



基礎 1 1 1 話 No.1 多層骨組の節点移動解析法の解説

今回は、多層骨組に節点移動があり、結果、各層の柱に部材角が生じる場合の解析方法について考えよう。これまでは、柱に部材角が生じる1層の骨組に対する解析方法を学んできた。そこでは、まず、柱に強制変位、つまり任意の層間変位を与え、その状態で各節点でのモーメントの釣合を固定法によって求めた。次に、強制変位によって生じる柱の層せん断力と外力との釣合より、未定係数である強制変位の値を決め、骨組全体の断面力分布を得た。多層骨組では、この手法を拡張し、各層で層間変位が生じる整形骨組の解析を行う。

多層整形骨組では、まず図1に示すように層の数分、層毎で柱に強制変位を与え、各々節点でモーメントが釣合う応力状態を求める。その際、第*i*層の強制変位の部材角は、次のように未定係数を含むように与える。

$$\psi_i = -100X_i \quad \dots\dots(1)$$

この部材角によって、当該層に存在する両端固定の柱には、剛比に比例する曲げモーメントが両端に発生する。

$$M_{ij} = -100kX_i; \quad M_{ji} = -100kX_i \quad \dots\dots(2)$$

ただし、ピン支持の柱では次式となる。

$$M_{ij} = 0; \quad M_{ji} = -50kX_i \quad \dots\dots(3)$$

この曲げモーメントを基本応力として、固定法を適用すると、モーメントの釣合が各節点で得られる。この操作を図1のように、各層で行うことになる。図2には、各層に強制変位を与えたときの曲げモーメント分布が示されている。これらの曲げモーメント分布は、未定係数を各々、 $X_i = 1$ として計算されている。

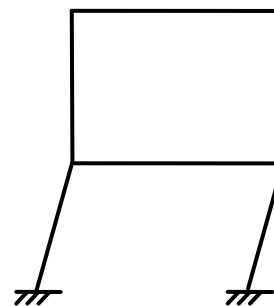
実際の断面力の分布は、図2に示す2つのモーメント分布に各々の未定係数を掛けた分布の和で表される。あとは、各層で層せん断力と外力との釣合より未定係数を決めることになる。層せん断力と水平外力との釣合、例えば、第1層の層せん断力の釣合は、図3を参考にすると、次式で与えられる。

$$({}_1Q_{11} + {}_1Q_{12})X_1 + ({}_2Q_{11} + {}_2Q_{12})X_2 = P_2 + P_1 \quad \dots\dots(4)$$

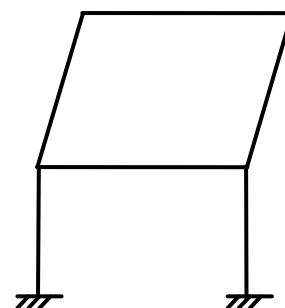
上の層せん断力の釣合式を一般系で表わすと、*k*層の層せん断力と外力の釣合は次式となる。

$$\sum_{i=1}^n X_i (\sum_j {}_iQ_{kj}) = \sum_{j=k}^n P_j \quad \dots\dots(5)$$

ここで、右辺の外力は柱頭の節点水平力を表わし、当該層より上の外力

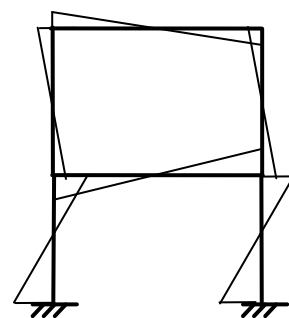


(a) 1層目強制変位

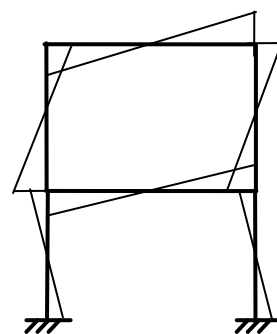


(b) 2層目強制変位

図1 多層骨組の強制変位



(a) 第1層の強制変位 X_1



(b) 第2層の強制変位 X_2

図2 各層に強制変位を与えた際の曲げモーメント分布

の和を意味する。左辺の ${}_i Q_{kj}$ は k 層の柱で、 i 層に加えられた強制変位によって生じるせん断力を意味する。上の釣合式に当該層の高さ h_k を両辺に掛けると、次の層モーメントの釣合式が得られる。

$$\sum_{i=1}^n X_i (\sum_j ({}_i M_{lm} + {}_i M_{ml})) = h_k \sum_{j=k}^n P_j \quad \dots\dots (6)$$

