



## 基礎 120 話 No.1 両端ピン支持門型ラーメン+柱等分布水平荷重

付 26 話参照  
ex120\_1

今回から固定法の演習を行い、解析手法をより深く理解する。まず、図 1 に示すピン支持門型ラーメンに等分布の水平荷重が加わる場合の応力解析を行い、曲げモーメント図、せん断力図、軸力図を求める。課題 1 のモデルは対称形状・逆対称荷重であり、逆対称の変形・応力状態となる。ここでは逆対称条件を用いて、骨組半分を用いて解析を行う。

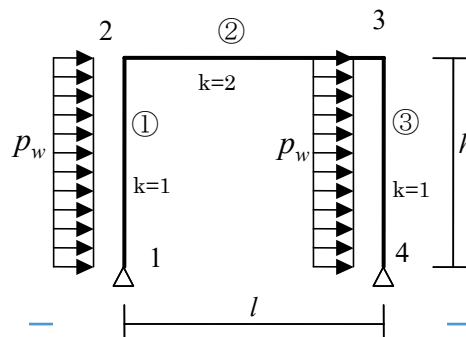


図 1 課題 1 水平等分布荷重を受ける両端ピン支持門型ラーメン

### 1) 両端ピン支持の門型ラーメン+柱水平等分布荷重 — ex120\_1

#### I : 部材荷重のある部材の基本応力を求める

柱部材①の基本応力を求める。

$$C_{12} = 0; \quad C_{21} = C + 0.5C = 1.5C \leftarrow C = \frac{p_w h^2}{12}; \quad M_0 = \frac{p_w h^2}{8} = 1.5C$$

$$Q_d = Q_{12} = \frac{p_w h}{2} - \frac{1.5C}{h} = \frac{9C}{2h}; \quad Q_u = Q_{21} = -\left(\frac{p_w h}{2} + \frac{1.5C}{h}\right) = -\frac{15C}{2h}$$

#### II : 部材の有効剛比を求める

部材①は一端ピン支持の有効剛比を、また変形と応力が逆対称となることから部材②は、逆対称部材として有効剛比を求める。

$$\bar{k}_1 = 0.75k_1 = 0.75; \quad \bar{k}_2 = 1.5k_2 = 3.0$$

#### III : 節点 2 での分割率を求める

各部材の有効剛比を用いると、節点 2 における分割率は、次のとおりである。ここで、 $DF_c$  は柱、 $DF_b$  は梁の分割率を表す。

$$DF_c = 0.75 / (0.75 + 3.0) = 0.2; \quad DF_b = 3.0 / (0.75 + 3.0) = 0.8$$

#### IV : 柱の部材荷重に対する応力解析を固定法の表で行う

まず、固定端モーメントに対する応力解析を、反復計算を用いて行う。ただし、 $C$  を 100 として計算を行うと、固定端モーメントは  $C_{21} = 1.5C = 150$  となる。表 1 のように未知変数が節点 2 の  $\phi_2$  一つであるため、反復計算を行う必要がなく、一回の反復計算で終了である。

#### V : 得られた材端モーメントから、部材の断面力を求める

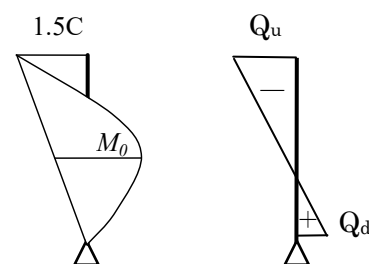
得られた材端モーメントから、柱中央部の曲げモーメントは

$$M_c = 1.5C - 0.5 \cdot 1.2C = 0.9C$$

となり、また、柱のせん断力は次のように得られる。

$$Q_d = \frac{9C}{2h} + \frac{(1.5 - 1.2)C}{h} = \frac{9.6C}{2h} = 0.4p_w h$$

$$Q_u = -\frac{15C}{2h} + \frac{0.3C}{h} = \frac{14.4C}{2h} = 0.6p_w h$$



曲げモーメント図      せん断力図

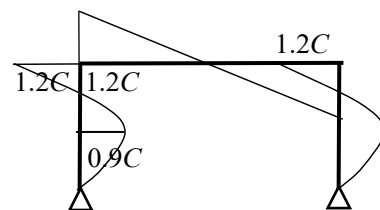
図 2 中間荷重による柱の基本応力

表 1 課題 1 の固定法の表

	下柱	右梁	外力
DF	0.2	0.8	
FEM	150	0	-150
D1	-30	-120	
C1	0		0
D2			
C2			
D3			
C3			
D4			
計	120	-120	

