

第6章 部材の断面力計算

ポイント:部材断面力の計算 両端の変位より両端外力を計算する

本章では、両端の変位を用いて部材両端の材端力を求め、断面内の応 力との釣合より、断面力を求める方法を学ぶ。ここでは、部材荷重は等 分布荷重を考慮しているため、基本応力と節点荷重による断面力を重ね 合わせて、実際の部材断面力を求める。



部材内部の断面力は、部材荷重のない場合は単純で、曲げモーメント は一次式、軸力とせん断力は一定となる。そのため、材端力が分かれば、 その値に釣合う断面力は容易に求められることになる。まず、全体変位 より部材両端の変位を取り出し、次に、部材座標系に変換した後、両端 変位を用いて両端の材端力を求め、さらに、部材内の応力を計算する。 部材の材端力を求めるフローチャートを以下に示す。



6.2 部材断面力の

6.1 はじめに

この部材断面力の計算は、主プログラムにおける次のコードで呼び出 される。

9:部材応力の計算と出力

Call Cal_stress(n_Member, Member, al, sin_cos, disp, F_rest, Element, C_M_Q)

このサブルーチンは、以下のようであり、内容はそれほど難しくはない。

Private Sub Cal_stress(n_Member, Member, al	, sin_cos, disp, F_rest, Element, C_M_Q)
Dim i As Integer	
Dim j As Integer	
Dim j1 As Integer	
Dim i1 As Integer	
Dim mx As Integer	
Dim Mc As Double	
 Dim R(6, 6) As Double	
Dim ak(6, 6) As Double	
Dim u(6) As Double	
Dim uu(6) As Double	
Dim ff(6) As Double	
	全部材について計算
For i = 1 To n_Member	
mx = Member(3, i)	
	部材座標系の剛性行列計算
Call Cal_k(i, ak, al, mx, Element)	
	回転行列計算
Gail Gai_rot(I, K, sin_cos)	如서 ᆍᄲ ݦ춌ᄮᄼᄉᄔᇠᄺᅎᇝᅕᄮᇗᅌᄧᄔᄔᅷ
Call Cat M .: (Namber (1 i) Namber (2 i)	部材両端の変位を全体座標糸の変位から取り出す
Gail Get_M_U(Memper(I, I), Memper(Z, I),	U, F_rest, disp)
Call Cal rotata (P. 11, 111)	
Call Gat strass(i ak un ff CMO M	
ישוו עפנ_סנופסס(ו, מא, טט, וו, ע_א_ע, אונ 	^ッ
	ロマン で 白 ノ」

上記のサブルーチンで呼ばれているサブルーチンを以下に示す。それ らの処理内容は、コメントに書かれているので理解できるであろう。ま

た、既に、記述されているサブルーチンは除かれている。

6-2

6.3 部材断面力の

計算と出カプ

ログラム

```
部材両端の変位を取得
```

```
Private Sub Get_M_u(i1, i2, u, F_rest, disp)

Dim j As Integer

For j = 1 To 3

u(j) = 0#

If (F_rest(j, i1) > 0#) Then u(j) = disp(F_rest(j, i1))

Next

For j = 1 To 3

u(j + 3) = 0#

If (F_rest(j, i2) > 0#) Then u(j + 3) = disp(F_rest(j, i2))

Next

End Sub
```

⁷ 材端外力計算 ,	
Private Sub Get_stress(m, ak, uu, ff, C_M_Q, Dim i As Integer Dim j As Integer Dim s As Double ,	Mc)
<pre>For i = 1 To 6 s = 0# For j = 1 To 6 s = s + ak(i, j) * uu(j) Next ff(i) = s Next '</pre>	
$ \begin{aligned} Mc &= (-ff(6) + ff(3)) * 0.5 + C_M_Q(2, m) \\ ff(2) &= ff(2) - C_M_Q(3, m) \\ ff(3) &= ff(3) - C_M_Q(1, m) \\ ff(5) &= ff(5) - C_M_Q(3, m) \\ ff(6) &= ff(6) + C_M_Q(1, m) \\ \end{aligned} $	

材端外力の出力

Private Sub Out_stress(ff, i, Mc) Dim j As Integer Dim F_cel Dim F_sheet '_______ F_sheet = "解析結果" F_cel = "F3" '______ Worksheets(F_sheet).Range(F_cel).Offset(i, 0).Value = i For j = 1 To 6 Worksheets(F_sheet).Range(F_cel).Offset(i, j).Value = ff(j) Next Worksheets(F_sheet).Range(F_cel).Offset(i, 7).Value = Mc End Sub

6.4 その他のサブ

ルーチン

本節では、これまでに説明してこなかったサブルーチンについて解説 する。ここでは、2つのサブルーチンがあり、一つ目のサブルーチンは 節点集中荷重を荷重ベクトルに組み込む処理を行う。入力データから load_P()に読み込まれた荷重は全体座標系であるため、そのまま、節点 の未知番号を頼りに荷重ベクトルに組み込む処理を行う。

