



## 第5章 柱に部材角が生じる多層骨組の解析

### ポイント：柱に部材角が生じる多層骨組の解析 ピン支持構造物の解析

前章では、骨組に節点移動が生じて、柱に部材角が発生する場合の扱い方について学んだ。本章では、例題を通して、さらに柱に水平方向の部材荷重がある場合について、また、多層の骨組に水平荷重が加わる場合について解説する。ここでは、各層に強制変位を各々与え、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。次に、外力との釣合を得るために、得られた曲げモーメント分布から層方程式を作り、多層では連立方程式を解くことになる。

#### 5.1 はじめに

#### キーワード

柱に部材荷重が加わる場合 水平荷重を受ける多層骨組

本節では、多層の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。前節までは、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状態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倍率を決め、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。

#### 5.2 多層骨組に部材角が生じる場合の解析

多層整形骨組では、まず、図5-1に示すように層の数分、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、

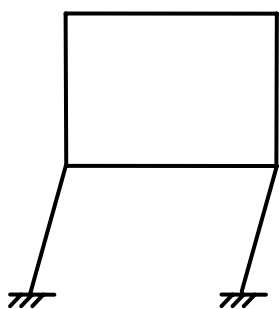


図 5-1 (a) 1層目強制変位

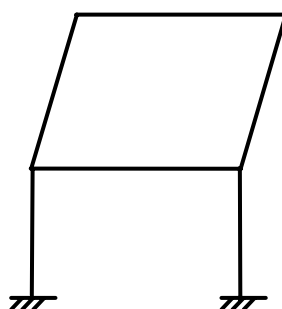


図 5-1 (b) 2層目強制変位

第  $i$  層の強制変位の部材角は、次式のように未定係数を含むように与える。

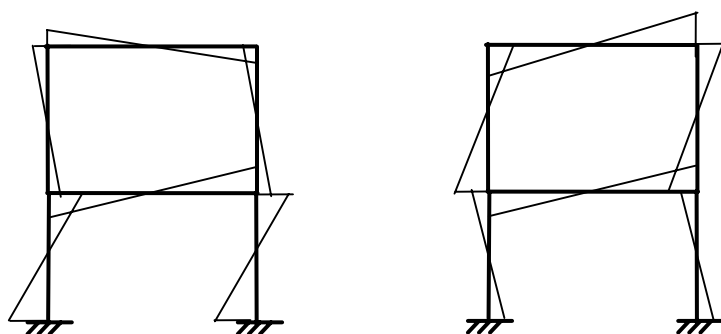
$$\psi_i = -100X_i \quad \dots\dots(5.1)$$

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。

$$\left. \begin{aligned} M_{ij} &= -100kX_i \\ M_{ji} &= -100kX_i \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.2)$$

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。この操作は、図 5-1 のように、各層で行うことになる。

図 5-2 には、各強制変位を与えたときの曲げモーメントの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、1 として、計算されている。



(a) 第1層の強制変位 (b) 第2層の強制変位

図 5-2 各層に強制変位を与えた際の曲げモーメント分布

実際の断面力の分布は、図 5-2 のモーメント分布に該当する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求めることになる。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 5-3 を参考にすると、次式で与えられる。

$$({}_1Q_{11} + {}_1Q_{12})X_1 + ({}_2Q_{11} + {}_2Q_{12})X_2 = P_2 + P_1 \quad \dots(5.3)$$

上の層せん断力の釣合式を一般系で表わす

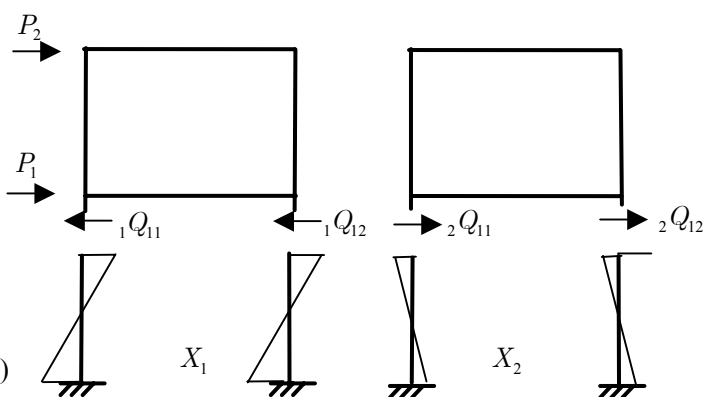


図 5-3 第1層の層せん断力と水平外力との釣合

と、k 層の層せん断力と外力の釣合は次式となる。

$$\sum_{i=1}^n X_i (\sum_j Q_{ij}) = \sum_{j=k}^n P_j \quad \dots\dots(5.4)$$

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の和を意味する。左辺の  $Q_{ij}$  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。

$$\sum_{i=1}^n X_i (\sum_j ({}_iM_{kj} + {}_iM_{kl})) = h_k \sum_{j=k}^n P_j \quad \dots\dots(5.5)$$

ここで、 ${}_iM_{kj}, {}_iM_{kl}$  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意味する。

層モーメントの釣合式(5.5)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 5-2 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、例題 5-1 で演習し、理解することにしよう。

次に、柱に水平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に、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。そこでは、層せん断力は当然釣合がとれていないため、図 5-4 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。

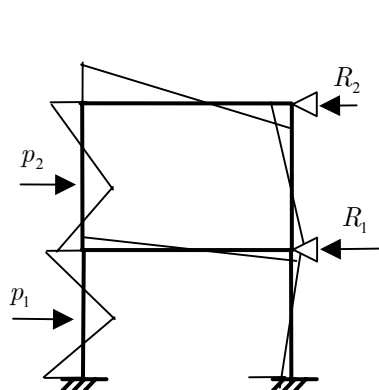


図 5-4 柱に部材荷重が加わる場合の曲げモーメント分布

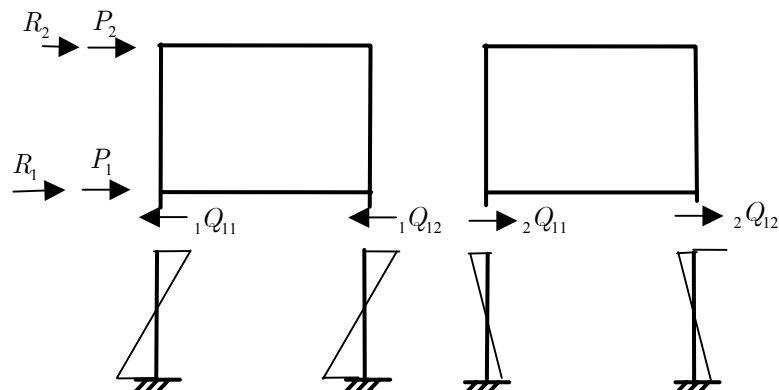


図 5-5 第 1 層の層せん断力と水平外力との釣合

上記の反力を消去するために、図 5-5 に示すように、反力と逆の水平力を、節点水平力に加えて、層せん断力との釣合を考える。ここでは、式(5.5)の代わりに、次式が使用されることになる。

$$\sum_{i=1}^n X_i (\sum_j ({}_iM_{lm} + {}_iM_{ml})) = h_k (\sum_{j=k}^n P_j + \sum_{j=k}^n R_j) \quad \dots\dots(5.6)$$

上式から得られた連立方程式を解き、得られた  $X_i$  を、図 5-2 の曲げモーメント分布に各々掛け、和をとり、さらに、図 5-4 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。これらの解析手続きについては、例題 5-2 で演習し、理解することにして。

**例題 5-1 水平外力が加わる 2 層骨組について、応力解析を実行し、曲げモーメント図、せん断力図、軸力図を描け。**

2 層の対称構造物に水平力が加わった場合の応力解析を行う。変形状態・応力状態共に逆対称となる。

逆対称部材である梁 3、4 の有効剛比を以下に示す。

$$\left. \begin{aligned} \bar{k}_3 &= 1.5k_3 = 4.5 \\ \bar{k}_4 &= 1.5k_4 = 3.0 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.7)$$

次に、節点 2 と 3 における分割率を計算する。

節点 : 2

$$\left. \begin{aligned} DF_1 &= \frac{2}{2+1+4.5} = 0.27 \\ DF_2 &= \frac{1}{2+1+4.5} = 0.13 \\ DF_3 &= \frac{4.5}{2+1+4.5} = 0.60 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.8)$$

節点 : 3

$$\left. \begin{aligned} DF_2 &= \frac{1}{1+3} = 0.25 \\ DF_4 &= \frac{3}{1+3} = 0.75 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.9)$$

強制変位である部材角

$$\psi_1 = -50X_1 \quad \psi_2 = -100X_2 \quad \dots\dots(5.10)$$

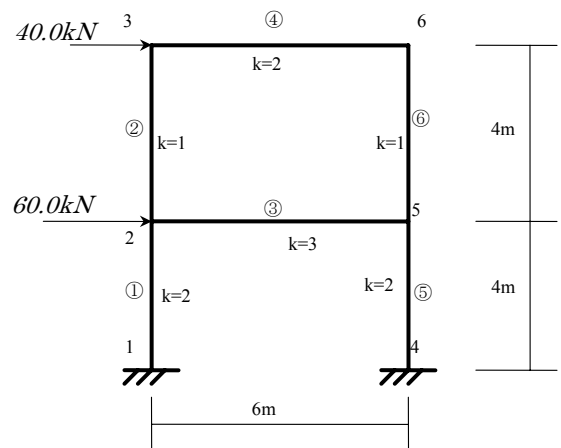


図 5-6 例題 5-1 の骨組

を各々与えると、部材1、2及び5、6には、次に示す基本応力が発生する。ただし、ここでは各々  $X_1$  を1に、また  $X_2$  を1として与える。

部材：1、5

$$\left. \begin{aligned} M_{12} &= -50 \cdot k_1 \cdot X_1 = -100 \\ M_{21} &= -50 \cdot k_1 \cdot X_1 = -100 \\ M_{45} &= -50 \cdot k_5 \cdot X_1 = -100 \\ M_{54} &= -50 \cdot k_5 \cdot X_1 = -100 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.11)$$

