



基礎 9 6 話 No.8 2 層柱抜け骨組の数値解析例

付 20 話参照
ex95_1

今回も、前回の異形ラーメンに関する応力解析の続きであり、2つの課題の数値計算を行う。

前回求めた回転角と独立部材角を、境界を考慮した基本式に代入し、部材の材端モーメントを求める。

$$\begin{aligned}
 M_{12} &= k_1(\varphi_2 + \psi'_1) = (47.63 - 115.25) = -67.62 \\
 M_{21} &= k_1(2\varphi_2 + \psi'_1) = (2 \cdot 47.63 - 115.25) = -19.99 \\
 M_{23} &= k_2(2\varphi_2 + \varphi_3 + \psi'_2) = 0.9487(2 \cdot 47.63 - 19.49 - 54.75) = 19.94 \\
 M_{32} &= k_2(2\varphi_3 + \varphi_2 + \psi'_2) = 0.9487(-2 \cdot 19.49 + 47.63 - 54.75) = -43.74 \\
 M_{34} &= k_2(2\varphi_3 + \varphi_4 - \psi'_2) = 0.9487(-2 \cdot 19.49 + 30.35 + 54.75) = 43.75 \\
 M_{43} &= k_2(2\varphi_4 + \varphi_3 - \psi'_2) = 0.9487(2 \cdot 30.35 - 19.49 + 54.75) = 91.03 \\
 M_{45} &= k_1(2\varphi_4 + \psi'_1 + \frac{2h_2}{h_1}\psi'_2) = (2 \cdot 30.35 - 115.25 - 54.75 \cdot 2/3) = -91.05 \\
 M_{54} &= k_1(\varphi_4 + \psi'_1 + \frac{2h_2}{h_1}\psi'_2) = (30.35 - 115.25 - 54.75 \cdot 2/3) = -121.40
 \end{aligned}
 \quad \dots(70)$$

$$\begin{Bmatrix} \varphi_2 \\ \varphi_3 \\ \varphi_4 \\ \psi'_1 \\ \psi'_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 47.63 \\ -19.49 \\ 30.35 \\ -115.25 \\ -54.75 \end{Bmatrix}$$

節点 2 の水平方向変位と節点 3 の鉛直方向変位は、

$$\begin{aligned}
 \delta_2 &= R_1 h_1 = \frac{\psi'_1 h_1}{-3K_0} = \frac{-115.25 \cdot 100 \cdot 300}{-3 \cdot 3.212 \cdot 10^6} = 0.358 \text{ cm} \\
 \delta_3 &= R_2 \frac{l}{2} = \frac{\psi'_2 l}{-3K_0} = \frac{-54.75 \cdot 100 \cdot 600}{-3 \cdot 3.212 \cdot 10^6} = 0.170 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

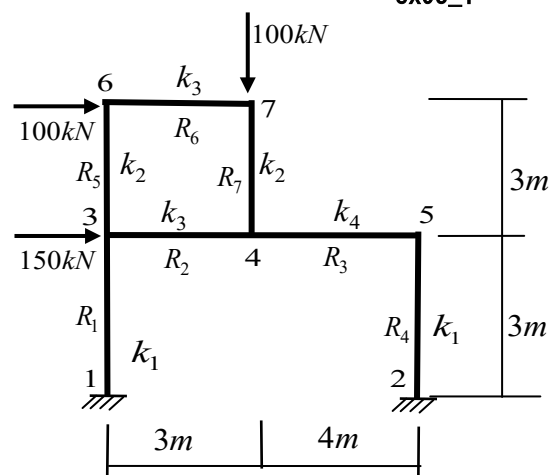
となる。上記の結果は前例の材端モーメントと節点変位と同じであり、独立部材角を交換しても正確な解が得られることが分かる。ただし、以前述べたように、独立部材角の選択には特に注意する必要がある。