2 つ目のサブルーチンは、方程式を解いて得た節点変位を、節点ごと に整理してシートのセル上に出力するプログラムである。ここでも、節 点に未知番号を頼りに、節点変位を呼び出している。

,
, 節点荷重の設定 ,
Private Sub Set_load_S(pload, n_P_load, load_P, F_rest) Dim i As Integer Dim j As Integer Dim j1 As Integer Dim j1 As Integer
For i = 1 To n_P_load i1 = load_P(1, i) For j = 1 To 3 j1 = F_rest(j, i1) If $(j1 > 0)$ Then pload(j1) = load_P(j + 1, i) + pload(j1) End If Next Next
End Sub

全体変位の出力

Private Sub Out_disp(disp, n_point, F_rest) Dim F_cel Dim F_sheet Dim i As Integer Dim j As Integer Dim j1 As Integer Dim u As Double '_____

F_sheet = "解析結果"

```
\label{eq:F_cel} \begin{split} &F\_cel = ``A3'' \\ &For \ i = 1 \ To \ n\_point \\ &Worksheets(F\_sheet). Range(F\_cel). Offset(i, 0). Value = i \\ &For \ j = 1 \ To \ 3 \\ &u = 0\# \\ &If \ (F\_rest(j, i) > 0\#) \ Then \\ & \ j1 = F\_rest(j, i) \\ &u = disp(j1) \\ &End \ If \\ &Worksheets(F\_sheet). Range(F\_cel). Offset(i, j). Value = u \\ &Next \\ &Next \\ &Pext \\ &For \ Sub \end{split}
```

6.5課題

本章で説明したサブルーチンを組み込めば、平面骨組のプログラムは 完成である。これらのサブルーチンを組み込んだ後、適切な処理が行わ れているかどうかを確認するために、テストを行い、エラーが発生する 場合はプログラムをデバックする。ここでは、次の例題を用い、プログ ラムの正確さを検証する。

I:簡単なモデルで正解と比較する。例えば以下のような理論解を用意

する。

- 1) 単純梁で中央集中荷重
- 2) 単純梁で等分布荷重
- 3) 両端固定梁で中央集中荷重
- 4) 両端固定梁で等分布荷重
- 5) 片持ち梁で先端集中荷重
- 6) 片持ち梁で等分布荷重
- Ⅱ:他のプログラムと比較する
 - ここでは、SPACE を使用して解の比較を行う

1) 中央集中荷重を受ける単純梁

次に、例題として、上に示した単純梁で中央集中荷重の解析結果を示 す。読者も、課題で作成した平面骨組のプログラムを使用して計算し、 その結果と手計算による結果とを比較してみよう。