部材：2、6

$$\left. \begin{aligned} M_{23} &= -100 \cdot k_2 \cdot X_2 = -100 \\ M_{32} &= -100 \cdot k_2 \cdot X_2 = -100 \\ M_{56} &= -100 \cdot k_6 \cdot X_2 = -100 \\ M_{65} &= -100 \cdot k_6 \cdot X_2 = -100 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.12)$$

上の基本応力を用いて、固定法で応力解析を行う。左の表が未定係数  $X_1$  に対して、右の表が同じく  $X_2$  に対する固定法による解析結果である。

表 5-1 例題 5-1 の強制変位による固定法の表

	下柱		右はり	外力
DF	0.25		0.75	
FEM				
D1				
C1	6.5			-6.5
D2	-1.6		-4.9	
C2				0
D3				
C3	0			0
D4				
計	4.9		-4.9	
	下柱	上柱	右はり	外力
DF	0.27	0.13	0.6	
FEM	-100			100
D1	27	13	60	
C1				0
D2				
C2		-0.8		0.8
D3	0.2	0.1	0.5	
C3				
D4				
計	-72.8	12.3	60.5	
		上柱		
FEM		-100		
C1		13.5		
C2				
C3		0.1		
計		-86.4		

	下柱		右はり	外力
DF	0.25		0.75	
FEM	-100			100
D1	25		75	
C1	6.5			-6.5
D2	-1.6		-4.9	
C2	-0.8			0.8
D3	0.2		0.6	
C3	0			0
D4				
計	-70.7		70.7	
	下柱	上柱	右はり	外力
DF	0.27	0.13	0.6	
FEM		-100		100
D1	27	13	60	
C1		12.5		-12.5
D2	-3.4	-1.6	-7.5	
C2		-0.8		0.8
D3	0.2	0.1	0.5	
C3		0.1		-0.1
D4			-0.1	
計	23.8	-76.7	52.9	
		上柱		
FEM				
C1		13.5		
C2		-1.7		
C3		0.1		
計		11.9		

解析した結果より、未定係数  $X_1$  と  $X_2$  に対する曲げモーメント図とせん断力図を以下に示す。

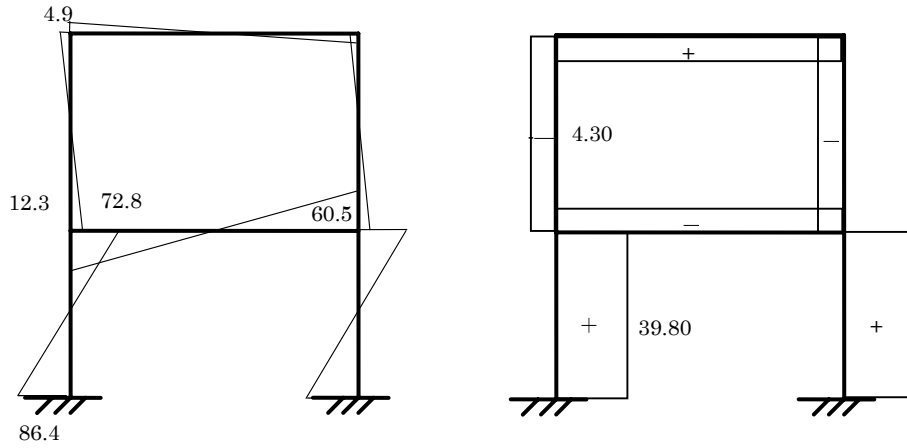


図 5-7(a) 第1層目の部材角による曲げモーメント図とせん断力図

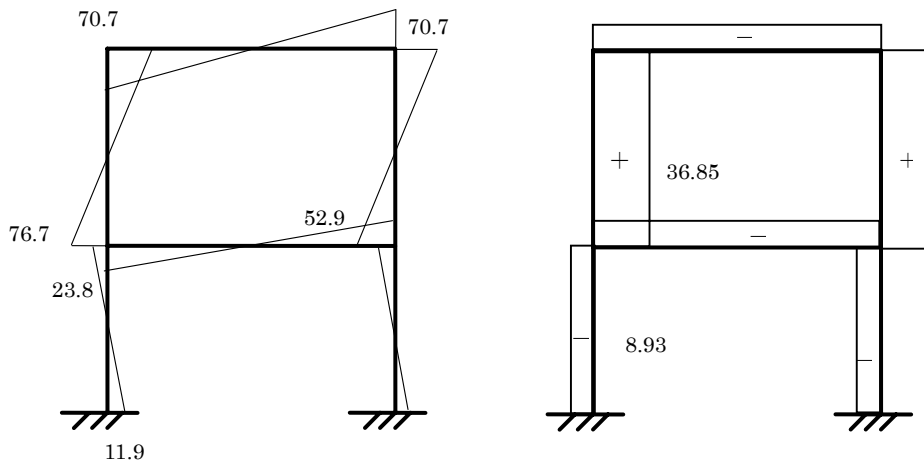


図 5-7(b) 第2層目の部材角による曲げモーメント図とせん断力図

第1層目の柱頭における層モーメントの釣合は次式による。

$$M_{12} + M_{21} + M_{45} + M_{54} = -(60 + 40) \cdot 4 \quad \dots\dots(5.13)$$

固定法の解析結果と逆対称であることを利用すると、上式は以下の式となる。

$$\left. \begin{aligned} -(86.4 + 72.8) \cdot X_1 + (11.9 + 23.8) \cdot X_2 &= -(60 + 40) \cdot 4 / 2 \\ 159.2X_1 - 35.7X_2 &= 200 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.14)$$

同様に、第2層目の柱頭における層モーメントの釣合は次式による。

$$M_{23} + M_{32} + M_{56} + M_{67} = -(40) \cdot 4 \quad \dots\dots(5.15)$$

固定法の解析結果と逆対称であることを利用すると、上式は以下の式となる。

$$\left. \begin{aligned} (12.3+4.9) \cdot X_1 - (76.7+70.7) \cdot X_2 &= -(40) \cdot 4/2 \\ -17.2X_1 + 147.4X_2 &= 80 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.16)$$

2つの層モーメントに関する釣合式を整理すると、

$$\left. \begin{aligned} 159.4X_1 - 35.7X_2 &= 200 \\ -17.2X_1 + 147.3X_2 &= 80 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.17)$$

となる。上式を解くと、各層の未定係数は、

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= 1.4133 \\ X_2 &= 0.7081 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.18)$$

得られた部材角の未定係数を用いると、各部材の材端モーメントは以下のように得られる。

$$\left. \begin{aligned} M_{12} &= -86.6 \cdot 1.4133 + 11.9 \cdot 0.7081 = -114.0 \\ M_{21} &= -72.8 \cdot 1.4133 + 23.8 \cdot 0.7081 = -86.0 \\ M_{23} &= 12.3 \cdot 1.4133 - 76.7 \cdot 0.7081 = -36.9 \\ M_{32} &= 4.9 \cdot 1.4133 - 70.6 \cdot 0.7081 = -43.1 \\ M_{25} &= 60.5 \cdot 1.4133 + 52.9 \cdot 0.7081 = 123.0 \\ M_{36} &= -4.9 \cdot 1.4133 + 70.6 \cdot 0.7081 = 43.1 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.19)$$

計算した材端モーメントから、骨組の曲げモーメント図を以下のように描く。

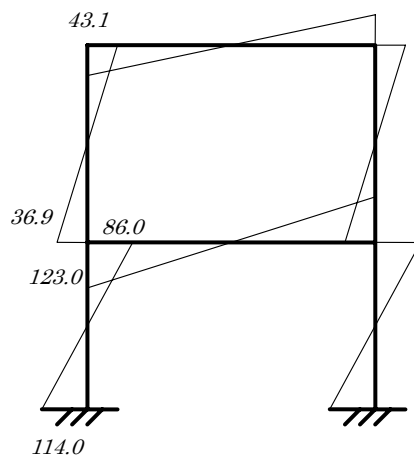


図 5-8 (a) 曲げモーメント図

曲げモーメント図より、各部材のせん断力を求める。

$$Q_1 = -\frac{1}{4}(-114.0 - 86.0) = 50.0$$

$$Q_2 = -\frac{1}{4}(-36.9 - 43.1) = 20.0$$

$$Q_3 = \frac{1}{6}(123.0 + 123.0) = 41.0$$

$$Q_4 = \frac{1}{6}(43.1 + 43.1) = 14.4$$

} .....(5.20)

各節点での力の釣合より部材の軸力を求める。その結果をせん断力図と軸力図として描く。

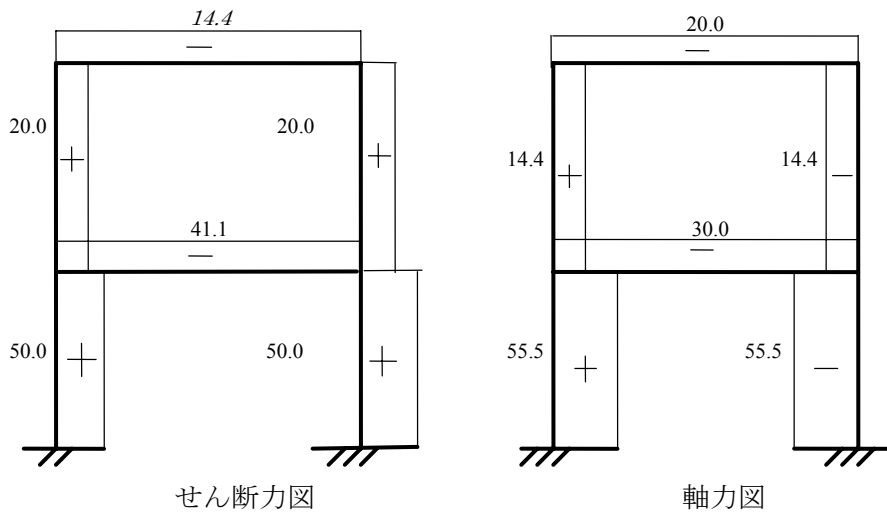


図 5-8(b) せん断力、軸力図

各断面力図より、以下のように反力が求められる。

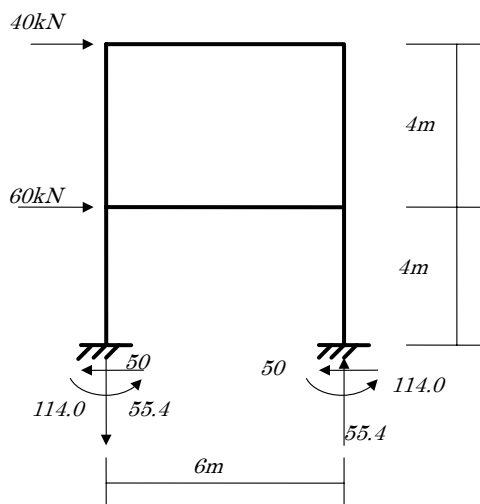


図 5-8(c) 外力と反力



図 5-8(c) より、外力と反力の上下方向及び水平方向の力の釣合はとれていることが分かる。また、節点 1 におけるモーメントは、

$$\begin{aligned} M_1 &= 40 \cdot 8 + 60 \cdot 4 - 114.0 - 114.0 - 55.4 \cdot 6 \\ &= 320.0 + 240.0 - 228.0 - 332.4 \\ &= -0.4 \text{ (誤差)} \end{aligned} \quad \dots\dots(5.21)$$