2) 柱抜けのある骨組

ex95_1

次に、課題 2 として図 10 の骨組を、たわみ角法を用いて応力解析を行い、断面力図を求める。部材は全て同じ H 型断面を使用する。材質は SS400、断面は H400x200x8x13 とする。使用する独立部材角は R_1, R_2, R_5 である。ここでは、1 階柱の剛比 k_1 を 1 とすると梁及び他の部材の剛比は以下のようなものである。

$$\begin{aligned}
 l_1 &= 3\text{m}; l_2 = 4\text{m}; h_1 = h_2 = 3\text{m} \\
 K_0 &= \frac{2EI}{h_1}; K_4 = \frac{2EI}{l_2}; k_1 = k_2 = k_3 = 1 \\
 k_4 &= \frac{K_4}{K_0} = \frac{l_1}{l_2} = \frac{300}{400} = 0.75; \frac{l_1}{l_2} = 0.75; \left(\frac{l_1}{l_2}\right)^2 = 0.5625
 \end{aligned}
 \quad \dots(71)$$



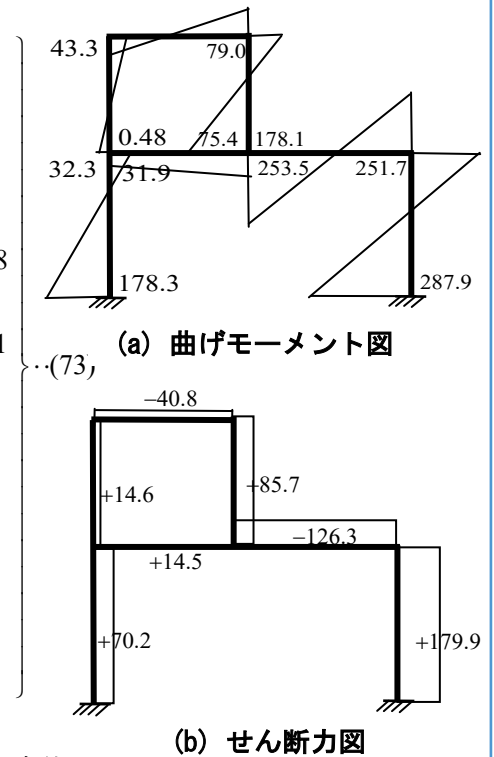
上の値を用いて、式(49)の骨組全体の釣合式を作成し、Excel VBA の連立方程式を解くプログラムを用いて解を求める。

図 10 課題 2 の 2 層の異形ラーメン

$$\begin{bmatrix} 6 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 5.5 & 0.75 & 0 & 1 & 0 & 0.4375 & 1 \\ 0 & 0.75 & 3.5 & 0 & 0 & 1 & -0.5625 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 4 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 4 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1.333 & 0 & 0 \\ 1 & 0.4375 & -0.5625 & 1 & 1 & 0 & 1.6146 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1.333 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \varphi_3 \\ \varphi_4 \\ \varphi_5 \\ \varphi_6 \\ \varphi_7 \\ \psi'_1 \\ \psi'_2 \\ \psi'_5 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -250 \\ -100 \\ -100 \end{Bmatrix} \rightarrow \begin{Bmatrix} \varphi_3 \\ \varphi_4 \\ \varphi_5 \\ \varphi_6 \\ \varphi_7 \\ \psi'_1 \\ \psi'_2 \\ \psi'_5 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 145.95 \\ 38.78 \\ 36.28 \\ 102.15 \\ 137.87 \\ -324.18 \\ -298.85 \\ -393.57 \end{Bmatrix} \dots (72)$$