使用する部材のヤング係数と断面二次モーメント及び梁の長さは以 下のようである。

$$P = 100kN; \quad l = 800cm$$

$$E = 20500kN / cm^{2}; I = 22964.9cm^{4}$$

解析モデルと曲げモーメント図、せん断力図、及びたわみ曲線などを図 6-2 に示す。



図 6-2 中央集中荷重を受ける単純梁



図 6-3 たわみ曲線と回転角

入力データは、Excel のシートに書かれた次図に示される。このモデル の梁は4分割されており、中央に集中荷重が加えられている。

	licrosof	t Excel	- 単純系	中央	集中宿	前重.xls																									
	ファイル(E) 編集(E) 表示(⊻∄	₿入Φ	書式(②) ツ	-n(D	データ	対(①) ウイン	ドウω	A.M	% <u>Н</u>) Ас	lobe	PDF(<u>B</u>)																	۶×
	🛩 🖬	84	5 🖪 🖤	· ¥		🏦 🝼 🔽) - Cil	- 6	🔒 Σ 🖡	<u></u> <u></u> <u></u>	et M	L 🚜 🖥	5%	- 2	- 🔟 I	n 🖓	🗹 🖬 💷	⊙ ;	MSP	ゴシック		- 11	-	B /	U	E B	≡ ₫		👌 🗸	<u>A</u> -	»
1	-			+7-50		A 13	N												1.				_							_	_
				0.04	1974-			• •																							
	AE3		•	=	_		-									-	-	-	-		-						-		_	1.0	
-	A DOMESTIC	山住場	в	U %	しまたの語	E	F	G	日本社の作業	 () () () () () () () () () () () () ()	J	ĸ	L	M	N	U	Р	U	HE 12 (4)	S	1	U	V.	₩ おお田田	X	Ŷ	2	AA A	ठ 芬壶(筆,	AU 心在描記	
2	171.1	71/11414402		前	点番号	×座槽	v座槽	-	部村 8년	诚富	·····································	要素番号	7	要素番号	ヤング係数	新面絲	「雨二次モーメン	가	施点番号	×方向	マ方向	回転角	Ē	前点番号	×方向	√方向	曲げ	部材	<u>히포(守</u>) 종등 荷·	<u>万中间</u> 重值	17
3	節点	(数	5	Ĩ	1	0	1.00.00	0	1	1	2	1	i t	1	20500	81.92	22964.	9	1	0	0	1		3	0	100	0	<u>a</u> , 11			_
4	部材	数	4		2	200		0	2	2	3	1	1	2					5	1	0	1									
5	要素	激	1		3	400		0	3	3	4	1		3																	_
6	境界第	「点数	2		4	600		0	4	4	5	1	11	4				-													_
7	部材荷	重数	0	-	5	800		0	5				+ +	5				-					-								-
a a	R10				7				7				1 1	7				-					-		-					-	-
10					8				8				11	8																_	_
11					9				9					9																	
12					10				10					10				_													
13					11			_	11			-		11				-							-						_
14					12			-	12				+ +	12				-													-
15		折開始			14			-	14				1 1	14				-					-								-
17					15				15				1 1	15											-				_	_	_
18	応力計算	算終了			16				16				1 1	16																	_
19					17				17					17																	
20	自由別	度数	12		18				18					18																	
21	スカイラ	イン数	49		19			_	19				11	19				_											\rightarrow	\rightarrow	_
22	LDU: 不由字	対解	0	-	20			_	20					20				_	L						-	L					
23	<u> </u>		- 0	-				-										-				-			-						-
		データ入	力/解析	結果	/Shee	t3 /		-										II.													
	シド		<u>~ 2 / 174 101</u>	AND PTS	A																										

図 6-4 中央集中荷重を受ける単純梁の入力データ

図 6-2 及び 6-3 に示されている最大曲げモーメントや最大変位、最大回 転角を以下のように計算する。

 $M_{\max} = \frac{Pl}{4} = \frac{100 \cdot 800}{4} = 20000 kNcm$ $Q_{\max} = \frac{P}{2} = \frac{100}{2} = 50 kN$ $v_{\max} = \frac{Pl^3}{48EI} = \frac{100 \cdot 800^3}{48 \cdot 20500 \cdot 22964.9} = 2.266 cm$ $\theta_{\max} = \frac{Pl^2}{16EI} = \frac{100 \cdot 800^2}{16 \cdot 20500 \cdot 22964.9} = 0.0085$

平面骨組プログラムで解析した結果を以下に示す。ここでは、式(6.2) の値と良い一致を示しているが、読者のプログラムでも、同様の結果が 得られているか検証しよう。

🔀 M	icrosoft Exce	- 単純梁中	央集中荷重.xls												
8:	ファイル(E) 編集	€(E) 表示(V)	挿入① 書式(0)) ツール(<u>T</u>) デー	-タ(<u>D</u>) ウィンド	ウШ ヘルプ(H) Adobe PDF(E	D)							
	🖻 🖬 🔒 🖡	🔿 🖪 🖤 🛛	% 🖻 🛍 💅	K) + Cil +	🍓 Σ f *	≜ ↓ Z ↓ ∭	🚜 100% 🕞 I	2 . 🔟 😭 🖉	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	⊙ ¥ MSP	ゴシック 🗸	11 • B I	⊻ ≡ ≡ ≣ Ē		
] 🔁	1	▶ ● セ	キュリティ 者	🛠 🔟 🛷 .											
	C2	▼ :	=												
	A	В	C	D	E	F	G	Н	I	J	ĸ	Ĺ	M		
1															
2	2 ····································														
3	節点番号	u	v	θ		部材番号	N	Q	М	N	Q	M	M		
4	1	0.000	0.000	0.0085		1	0.000	-50.000	0.000	0.000	50.000	-1 0000.000	5000.000		
5	2	0.000	1.558	0.0064		2	0.000	-50.000	1 0000.000	0.000	50.000	-20000.000	15000.000		
6	3	0.000	2.266	0.0000		3	0.000	50.000	20000.000	0.000	-50.000	-1 0000.000	15000.000		
7	4	0.000	1.558	-0.0064		4	0.000	50.000	1 0000.000	0.000	-50.000	0.000	5000.000		
8	5	0.000	0.000	-0.0085											
9															