となり、釣合はとれているとって良い。

**例題 5-2 水平外力及び柱に部材荷重が加わる 2 層骨組について、応力解析を実行し、曲げモーメント図、せん断力図、軸力図を描け。**

2 層の対称構造物に水平力が加わった場合の応力解析を行う。変形状態・応力状態共に逆対称となる。例題 5-1 と異なる点は、柱の中央に水平集中荷重が加わっていることである。また、骨組を逆対称変形が生じるように、荷重の形態を変更している。

先に、柱の部材荷重による基本応力を計算する。

第 1 層

$$\left. \begin{aligned} C_1 &= \frac{Ph_1}{8} = \frac{30 \times 4}{8} = 15kN \cdot m \\ M_0 &= \frac{Ph_1}{4} = 30kN \cdot m \\ Q &= \frac{P}{2} = 15kN \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.22)$$

第 2 層

$$\left. \begin{aligned} C_2 &= \frac{Ph_2}{8} = \frac{20 \times 4}{8} = 10kN \cdot m \\ M_0 &= \frac{Ph_2}{4} = 20kN \cdot m \\ Q &= \frac{P}{2} = 10kN \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.23)$$

逆対称部材である部材 3、4 の有効剛比を以下に示す。

$$\left. \begin{aligned} \bar{k}_3 &= 1.5k_3 = 4.5 \\ \bar{k}_4 &= 1.5k_4 = 3.0 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.24)$$

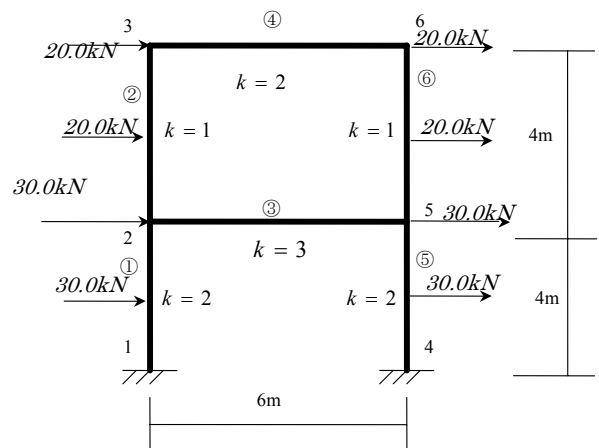


図 5-9 例題 5-2 の骨組

次に、節点2と3における分割率を計算する。

節点：2

$$\left. \begin{aligned} DF_1 &= \frac{2}{2+1+4.5} = 0.27 \\ DF_2 &= \frac{1}{2+1+4.5} = 0.13 \\ DF_3 &= \frac{4.5}{2+1+4.5} = 0.60 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.25)$$

節点：3

$$\left. \begin{aligned} DF_2 &= \frac{1}{1+3} = 0.25 \\ DF_4 &= \frac{3}{1+3} = 0.75 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.26)$$

最初に、柱の部材荷重によって生じる節点モーメントの釣合状態を、固定法による表計算で求める。

表 5-2 例題 5-2 の部材荷重による固定法の表

	下柱		右はり	外力
DF	0.25		0.75	
FEM	10		0	-10
D1	-2.5		-7.5	
C1	-0.35		0	0.35
D2	0.09		0.26	
C2	0.08		0	-0.08
D3	-0.02		-0.06	
C3	0			0
D4				
計	7.3		-7.3	
	下柱	上柱	右はり	外力
DF	0.27	0.13	0.6	
FEM	15	-10		-5
D1	-1.35	-0.65	-3	
C1	0	-1.25		1.25
D2	0.34	0.16	0.75	
C2	0	0.05		-0.05
D3	-0.01	0	-0.03	
C3		-0.01		0.01
D4	0	0	0.01	
計	13.98	-11.7	-2.27	
		上柱		
FEM		-15		
C1		-0.68		
C2		0.17		
C3		0		
計		-15.51		

柱中央の曲げモーメントは、上の表と式(5.22)と(5.23)の基本応力より、次のように求められる。

$$\left. \begin{aligned} {}_1M_c &= M_0 - 0.5(M_{ji} - M_{ij}) = 30 - 0.5(13.98 + 15.51) = 15.26 \\ {}_2M_c &= 20 - 0.5(7.3 + 11.7) = 10.5 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.27)$$

得られた釣合状態及び柱中央の曲げモーメントより、次の曲げモーメント図とせん断力図が得られる。

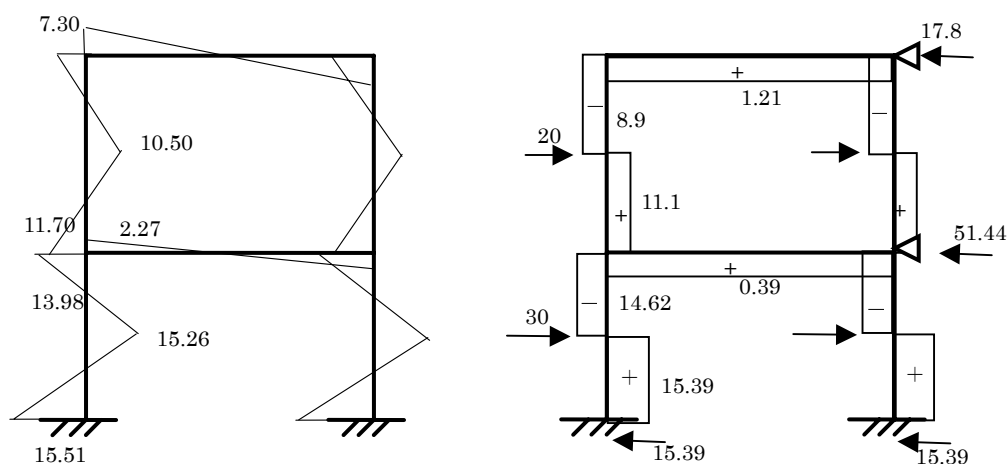


図 5-10 柱部材荷重による曲げモーメント図とせん断力図

上のせん断力図より分かるように、層せん断力の釣合は当然満たされておらず、そのため、釣合を満たすために、仮想支持点に反力が生じることになる。従って、層せん断力の釣合を求める際、節点に加わる水平力と同時にこの仮想支持点の反力とは逆の力を加える必要がある。

層せん断力の釣合を得るために、各層に強制変位を与えて、節点でのモーメントの釣合状態を求める。

強制変位である部材角

$$\psi_1 = -50X_1 \quad \psi_2 = -100X_2 \quad \dots\dots(5.28)$$

を各々を与えると、部材 1、2 及び、5、6 には、次に示す基本応力が発生する。ただし、ここでは、 $X_1$ は1、 $X_2$ は1とし、各々独立とする。

部材：1、5

$$\left. \begin{aligned} M_{12} &= -50 \cdot k_1 \cdot X_1 = -100 \\ M_{21} &= -50 \cdot k_1 \cdot X_1 = -100 \\ M_{45} &= -50 \cdot k_1 \cdot X_1 = -100 \\ M_{54} &= -50 \cdot k_1 \cdot X_1 = -100 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.29)$$

部材：2、6

$$\left. \begin{aligned} M_{23} &= -100 \cdot k_2 \cdot X_2 = -100 \\ M_{32} &= -100 \cdot k_2 \cdot X_2 = -100 \\ M_{56} &= -100 \cdot k_6 \cdot X_2 = -100 \\ M_{65} &= -100 \cdot k_6 \cdot X_2 = -100 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.30)$$

上の基本応力を用いて、固定法で応力解析を行う。固定法による応力解析は、前例題で既に求めている。解析した結果より、未定係数  $X_1$  と  $X_2$  に対する曲げモーメント図とせん断力図を再度以下に示す。