ここで、 ${}_i M_{lm}, {}_i M_{ml}$ は、 k 層の柱で i 層に加えられた強制変位によって生じる柱両端の曲げモーメントを表す。

層モーメントの釣合式(6)はその骨組の層数分得られ、連立方程式となる。この方程式を解くことによって未定係数が決定する。得られた X_i を図2の曲げモーメント分布に各々掛け、和をとると層せん断力と外力との釣合を満たす曲げモーメント分布が得られる。これらの解析手続きについては、課題で演習し、より深く理解することにして。

次に、柱に部材荷重がある場合について考える。この場合は、もう一段の手続きが必要となる。まず、梁に部材荷重がある場合と同様、柱に部材荷重の基本応力である固定端モーメントを外荷重として、固定法により、節点でモーメントの釣合を満たす曲げモーメント分布を求める。得られた結果より、各層でせん断力と水平外力との釣合を求める。ここでは、層せん断力は当然釣合がとれていないため、図4に示すように、各層には仮想支持点に反力が発生する。この反力によって水平部材荷重と柱のせん断力の釣合が得られることになる。

上記の反力を消去するために、図5に示すように、反力とは逆の水平力を節点水平力に加え、層せん断力との釣合を考える。ここでは、式(6)の代わりに、次式が使用されることになる。

$$\sum_{i=1}^n X_i (\sum_j ({}_i M_{lm} + {}_i M_{ml})) = h_k (\sum_{j=k}^n P_j + \sum_{j=k}^n R_j) \quad \dots\dots (7)$$

上式から得られた連立方程式を解き、求めた X_i を、図2の曲げモーメント分布に各々掛け、和をとる。さらに、図4に示す部材荷重による曲げモーメント分布を加えると、層せん断力と外力との釣合を満たす曲げモーメント分布が得られる。これら解析手続きの詳細は、次回以降お話ししよう。

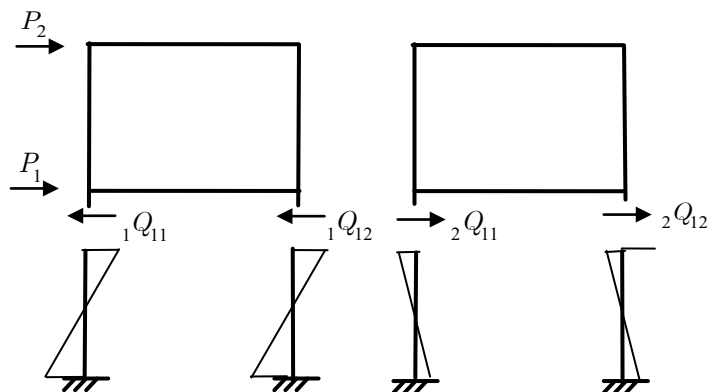


図3 第1層の層せん断力と水平外力との釣合

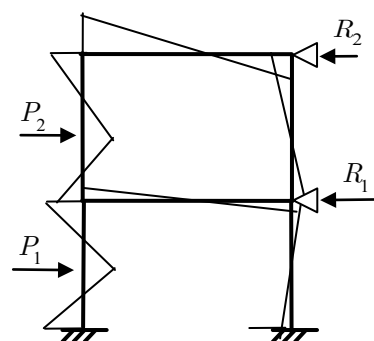


図4 柱に部材荷重が加わる場合の曲げモーメント

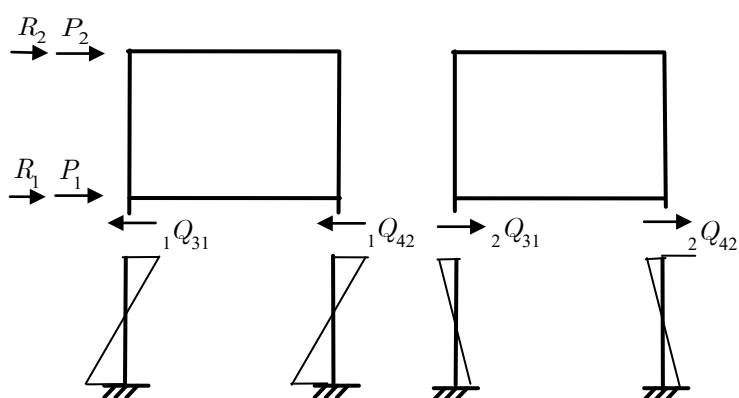


図5 第1層の層せん断力と水平外力との釣合