



基礎 139 話 No.4 門型ラーメンの崩壊荷重 定鉛直荷重 + 増加水平荷重

付 28 話参照
ex135_3

前回の最後でお話しした結果を元に、曲げモーメント図を描くと図 8 となる。同図から分かるように、曲げモーメントが節点 2-4 間で M_p を越えているため、これは静的許容ではない。図 8 の曲げモーメント分布を 1/2 倍すると、静的許容曲げモーメント分布を得ることができる。これと釣合う荷重は層機構の値を 1/2 倍することによって得られる。荷重係数は、

$$\rho^- = \frac{1}{2} \cdot \frac{4M_p}{Pl} = \frac{2M_p}{Pl} < \rho_p = \frac{3M_p}{Pl}$$

となり、崩壊荷重係数より低い値であることが分かる。このモーメント図は静的許容場であるが、極限解析の下界定理より、真の崩壊荷重を表していないことが分かる。

前例では比例荷重を受ける骨組の極限解析法について、上下界定理を応用して崩壊荷重係数を求めた。しかし、実際の建築構造は固定荷重、積載荷重など、一定の鉛直荷重を常時受けており、これに地震力や風圧力が付加されることになる。従って、激震時や暴風時などの極限荷重を求めるには、定鉛直荷重と比例水平荷重を受ける骨組の極限解析を行う必要がある。定荷重と比例荷重が混在する場合にも、前例と同様、上下界定理を用いて崩壊荷重係数を求めることができる。

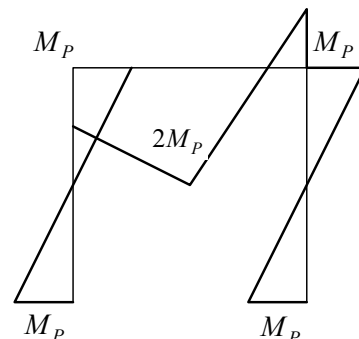


図 8 静的許容でない曲げモーメント分布

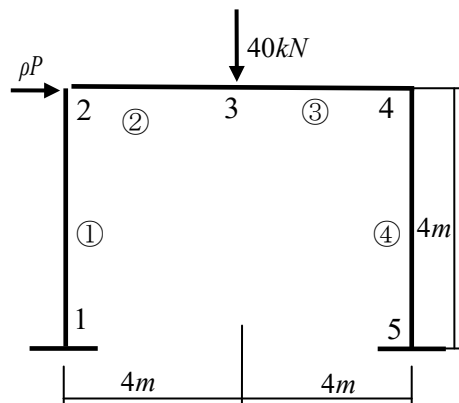


図 9 支持部固定で、定鉛直荷重と水平荷重を受ける骨組の崩壊荷重

R61 : 定荷重と比例荷重がある場合の極限定理

1 組の定荷重に対して塑性崩壊しない骨組が、その定荷重の元で比例荷重を受けるとき、その崩壊状態についても極限解析の上下界定理が成立する

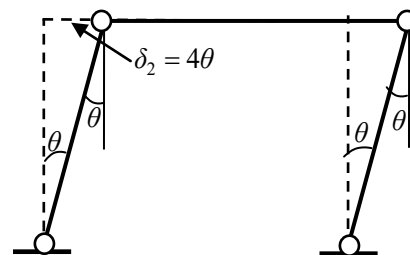
3) 両端固定支持骨組の崩壊解析 定鉛直荷重と増加水平荷重

ex135_3

ここでは、図 9 の定鉛直荷重と増加水平荷重を受ける骨組を用いて、崩壊荷重係数を求める方法を学ぶ。部材の全塑性モーメントとして、左柱は $M_p = 40kNm$ 、右柱は $M_p = 30kNm$ 、梁は $M_p = 90kNm$ とする。また、水平荷重 ρP で、ここでは $P = 1kN$ としており、崩壊時における荷重係数 ρ が崩壊荷重の値に等しくなる。

最初に、上図の骨組が定鉛直荷重によって、梁機構で崩壊しないことを確かめる。崩壊を梁機構と仮定し、図 5(a)を参考にする、外力仕事と内力仕事は次式で表される。

$$\text{外力仕事} : W_o = \bar{\rho} 40 \cdot 4\theta = \bar{\rho} 160\theta$$



(a) 層機構

内力仕事： $W_i = M_p(\theta + 2\theta + \theta) = 90 \cdot 4\theta = 360\theta$

上記の外力仕事の項では、水平荷重は仕事をしないことに注意されたい。また、鉛直荷重に荷重係数 ρ を掛けて外力仕事を計算しており、外力仕事と内力仕事が等しいことより、荷重係数は $\rho = 2.25$ となり、崩壊するためには $P_{cr} = P\rho = 40 \cdot 2.25 = 90kN$ 必要となる。このことは、実際の鉛直荷重が定荷重の $40kN$ であることから、この骨組は鉛直荷重によって崩壊しないことが分かる。