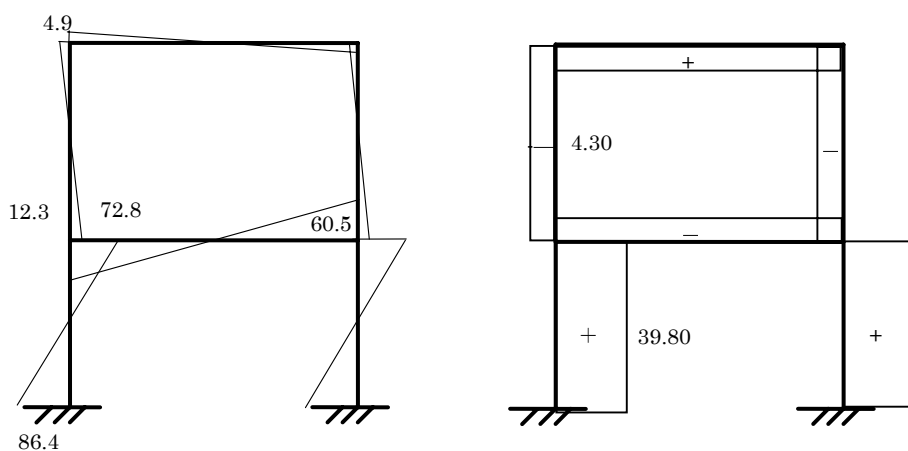


図 5-11 (a) 第1層目の部材角による曲げモーメント図とせん断力

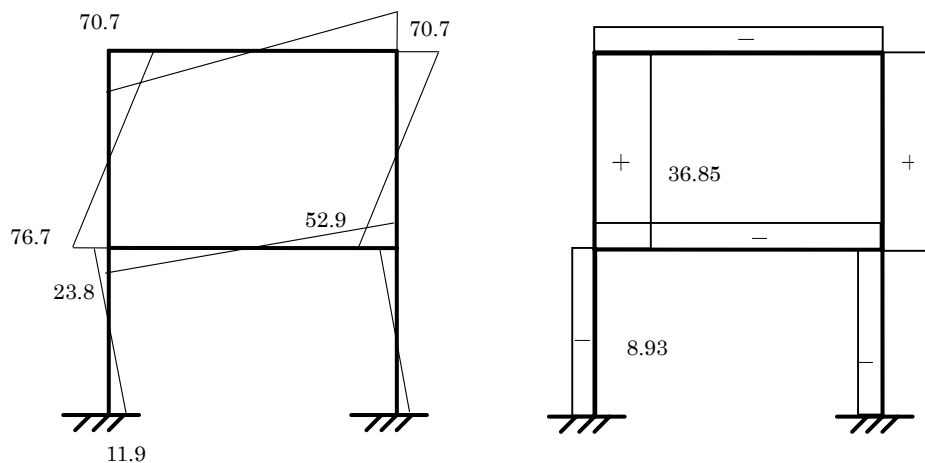


図 5-11 (b) 第2層目の部材角による曲げモーメント図とせん断力図

第1層目の柱頭における層モーメントの釣合は次式による。この釣合式には、仮想支持点に生じている反力と逆の力が加えられている。

$$M_{12} + M_{21} + M_{45} + M_{54} = -(60 + 40) \cdot 4 - (17.88 + 51.44) \cdot 4 \quad \dots\dots(5.31)$$

固定法の解析結果と逆対称であることを利用すると、上式は以下の式となる。

$$\begin{aligned} -(86.4 + 72.8) \cdot X_1 + (11.9 + 23.8) \cdot X_2 &= -(60 + 40 + 17.88 + 51.44) \cdot 4/2 \\ 159.2X_1 - 35.7X_2 &= 338.64 \quad \dots\dots(5.32) \end{aligned}$$

同様に、第2層目の柱頭における層モーメントの釣合は次式による。

$$M_{23} + M_{32} + M_{56} + M_{67} = -(40) \cdot 4 - 17.88 \cdot 4 \quad \dots\dots(5.33)$$

固定法の解析結果と逆対称であることを利用すると、上式は以下の式となる。

$$\begin{aligned} (12.3 + 4.9) \cdot X_1 - (76.7 + 70.7) \cdot X_2 &= -(40 + 17.88) \cdot 4/2 \\ -17.2X_1 + 147.4X_2 &= 115.76 \quad \dots\dots(5.34) \end{aligned}$$

2つの層モーメントに関する釣合式を整理すると、

$$\left. \begin{aligned} 159.4X_1 - 35.7X_2 &= 338.48 \\ -17.2X_1 + 147.3X_2 &= 116.88 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.35)$$

となる。上式を解くと、各層の未定係数は、

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= 2.3626 \\ X_2 &= 1.0679 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.36)$$

となる。得られた部材角の未定係数を用いると、各部材の材端モーメントは以下のように得られる。

$$\left. \begin{aligned} M_{12} &= -86.6 \cdot 2.3626 + 11.9 \cdot 1.0679 - 15.51 = -207.4 \\ M_{21} &= -72.8 \cdot 2.3626 + 23.8 \cdot 1.0679 + 13.98 = -132.6 \\ M_{23} &= 12.3 \cdot 2.3626 - 76.7 \cdot 1.0679 - 10.39 = -63.2 \\ M_{32} &= 4.9 \cdot 2.3626 - 70.6 \cdot 1.0679 + 7.28 = -56.5 \\ M_{25} &= 60.5 \cdot 2.3626 + 52.9 \cdot 1.0679 - 2.28 = 197.1 \\ M_{36} &= -4.9 \cdot 2.3626 + 70.6 \cdot 1.0679 - 7.28 = 56.5 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.37)$$

柱中央の曲げモーメントは、次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} {}_1M_c &= M_0 - 0.5(M_{ji} - M_{ij}) = 30 - 0.5(-132.6 + 207.4) = -7.4 \\ {}_2M_c &= 20 - 0.5(-56.5 + 63.2) = 16.7 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.38)$$

計算した材端モーメントから、各部材のせん断力を求める。

$$\begin{aligned}
 Q_{1l} &= -\frac{1}{2}(-207.4 + 7.4) = 100.0; & Q_{1u} &= -\frac{1}{2}(-7.4 - 132.6) = 70 \\
 Q_{2l} &= -\frac{1}{2}(-63.2 - 16.7) = 40.0; & Q_{2u} &= -\frac{1}{2}(16.7 - 56.5) = 19.9 \\
 Q_3 &= \frac{1}{6}(197.1 + 197.1) = 65.7 \\
 Q_4 &= \frac{1}{6}(56.5 + 56.5) = 18.83
 \end{aligned}
 \tag{5.39}$$

上で求めた材端モーメントとせん断力より、骨組の曲げモーメント図及びせん断力図を次のように示す。

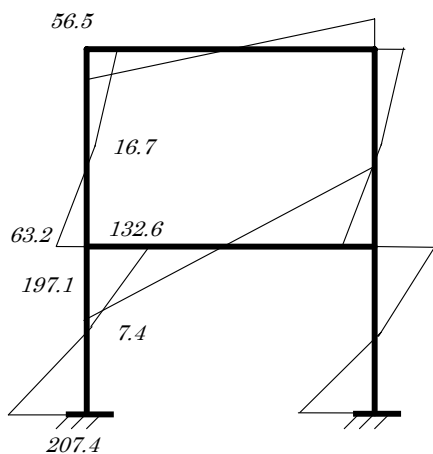


図 5-12(a) 曲げモーメント図

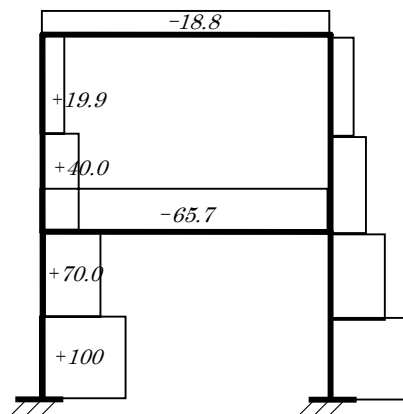


図 5-12(b) せん断力図

各節点での力の釣合より部材の軸力を求める。その結果を軸力図として描く。さらに、各断面力図より、以下のように反力が求められる。

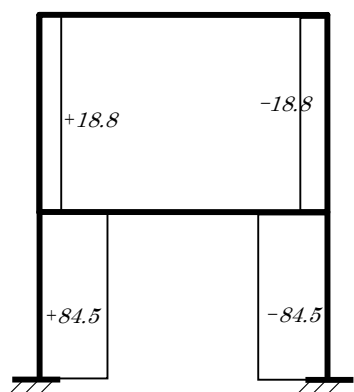


図 5-12(c) 軸力図

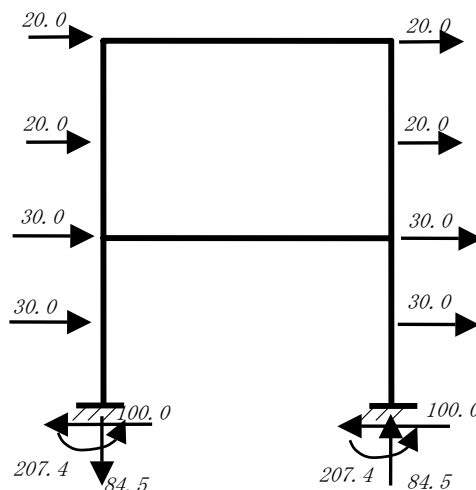


図 5-12(d) 反力と外力

図5-12(d)より、上下方向及び水平方向の釣合がとれていることわかる。  
また、節点1におけるモーメントは、

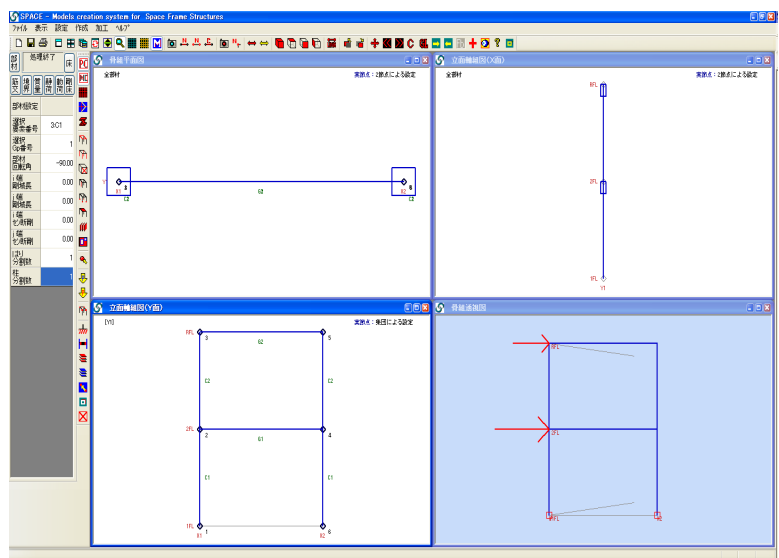
$$\begin{aligned}
 M_1 &= 40 \cdot 8 + 40 \cdot 6 + 60 \cdot 4 + 60 \cdot 2 - 207.4 \cdot 2 - 84.5 \cdot 6 \\
 &= 320.0 + 240.0 + 240.0 + 120 - 414.8 - 507.0 \\
 &= -1.8 \text{ (誤差)} \qquad \dots\dots(5.40)
 \end{aligned}$$

となり、釣合はとれているとって良い。

### 5.3 課題1

本節では、例題5-1と例題5-2に対しSPACEを用いて数値解析し、固定法で求めた結果と比較しよう。

この骨組のSPACEによる解析は、既に、たわみ角法の第6章「多層骨組の解析」の課題1と課題2で行った。ここでは、その結果のみ示すことにする。詳細は、たわみ角法の第6章を参照されたい。モデラーで作成した例題1の解析モデルが、図5-13に示されている。



