



基礎 88 話 No.3 2 スパン・2 層骨組＋ 梁中央集中荷重と柱頭水平荷重

付 19 話参照
ex88_1

今回は、例題を通して機械的作表法を学ぶことにする。

3) 2 層 2 スパン固定支持骨組

ex88_1

例題の骨組は図 6 に示す 2 層 2 スパンの骨組で、境界条件は固定支持である。節点番号の振り方、及び部材の剛比は図に示されている。荷重や剛比は、現実の骨組とは異なり、計算し易いように設定されている。

最初に、鉛直荷重による基本応力を求める。基本応力は、部材長さが異なる 2 種の梁について、以下のように計算される。

1) 部材長さ 4m の梁の基本応力：

$$C_4 = \frac{Pl}{8} = \frac{50 \cdot 4}{8} = 25kNm; \quad M_0 = \frac{Pl}{4} = 50kNm; \quad Q = \frac{P}{2} = 25kN$$

2) 部材長さ 6m の梁の基本応力：

$$C_6 = \frac{Pl}{8} = \frac{50 \cdot 6}{8} = 37.5kNm; \quad M_0 = \frac{Pl}{4} = 75kNm; \quad Q = \frac{P}{2} = 25kN$$

骨組の自由度は、節点 1, 2, 3 は固定支持であるため、回転角が 6、また層の部材角が 2 自由度で計 8 自由度である。また、荷重項には鉛直方向の部材荷重と節点水平荷重があり、節点方程式にも層方程式にも値が入ることになる。以下に、表 2 を参照して、全体釣合式を構築する。

表 5 例題の骨組の全体釣合式

		φ_4	φ_5	φ_6	φ_7	φ_8	φ_9	ψ_1	ψ_2	荷重項
節点方程式	4	10	2		1			2	1	25
	5	2	14	2		1		2	1	12.5
	6		2	10			1	2	1	-37.5
	7	1			4	1			1	25
	8		1		1	6	1		1	12.5
	9			1		1	4		1	-37.5
層方程式	1 層	2	2	2				4		-600
	2 層	1	1	1	1	1	1		2	-200

後は、上の 8 元の連立方程式を解いて、骨組節点の回転角と柱の部材角を求める。この変位をたわみ角法の基本式に代入し、部材両端の材端

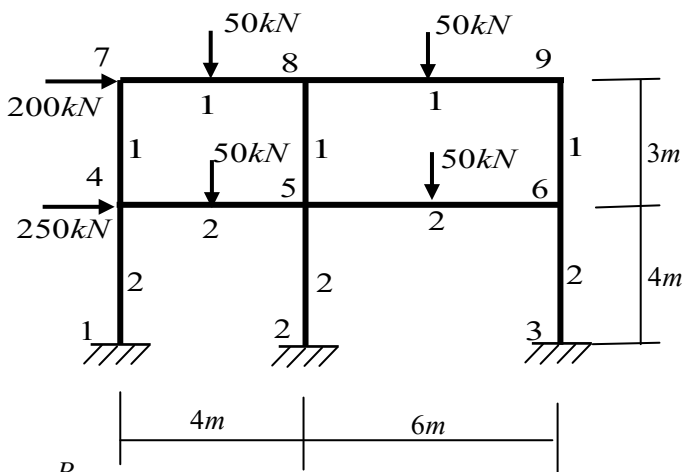


図 6 例題の骨組と荷重

単位系が重要、 C, M_0, Q が kNm, kN の単位を持つと、解析結果の φ, ψ も同じ単位である kNm を持つ。

力を求める。骨組全体の釣合式は、一般には手で解くことは困難であり、ここでは添付ファイルの Excel VBA による連立方程式を解くプログラムを用いる。その結果が右欄外に示される。

上の変位を各部材のたわみ角法の基本式に代入し、部材の材端モーメントを求める。まず、柱の材端モーメントは、

$$M_{14} = 2(\varphi_4 + \psi_1) = 2(58.05 - 220.79) = -325.48kNm$$

$$M_{41} = 2(2\varphi_4 + \psi_1) = 2(2 \cdot 58.05 - 220.79) = -209.38kNm$$

$$M_{25} = 2(\varphi_5 + \psi_1) = 2(30.28 - 220.79) = -381.02kNm$$

$$M_{52} = 2(2\varphi_5 + \psi_1) = 2(2 \cdot 30.28 - 220.79) = -320.46kNm$$

$$M_{36} = 2(\varphi_6 + \psi_1) = 2(53.24 - 220.79) = -335.10kNm$$

$$M_{63} = 2(2\varphi_6 + \psi_1) = 2(2 \cdot 53.24 - 220.79) = -228.62kNm$$

$$\begin{Bmatrix} \varphi_4 \\ \varphi_5 \\ \varphi_6 \\ \varphi_7 \\ \varphi_8 \\ \varphi_9 \\ \psi_1 \\ \psi_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 58.05 \\ 30.28 \\ 53.24 \\ 39.86 \\ 21.88 \\ 25.44 \\ -220.79 \\ -214.38 \end{Bmatrix}$$

