

第9章 静定梁のたわみ

# ポイント:梁の微分方程式を用いて梁のたわみを求める 静定梁のたわみを計算

前章では、梁の微分方程式を導き、等分布荷重を受ける単純梁の解析 を行った。本節では、導いた梁の微分方程式を利用し、さらに多くの静 定構造物の解析を行い、梁の最大たわみや変形状態を求めることにする。 さらに、SPACEを用いて課題で解析した構造を数値計算し、解析結果 を比較・検討しよう。

## キーワード

### 梁の微分方程式 単純梁の応力解析 片持ち梁の応力解析

梁の変形は、法線保持・平面保持の仮定を用いて誘導した微分方程式 によって求められる。前章で学んだような力の釣合だけでは応力状態が 決定しない不静的構造については、梁内部の断面力における力の釣合と 梁の微分方程式を用いて応力状態や変形状態を求めることになる。

梁の変形を支配する微分方程式は第8章で次のように得られた。

$$\frac{d^2M}{dx^2} = -P_w \qquad \cdots \cdots (9.1)$$
$$EI_z \frac{d^2w}{dx^2} = -M \qquad \cdots \cdots (9.2)$$

さらに、梁全体で断面が一様であると、上の2式は次の4階の微分方程 式となる。

静的構造物のように、曲げモーメントの分布状態が先に分かっている 場合は、式(9.2)を用いるのが最も簡単である。この場合は、2 階の微分 方程式を解くことになる。不静的構造物のように前もって曲げモーメン トの分布が分かっていない場合で、しかも断面が一様である場合は、式 (9.3)を用いることになる。 9.2 中央集中荷重を 受ける単純梁

9.1 はじめに



#### 図 9-1 中央集中荷重を受ける単純梁の断面カ分布

静定構造物で、最も基本的な静的梁の変形と中央のたわみを求めてみ よう。解析モデルは図 9-1 に示す単純梁で、中央に集中荷重が加わって いる。梁の曲げモーメント分布は、既に第 6.5 節で求められている。こ こでは、この式を利用し、式(9.2)を用いて変形の解析を行う。曲げモ ーメントの分布は、図 9-1 に示されており、その関数は次のよう 2 つに 分けられた直線式で表される。

$$M(x) = \frac{P}{2}x$$
 (0 ≤ x <  $\frac{L}{2}$ ) .....(9.4)

$$M(x) = \frac{P}{2}(L - x) \qquad (\frac{L}{2} \le x < L) \qquad \dots \dots \dots (9.5)$$

曲げモーメントの関数が2つに分かれていることから、一般的に微分方 程式は2つに分けて解く必要がある。しかし、曲げモーメント分布が対 称であり、また断面が一様であることから変形状態も対称となり、従っ て、梁の半分を解析すれば良い。最初に、梁の中央で変位が対称である という条件を用いて解くことにする。

梁の微分方程式は以下のようになる。

$$EI_z \frac{d^2 w}{dx^2} = -\frac{P}{2}x$$
  $(0 \le x < \frac{L}{2})$  .....(9.6)

上式が2階の微分方程式であることから、2つの境界条件が必要となる。 第1に、左端がピン支持であることから、たわみがゼロであり、次の境 界条件で表される。

 $w(0) = 0 \qquad \qquad \cdots \cdots (9.7)$ 

第2に、梁の変形が対称であることから、中央部分では変位を許すが、 その微分であるたわみの勾配はゼロとなるという境界条件を用いる。こ の境界条件は、

この2つの境界条件を用いて、微分方程式(9.6)を解くことになる。まず、微分方程式(9.6)の両辺を2度積分する。

$$EI_{z} \frac{dw}{dx} = -\frac{P}{4}x^{2} + C_{1}$$
  

$$EI_{z}w = -\frac{P}{12}x^{3} + C_{1}x + C_{2}$$
  
(9.9)

微分方程式の解である式(9.9)には、積分定数が2つ、*C*<sub>1</sub>と*C*<sub>2</sub>が含まれる。この積分定数を2つの境界条件を用いて決定すれば良い。最初に、式(9.7)を式(9.9)の第2式に適用する。

$$EI_z w(0) = C_2 = 0$$
 .....(9.10)

次に、式(9.8)を式(9.9)の第1式に適用する。

上式を*C*<sub>1</sub>について解くと、以下のように得られ、積分定数は全て決定する。

$$C_1 = \frac{P}{16}L^2$$
 .....(9.12)

決定した積分定数を式(9.9)の第2式に代入し、整理すると、次のよう なたわみの関数が得られる。

$$w(x) = \frac{PL^3}{48EI_z} \left(-4\left(\frac{x}{L}\right)^3 + 3\frac{x}{L}\right)$$
 .....(9.13)

たわみの最大値は、梁の中央にあり、上式にx = L/2を代入すると次のように得られる.

$$w_{\max} = \frac{PL^3}{48EI_z} \qquad \dots \dots (9.14)$$

得られたたわみの形状を図 9-2 に示す。右側半分のたわみは図を反転する事によって得られる。また、回転角の関数は式(9.13)を微分することで求められ、支持点の回転角は、*x*=0を代入することで得られる。

$$\theta(x) = \frac{dw}{dx} = \frac{PL^2}{16EI_z} \left(-4\left(\frac{x}{L}\right)^2 + 1\right)$$
  
$$\theta(0) = \frac{PL^2}{16EI_z}$$
  
$$\left.\right\} \dots \dots (9.15)$$



図 9-2 中央集中荷重を受ける単純梁のたわみと回転角分布



反力を図9-3(b)のように仮定し、上下方向の力の釣合と支 持点aにおけるモーメントの釣合を以下のように考える。

$$R_a - R_b = 0$$
  

$$M - R_b L = 0$$

$$\left.\right\} \dots \dots (9.16)$$

上式より、反力 $R_a$ と $R_b$ は次式となる。

$$R_{a} = \frac{M}{L}$$

$$R_{b} = \frac{M}{L}$$

$$\left.\right\} \dots \dots (9.17)$$

曲げモーメントが荷重点で不連続となることから、まず、左 側の $0 \le x < L/2$ の範囲を考える。同図(c)を参考に、原点か ら距離xの位置における力の釣合から、断面力が求められる。