VI：各断面力図を描く

以上の結果より、曲げモーメント図とせん断力図を右に示す。せん断力図より、仮想支持点には水平反力が生じていることが分かる。



(a) 曲げモーメント図

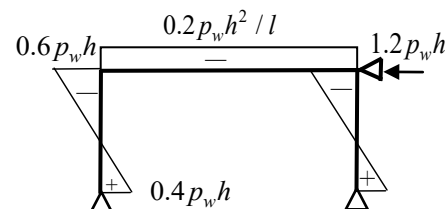
VII：層せん断力と外力との釣合

上記の反力を消去するために、骨組に反力とは逆方向の外力を加える。まず、強制変位である部材角を与えると、

$$\psi = -100X_1$$

部材①と③には、次に示す基本応力が発生する。ただし、ここでは、 $X_1$ を1とし、またCを100とする。

$$M_{12} = 0; \quad M_{21} = -50 \cdot k_1 \cdot X_1 = -50$$



(b) せん断力図

図3 仮想支持点を有する骨組の断面力図

VIII：柱に強制変位、つまり部材角を与えたときの材端モーメントを、固定法の表を用いて計算する

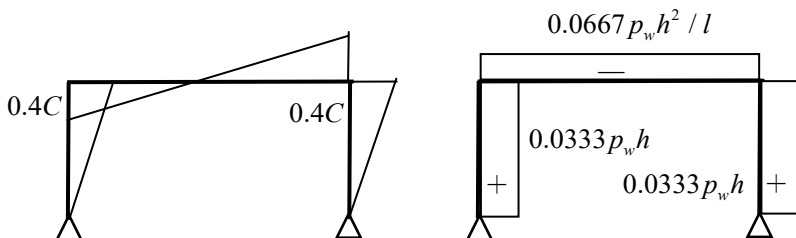
上の基本応力を用いて、表2の固定法で応力解析を行う。

IX：材端モーメントから曲げモーメント図とせん断力図を求める

上記の解析結果を用いて、強制変位による応力状態を以下に図示する。

ただし、柱に生じるせん断力は、次式で与えられる。

$$Q_u = Q_d = \frac{0.4C}{h} = \frac{0.4p_w h^2}{12h} = 0.0333p_w h$$



(a) 曲げモーメント図

(b) せん断力図

図4 強制変位による応力

表2 課題1の固定法の表その2

	下柱	右梁	外力
DF	0.2	0.8	
FEM	-50	0	50
D1	10	40	
C1	0		0
D2			
C2			
D3			
C3			
D4			
計	-40	40	

X：柱のせん断力と外力との水平方向釣合より、未定定数  $X_1$  の値を求める

柱頭における層せん断力と水平外力との釣合を考える。図5には、柱頭部分で切断したときの水平方向のせん断力と外力を示す。下式を解いて、 $X_1$ を求める。

$$1.2P_w h - 2(0.0333\bar{P}_w h \cdot X_1) = 0 \rightarrow$$

$$0.0667X_1 = 1.2 \rightarrow X_1 = 18.0$$

上式上で、第1項は固定端モーメントによって生じる仮想支持点の反力と釣合う水平外力であり、第2項は、強制変位によって生じる柱のせん断力である。

以降の解析は、次回お話しする。

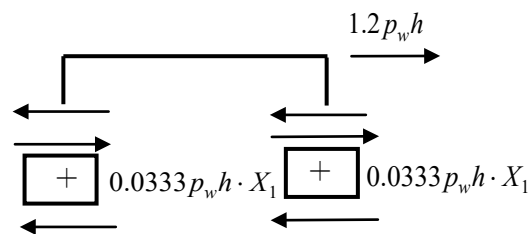


図5 柱頭での水平方向の力の釣合