図 6-5 中央集中荷重を受ける単純梁の解析結果





図 6-6 等分布荷重を受ける単純梁の入力データ

解析モデルは、次に示すように梁長さ 8m の単純梁であり、部材のヤング係数と断面二次モーメントは次に示す通りである。



図 6-7 等分布荷重を受ける単純梁の解析モデルと断面力、たわみ、回転角

入力データは、Excel のシートに書かれた図 6-6 に示される。このモ デルの梁は4分割されており、等分布荷重が加えられている。

図 6-7 に示されている最大曲げモーメントや最大変位、最大回転角は 以下のようである。

$$\begin{split} M_{\max} &= \frac{\overline{p}_w l^2}{8} = \frac{2 \cdot 800^2}{8} = 160000 kNcm \\ Q_{\max} &= \frac{\overline{p}_w l}{2} = \frac{2 \cdot 800}{2} = 800 kN \\ v_{\max} &= \frac{5\overline{p}_w l^4}{384 EI} = \frac{5 \cdot 2 \cdot 800^4}{384 \cdot 20500 \cdot 22964.9} = 22.657 cm \\ \theta_{\max} &= \frac{\overline{p}_w l^3}{24 EI} = \frac{2 \cdot 800^3}{24 \cdot 20500 \cdot 22964.9} = 0.0906 \end{split}$$

🔀 M	licrosoft Exce	əl - 単純梁中	央集中荷重.xls												
12	ファイル(<u>E</u>) 編集	≹(E) 表示(⊻)	挿入① 書式②) ツール(<u>T</u>) デー	-タ(<u>D</u>) ウィンド	でか(型) ヘルプ(!	H) Adobe PDF(E	9					1	_ 8 ×	
	🛩 🖬 🔒 🗸	a 🗸 🖗	i 🖻 🛍 💅	K) + CH +	🍓 Σ 🖡		🤣 100% 🕞	2 . 🔟 😭	S. 🛛 💷 🗆	⊙ 🎇 MSP:	ゴシック 🔹	11 • B I	u ≡ ≡ ≡	· •	
1	12 🖏	• • t	キュリティ 者	* 🖬 🙍 .											
	C2	•	-												
	A B C D E F G H I J K L M														
1															
2															
3	1 1 1 1 1 1 2 1 1 1 1 1 3< 節点番号 v θ 部材番号 N Q M N Q M														
4	1	0.000	0.000	0.0906		1	0.000	-400.000	0.000	0.000	800.000	-120000.000	70000.000		
5	2	0.000	16.143	0.0623		2	0.000	0.000	120000.000	0.000	400.000	-1 60000.000	150000.000		
6	3	0.000	22.657	0.0000		3	0.000	400.000	160000.000	0.000	0.000	-1 20000.000	150000.000		
7	4	0.000	16.143	-0.0623		4	0.000	800.000	120000.000	0.000	-400.000	0.000	70000.000		
8	5	0.000	0.000	-0.0906											
9															
10															
11															
I I	▶ ▶ ▶ ↓ データ)	人力入解析結果	<u>表</u> ∫Sheet3 /						•						
_ ⊐ 7)	ンド														

平面骨組プログラムで解析した結果を以下に示す。

図 6-8 等分布荷重を受ける単純梁の解析結果

3) 先端集中荷重を受ける片持ち梁

使用する部材のヤング係数と断面二次モーメント及び梁の長さは以 下のようである。

$$P = 100kN;$$
 $l = 800cm$
 $E = 20500kN / cm^{2}; I = 22964.9cm^{4}$

解析モデルと曲げモーメント図、せん断力図、及びたわみ曲線などを図 6-9 に示す。



図 6-9 先端集中荷重を受ける片持ち梁

入力データは、Excel のシートに書かれた次図に示される。このモデル

6-10



	Microsoft Exce	- 片持ち縁	等分布节	重.xls																					
	ファイル(E) 編集	(E) 表示(⊻)	挿入Φ	書式①)ツ	ール① デ	ータ(旦) ウイン	ドウ(₩)	ヘルブ	?(<u>H</u>) Ad	lobe	PDF(<u>B</u>)														Ð×
	൙ 🖪 🙈 é	B 🖪 🖤	X 🗈 🛙	8. 🛷 🗠	• c₁ -	🎑 Σ f*	≜ ↓ 3	EL MO	1 🚜 7	5%	- ?	. 🛃	a 5	🗹 🔤 💷 🤇	• 2	MS P	ゴシック		• 11	-	B I	U I	ΕΞ	= 6	, »
1			わたっリティ	- 	N 20				-		· ·					11									
			CH 1994-			•																			
	P14	_	=																						
	A	вс) D	E	F	G H	1	J	ĸ	L	м	N	0	Р	Q	R	s	Т	U	V	W	×	Y	Z	AA _
1	コントロール情報		節点座標	ote AT	ote 170	部材の端音	節点番	· 号		_	x + x a		84 TE 14			境界条件	++	+ 6	Et a	_	節点荷重		1+6		
2	AN 1- 21		即息番号	×座標	ソ産機	部材番号	啼	师	安东借司	1	要來當亏	<u>アンク1後多</u>	町面積	1回_次モーメン	1	即息番号	×万回	シ方向	回虹用		即息番号	×万回	7万回	<u></u>	$\left \right $
3	即息数	5	1	000	0	1	1	2	1	+		20500	81.92	22964.9		1	- U	<u> </u>	4 0	-		-	100	<u> </u>	
5		1		400	0		3	4	1		2								-	-	-		<u> </u>	/	
6		1	4	600	Ő	4	4	5	1		4														
7	部材荷重数	0	5	800	0	5				1	5														
8	節点荷重数	1	6			6					6														
9			7			7					7													<u> </u>	
10			8			8					8								L	_			\square	<u> </u>	
11			9			9				-	9									-	-			<u> </u>	
12			10			10				-	10								-	-		-		<u> </u>	
14	1		1.2			12				-	12			i	1					-				<u> </u>	
15	ka inten kh		13			13					13			ļ	Ŷ										
16	降机開始		14			14					14														
17			15			15					15														
18	応力計算終了		16			16					16														
19			17			17					17														
20	自由度数	9	18			18					18													<u> </u>	
21	スカイライン数	36	19			19					19								-	-				<u> </u>	-
	トトレデータ入	力 (解析編	课/Shee	t3/		• ••					• •••									•	•				
_ ⊐7	ンド		~																						