また、L/2<xで、同図(d)での釣合を考えると、

SPACE で学ぶ構造力学 入門編

$$Q(x) + R_a = 0; \quad Q(x) = -\frac{M}{L}$$

$$M(x) = M - R_a x = M - \frac{M}{L} x$$

$$= \frac{M}{L} (L - x)$$

$$(9.19)$$

となる。式(9.18)と(9.19)を用いて、曲げモーメント図とせ



ん断力を各々図(e)と(f)に描く。

曲げモーメントが中央点を中心に逆対称であることから、変形と回転 角も逆対称となる。そこで、これらも、*x*=0から*L*/2までの関数を求 めることになる。釣合式は、式(9.18)の曲げモーメント関数を用いて、

$$EI_z \frac{d^2 w}{dx^2} = -M(x) = \frac{M}{L}x$$
 .....(9.20)

となり、上式を2回積分すると、たわみが以下のように得られる。

境界条件は、a 点ではピン支持であるため、

$$EI_{z}w(0) = C_{2} = 0$$
 .....(9.22)

となり、また、中央点では逆対称条件よりたわみがゼロとなり、従って、 積分定数 C<sub>1</sub>は、

$$w(\frac{L}{2}) = \frac{M}{6L}(\frac{L^3}{8}) + C_1 \frac{L}{2} = 0; \quad C_1 = -\frac{ML}{24} \quad \dots \dots \dots (9.23)$$

として得られる。式(9.23)を式(9.21)に代入すると、たわみは、

$$w(x) = \frac{ML^2}{24EI_z} \left( 4(\frac{x}{L})^3 - (\frac{x}{L}) \right)$$
 (9.24)

また、上式より回転角は、

$$\theta(x) = \frac{dw}{dx} = \frac{ML^2}{24EI_z} \left( 12(\frac{x}{L})^2 - 1 \right) \qquad \dots \dots \dots (9.25)$$

となる。たわみ及び回転角を図 9-4(g)、(h)に示す。 x=L/2から Lまでのたわみと回転角は逆対称であることから同図となる。 たわみの最大値は回転角がゼロである条件より、

上式の解で、 $0 < x \ge L/2$ であることから、

$$\frac{x}{L} = \frac{1}{2\sqrt{3}} = 0.289 \qquad \dots \dots \dots (9.27)$$

みと回転角の分布

重を受ける単純梁のたわ





(h) たわみ

図 9-4 部材中央にモーメント荷

で最大変位が生じる。この値を式(9.24)に代入すると、最大変位が次の ように得られる。

 $w_{\max} = -\frac{0.192ML^2}{24EI_z}$ 

.....(9.28)

本節では、図 9-5 に示す等分布荷重 *P*<sub>w</sub>を受ける単純梁の最 大たわみを求める。単純梁は静的構造物であるため、断面力 は力の釣合から求められる。曲げモーメントは例題 6-1 より、

として求められており、上式を梁の釣合式に適用すると、

となる。上式を2回積分すると

$$EI_{z}\frac{dw}{dx} = -\frac{\overline{P}_{w}}{2}(\frac{L}{2}x^{2} - \frac{x^{3}}{3}) + C_{1}$$
$$EI_{z}w = -\frac{\overline{P}_{w}}{2}(\frac{L}{6}x^{3} - \frac{x^{4}}{12}) + C_{1}x + C_{2}$$
$$\left.\right\} \dots \dots (9.31)$$

境界条件は、梁両端で変位がゼロとなることより

$$EI_{z}w(0) = C_{2} = 0$$
  

$$EI_{z}w(L) = -\frac{\overline{P}_{w}}{2}(\frac{L^{4}}{6} - \frac{L^{4}}{12}) + C_{1}L = 0$$
  

$$\left\{ \dots \dots (9.32) \right\}$$

となり、式(9.32)より、積分定数は、

となる。従って、変位 w(x) は

SPACE で学ぶ構造力学 入門編

$$w(x) = \frac{\overline{P}_w L^4}{24EI_z} \left( (\frac{x}{L})^4 - 2(\frac{x}{L})^3 + \frac{x}{L} \right) \qquad \dots \dots \dots (9.34)$$

また、最大変位は、 x = L/2の位置で、





<sup>(</sup>a)解析モデル







図 9-5 等分布荷重を受ける単純梁 の断面力分布



(d) たわみ曲線

図 9-5 たわみ曲線と最大たわみ

$$w_{\text{max}} = w(\frac{L}{2}) = \frac{5\overline{P}_w L^4}{384EI_a}$$
 .....(9.35)

同じく、回転角分布は、式(9.35)を微分することで、次式と なる。

$$\frac{dw}{dx} = \frac{\overline{P}_w L^3}{24EI_z} \left( 4(\frac{x}{L})^3 - 6(\frac{x}{L})^2 + 1 \right)$$
 (9.36)

本節では、静的構造物の代表のひとつである片持ち梁の応力 解析を行い、たわみ曲線と最大変位を求める。

片持ち梁は、静定梁であることから、力の釣合から断面力を 求めることができる。まず、荷重と反力の力の釣合は、図9-6(b) を参照すると、

となり、反力が得られる。

次に、切断法を適用して、部材の断面力を求める。同図(c)を 参考に、x 点での力の釣合は

 $\begin{array}{c}
Q(x) - R_a = 0; \quad Q(x) = R_a \\
M(x) + M_a - R_a x = 0 \\
M(x) = R_a x - M_a = P(x - L)
\end{array}$ .....(9.38)