線形解析を行い、その結果が、図5-14に示されている。少しの誤差が見られるが、両者の値はほぼ一致している。この誤差は固定法の反復打ち切り誤差によるものである。

図5-13 CAD画面で例題5-1の解析モデルを作成する

Divided step number: 20 -----							
Unstable number: 0							
部材番号	部材モデル	Nx	Qy	Qz	Mx	My	Mz
1	1	55.4413	0.0000	-50.0007	0.0000	11367.8949	0.0000
		55.4413	0.0000	-50.0007	0.0000	-8632.3718	0.0000
2	1	14.4119	0.0000	-19.9998	0.0000	3676.4301	0.0000
		14.4119	0.0000	-19.9998	0.0000	-4323.4876	0.0000
3	1	-29.9988	0.0000	41.0291	0.0000	-12308.8019	0.0000
		-29.9988	0.0000	41.0291	0.0000	12308.8878	0.0000
4	1	-20.0001	0.0000	14.4117	0.0000	-4323.4876	0.0000
		-20.0001	0.0000	14.4117	0.0000	4323.5383	0.0000
5	1	-55.4404	0.0000	-49.9993	0.0000	11367.5304	0.0000
		-55.4404	0.0000	-49.9993	0.0000	-8632.1435	0.0000
6	1	-14.4115	0.0000	-20.0002	0.0000	3676.5443	0.0000
		-14.4115	0.0000	-20.0002	0.0000	-4323.5383	0.0000

図5-14 例題5-1の静的解析結果である部材断面力

図 5-15 には、プレゼンターによるせん断力分布と曲げモーメント分布が示されている。この図も固定法で求めた図 5-8 に一致している。

次に、例題 5-2 の解析モデルを作成し、数値解析を実施する。解析モデルは、図 5-16 に示されている。

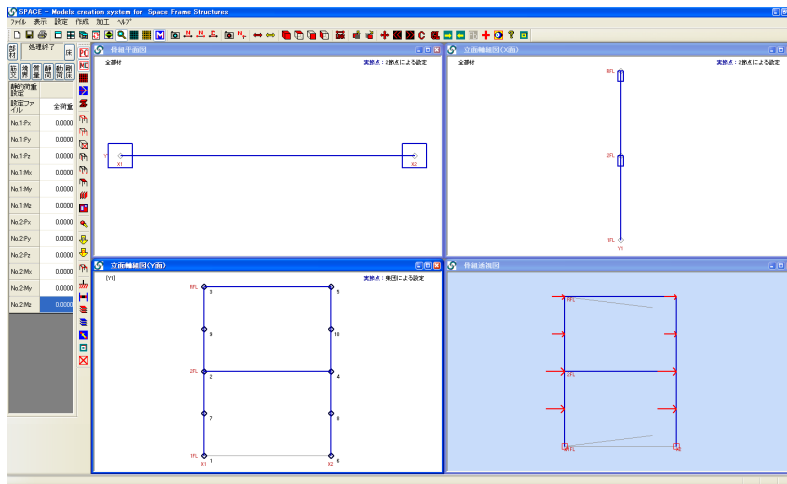


図 5-16 CAD 画面で例題 5-2 の解析モデルを作成する

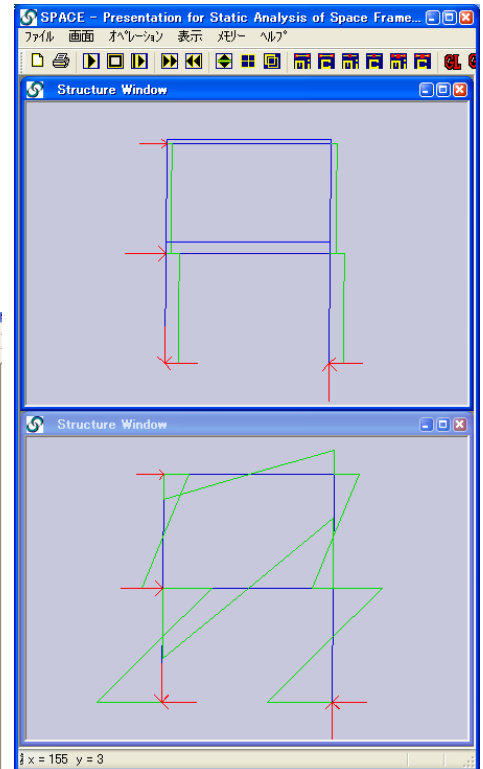


図 5-15 例題 5-1 のせん断力図と曲げモーメント

l 番号	部材モデル	Nx	Qy	Qz	Mx	My	Mz
1	1	0.0006	0.0000	65.6246	0.0000	-19687.3779	0.0000
		0.0006	0.0000	65.6246	0.0000	19687.3779	0.0000
2	1	0.0002	0.0000	18.7499	0.0000	-5624.9775	0.0000
		0.0002	0.0000	18.7499	0.0000	5624.9775	0.0000
3	1	84.3754	0.0000	-100.0000	0.0000	20687.6453	0.0000
		84.3754	0.0000	-100.0000	0.0000	687.6450	0.0000
4	1	84.3751	0.0000	-70.0000	0.0000	687.6450	0.0000
		84.3751	0.0000	-70.0000	0.0000	-13312.3552	0.0000
5	1	-84.3737	0.0000	-100.0000	0.0000	20687.6453	0.0000
		-84.3737	0.0000	-100.0000	0.0000	687.6450	0.0000
6	1	-84.3739	0.0000	-70.0000	0.0000	687.6450	0.0000
		-84.3739	0.0000	-70.0000	0.0000	-13312.3553	0.0000
7	1	18.7503	0.0000	-40.0000	0.0000	6375.0226	0.0000
		18.7503	0.0000	-40.0000	0.0000	-1624.9775	0.0000
8	1	18.7501	0.0000	-20.0000	0.0000	-1624.9775	0.0000
		18.7501	0.0000	-20.0000	0.0000	-5624.9775	0.0000
9	1	-18.7496	0.0000	-40.0000	0.0000	6375.0226	0.0000
		-18.7496	0.0000	-40.0000	0.0000	-1624.9775	0.0000
10	1	-18.7498	0.0000	-20.0000	0.0000	-1624.9775	0.0000
		-18.7498	0.0000	-20.0000	0.0000	-5624.9775	0.0000

図 5-17 例題 5-2 の静的解析結果である部材断面力



線形解析を行い、その結果が図 5-17 に示されている。少しの誤差が見られるが、両者の値はほぼ一致している。この誤差は、例題 5-1 と同様に、固定法の反復打ち切り誤差によるものである。

図 5-18 には、プレゼンターによるせん断力分布と曲げモーメント分布が示されている。この図も固定法で求めた図 5-12 に一致している。

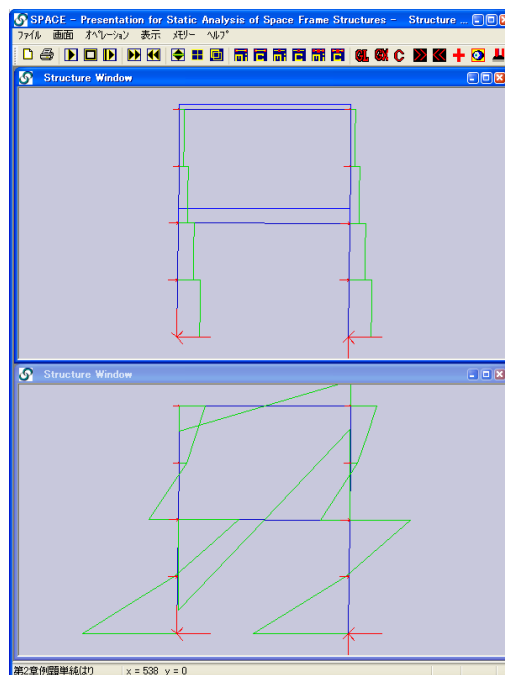


図 5-18 例題 5-2 のせん断力図と曲げモーメント

5.4 課題 2

本節では、図 5-19 示す 2 層 2 スパンの骨組を、固定法を用いて解析し、また、実際に SPACE を用いて数値解析を実施し、固定法で求めた結果と比較する。ここでは、鋼材は SS400 を使用し、部材断面は全て H-400x200x8x13 を使用するものとする。また、両スパンは 6m とし、階高は 2 層とも 4m とする。梁・柱の部材は全て同じとすると、図のような剛比となる。この部材の断面二次モーメントは  $23500 \text{ cm}^4$  であり、ヤング係数は  $20500 \text{ kN/cm}^2$  とする。ただし、これらの値は、SPACE のデータベースより求めた値である。

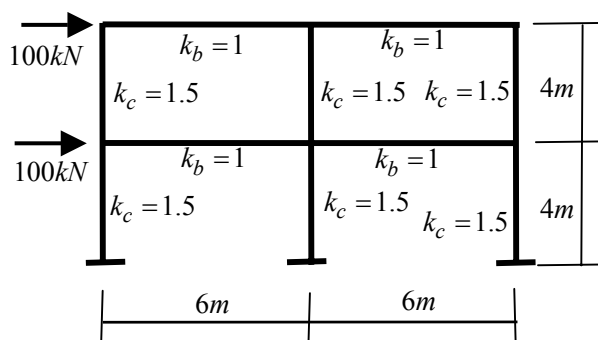


図 5-19 課題 2 の解析モデル

課題の解析モデルは対称骨組に逆対称の荷重が加わっていることから、逆対称変形、及び逆対称の断面力分布となる。そこで、第 4 章で説

明したように、対称軸が柱を通る場合、次の骨組に変換して、骨組の半分を解析すれば良いことになる。

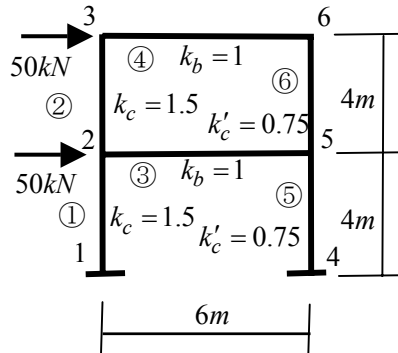


図 5-20 逆対称解析モデル

逆対称部材である中央の柱は、有効剛比として、上図のように剛比の 1/2 を用いる。

次に、節点 2, 3, 5, 6 における分割率を計算する。

節点 : 2

$$\left. \begin{aligned} DF_{c1} = DF_{c2} &= \frac{1.5}{1.5+1.5+1} = 0.375 \\ DF_{b1} &= \frac{1}{1.5+1.5+1} = 0.25 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.41)$$