図 6-10 先端集中荷重を受ける片持ち梁の入力データ

図 6-9 に示されている最大曲げモーメントや最大変位、最大回転角を計 算する。

$$M_{\max} = Pl = 100 \cdot 800 = 80000kNcm$$

$$Q_{\max} = P = 100kN$$

$$v_{\max} = \frac{Pl^3}{3EI} = \frac{100 \cdot 800^3}{3 \cdot 20500 \cdot 22964.9} = 36.25cm$$

$$\theta_{\max} = \frac{Pl^2}{2EI} = \frac{100 \cdot 800^2}{2 \cdot 20500 \cdot 22964.9} = 0.0680$$

平面骨組プログラムで解析した結果を以下に示す。

_														
🔣 М	icrosoft Exce	ヨー 片持ち梁言	寺分布荷重.xls											
8:	ファイル(E) 編集	€(E) 表示(V)	挿入① 書式(0)) ツール(T) デー	-タ(<u>D</u>) ウィント	∽つ∭) ヘルプ(H) Adobe PDF(B	3)						_ 8 ×
	🖻 🖪 🔒	a 🛯 🖉	X 🖻 🛍 💅	KO + CH +	🍓 Σ f*	2↓ Z↓ Ш	📣 100% 🔹	2. 🖌 🖻	5 I 🖬 🗆	€ ¥ MSP	ゴシック 🔹	11 • B I	⊻≣≣≣	₽ ₽ ₽
	1	▶ ● セ	キュリティ 者	* 🔟 🛷 .										
	02	▼ :	-											
	A	В	С	D	E	F	G	Н	I	J	К	L	M	N 🔺
1														
2								i 端			j端		中央	
3	節点番号	u	v	θ		部材番号	N	Q	N	N	Q	М	М	
4	1	0.000	0.000	0.0000		1	0.000	-1 00.000	-80000.000	0.000	1 00.000	60000.000	-70000.000	
5	2	0.000	3.115	0.0297		2	0.000	-1 00.000	-60000.000	0.000	1 00.000	40000.000	-50000.000	
6	3	0.000	11.329	0.0510		3	0.000	-1 00.000	-40000.000	0.000	1 00.000	20000.000	-30000.000	
7	4	0.000	22.941	0.0637		4	0.000	-1 00.000	-20000.000	0.000	1 00.000	0.000	-1 0000.000	
8	5	0.000	36.252	0.0680										
9														
10														
11					_	1								



4)等分布荷重を受ける両端固定梁

使用する部材のヤング係数と断面二次モーメント及び梁の長さは以 下のようである。

$$\overline{P}_{w} = 2kN / m; \quad l = 800cm
E = 20500kN / cm^{2}; I = 22964.9cm^{4}$$
(6.7)

解析モデルと曲げモーメント図、せん断力図、及びたわみ曲線などを図 6-12 に示す。



図 6-12 先端集中荷重を受ける片持ち梁

入力データは、Excel のシートに書かれた次図に示される。このモデルの梁は4分割されおり、等分布荷重が加えられている。



図 6-13 等分布荷重を受ける両端固定梁の入力データ

図 6-12 に示されている最大曲げモーメントや最大変位、最大回転角を 計算してみよう。

$$C = \frac{\overline{p}_w l^2}{12} = \frac{2 \cdot 800^2}{12} = 1066667 kNcm$$

$$M_{\text{max}} = \frac{C}{2} = 53333.3$$

$$Q_{\text{max}} = \frac{\overline{p}_w l}{2} = \frac{2 \cdot 800}{2} = 800 kN$$

$$v_{\text{max}} = \frac{\overline{p}_w l^4}{384 EI} = \frac{2 \cdot 800^4}{384 \cdot 20500 \cdot 22964.9} = 4.531 cm$$