曲げモーメントの関数が得られたことより、梁の微分方程式は 以下のようになる。

$$EI_{z}\frac{d^{2}w}{dx^{2}} = -M(x) = -P(x-L) \qquad \dots \dots (9.39)$$

上式を2回積分すると、



として、変位w(x)の一般解が得られる。境界条件は、a端が固

9.4 先端集中荷重を 受ける片持ち梁

(e) 回転角 図 9-5 回転角の分布

9-7



(b)





(d) 曲げモーメント図



図 9-6 先端集中荷重を受ける片持 ち梁モデルと断面力分布 定であることから、

$$EI_{z}w(0) = C_{2} = 0$$
  

$$EI_{z}\frac{dw}{dx}\Big|_{x=0} = C_{1} = 0$$
  

$$\begin{cases} \dots \dots \dots (9.41) \\ \dots \dots \dots (9.41) \end{cases}$$

従って、以上の積分定数を用いると、変位は

$$w(x) = \frac{PL^3}{6EI_z} \left( 3(\frac{x}{L})^2 - (\frac{x}{L})^3 \right) \qquad \dots \dots \dots (9.42)$$

で与えられる。また、回転角 $\theta(x)$ は

となる。両関数の梁先端bでの値は、式(9.41)と(9.42)にx = Lを代入 することで得られる。

> $w_{\max} = w(L) = \frac{PL^3}{3EI_z}$   $\theta(L) = \frac{PL^2}{2EI_z}$  $\left. \right\} \dots \dots (9.44)$

# 例題 9-2 次の片持ち梁に等分布荷重が加わっているとき、 梁に生じる最大変位を求めよ。

片持梁は静的梁であるから、力の釣合から断面力が決定される。既に例題6-2で曲げモーメントの関数を得ている。

$$M(x) = -\frac{\overline{P}_{w}}{2}(L^{2} - 2Lx + x^{2}) \qquad \dots \dots \dots (9.45)$$

上の曲げモーメントの関数を用いると、梁の微分方程式は 次式となる。

$$EI_{z}\frac{d^{2}w}{dx^{2}} = \frac{\overline{P}_{w}}{2}(L^{2} - 2Lx + x^{2}) \qquad \dots \dots (9.46)$$

両辺を2回積分すると、

$$EI_z w(x) = \frac{\overline{P}_w}{2} \left(\frac{L^2}{2}x^2 - \frac{L}{3}x^3 + \frac{1}{12}x^4\right) + C_1 x + C_2$$

.....(9.47)



図 9-7 先端集中荷重を受ける片持 ち梁のたわみと回転角

SPACE で学ぶ構造力学 入門編

となり、たわみの一般解が得られる。

次に、積分定数を求めるために、境界条件を適用する。 図中a点での境界条件は、固定端であることより、たわ みと回転角がゼロとなる。従って、境界条件が

$$EI_{z}w(0) = C_{2} = 0$$
$$EI_{z}\frac{dw}{dx}\Big|_{x=0} = C_{1} = 0$$
$$\left.\right\} \dots \dots (9.48)$$

として得られる。求めた積分定数を用いると、変位*w*(*x*) は、式(9.47)より、次式となる。

$$w(x) = \frac{\overline{P}_{w}L^{4}}{24EI_{z}} \left( 6(\frac{x}{L})^{2} - 4(\frac{x}{L})^{3} + (\frac{x}{L})^{4} \right) \qquad \dots \dots (9.49)$$

最大変位は、梁先端の位置 x = L で生じるため、この値を上式に代入することで得られる。

$$w_{\max} = w(L) = \frac{\overline{P}_{w}L^{4}}{24EI_{z}}(6-4+1) = \frac{\overline{P}_{w}L^{4}}{8EI_{z}} \qquad \dots \dots (9.50)$$

回転角は、式(9.49)を一回微分することで次式のように得られる。

$$\theta(x) = \frac{dw}{dx} = \frac{\overline{P}_w L^3}{6EI_z} \left( 3(\frac{x}{L}) - 3(\frac{x}{L})^2 + (\frac{x}{L})^3 \right)$$
 (9.51)

先端の回転角は、上式にx=Lを代入すれば、

$$\theta(L) = \frac{\overline{P}_w L^3}{6EI_z} \qquad \dots \dots \dots (9.52)$$

となる。

本章の課題は、例題で示した先端集中荷重を受ける片持ち梁のたわみ 曲線と最大たわみを検証すると同時に、SPACEで用意している鉄骨断面 以外の薄肉断面の扱い方を学習することである。

解析モデルは、図9-9に示す先端集中荷重を受ける片持ち梁であり、 また、部材は鉄骨で、材質はSS400で、特殊断面モデルを使用し、断面 形状は以下の示すリップ溝型鋼2枚合わせの断面である。

たわみ分布 たわみ分布  $\overline{\underline{P}_w L^3}$  $\overline{\underline{P}_w L^3}$ 

回転角分布

図 9-8b 等分布荷重を受ける片持ち梁

のたわみと回転角

9.5 課題



#### 図 9-9 課題1の解析モデルと使用する断面

最初に、部材支持点に生じる最大曲げモーメントを求めておこう。

 $M_{\text{max}} = PL = 10 \cdot 3 = 30 kNm = 3000 kN \cdot cm$  .....(9.53)

特殊断面の断面性能は、図9-9の断面形状を参考すると、次のように求  
められる。  
$$A = 2(10 \cdot 40 - 39 \cdot 9 - 0.5 \cdot 30) = 68cm^{2}$$
$$I = 2(\frac{10 \cdot 40^{3} - 9 \cdot 39^{3} - 0.5 \cdot 30^{3}}{12}) = 15438.2cm^{4}$$
$$Z = \frac{15438.2}{20} = 771.9cm^{3}$$
$$E = 20500kN/cm^{2}$$
  
