

No. 110 崩壊荷重（1層ラーメン）

B

□□□

H2804

図-1のような鉛直荷重100kN、水平荷重 P を受けるラーメンにおいて、水平荷重 P を増大させたとき、荷重 P_u で塑性崩壊に至り、図-2のような崩壊機構を示した。 P_u の値として、正しいものは、次のうちどれか。ただし、柱、梁の全塑性モーメント M_p の値をそれぞれ300kN・m、200kN・mとする。

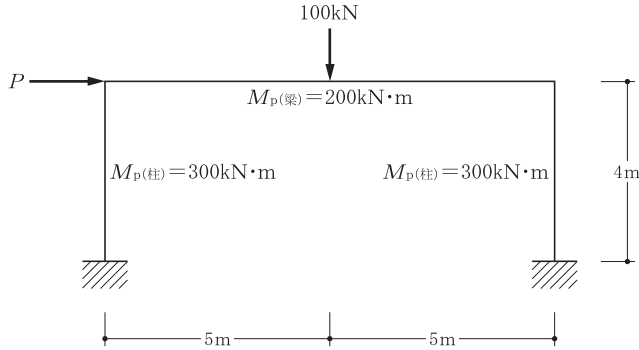


図-1

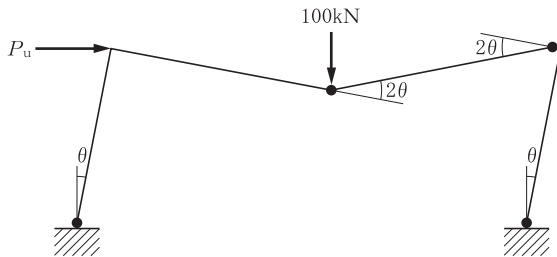


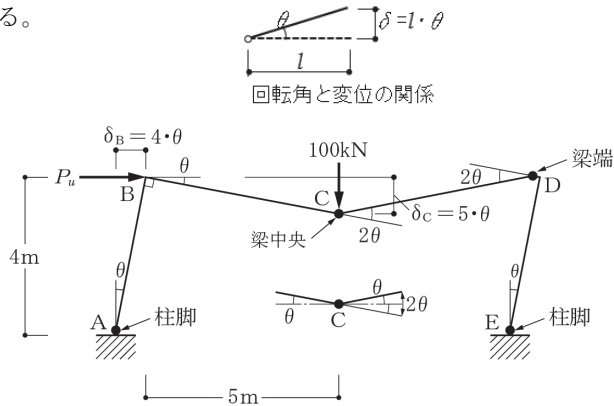
図-2

1. 200kN
2. 225kN
3. 250kN
4. 275kN

解 説

全塑性時の崩壊荷重 P_u は、仮想仕事の原理（外力の仕事と内力の仕事は等しい）から求めることができる。外力の仕事は、崩壊荷重 P_u による仕事量であり、「崩壊荷重×変位量」で求める。また、内力の仕事は、全塑性モーメント M_p による仕事量であり、「全塑性モーメント×回転角」で求める。本問においては、左柱脚の回転角を θ とし、幾何学的関係から「各塑性ヒンジの回転角」が与えられている。「崩壊荷重 P_u の変位量 δ 」も全て θ を用いて表す。

この際、「崩壊荷重 P_u の変位量 δ 」を求めるには図の「回転角と変位の関係」を利用する。



与えられた各節点の回転角は、図のとおりであるので、この関係から仮想仕事の原理を用いて、崩壊荷重 P_u を求める。

《外力の仕事「崩壊荷重 P_u × 変位量 δ 」》

外力の仕事は、B点とC点で生じる。

$$\begin{aligned} \text{外力 } P_u \text{ による仕事} &= P_u \times \delta_B + 100\text{kN} \cdot \text{m} \times \delta_C \\ &= P_u \times 4\text{ m} \cdot \theta + 100\text{kN} \times 5\text{ m} \cdot \theta \end{aligned}$$

《内力の仕事「塑性ヒンジの全塑性モーメント M_p × 回転角 θ 」》

全塑性モーメントを保有したまま、回転することによる仕事量であるので、各塑性ヒンジの仕事量の合計である。このとき、塑性ヒンジを形成しているのは、両柱の柱脚(A点、E点)と梁中央(C点)、梁右端(D点)の4箇所であることを注意する。

内力 M_p による仕事

$$\begin{aligned} &= 300\text{kN}\cdot\text{m}\times\theta \text{ (左柱脚)} + 200\text{kN}\cdot\text{m}\times 2\theta \text{ (梁中央)} \\ &\quad + 200\text{kN}\cdot\text{m}\times 2\theta \text{ (梁右端)} + 300\text{kN}\cdot\text{m}\times\theta \text{ (右柱脚)} \\ &= 1,400\text{kN}\cdot\text{m}\cdot\theta \end{aligned}$$

《外力の仕事＝内力の仕事》

$$P_u \times 4\text{ m}\cdot\theta + 100\text{kN}\cdot\text{m}\times 5\text{ m}\cdot\theta = 1,400\text{kN}\cdot\text{m}\cdot\theta$$

$$P_u \times 4\text{ m} = 1,400\text{kN}\cdot\text{m} - 500\text{kN}\cdot\text{m}$$

$$\therefore P_u = \frac{900\text{kN}\cdot\text{m}}{4\text{m}} = 225\text{kN}$$

正答は 2. である。