

No. 113 崩壊荷重（２層ラーメン）

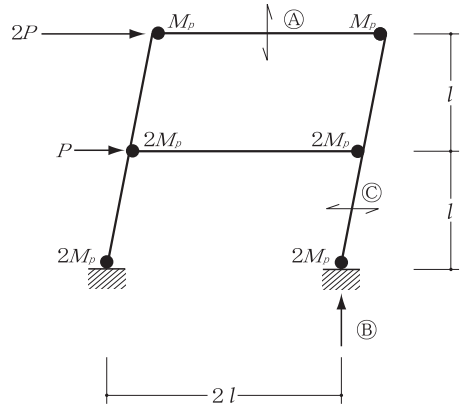
A

□□□

H2304

図は二層の骨組に水平力 P 及び $2P$ が作用したときの崩壊メカニズムを示したものである。次の記述のうち、**最も不適当なもの**はどれか。ただし、梁の全塑性モーメントは M_p 又は $2M_p$ とし、１階柱の柱脚の全塑性モーメントは $2M_p$ とする。

1. 梁のせん断力①は、 $\frac{M_p}{l}$ である。
2. 支点反力②は、 $\frac{3M_p}{l}$ である。
3. 柱のせん断力③は、 $\frac{3M_p}{l}$ である。
4. 水平力 P は、 $\frac{4M_p}{l}$ である。



解 説

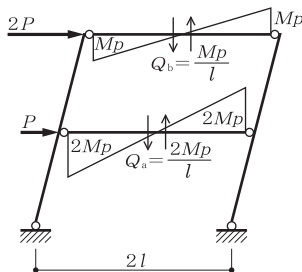
設問は不静定構造物であり、最初に反力を求められないため、設問で与えられている全塑性モーメントを糸口に応力、反力を求めていく。

具体的には、梁の両端の曲げモーメント（これが全塑性モーメント）から梁のせん断力が分かり、そこから柱の軸力や鉛直反力が分かる。

また、全塑性モーメントから仮想仕事の原理を用いて崩壊荷重 P 、 $2P$ が分かる。

1. 屋上階梁のせん断力 Q_b は、梁の両端の曲げモーメントの和をスパンで除して求められる。

$$Q_b = \frac{M_p + M_p}{2l} = \frac{M_p}{l} \quad (1. \text{は適当})$$



2. 1.と同様に、2階梁のせん断力 Q_a は、次式で求められる。

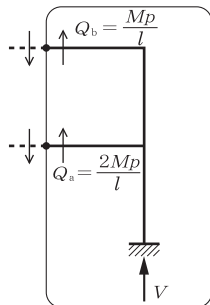
$$Q_a = \frac{2M_p + 2M_p}{2l} = \frac{2M_p}{l}$$

鉛直反力 V は、

$$Q_a = \frac{2M_p}{l} \text{ と } Q_b = \frac{M_p}{l} \text{ の和に等しい。}$$

したがって、

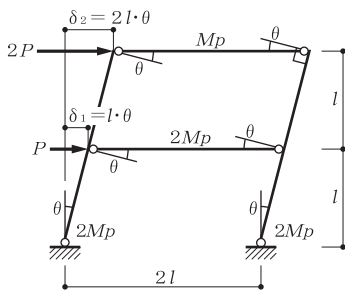
$$V = Q_a + Q_b = \frac{2M_p}{l} + \frac{M_p}{l} = \frac{3M_p}{l} \quad (2. \text{は適当})$$



4. 崩壊荷重 P は、仮想仕事の原理（外力の仕事と内力の仕事は等しい）から求められる。柱の回転角を θ とすると、各塑性ヒンジの回転角は、図のようになる。

①外力による仕事

$$\begin{aligned} &= 2P \times \delta_2 + P \times \delta_1 \\ &= 2P \times 2l \cdot \theta + P \times l \cdot \theta \\ &= 5Pl\theta \end{aligned}$$



②内力による仕事

$$\begin{aligned}
 &= 2 \times M_p \times \theta \text{ (屋上階床梁両端)} + 2 \times 2 M_p \times \theta \text{ (2階床梁両端)} \\
 &\quad + 2 \times 2 M_p \times \theta \text{ (1階両柱脚)} \\
 &= 10 M_p \theta
 \end{aligned}$$

「外力による仕事」＝「内力による仕事」であるから、

$$5 P l \theta = 10 M_p \theta$$

$$\therefore P = \frac{2 M_p}{l}$$

したがって、4. は不適當である。

3. 崩壊荷重 P 、 $2 P$ の和は、1階左右の柱のせん断力の和に等しい。また、1階左右の柱のせん断力は等しい。

したがって、

$$P + 2 P = 2 \times Q_c$$

$$\therefore Q_c = \frac{3}{2} P$$

4. から $P = \frac{2 M_p}{l}$ と分かっているので

$$Q_c = \frac{3}{2} P = \frac{3}{2} \times \frac{2 M_p}{l} = \frac{3 M_p}{l} \quad (3. \text{ は適當})$$

したがって、正答は4である。