以下の材端曲げモーメントを用いて、図 11 に曲げモーメント図とせん断力図及び軸力図を示す。

$$\begin{aligned} M_{13} &= k_1(\varphi_3 + \psi'_1) = (145.95 - 324.18) = -178.30 \\ M_{31} &= k_1(2\varphi_3 + \psi'_1) = (2 \cdot 145.95 - 324.18) = -32.28 \\ M_{34} &= k_3(2\varphi_3 + \varphi_4 + \psi'_2) = (2 \cdot 145.95 + 38.78 - 298.85) = -31.85 \\ M_{43} &= k_3(2\varphi_4 + \varphi_3 + \psi'_2) = (2 \cdot 38.78 + 145.95 - 298.85) = -75.36 \\ M_{45} &= k_4(2\varphi_4 + \varphi_5 - \frac{l_1}{l_2}\psi'_2) = 0.75(2 \cdot 38.78 + 36.28 + 0.75 \cdot 298.85) = 253.48 \\ M_{54} &= k_4(2\varphi_5 + \varphi_4 - \frac{l_1}{l_2}\psi'_2) = 0.75(2 \cdot 36.28 + 38.78 + 0.75 \cdot 298.85) = 251.61 \\ M_{51} &= k_1(2\varphi_5 + \psi'_1) = (2 \cdot 36.28 - 324.18) = -251.68 \\ M_{15} &= k_1(\varphi_5 + \psi'_1) = (36.28 - 324.18) = -287.90 \\ M_{36} &= k_2(2\varphi_3 + \varphi_6 + \psi'_5) = (2 \cdot 145.95 + 102.15 - 393.57) = 0.48 \\ M_{63} &= k_2(2\varphi_6 + \varphi_3 + \psi'_5) = (2 \cdot 102.15 + 145.95 - 393.57) = -43.32 \\ M_{67} &= k_3(2\varphi_6 + \varphi_7 + \psi'_2) = (2 \cdot 102.15 + 137.87 - 298.85) = 43.32 \\ M_{76} &= k_3(2\varphi_7 + \varphi_6 + \psi'_2) = (2 \cdot 137.87 + 102.15 - 298.85) = 79.04 \\ M_{74} &= k_2(2\varphi_7 + \varphi_4 + \psi'_5) = (2 \cdot 137.87 + 38.78 - 393.57) = -79.05 \\ M_{47} &= k_2(2\varphi_4 + \varphi_7 + \psi'_5) = (2 \cdot 38.78 + 137.87 - 393.57) = -178.14 \end{aligned}$$



次に、各層床レベルの水平方向変位と第 2 層床中央柱の鉛直方向変位を求めておこう。まず、基準剛度は次の値となる。

$$K_0 = \frac{2EI}{h_1} = \frac{2 \cdot 20500 \cdot 23500}{300} = 3.212 \cdot 10^6 \dots (74)$$

従って、第 1 層柱頭及び第 2 層柱頭の水平方向変位は、

$$\begin{aligned} \delta_2 &= R_1 h_1 = \frac{\psi'_1 h_1}{-3K_0} = \frac{-324.18 \cdot 100 \cdot 300}{-3 \cdot 3.212 \cdot 10^6} = 1.01 \text{cm} \\ \delta_2 &= \delta_1 + R_5 h_2 = \frac{\psi'_1 h_1}{-3K_0} + \frac{\psi'_5 h_2}{-3K_0} = 1.01 + \frac{-393.57 \cdot 100 \cdot 300}{-3 \cdot 3.212 \cdot 10^6} = 2.24 \text{cm} \end{aligned} \dots (75)$$

同じく、第 2 層床中央柱の鉛直方向変位は次式のように計算される。

$$\delta_5 = R_2 l_1 = \frac{\psi'_2 l_1}{-3K_0} = \frac{-298.85 \cdot 100 \cdot 300}{-3 \cdot 3.212 \cdot 10^6} = 0.93 \text{cm} \dots (76)$$

ここで、独立部材角 $\psi'_1, \psi'_2, \psi'_5$ はモーメント同様の単位で kNm を使用しているため、単位変換のため 100 倍する。

図 11 課題 2 の断面力図