従って、両断面内に生じる最大応力と最大変位は、以下のように与えら  
れる。  
$$\sigma_{\max} = \frac{M}{Z} = \frac{3000}{771.9} = 3.89kN/cm^{2}$$
$$w_{\max} = \frac{\overline{P}_{w}L^{3}}{3EI_{z}} = \frac{10 \cdot 300^{3}}{3 \cdot 20500 \cdot 15438.2} = 0.284cm$$

SPACE のモデラーを用いて、上記の解析モデルをコンピュータ内に作 成する。解析モデルは、既に何度も作成しているので、片持ち梁の4分 割解析モデルの作成はそれほど難しくはない。課題に対する解析モデル を、「演習解析モデル」-「第9章」フォルダ内の「課題1」に作成する。 SPACE では、鉄骨構造の解析を行う際、標準で使用可能な断面は、H 型鋼、鋼管、角型鋼管があり、これらの断面性能はデータベース化され 9.6 モデラーで解析 モデルを作成する ている。解析では、このデータベース の値を使用しても良いし、内部計算で 断面性能を設定しても良い。また、矩 形断面の内部計算のみで用意されてい る。この他の断面については、薄肉板 材で構成された断面であれば、ユーザ ーが独自に設計して解析に使用できる。 本章の課題の一つは、この特殊断面の 使用法を学ぶことにある。

特殊断面を使用するためには、解析 モデルを作成する前に、特殊断面デー タを設定し、システムに登録する必要 がある。本来は、ユーザー自らが、こ の特殊断面に関する特殊断面データフ ァイルを作成しなければならないが、 ここでは、少し面倒なので、このテキ ストと同じフォルダに添付されている 「tokushu. dat」ファイルを使用する。

形状データのファイルチェック		8
OK STHU		キャンセル
一形状データファイル		
読み込み可能にする	7ァイル名	書き込み可能にする 日付
☑ 構造データファイル	struct.dat	20100914 /14:47:00
□ 質量データファイル	mass.dat	
□初期変位ファイル	inidis.dat	
□初期応力データ	inistr.dat	
✓ 特殊断面	fiberm.dat	20100914 /14:47:00
R-O履歴特性	romodl.dat	
◇静的解析に用いる荷重――		
☑ 荷重ファイル No.1 (S1)	sload1.dat	20100914 /14:47:00
□荷重ファイル No.2 (S2)	sload2.dat	
-動的解析に用いる荷重		
□荷重ファイル No.1 (D1)	dload1.dat	
□ 荷重ファイル No.2 (D2)	dload2.dat	
□荷重ファイル No.3 (D3)	dload3.dat	
静的縮合モデル・特殊断面	設定ファイル	
■静的縮合モデル設定	Scom_M.dat	
▶ 特殊断面設定	tokushu.dat	

このファイルを「第9章」フォルダ内の「課題1」にコピーした後、 SPACEのメニューから「IOデータ」→「ファイルの入出力」→「形状フ ァイル」を選択し、図 9-10 のダイアログを表示させる。そこで、丸で 示した特殊断面設定項目の読み込みと書き込みにチェックマークを入 れることと、ファイル名を設定する。ここでは、「tokushu. dat」として 図 9-10 形状データファ イルチェックダイアロ グで、特殊断面設定項目 を設定する