他の柱の材端モーメント及び梁の材端モーメント、及び部材荷重の加わる材の中央の曲げモーメント、せん断力などは、長くなるので読者の演習とする。部材の軸力であるが、先に述べたように、たわみ角法では軸方向の変位を無視しているため、自動的に決定できない。そこで、各節点で、外力とせん断力及び軸力との力の釣合より求めることになる。ここでは左上の節点より順次計算すれば良い。これも読者の演習とする。

以上の計算で求めた曲げモーメント、せん断力、軸力より、骨組の曲げモーメント図、及びせん断力図、軸力図を右欄に示す。

各層の床位置における水平変位は、部材角を用いて次のように求められる。ここでは、標準剛度とする部材の断面二次モーメントは12800 cm⁴、ヤング係数は 20500kN/cm²とする。まず、断面二次モーメントとヤング係数を用いて、標準剛度の値を求める。

$$K_0 = \frac{2EI}{h_2} = \frac{2 \cdot 20500 \cdot 12800}{300} = 1.7493 \cdot 10^6$$

次に、以下に各階の水平変位を求める。ここでは、 ψ の単位が $kNcm$ に変換されていることに注意されたい。

$$\delta_1 = R_1 h_1 = \frac{-\psi_1 h_1}{-3K_0} = \frac{220.79 \cdot 100 \cdot 400}{3 \cdot 1.7493 \cdot 10^6} = \frac{8.832 \cdot 10^6}{5.2479 \cdot 10^6} = 1.683cm$$

$$\delta_2 = \delta_1 + R_2 h_2 = 1.683 + \frac{-\psi_2 h_2}{-3K_0}$$

$$= 1.683 + \frac{214.38 \cdot 100 \cdot 300}{3 \cdot 1.7493 \cdot 10^6} = 1.683 + \frac{6.431 \cdot 10^6}{5.2479 \cdot 10^6} = 2.908cm$$

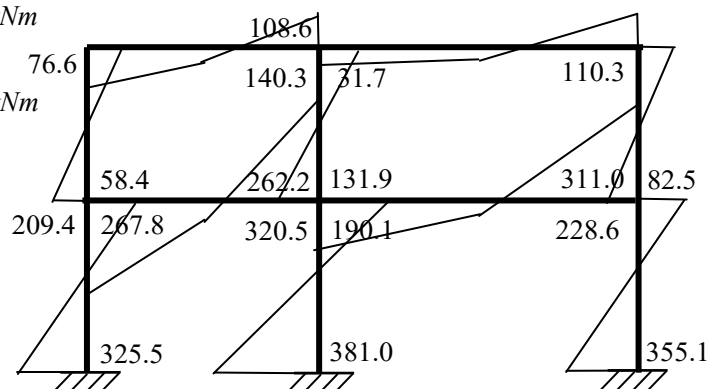


図 7 曲げモーメント図

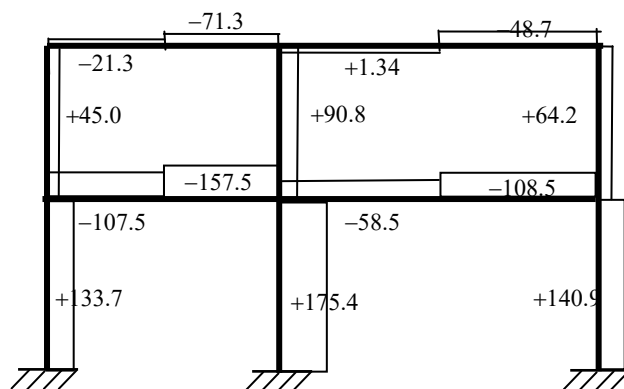


図 8 せん断力図

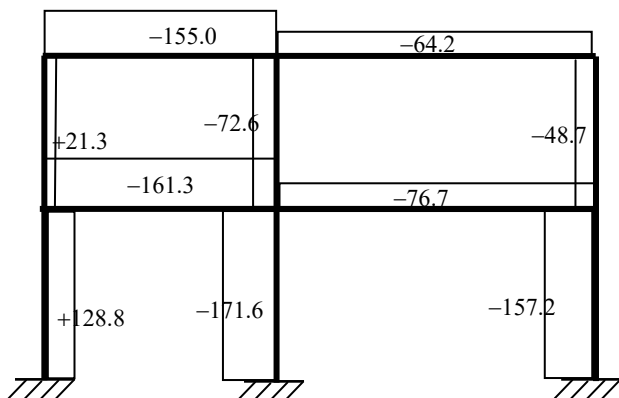


図 9 軸力図