$$(6.8)$$

平面骨組プログラムで解析した結果を以下に示す。

M	icrosoft Exc	: - 両端固定:	梁等分布荷重。	ds										
	ファイル(E) 編集	€(E) 表示(V) :	挿入① 書式②) ツール(T) デー	-タ① ウィンド	ウ(型) ヘルプ(H) Adobe PDF(E	3)						_ 8 ×
	🛩 🖪 🔒 🖥	a 🔍 💞 😓	አ 🖻 🛍 ダ	KD + C H +	🍓 Σ 🖡	<u></u> <u></u> <u></u>	🪜 100% 🕞 I	2 🗸 🔛 😭	🖓 🔽 🖬 🖃	⊙ 🎇 MSP	ゴシック 🗸	11 • B <i>I</i>	u ≣≣≣	Ē ?
1	12 🐔 🗌	• • t	キュリティ 者	🛠 🔛 🛷 .										
	02	· ·	=											
	A	В	С	D	E	F	G	Н	I	J	К	L	M	ľ.
1														_
2								i端			j端		中央	
3	節点番号	u	v	θ		部材番号	N	Q	M	N	Q	м	M	
4	1	0.000	0.000	0.0000		1	0.000	-400.000	-106666.667	0.000	800.000	-13333.333	-36666.667	
5	2	0.000	2.549	0.0170		2	0.000	0.000	13333.333	0.000	400.000	-53333.333	43333.333	
6	3	0.000	4.531	0.0000		3	0.000	400.000	53333.333	0.000	0.000	-13333.333	43333.333	
7	4	0.000	2.549	-0.0170		4	0.000	800.000	13333.333	0.000	-400.000	106666.667	-36666.667	
8	5	0.000	0.000	0.0000										
9														
10														

図 6-14 等分布荷重を受ける両端固定梁の解析結果

5) 柱に水平集中荷重を受ける門型骨組

使用する部材のヤング係数と断面二次モーメント及び梁の長さは以 下のようである。

$$P = 100kN; \quad l = 600cm; \quad h = 300cm$$

$$E = 20500kN / cm^{2}; I_{c} = 23000.0cm^{4}; I_{b} = 92000.0cm^{4}$$

$$K_{0} = \frac{EI_{c}}{h}; k_{c} = 1; k_{b} = \frac{EI_{b}h}{EI_{c}l} = \frac{92000 \cdot 300}{23000 \cdot 600} = 2$$

$$(6.9)$$

解析モデルと曲げモーメント図、せん断力図、及びたわみ曲線などを図 6-16 に示す。



因の10社にホーネー向重を文のの日子有福

入力データは、Excel のシートに書かれた次図に示される。このモデル では、梁は分割なし、柱は中央に集中荷重が加えられているため2分割 としている。

	Microsoft Excel	- 門型信	組1.xls																						
]ファイル(E) 編集(E) 表示(∅ 挿入仰	書式(2) ツ	ール(エ) デー	-タ(<u>D</u>) ウ	心ドウ())) へル	(<u>H</u>) Ad	lobe	PDF(<u>B</u>)													- 6	9 × 1
1 P	. <u>-</u> 04	 % 🖪 #89	V BAI	e			£. A	ZIA	- 7	5%	• 2				×	MS P	ドルック		- 11	•	R Z	TT E		= 5	»
		s rat 🗸	00 45 1			1 00	1× Z#	87 .			4				•						~ ~ .	2 =			1 -
] 🗖	9 🔛 🔁]) ∈	, セキュリティ.	- 🙆 🛠	🐱 00 🗸																				
		•	=			_																			
	A	В	C D	E	F	G H	- I	J	К	L	M	N	0	P	Q	R	S	Т	U	V	W	Х	Y	Z	A/
1	コントロール情報		節点座標			部材の	部節点者	8号 								境界条件					節点荷重				
2		-	節点番号	×座標	⊻座標	部材番	弓 端	j端	要素番号	}	要素番号	マング係数	断面積	「面二次モーメン	`	節点番号	×方向	y方向	回転角	-	節点番号	×方向	y方向	曲げ	- 1
3	節点数	6	1	-300	300	_	1 1	2	1		1	20500	80	23000		1	0	0	1		2	100	- 0	0	- 1
4	部材数	5	2	-300	150		2 2	3	1		2	20500	320	92000		6	0	0	1	-	5	100	- 0	0	-
0	<u> </u>	2	3	-300	0		3 3	4 E	2		3									-					
7			4	200	150		5 5	- U	1		4 5											$ \rightarrow$			
8	前点荷重数	2	6	300	300		6		- ·		6														
9			7				7				7									1					
10			8				8				8														
11			9				9				9														
12			10				0				10														
13			11			_	1				11														
14		-	12				2				12														
15	解析開始		13			_	3				13											,			
16		_	14				4				14														
10	ウカ計算約フ		15				10				15														
10	加加非粹于		10				2				17												_		
	↓ ▶ ▶ \データ入	<u>力(解析</u>	結果/(Shee	t3 /										•										Þ	
17	マンド																								1