	ОК		特殊断	面タイト	ルテ	スト用特殊間	姤面								间	涂	1
				断面総	敗一	4			_		、 7注	意—		.102. 00			
πr.+	o				L					設定	15	ラメー	タの ー	晋亏 1		フメーク	*治孙
和力	R. 7巨刀		FC型網	2枚合わ	せ			~			」最	た数に	뵈는 –	2	○至明旧	0"188 ⊏ 5++- 1	, D
Æ	生出品			1 13		- 与(国选h		四角形	再去對	1 -	고 봤	₽¤⊂1। द		3	生命	DD	0
-04	(9800/10	18.2	3	' '	27		4	6/1/2	307709	·				4	板厚 t		
ĦF	(面々イ	151レ 対	₩C型	<b>綱</b> 2枚合	わせ				*	左の図	国心デー	タとし	て、内				
		170							物別	部で感	記を計	買しな	い場				
Υŧ	地方面の	図心 📃		0	Zānhitr	面図心		0 🗆 ž	jÜħ.	品を移	にしまる:	場合に	に指し				
	∏<755 a	<b>キ</b> の=&亡	a + 12 -			to Catalla	11-=0-		間を	定する	節点を	四角	護				
9 <u></u> 5	形要が	その設定 コ以外の	は、必 方法で	すたエレ 設定した	ノ即只	がついまで回りたう	りに訳	疋9 ▷ 小な □	C/m	糸曲ち 設定す	テキ10+即	県番7  -   図/	「あ計				
ど田	<b>适</b> 特	生が正確	に評価	できませ	En.					算する	場合は	-1を訳	定す				
揤	面を打	設定する:	場合は	<u>, p</u> Un	<b>剛性</b> 6	り注意事項を	を良く理	IIIIU		S.							
C r		18'ZERAEI		.06100													
			( #Je														A DESCRIPTION OF
,用	即息	Y_1 \$2	Z_1 羖	y_P薮	y_P1	係數	y_P2	係数	y_P3	係数	z_P数	z-P1	係数	z_P2	係数	z_P3	係数
」角 1	即只	<u>y_r #x</u> 10	z_r 毀 1	y_P致 1	y_P1	係数 -1.000000	y_P2 0	係数 ) 0.000000	y_P3 0	係数 0.000000	z_P数 1	z-P1 2	係数 0.500000	z_P2 0	係数 0.000000	z_P3 0	係数 0.00000C
」角 1	即息 1 2	y_1 ±1	z_r 毀 1	y_P数 1 1	y_P1 1	係数 -1.000000 -0.010000	y_P2 0 0	(条数) 0.000000 0.000000	y_P3 0 0	係数 0.000000 0.000000	z_P数 1	z-P1 2 2	(系数 0.500000 0.500000	z_P2 0	係数 0.000000 0.000000	z_P3 0 0	(系数 0.000000 0.000000 0.0000000
」角 1	即只 1 2 3	y_r ±x 10	2_1 <u>90</u> 1	y_P致 1 1	y_P1 1 1	係数 -1.000000 -0.010000 -0.010000	y_P2 0 0 0	(条数) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	y_P3 0 0	係数 0.000000 0.000000 0.000000	z_P数 1 1 2	z-P1 2 2 2	(系数 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000	z_P2 0 0 4	(系数 0.000000 0.000000 -1.000000	z_P3 0 0	(系数 0.000000 0.000000 0.000000 0.0000000
」角 1	即只 1 2 3 4	<u>y_r #x</u> 10	2_T 990 1	y_P致 1 1 1 1	y_P1 1 1 1	「条数 -1.000000 -0.010000 -0.010000 -1.000000	y_P2 0 0 0	(条数) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	y_P3 0 0 0 0	係数 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	z_P数 1 1 2 2	z-P1 2 2 2 2 2	(系数 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000	z_P2 0 0 4 4	(系数 0.000000 0.000000 -1.000000 -1.000000	z_P3 0 0 0	(系数 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
」角 1 2	即只 1 2 3 4 1	9_1 £X 10 10	2 <u>,7 90</u> 1	y_P我 1 1 1 1 1	y_P1 1 1 1 1 1	作表数 -1.000000 -0.010000 -0.010000 -1.000000 0.010000	<u>y_P2</u> 0 0 0 0	(孫数) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	y_P3 0 0 0 0	係数 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	z_P数 1 1 2 2 1	z-P1 2 2 2 2 2 2 2	(系数 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000	z_P2 0 4 4 0	係数 0.000000 0.000000 -1.000000 -1.000000 0.000000	z_P3 0 0 0 0	係数 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
」角 1 2	即只 1 2 3 4 1 2	<u>y_1xx</u> 10 10	2 <u>,1 ¥X</u> 1	y_P数 1 1 1 1 1 1 1	y_P1 1 1 1 1 1 1	係数 -1.000000 -0.010000 -0.010000 -1.000000 0.010000 1.000000	y_P2 0 0 0 0 0	(孫数) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	y_P3 0 0 0 0 0	係数 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	z_P数 1 1 2 2 1 1	z-P1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	係数 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000	z_P2 0 4 4 0 0	係数 0.000000 0.000000 -1.000000 -1.000000 0.000000 0.000000	z_P3 0 0 0 0 0 0	(系数 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
」角 1 2	即只 1 2 3 4 1 2 3 3	y_1 #X 10 10	1	y_P数 1 1 1 1 1 1 1 1 1	y_P1 1 1 1 1 1 1 1 1	係数 -1.000000 -0.010000 -0.010000 -1.000000 1.000000 1.000000 1.000000	y_P2 0 0 0 0 0 0 0	(孫数) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	y_P3 0 0 0 0 0 0	係数 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	z_P数 1 1 2 2 1 1 2 2 1 2 2 2 1 2 2	z-P1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	(系数 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000	z_P2 0 4 4 0 0 0 4	係数 0.000000 0.000000 -1.000000 -1.000000 0.000000 0.000000 -1.000000	z_P3 0 0 0 0 0 0 0 0 0	(系数) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
」角 1 2	即只 1 2 3 4 1 2 3 4 2 3 3 4	y_1 #X 10 10	1	y_P数 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	y_P1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	(孫数 -1.000000 -0.010000 -0.010000 -1.000000 1.000000 1.000000 0.010000 0.010000	y_P2 0 0 0 0 0 0 0 0 0	(孫数) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	y_PS 0 0 0 0 0 0 0 0	(系数 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	z_P数 1 1 2 2 1 1 1 2 2 2 2	z-P1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	(系数 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000	z_P2 0 4 4 0 0 0 4 4	係数 0.000000 0.000000 -1.000000 0.000000 0.000000 -1.000000 -1.000000 -1.000000	z_P3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	(系数 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
3 <b>戸</b> 1 2 3	即  1 2 3 4 1 2 3 4 1<	10 10 10	1	y_P数 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	y_P1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	(条数 -1.000000 -0.010000 -0.010000 -1.000000 0.010000 1.000000 0.010000 -1.000000 -1.000000	y_P2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1条数         )           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000	y_PS 0 0 0 0 0 0 0 0 0	(系数 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	z_P数 1 1 2 2 2 1 1 2 2 2 2 2 2	z-P1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	係数 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 -0.500000	z_P2 0 4 4 0 0 4 4 4 4 4	係数 0.000000 0.000000 -1.000000 0.000000 0.000000 -1.000000 -1.000000 1.000000	z_P3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	(系数 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
3 <b>門</b> 1 2 3	的 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 2 4 1 2 2 4 2 4 2 3 4 1 2 2 4 1 2 2 3 4 1 2 2 4 1 2 2 4 1 2 2 4 1 2 2 4 4 2 2 4	10 10 10	1	y_P数 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	y_P1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	<ol> <li>(孫敦)</li> <li>-1.000000</li> <li>-0.010000</li> <li>-0.010000</li> <li>-1.000000</li> <li>0.010000</li> <li>1.000000</li> <li>1.000000</li> <li>-0.010000</li> <li>-1.000000</li> <li>-0.010000</li> </ol>	y_P2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1条数         >           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000	y_PS 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	「系数           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000	z_P数 1 1 2 2 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2	z-P1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	係数 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000	z_P2 0 4 4 0 0 0 4 4 4 4 4	係数 0.000000 0.000000 -1.000000 0.000000 0.000000 -1.000000 -1.000000 1.000000 1.000000	z_P3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	(系数 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
9月 1 2 3	ED.E. 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 3 4 1 2 3 4 1 2 3 3 4 1 2 3 3 4 1 2 3 3 4 1 2 3 3 4 1 2 3 3 4 1 2 3 3 4 1 3 3 4 1 3 3 4 1 3 3 4 1 3 3 4 1 3 3 4 1 3 4 1 3 4 1 3 4 1 3 4 1 3 4 1 3 4 1 3 4 1 3 3 4 1 3 4 1 3 4 1 3 4 1 3 3 4 1 3 3 4 1 3 3 4 1 3 3 4 1 3 3 3 4 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	10 10	1	y_P50 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	y_P1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	(条数)           -1.000000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           1.000000           1.000000           1.000000           0.010000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           -0.010000	y_P2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1条数         >           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000	y_PS 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	「系数           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000	z_P数 1 1 2 2 1 1 1 2 2 2 2 2 2 1	z-P1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	(系数 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000	z_P2 0 4 4 0 0 0 4 4 4 4 4 4 0	係数 0.000000 -1.000000 -1.000000 0.000000 0.000000 -1.000000 -1.000000 1.000000 0.000000	z_P3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	(系数 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