節点 : 3

$$\left. \begin{aligned} DF_{c2} &= \frac{1.5}{1+1.5} = 0.6 \\ DF_{b2} &= \frac{1}{1+1.5} = 0.4 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.42)$$

節点 : 5

$$\left. \begin{aligned} DF_{c3} = DF_{c4} &= \frac{0.75}{0.75+0.75+1} = 0.3 \\ DF_{b1} &= \frac{1}{0.75+0.75+1} = 0.4 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.43)$$

節点 : 6

$$\left. \begin{aligned} DF_{c4} &= \frac{0.75}{1+0.75} = 0.429 \\ DF_{b2} &= \frac{1}{1+0.75} = 0.571 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.44)$$

強制変位である部材角

$$\psi_1 = -100X_1 \quad \psi_2 = -100X_2 \quad \dots\dots(5.45)$$

を各々を与えると、部材1、2及び5、6には、次に示す基本応力が発生する。ただし、ここでは各々  $X_1$  を1、また  $X_2$  を1として与える。

部材：1、5

$$\left. \begin{aligned} M_{12} &= -100 \cdot k_c \cdot X_1 = -150 \\ M_{21} &= -100 \cdot k_c \cdot X_1 = -150 \\ M_{45} &= -100 \cdot k'_c \cdot X_1 = -75 \\ M_{54} &= -100 \cdot k'_c \cdot X_1 = -75 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.46)$$

部材：2、6

$$\left. \begin{aligned} M_{23} &= -100 \cdot k_c \cdot X_2 = -150 \\ M_{32} &= -100 \cdot k_c \cdot X_2 = -150 \\ M_{56} &= -100 \cdot k'_c \cdot X_2 = -75 \\ M_{65} &= -100 \cdot k'_c \cdot X_2 = -75 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.47)$$

上の基本応力を用いて、固定法で応力解析を行う。表 5-3(a)が未定係数  $X_1$  に対して、表 5-3(b)が同じく  $X_2$  に対する解析結果である。

表 5-3(a) 例題 5-2 の強制変位  $X_1$  による固定法の表

	下柱		右はり	外力		左はり	下柱	上柱	外力
DF	0.6		0.4			0.571	0.429		
FEM	0			0			0		0
D1	0		0			0	0		
C1	28.13			-28.13			11.25		-11.25
D2	-16.88		-11.25			-6.42	-4.83		
C2	-2.82		-3.21	6.03		-5.63	-2.82		8.45
D3	3.62		2.41			4.82	3.63		
C3	2.29		2.41	-4.7		1.21	0.65		-1.86
D4	-2.82		-1.88			-1.06	-0.8		
計	11.52		-11.52			-7.08	7.08		
	下柱	上柱	右はり	外力		左はり	下柱	上柱	外力
DF	0.375	0.375	0.25			0.4	0.3	0.3	
FEM	-150			150		0	-75	0	75
D1	56.25	56.25	37.5			30	22.5	22.5	
C1	0	0	15	-15		18.75	0	0	-18.75
D2	-5.63	-5.63	-3.75			-7.5	-5.63	-5.63	
C2	0	-8.44	-3.75	12.19		-1.88	0	-2.42	4.32
D3	4.57	4.57	3.05			1.73	1.3	1.3	
C3	0	1.81	0.87	-2.68		1.53	0	1.82	-3.35
D4	-1.01	-1.01	-0.67			-1.34	-1.01	-1.01	
計	-95.82	47.55	48.25			41.29	-57.84	16.56	
		上柱						上柱	
FEM		-150						-75	
C1		28.13						11.25	
C2		-2.82						-2.82	
C3		2.29						0.65	
計		-122.4						-65.84	

表 5-3(b) 例題 5-2 の強制変位  $X_2$  による固定法の表

	下柱		右はり	外力		左はり	下柱	上柱	外力
DF	0.6		0.4			0.571	0.429		
FEM	-150			150			-75		75
D1	90		60			42.83	32.18		
C1	28.13		21.42	-49.55		30	11.25		-41.25
D2	-29.73		-19.82			-23.55	-17.7		
C2	-11.25		-11.78	23.03		-9.91	-5.23		15.14
D3	13.81		9.21			8.64	6.5		
C3	4.1		4.32	-8.42		4.61	2.46		-7.07
D4	-5.05		-3.37			-4.04	-3.03		
計	-59.99		59.98			48.58	-48.57		
	下柱	上柱	右はり	外力		左はり	下柱	上柱	外力
DF	0.375	0.375	0.25			0.4	0.3	0.3	
FEM	0	-150		150			0	-75	75
D1	56.25	56.25	37.5			30	22.5	22.5	
C1	0	45	15	-60		18.75	0	16.09	-34.84
D2	-22.5	-22.5	-15			-13.94	-10.45	-10.45	
C2	0	-14.87	-6.97	21.84		-7.5	0	-8.85	16.35
D3	8.19	8.19	5.46			6.54	4.91	4.91	
C3	0	6.91	3.27	-10.18		2.73	0	3.25	-5.98
D4	-3.82	-3.82	-2.55			-2.4	-1.8	-1.8	
計	38.12	-74.84	36.71			34.18	15.16	-49.35	
		上柱					上柱		
FEM		0					0		
C1		28.13					11.25		
C2		-11.25					-5.23		
C3		4.1					2.46		
計		20.98					8.48		

上で求めた材端モーメントより、曲げモーメント図とせん断力図を次のように描く。

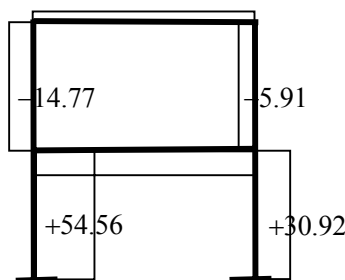
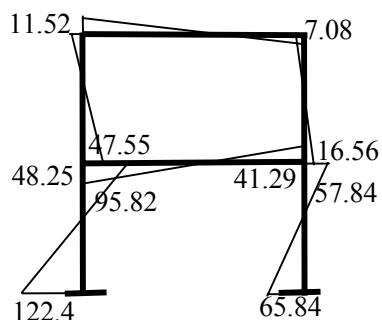


図 5-21(a) 強制変位  $X_1$  による曲げモーメント図とせん断力図

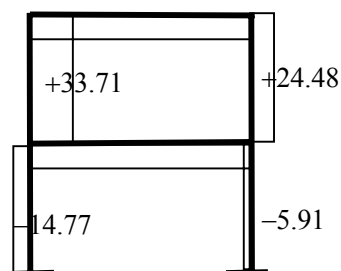
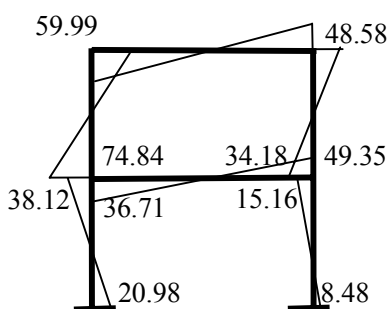


図 5-21(b) 強制変位  $X_2$  による曲げモーメント図とせん断力図

(a) 曲げモーメント図

(b) せん断力図

各層の層せん断力と外力との釣合より、次式が得られる。

$$\left. \begin{aligned} (54.56 + 30.92)X_1 - (14.77 + 5.91)X_2 &= 50 + 50 \\ -(14.77 + 5.91)X_1 + (33.71 + 24.48)X_2 &= 50 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.48)$$

上式を整理すると、

$$\left. \begin{aligned} 85.48X_1 - 20.68X_2 &= 100 \\ -20.68X_1 + 58.19X_2 &= 50 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.49)$$

となり、上式を解くと、次のように未定係数が決定される。

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= 1.5073 \\ X_2 &= 1.3949 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.50)$$

上の未定係数を用いて、以下のように材端モーメントを計算する。まず、柱の材端モーメントは、

$$\left. \begin{aligned} M_{12} &= -122.4 \cdot 1.5073 + 20.98 \cdot 1.3949 = -155.23 \\ M_{21} &= -95.82 \cdot 1.5073 + 38.12 \cdot 1.3949 = -91.26 \\ M_{23} &= 47.55 \cdot 1.5073 - 74.84 \cdot 1.3949 = -32.72 \\ M_{32} &= 11.52 \cdot 1.5073 - 59.99 \cdot 1.3949 = -66.32 \\ M_{45} &= -65.84 \cdot 1.5073 + 8.48 \cdot 1.3949 = -87.41 \\ M_{54} &= -57.84 \cdot 1.5073 + 15.16 \cdot 1.3949 = -66.04 \\ M_{56} &= 16.56 \cdot 1.5073 - 49.35 \cdot 1.3949 = -43.88 \\ M_{65} &= 7.08 \cdot 1.5073 - 48.57 \cdot 1.3949 = -57.07 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.51)$$

となり、次に、梁の材端モーメントは次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} M_{25} &= 48.25 \cdot 1.5073 + 36.71 \cdot 1.3949 = 123.93 \\ M_{52} &= 41.29 \cdot 1.5073 + 34.18 \cdot 1.3949 = 109.91 \\ M_{36} &= -11.52 \cdot 1.5073 + 59.98 \cdot 1.3949 = 66.30 \\ M_{63} &= -7.08 \cdot 1.5073 + 48.58 \cdot 1.3949 = 57.09 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.52)$$

上記の材端モーメントから梁・柱のせん断力を計算する。まず、柱のせん断力は、次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} Q_{12} &= -(-155.23 - 91.26) / 4 = 61.62 \\ Q_{23} &= -(-32.72 - 66.32) / 4 = 24.76 \\ Q_{45} &= -(-87.41 - 66.04) / 4 = 38.36 \\ Q_{56} &= -(-43.88 - 57.07) / 4 = 25.23 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.53)$$

次に、梁のせん断力は、

$$\left. \begin{aligned} Q_{24} &= -(123.98 + 109.91) / 6 = -38.98 \\ Q_{36} &= -(66.30 + 57.09) / 6 = -20.57 \end{aligned} \right\} \dots\dots(5.54)$$