図 6-16 柱に水平集中荷重を受ける門型骨組の入力データ

図 6-15 に示されている最大曲げモーメントや最大変位、及び軸力を計 算する。

$$C = \frac{Ph}{8} = \frac{100 \cdot 300}{8} = 3750 kNcm$$

$$M_{\text{max}} = 4C = 15000 kNcm$$

$$Q_b = \frac{Ph}{l} = \frac{100 \cdot 300}{600} = 50 kN; \quad Q_c = 100 kN$$

$$N_c = \frac{Ph}{l} = 50 kN$$

平面骨組プログラムで解析した結果を以下に示す。

_														
	licrosoft Exce	:) - 門型骨組	1.xls											
8	ファイル(<u>F</u>) 編集	€(E) 表示(<u>V</u>)	挿入① 書式①) ツール(T) デー	-タ(<u>D</u>) ウィント	やし ヘルプ(生	H) Adobe PDF(E	þ					ļ	_ 8 ×
	🖻 🖬 🔒 🖟	🖨 🖪 🖤 🛛	X 🖻 🛍 ダ	K) + CH +	🍓 Σ 🖡		🚜 100% 📼	2 . 🔟 😭	51 🖸 🖬 🗖	€ 💥 MSPI	ゴシック 🝷	11 • B Z	u ≣≣≣	· 🖬
1	12 13	• • t	キュリティ 춤	* 🖬 🙍 -				12		12				
	C2	▼ :	-		,									
	A	В	С	D	E	F	G	Н	I	J	К	L	M	•
1														
2								i端			;端		中央	
3	節点番号	u	v	θ		部材番号	Ν	Q	М	N	Q	М	М	
4	1	0.000	0.000	-0.0080		1	-50.000	1 00.000	0.000	50.000	-1.00.000	15000.000	-7500.000	
5	2	1.078	0.005	-0.0056		2	-50.000	0.000	-15000.000	50.000	0.000	15000.000	-15000.000	
6	3	1.560	0.009	-0.0008		3	0.000	-50.000	-15000.000	0.000	50.000	-15000.000	0.000	
7	4	1.560	-0.009	-0.0008		4	50.000	0.000	15000.000	-50.000	0.000	-15000.000	15000.000	
8	5	1.078	-0.005	-0.0056		5	50.000	1 00.000	15000.000	-50.000	-1.00.000	0.000	7500.000	
9	6	0.000	0.000	-0.0080										
10														
11														
12														
13														
14														-
4 4	▶ ▶ ∖データ)	入力)解析結果	Ł/Sheet3/						•					
コマ	ンド													

図 6-17 柱中央に水平集中荷重を受ける門型骨組の解析結果

6) 柱に水平等分布荷重を受ける門型骨組

使用する部材のヤング係数と断面二次モーメント及び梁の長さは以 下のようである。

$$\overline{p}_w = 2kN / m; l = 600cm; h = 300cm$$

$$E = 20500kN / cm^2; I_c = 23000.0cm^4; I_b = 92000.0cm^4$$

$$K_0 = \frac{EI_c}{h}; k_c = 1; k_b = \frac{EI_bh}{EI_c l} = \frac{92000 \cdot 300}{23000 \cdot 600} = 2$$

