac{k_c}{4k_c} \times 0 - \frac{3 \times k_c}{72k_c} \times (-600) = 25 \text{ kN}$$