以上の解析結果より、次の曲げモーメント分布、せん断力分布、及び、節点での力の釣合より、軸力分布が得られる。

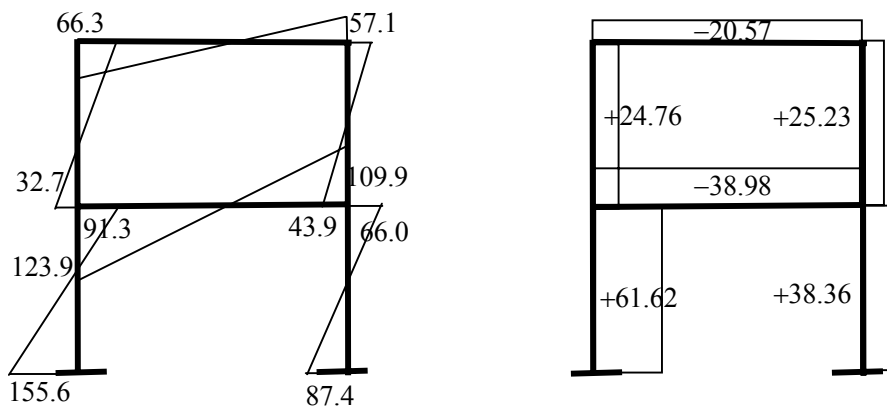


図 5-22 課題 2 の逆対称モデルにおける曲げモーメント図とせん断力図

上の断面力分布は、逆対称条件を用いて解析した結果であり、実際は、右半分の断面力を加える必要がある。以下に、断面力が逆対称であることより、以下の図として骨組全体の曲げモーメント分布、せん断力分布、軸力分布を示す。

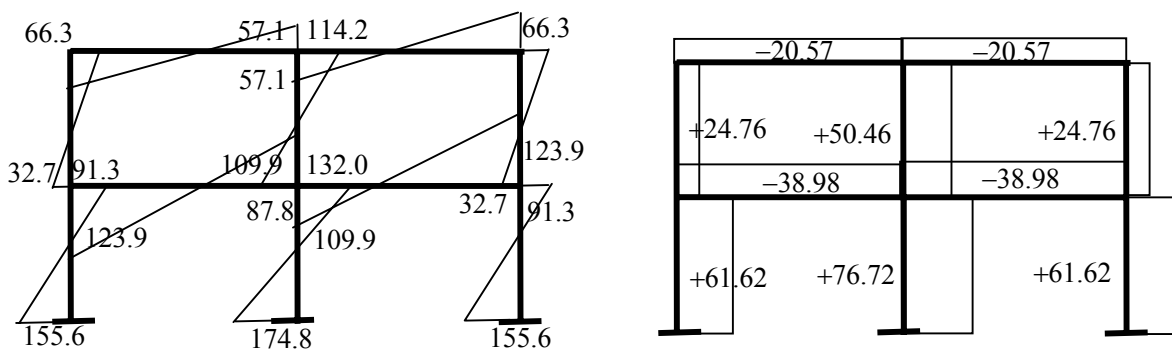


図 5-23(a) 曲げモーメント図

図 5-23(b) せん断力図

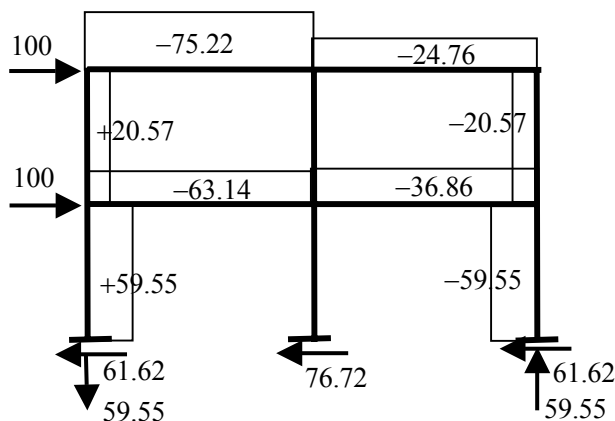


図 5-23(c) 軸力及び反力図

図 5-23 より、外力と反力の上下方向及び水平方向の力の釣合がとれていることが分かる。また、節点 1 でのモーメントは、

$$\begin{aligned}
 M_1 &= 100 \cdot 4 + 100 \cdot 8 - 155.6 - 174.8 - 155.6 - 59.55 \cdot 12 \\
 &= -0.6 \qquad \dots\dots(5.55)
 \end{aligned}$$

となり、ほぼ釣合しているといえる。

次に、SPACE を用いて、数値計算を実施する。まず、SPACE を起動する。この SPACE の「ファイル」→「新規作成」メニューを用いて、「固定法演習解析モデル」-「第5章」フォルダ内の「課題2」フォルダ中にコントロールファイルを作成する。コントロールファイルの名前を「2層2スパン骨組.ct1」としよう。その後、各種のコントロール情報を設定した後、モデラーを起動する。モデラーによる骨組の設定は、前章とほぼ同じであり、異なる部分のみ説明することになる。

最初は、初期設定ウィザードが自動的にダイアログを表示させるので、これに従ってデータを入力すれば良い。まず、タイトルを入力し、次に平面フレームを選択し、構造物の規模として、「スパン数」を2に、階数も2にセットする。次に、2スパン共に長さを600cmに、また、2層の階高を共に400cmにセットする。

さらに、使用する部材断面を作成登録する。ここでは、鉄骨を選択し、材料はSS400を、また、部材モデルは弾性とする。断面は、H-400x200x8x13とし、DB値を採用する。梁用の断面をG1として設定し、また、柱用は、同じ断面で設定し、記号をC1とする。要素データが設定終了後、OKボタンを押して、CAD画面に戻る。

図 5-24 のように CAD 画面を使用して、柱と梁を設定する。その際、柱は1分割に、梁も1分割とする。また、柱の部材回転は0とする。骨組の形状が設定されると、次に固定境界と荷重を割り付ける。

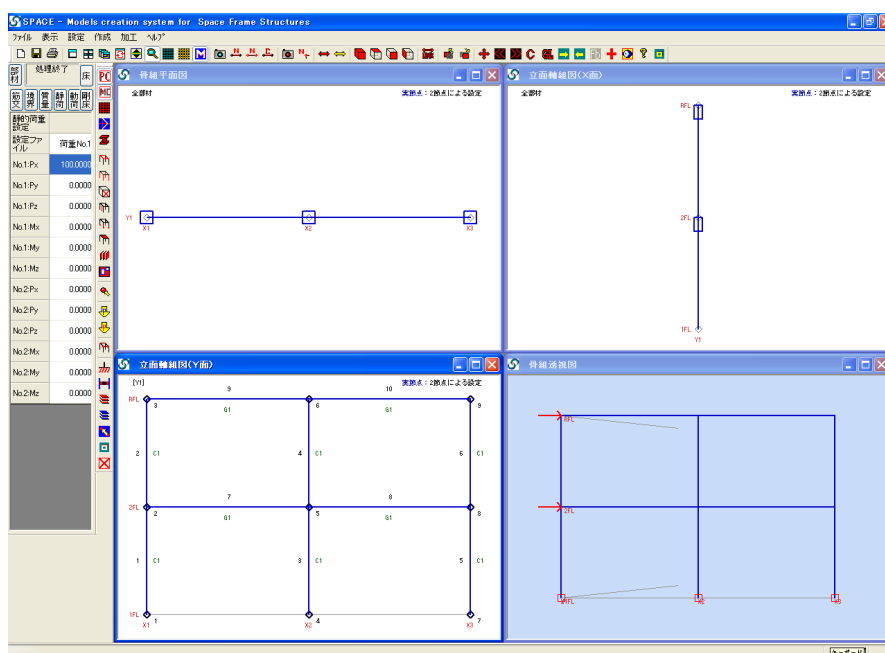


図 5-24 CAD 画面で骨組モデルを割り付ける

図 5-24 の右下の子ウインドウで、右クリックしてプルダウンメニューを表示させ、「透視図表示項目選択」を選択する。当該ダイアログが表示されるので、境界と静的荷重\_1 にチェックマークを入れ、OK ボタンを押すと、上図のように荷重と境界が表示され、設定を確認する。

再度、「要素データ登録」チップを押して、「要素データ登録」ダイアログを表示させ、「変更・削除・復帰」ボタンを押す。断面に関する情報の中で、柱・梁共に断面積の値を 1000 倍にして軸方向の剛性を上昇させ、見かけ上、部材の軸方向変位が生じないようにする。変更後は、図 5-25 に示される。

要素データ変更

断面変更

要素番号	現在の状態	符号	モデル	ヤング係数 (kN/cm <sup>2</sup> )	せん断弾性係数 (kN/cm <sup>2</sup> )	断面積 (cm <sup>2</sup> )	断面極二次モーメント (cm <sup>4</sup> )	y軸断面二次モーメント (cm <sup>4</sup> )	z軸断面二次モーメント (cm <sup>4</sup> )	y軸せん断係数 (cm)
1	有効	G1	1	20500.0000	7900.0000	83370.000	35.68000	23500.00000	1740.00000	
2	有効	C1	1	20500.0000	7900.0000	83370.000	35.68000	23500.00000	1740.00000	

図 5-25 変更後（解析モデルに合わせるために、断面特性を変更する）

解析モデルを全て設定した後、メニューの「ファイル」→「ファイルへの出力」を選択すると図 5-26 のダイアログが表示される。ここで、「構造ファイル」と「静的荷重ファイル\_1」、情報ファイルを指定し、OK ボタンを押して出力する。

解析を実施する前に、解析用パラメータを設定する。まず、

静的解析用コントロール

OK 反復最大回数 10 収束閾値 1e-008 キャンセル

初期変位  初期変位ファイルを使用する  inidis.dat

初期変位の最大変位 0 初期変位の段階数 0

第2境界条件  第2境界条件を使用する  romodl.dat

解析手法の選択  荷重増分+変位増分法  荷重増分+強長法

荷重増分段階

ステップ数	荷重係数	ステップ数	荷重係数	ステップ数	荷重係数
1: 20	S1 0.05	S2 0	5: 0	S1 0	S2 0
2: 0	S1 0	S2 0	6: 0	S1 0	S2 0
3: 0	S1 0	S2 0	7: 0	S1 0	S2 0
4: 0	S1 0	S2 0	8: 0	S1 0	S2 0