$$\left. \right\}$$

$$(6.11)$$

解析モデルと曲げモーメント図、せん断力図、及びたわみ曲線などを図

6-18 に示す。



入力データは、Excel のシートに書かれた次図に示される。このモデル では、梁・柱共に分割なし、柱には等分布荷重が加えられている。

	Microsoft B	Excel -	- 鬥 聖·	計組	2.xls																									
	ר (II.(E)	编集(F) 表示	80	挿入の	⇒式(∩) ッ	ール(T) ディ	友(D) ウン	/ドウዓሐን		?(H) Adob	e PDE(E)																L.P.	
1-2	10000			<u> </u>	142.0	84400 7	11 12 1	-	1 2 00	- 962		01010	, 															-		
JC) 📂 🔡 🗄	1 🖨	🗋 🗳	۶	お��!	B 🚿 ۲) + Cii +	🝓 Σ 🏂	ź,		1 😽 75%	•	2) 🗸 🗋 🖢	🖌 🖆 á	£	Main	• °	MS P	コシック		• 11	•	BZ	Ū				🗄 🕶 🖄	• 🗛 •	*
	1 🗊 🔊 🗌			. †	キュリティ		M 00 _																							
1.00																														
			<u> </u>		=							_																		
<u> </u>	A	14.45	в	C	D	E	F	i H		J	K I	. M	N	0		P	Q	R	S	T	U	V	W	×	Ŷ	Z	AA	AB	AC	
1	コントロール・	情報		_	節点座機			部材の端書	部節点嶺	号	T + D D	T + 7		17.21 11.27				境界条件		1.7	2 1 1		節点荷車					<u> (村荷重(</u>	等分布荷	<u> </u>
2	AN	_			節点番号	×座隈	⊻ 座 隈	部材番号	1976	J976	要亲番号	委 索崔	号 ヤンク	徐贺 町面	1枝 1	<u>nmの二次モーメン</u>	1	節点番号	×方向	ッ方向	回転用		節点番号	×方向	3万向	囲げ		树番号	荷重值	F I
3	即息数		4		1	-300	300	1	1	2	1	-	1 20	500	80	23000	<u>,</u>		0	0	1			-			╉╋		2	H I
4	- 部付 <u>奴</u> - 事主役	-	3		2	-300	0	2	2	3	2	-	2 20	000	320	92000	-	4	0	0				<u> </u>			╉┼┢		-2	F I
6	安奈然		2		3	300	200		3	4	'		3	-	-									-			╉╋			F
7	- 現外即点 部計基金				- 4	300	300	5				-	5		-												╡┢			F
8		***	0		5			6	-				6		-									<u> </u>			+ +			E I
9					7			7					7	-	-												1 F			E I
10					8			8					8		-												1 1			Г
11					9			9					9											1			1 1			Γ
12					10			10	1				10														1 [E I
13					11			11					11																	
14					12			12					12																	
15	解析開	a a a a a a a a a a a a a a a a a a a			13			13					13																	L
16		1A EL AS			14			14					14																	
17					15			15					15														\downarrow			L
18	応力計算約	<u>条了</u>			16			16					16														\downarrow			L
19					17			17					17														\downarrow			1
20	自由度数	<u>×</u>	8		18			18					18														++			1
21	スカイライン	ン数	29		19			19					19																	
22	LDU分解	¥4	0		20			20	<u> </u>				20		_												ᆂ			i
23	小安定次		0																-						-	-	+			
N.	< ▶ ▶\ ヹ	<u>-タ入ナ</u>	り、解析	結	果,(Shee	t3 /										•	ا												•	
	マンド																			Γ										

図 6-19 柱に水平等分布荷重を受ける門型骨組の入力データ

図 6-18 に示されている最大曲げモーメントや最大せん断力を計算して みよう。

 $C = \frac{\overline{p}_w h^2}{12} = \frac{2 \cdot 300^2}{12} = 15000 kN cm$ $M_{\text{max}} = 6C = 90000 kN cm$ $M_c = 4.5C = 67500 kN cm$ $Q_b = N_c = \frac{\overline{p}_w h^2}{l} = \frac{2 \cdot 300^2}{600} = 300 kN$ (6.12)

平面骨組プログラムで解析した結果を以下に示す。

☑ Microsoft Excel - 門型骨組2.xls													
◎ ファイル(F) 編集(E) 表示(W 挿入(P) 書式(Q) ツール(T) データ(D) ウィンドウ(W) ヘルブ(H) Adobe PDF(B)													
D 😂 🖬 🚔 曇 🗟 ザ 👗 🖻 💼 ダ 約・○・ 🍓 Σ 🎓 斜 🗱 🏙 🤴 100% 🔹 🗊 🛛 🕍 📾 🕼 マジ MS Pゴシック 💿 🔹 11 🔹 B Z 🗵 昌 三 三													
12 12 18 1 · • セキュリティー 名 交 M の -													
K15 v =													
	A	В	С	D	E	F	G	Н	I	J	к	L	M
1													
2								i端			〕端		中央
3	節点番号	u	v	θ		部材番号	N	Q	М	N	Q	м	м
4	1	0.000	0.000	0.0431		1	300.000	0.000	0.000	-300.000	600.000	-90000.000	67500.000
5	2	-8.644	-0.055	0.0050		2	0.000	300.000	90000.000	0.000	-300.000	90000.000	0.000
6	3	-8.644	0.055	0.0050		3	-300.000	-600.000	-90000.000	300.000	0.000	0.000	-67500.000
7	4	0.000	0.000	0.0431									
8													
9													
I< I< ▶ II\データ入力 <u>) 解析結果 /</u> Sheet3 /													
7)	バ												

図 6-20 柱に水平等分布荷重を受ける門型骨組の解析結果

6.7 まとめ

本章では、骨組の釣合式を解いた後、その結果を用いて部材両端の材 端力を計算し、さらに、部材中央の曲げモーメントを求める方法につい て学んだ。特に、部材荷重を受ける場合は、基本応力を、解析して求め た部材応力に重ね合わせて求めることを学習した。平面骨組のプログラ ムは全て完成した。デバックを行うために、簡単な解析モデルを用意し、 実際に骨組プログラムで計算した結果と比較し、正しいことを検証した。