3 <b>月</b> 1 2 3	ED.E. 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 3 4 1 2 3 3 4 1 2 3 3 4 1 2 3 3 4 1 2 3 3 4 1 2 3 3 4 1 2 3 3 4 1 2 3 3 4 1 2 3 3 4 1 2 3 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 4 1 2 3 4 4 1 2 3 4 4 1 2 3 4 4 1 2 3 4 4 1 2 3 4 4 4 1 2 3 4 4 4 1 2 3 3 4 4 1 2 3 4 4 1 2 3 3 4 4 4 1 2 3 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	10 10	1	y_Pfg 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	y_P1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	「糸食火           -1.000000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           1.000000           1.000000           1.000000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           -1.000000	y_P2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1条数         )           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000	y_PS 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	係数           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000           0.000000	z_P数 1 1 2 2 1 1 2 2 2 2 2 2 1 1	z-P1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	(系数 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000	z_P2 0 4 4 0 0 4 4 4 4 4 4 0 0 0	係数 0.000000 0.000000 -1.000000 0.000000 0.000000 -1.000000 -1.000000 1.000000 1.000000 0.000000 0.000000	z_P3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	(系数 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
3月 1 2 3 4	的 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 1 2 3 4 1 1 2 3 4 1	10 10 10	1	y_PfX 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	y_P1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	「糸数           -1.000000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           -1.000000           1.000000           1.000000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           -1.000000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           -0.010000	y_P2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1条数         3           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000	y_PS 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	係数 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	z_P数 1 2 2 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 1 1 2 2 2 2	z-P1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	(系数 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000	z_P2 0 4 4 0 0 4 4 4 4 4 4 4 0 0 0 0 4	係数 0.000000 -1.000000 0.000000 0.000000 -1.000000 -1.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 1.000000	z_P3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	(系数 0.00000C 0.00000C 0.00000C 0.00000C 0.00000C 0.00000C 0.00000C 0.00000C 0.00000C 0.00000C 0.00000C 0.00000C 0.00000C
3月 1 2 3 4	ED.R. 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 4 1 2 3 4 4 1 2 3 4 4 1 2 3 4 4 1 2 3 4 4 1 2 3 4 4 1 2 3 4 4 1 2 3 4 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 2 3 4 1 2 2 3 4 1 2 2 3 4 1 2 2 3 4 1 2 2 3 4 4 1 2 2 3 4 2 3 4 1 2 2 3 4 2 2 3 4 2 2 3 4 2 2 3 4 2 2 3 4 4 2 2 2 3 4 4 2 2 3 4 2 2 2 3 4 2 2 3 4 2 2 2 3 4 2 2 2 3 4 2 2 2 2 3 4 2 2 2 2 3 4 2 2 2 2 2 2 3 4 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	10 10 10 10	1	y_P&X 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	y_P1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	「糸食女           -1.000000           -0.010000           -0.010000           -1.000000           0.010000           1.000000           0.010000           1.000000           -0.010000           -1.000000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           -1.000000           0.010000           1.000000	y_P2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	作業支         >           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000	y_PC 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	(孫数 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.000000	z_P数 1 2 2 1 1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	z-P1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	(孫数 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000	z_P2 0 4 4 0 0 4 4 4 4 4 4 0 0 0 4 4 4 4 4	(系数 0.000000 0.000000 -1.000000 0.000000 0.000000 -1.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	z_P3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	(系数 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
3月 1 2 3 4	ED.R. 1 2 3 4 1 2 3 3 4 1 2 3 3 4 1 2 3 3 4 3 4 1 2 3 3 4 3 3 4 3 4 3 3 4 3 3 3 4 1 2 3 3 4 3 3 3 4 3 3 3 4 3 3 3 4 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 4 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 4 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	10 10 10 10	1	y_Pty 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	y_P1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1条数           -1.000000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           1.000000           1.000000           1.000000           0.010000           -1.000000           0.010000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           -1.000000           1.000000           1.000000           1.000000	y_P2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	(休養女)           0.000000	y_PC 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	(系数 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	z_P数 1 1 2 2 2 1 1 2 2 2 2 1 1 2 2 2 1 1 2 2 1 1 1 2 2 1 1 1 1 1 1 1 2 2 1 1 1 1 1 2 2 2 1 1 1 1 1 1 2 2 2 1	z-P1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	(係数 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000	z_P2 0 4 4 0 0 4 4 4 4 4 4 0 0 0 4 4 0 0 0 4 0 0	(孫数 0.000000 0.000000 -1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	z_P3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	(系数 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
3月 1 2 3 4	ED.R. 1 2 3 4 4 1 2 3 4 4 1 2 3 4 4 1 2 3 4 4 1 2 3 4 4 1 2 3 4 4 1 2 3 4 4 1 2 3 4 4 4 1 2 3 4 4 1 2 3 4 4 1 2 3 4 4 1 2 3 4 4 1 2 3 4 4 4 1 2 3 4 4 4 1 2 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	10 10 10 10	2 <u>1 90</u> 1 1 1	y_P§X 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	y_P1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	(決教)           -1.000000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           1.000000           1.000000           1.000000           0.010000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           -0.010000           1.000000           1.000000           0.000000	y_P2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1%80         )           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000           0.000000         0.000000	y_P2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	(系数 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	z_P数 1 1 2 2 2 1 1 2 2 2 2 2 1 1 1 2 2 1 1 1 1 2 1 1 1 1 1 2 2 1 1 1 1 1 2 2 1 1 1 1 2 2 2 1 1 1 1 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1 2	z-P1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	(系数 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000	z_P2 0 4 4 0 0 4 4 4 4 4 4 0 0 0 4 4 4 0 0 0 4 0	(孫数 0.000000 0.000000 -1.000000 -1.000000 0.000000 -1.000000 -1.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	z_P3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	係数           0.000000
3月 1 2 3 4 5	ED.R. 1 2 3 4 1 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 1 2 3 4 1 1 2 3 4 1 1 2 3 4 1 1 1 2 3 4 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	10 10 10 10	2 <u>1 ¥V</u> 1 1 1 1	y_P&X 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	yP1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1%81 -1.000000 -0.010000 -0.010000 -1.00000 1.00000 1.00000 -0.010000 -0.010000 -0.010000 1.000000 1.000000 0.010000 0.010000 -1.000000 1.000000 1.000000 -0.010000 -0.010000 -0.010000 -0.010000 -0.010000 -0.010000 -0.010000 -0.010000 -0.010000 -0.00000 -0.00000 -0.00000 -0.00000 -0.00000 -0.00000 -0.00000 -0.000000 -0.000000 -0.00000 -0.000000 -0.000000 -0.000000 -0.000000 -0.000000 -0.000000 -0.000000 -0.000000 -0.000000 -0.000000 -0.000000 -0.000000 -0.000000 -0.00000 -0.00000 -0.00000 -	y_P2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	(%8)         (%8)           0.000000         (%00000)           0.000000         (%00000)           0.000000         (%00000)           0.000000         (%00000)           0.000000         (%00000)           0.000000         (%00000)           0.000000         (%00000)           0.000000         (%00000)           0.000000         (%00000)           0.000000         (%000000)           0.000000         (%000000)           0.000000         (%000000)           0.000000         (%000000)           0.0000000         (%000000)           0.0000000         (%000000)	y_P2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	(系数 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	2_P数 1 1 2 2 1 1 1 2 2 2 2 2 2 1 1 1 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2 1 1 2 2 2 1 1 2 2 1 1 1 2 2 2 1 1 1 2 2 2 1 1 1 1 2 2 2 2 1 1 1 2 2 2 2 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 1 1 1 1 2	2-P1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	(系数 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000 -0.500000	z_P2 0 4 4 0 0 4 4 4 4 4 4 0 0 0 4 4 0 0 0 4 4 0 0 0 4	(孫鉄 0.000000 -1.000000 -1.000000 -1.000000 -1.000000 -1.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	z_P3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	(系数)           0.0000000