変位増分あるいは強長法段階

ステップ数	節点番号	自由度番号	変位増分係数 (弧長)	ステップ数	節点番号	自由度番号	変位増分係数 (弧長)
1: 0	0	0	0	6: 0	0	0	0
2: 0	0	0	0	7: 0	0	0	0
3: 0	0	0	0	8: 0	0	0	0
4: 0	0	0	0	9: 0	0	0	0
5: 0	0	0	0	10: 0	0	0	0

図 5-27 「静的解析用コントロール」ダイアログ

SPACE のメニューより、図 5-27 に示す「静的解析用コントロール」ダイアログを表示させ、図のように設定する。線形解析であるため、1回の解析で良いわけであるが、ここでは、アニメーションな

ファイルの出力

OK キャンセル

構造データと情報データは常に同時出力してください。構造データの節点番号などが変更になった場合、質量、荷重データも同時出力してください。

構造ファイル struct.dat

質量ファイル mass.dat

初期変位ファイル inidis.dat

初期応力ファイル inistr.dat

特殊断面ファイル fiber.m.dat

ROモデルファイル romodl.dat

静的荷重ファイル\_1 sload1.dat

静的荷重ファイル\_2 sload2.dat

動的荷重ファイル\_1 dload1.dat

動的荷重ファイル\_2 dload2.dat

動的荷重ファイル\_3 dload3.dat

モデル設定用ファイル Scom\_M.dat

情報ファイル info.dat

任意型特殊断面ファイル Toku\_D.dat

図 5-26 「解析モデルのファイル出力」ダイアログ



どの表示の都合上、図のように荷重増分法を用い、20回に分けて計算する。次に、「静的解析の出力・解析制御に関するコントロールデータ」ダイアログを表示させ、図 5-28 のように設定する。ここでは特に、「せん断変形を考慮しない」と「応力出力」にチェックマークを入れ、OK ボタンを押して次に進む。

解析パラメータを設定した後、静的ソルバーを起動し、線形解析を実施する。解析が正常終了した後、解析結果を出力表示で確認する。SPACE のメニューより、「表示」→「静的解析の途中経過の表示」を選択し、解析経過と結果を表示させる。ファイルの最後に出力されている 20 回目の解析結果を図 5-29 に示す。図に見られるように両者の断面力はほぼ一致を示している。

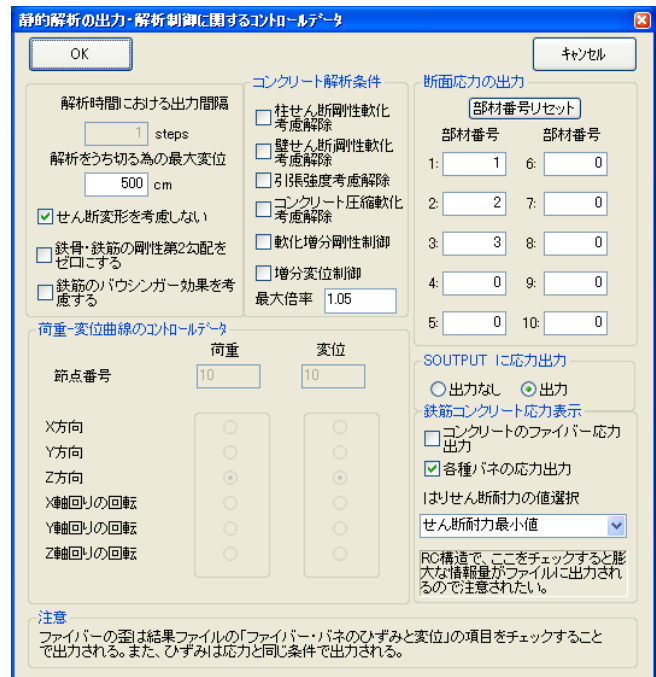


図 5-28 「静的解析の出力・解析制御に関するコントロールデータ」ダイアログ

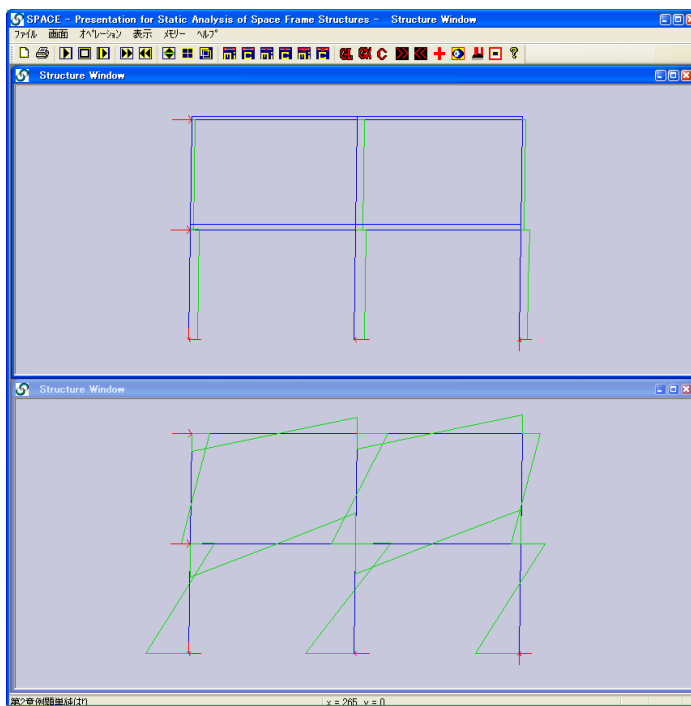
番号	部材モデル	Nx	Qy	Qz	Mx	My	Mz
1	1	58.9814	0.0000	-61.5328	0.0000	15723.2964	0.0000
		58.9814	0.0000	-61.5328	0.0000	-8889.8096	0.0000
2	1	20.2720	0.0000	-24.8417	0.0000	3407.6361	0.0000
		20.2720	0.0000	-24.8417	0.0000	-6529.0318	0.0000
3	1	0.0004	0.0000	-76.9367	0.0000	17777.0204	0.0000
		0.0004	0.0000	-76.9367	0.0000	-12997.6592	0.0000
4	1	0.0005	0.0000	-50.3160	0.0000	8858.3140	0.0000
		0.0005	0.0000	-50.3160	0.0000	-11268.0862	0.0000
5	1	-58.9801	0.0000	-61.5305	0.0000	15722.7882	0.0000
		-58.9801	0.0000	-61.5305	0.0000	-8889.4274	0.0000
6	1	-20.2717	0.0000	-24.8423	0.0000	3407.8503	0.0000
		-20.2717	0.0000	-24.8423	0.0000	-6529.0822	0.0000
7	1	-63.3086	0.0000	38.7091	0.0000	-12297.4457	0.0000
		-63.3086	0.0000	38.7091	0.0000	10928.0286	0.0000
8	1	-36.6879	0.0000	38.7087	0.0000	-10927.9446	0.0000
		-36.6879	0.0000	38.7087	0.0000	12297.2777	0.0000
9	1	-75.1582	0.0000	20.2718	0.0000	-6529.0318	0.0000
		-75.1582	0.0000	20.2718	0.0000	5634.0305	0.0000
10	1	-24.8422	0.0000	20.2719	0.0000	-5634.0557	0.0000
		-24.8422	0.0000	20.2719	0.0000	6529.0822	0.0000

図 5-29 課題 2 の静的解析結果である部材断面力

ここでも、少しの誤差が見られるが、両者の値はほぼ一致している。この誤差は、固定法の反復打ち切り誤差によるものである。

図 5-30 には、プレゼンターによるせん断力分布と曲げモーメント分布が示されている。この図も固定法で求めた図 5-23 に一致している。

図 5-30 課題 2 のせん断力図と曲げモーメント

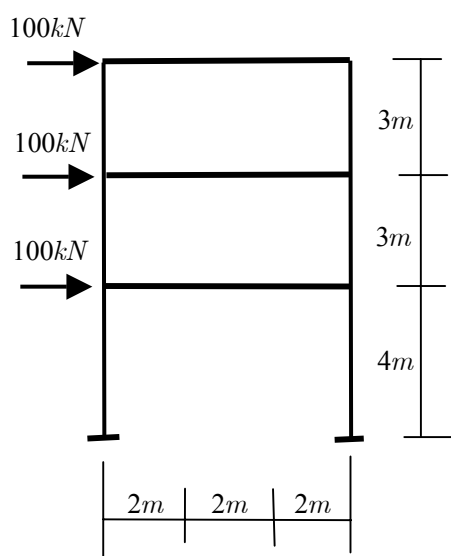


本章では、多層の骨組について、柱に部材角が生じ、骨組に層間変位が発生する場合に関して、固定法による解析方法を、演習を通して学習した。特に、柱に部材荷重がある場合、及び逆対称変形が生じる場合について学んだ。SPACE を用いて、例題の結果を検証した。

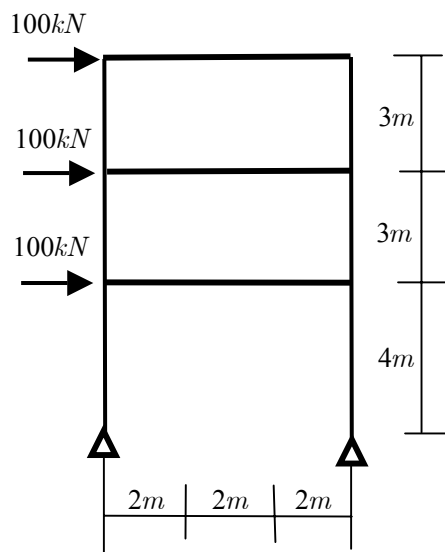
## 5.5 まとめ

## 5.6 問題

**問題 5-1** 次の骨組の応力解析を固定法で実行し、曲げモーメント図、せん断力図及び軸力図を描き、さらに、反力を求めて、外力と反力の力の釣合を確認せよ。なお、鋼材は、SS400 を使用し、部材断面として、梁は全て H-400x200x8x13 を、柱は□125x25x12 を使用するものとする。また、SPACE を用いて、同上の解析を実施し、互いの結果を比較することで、固定法の結果を検証しなさい。(断面二次モーメントやヤング係数は、SPACE のデータベースの値を用いなさい。また、設定した断面より、剛比を計算して、固定法を適用しなさい。)



問 5-1



問 5-2