次に、図 10 の層機構と複合機構の 2 種の崩壊機構に対して、仮想仕事の原理を用いて崩壊荷重係数の上界を求める。崩壊荷重係数は、まず層機構について、仮想仕事の原理より

$$\rho^+ \cdot 4\theta = 40\theta + 40\theta + 30\theta + 30\theta \rightarrow \rho^+ = 35$$

となり、また、複合機構についても同様に、

$$\rho^+ \cdot 4\theta + 40 \cdot 4\theta = 40\theta + 90 \cdot 2\theta + 30 \cdot 2\theta + 30\theta \rightarrow \rho^+ = 37.5$$

として得られる。ただし、節点 4 では柱の全塑性モーメントが梁のそれを下回っていることから、柱に塑性ヒンジが先に生じるものとしている。上記 2 つの解から、層崩壊による値が最小の上界を与えることが分かる。

次に、層崩壊時における曲げモーメント分布を求めてみよう。未定は節点 3 の曲げモーメントであり、この値を力の釣合から求める。まず、支持点 1 と 5 における反力を求める。水平反力及びモーメント反力は、柱脚の断面力との釣合より、次式で与えられる。

$$M_1 = 40kNm; \quad M_5 = 30kNm; \quad H_1 = 20kN; \quad H_5 = 15kN$$

また、節点 5 の鉛直反力 R_5 は、節点 1 でのモーメントの釣合より、次式で与えられる。

$$\begin{aligned} M &= -M_1 - M_5 - 8R_5 + 40 \cdot 4 + \rho \cdot 4 = 0 \rightarrow \\ 8R_5 &= -40 - 30 + 160 + \rho \cdot 4 \rightarrow \\ R_5 &= (90 + 35 \cdot 4) / 8 = 28.75kN \end{aligned}$$

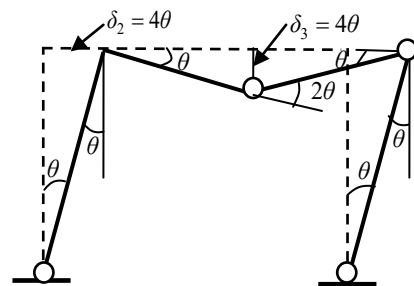
次に、節点 3 で切断し、節点 5 を含む閉曲線で囲まれた外力と反力及び切断された部材の断面力との釣合より、図 11 の M_3 は

$$\begin{aligned} M_3 &= M_5 + 4R_5 - 4H_5 = 0 \\ &= 30 + 4 \cdot 28.75 - 4 \cdot 15 = 85kNm < 90 \end{aligned}$$

となり、これによって静的許容であることが確認できる。従って、崩壊荷重係数は次式となり、

$$\rho_p = 35$$

骨組が崩壊する際の水平外力は $P_{cr} = \rho_p P = 35kN$ となることが理解できる。崩壊時の曲げモーメント分布は図 12 のようになる。



(b) 複合機構

図 10 定鉛直荷重と水平荷重を受ける骨組の崩壊機構 (メカニズム)

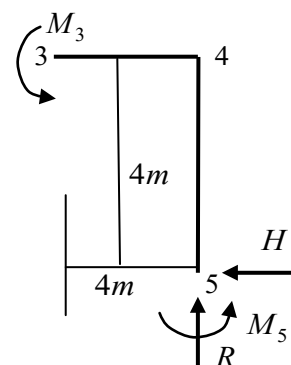


図 11 閉曲線内のモーメントの釣合

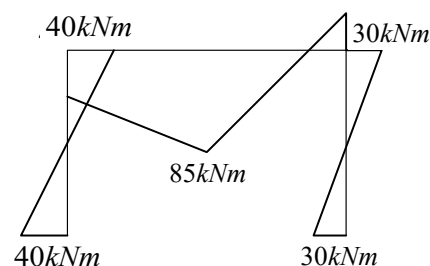


図 12 塑性崩壊時の曲げモーメント図