図 9-11 特殊断面用パラ メータ設定ダイアログ でリップ溝型鋼2枚合 わせ断面のデータチェ ックを行う

9-11

いる。無論この名前にユーザーが独自に 設定して良いが、ここでは、既に、特殊 断面データファイルが、同名で作成され ているのでこの名前にしておこう。

次に、モデラーを起動し、要素データ の設定のための初期ウイザードが出現す るが、全てキャンセルし、何も無い CAD 画面上で、メニュー「設定」→「任意型



特殊断面データ設定」を選択する。この操作で、図 9-11 に示す特殊断 面用パラメータ設定ダイアログが表示される。このダイアログで表示さ れた内容を理解し、ユーザー自ら特殊断面を設定できるように勉強しよ う。特殊断面設定法についての詳細は、付録を参照されたい。 図 9-12 使用材料の 設定ダイアログで、 鉄骨と両端ファイバ ーモデルを選択



「任意型特殊」を選択し、「ビルド アップ断面」ボタンを押す。

意型特殊」を選択

図 9-14 の特殊断面設定ダイアロ グが表示され、その中で、解析モ デルで使用する断面を選択する。 ここでは、図のように選択断面番 号で、3 番目の「対称C型鋼2枚合 わせ」というタイトルの断面を選 択する。ここでは、せん断変形の ー端、モデラーを閉じた後、再 度、モデラーを起動し、解析モデ ルを作成する。図 9-12 で鉄骨 SS400 と、両端ファイバーモデルを 選択する。梁の断面を設定するた めに、図 9-13 のように形状として、



図 9-14 特殊断面用のパラメータを設定

係数κは規定値のままで、断面設定パラメータを入力する。使用する断面は、図 9-9 で与えられており、その値を図 9-14 の「値」の欄に入力する。「OK」ボタンを押した後、図 9-15 のダイアログで特殊断面を作成する。

养	殊断面作。	成												
						۲Ę.	成開始						キャンセル	]
	特殊断面	要素数	形状	履歴	幅分割	せい分割	幅	せい	幅板厚	せい板厚	作成用			[
	番号		番号	番号	分割数		直径		板厚	鉄筋総数	番号			
	1	80	103	1			10.00	40.00	5.00	0.50	100			
												, ,		

図 9-15 特殊断面作成用ダイアログ

作成した特殊断面に関する断面性能を、断面設定の要素データ変更ダ イアログで、チェックする。計算で求めた値と SPACE の内部計算で求め た値は、少しの差異があるが、ほぼ等しくなっている。

4	「素デー	坡更											
	要素デ	ータ 材端	データ				断面変)	ŧ			ОК		キャン
	要素 番号	現在の 状態	符号	モデル	ヤング係数 &N/cm2)	せん断 弾性係数 (kN/cm2)	断面積 (cm2)	断面極二次 モーメント (cm4)	y <b>軸断面</b> 二次モーメント (cm4)	z <b>軸断面</b> 二次モーメント (cm4)	y <b>軸回</b> り せん断断面積 (cm2)	z軸回り せん断断面積 (cm2)	第1) 重重 (kN)
	1	有効	G1	11	20500.0000	7900.0000	67.80009	5.65000	15360.14844	1525.66553	56.50008	56.50008	0

図 9-16 要素データ変更ダイアログで使用断面の特性をチェック

図 9-17 には、解析モデルが表示されている。片持ち梁は4分割で 設定されており、節点1は固定境界に、節点5では、集中荷重が加えら れている。

図 9-18 では、モデラー内のソリッド表示機能を用いて設定した特殊 断面を表示されている。



図 9-17 モデラーによる 解析モデルの作成 全ての解析データを作成し た後、モデラーのメニューで、 「ファイル」→「ファイルへ の出力」を選択し、図 9-19 の「ファイル出力」ダイアロ グを表示させ、必要なファイ ルにチェックマークを入れ、 「OK」ボタンを押してファイ

ルにデータを出力する。

次に、線形解析を行い、断 面力とたわみの結果を比較

する。ここでは、せん断変形を無視した解析を行うので、図 9-20 の「静 的解析の出力・解析制御に関するコントロールデータ」ダイアログで、 丸で示したように「せん断変形を考慮しない」にチェックマークを入れ る。

解析結果を検証してみよう。メニューの「表示」→「静的解析の途中 経過の表示 | を選択すると、図 9-21 のように、解析経過が表示される。 断面力は、図 9-20 の丸で示した「SOUTPUT」に応力出力の項で、「出力」

S S

部 処理終了 床 🖸 筋境質静動剛 <sup>凹」</sup> 交界量荷荷床



リッド表示機能による 設定した特殊断面の描 画

キャンセル

部材番号

0

0

0

0

0

v

部材番号リセット

0 6:

0 7:

0 8:

0 9:

0 10:

靜的荷重 設定  $\rightarrow$ 全荷重 🛣 設定ファ イル 0.0000 No.1:Px No.1:Py 0.0000 -10.0000 No.1:Pz P No.1:M× P No.1:My 0.0000 0.0000 No.1:Mz 0.0000 🔍 No.2:Px No.2:Pv 0.0000 JP, 0.0000 🕂 No.2:Pz 0.0000 No.2:M× # NI- 2-M 図 9-18 モデラーのソ

□ 🖬 🗇 🗉 📾 😨 🗣 🔍 🏢 🏢 🚺 🙋 📇 🚣 🙋 📭 🔶 👄 🐌 🕲 🕼 📽 📽 📽 🖉 Ç 👊 🛄 🗖

SPACE - Models creation system for Space Frame Structures - [ 丹組法規図] ファイル 表示 設定 作成 加工 ヽルプ

SPACE

央では、曲げモーメントが 3000kNcm となっており、解析解である式 (9.53)の値と同じとなっている。

···································	オモデル	Nv	05	0-7	M~	Mo	M-
1	11	0.0000	0.0000	-10.0000	0.0000	8000.0000	0.000
		0.0000	0.0000	-10.0000	0.0000	2250.0000	0.0000
2	11	0.0000	0.0000	-10.0000	0.0000	2250.0000	0.0000
		0.0000	0.0000	-10.0000	0.0000	1500.0000	0.0000
3	11	0.0000	0.0000	-10.0000	0.0000	1500.0000	0.0000
		0.0000	0.0000	-10.0000	0.0000	750.0000	0.0000
4	11	0.0000	0.0000	-10.0000	0.0000	750.0000	0.0000
		0.0000	0.0000	-10.0000	0.0000	0.0000	0.0000





図 9-22 で、Ctrl キイを押しながら、梁の先端 をマウス右ボタンでクリックする。この操作 で、図 9-24 には、梁先端の節点情報が表示さ れている。同図の丸で示しているように、梁 先端の変位は、δ=0.287cm として得られてお り、解析結果である式(9.54)と同じ値となっ ている。

図 9-24 片持ち梁先 端の節点情報による たわみ

節点情報	
節点番号	······
5	OK
と当該節点の境界条件	<u> </u>
x y z θx	θγ θΖ
Free Free Free Free	Free Free
Y CM Y CM Z CM	荷重番号
51465e-0 0 -0.285879	10
0.14000 0 0 0.200010	10
解析結果の最大変位	
x cm y m z cm	θχ θy θz
負方向 0 0-0.285879	

9.7 まとめ

9.8 問題

本章では、梁の微分方程式を用いて、静定構造物の代表である片持ち 梁と単純梁の解析を行い、たわみ曲線や最大たわみを求めた。これらの 静的構造物の解析を実施することで、梁の微分方程式を十分に理解でき ることになる。

また、課題では、SPACE を用いて片持ち梁の数値解析を実施した。SPACE では、鉄骨断面の標準としてH型鋼、角型鋼管、鋼管、矩形が使用可能 となっている。これ以外のでは、薄肉板材で構成された特殊断面が独自 に設定可能となっており、本章では、その使用方法を学習した。

問 9-1 次に示す片持ち梁と単純梁について、SPACE を用いて静的応力 解析(線形解析)を実施しなさい。部材は鉄骨で、材質は SS400 で特殊断面モデルとし、使用する断面は、以下に示す特殊断面 とする。課題で行った断面設定法を良く理解して、同様の操作 で断面を設定されたい。



片持ち梁で使用する断面



単純梁で使用する断面

9-16



5kN

5kN

3m

問 9-4

1.5*m* 

k

1.5*m* 



5kN

5kN

問 9-5

3<u>m</u>

1.5*m* 

1.5*m* 



問 9-3











問 9-8





