



第4章 入力・出力仕様と全体の解析処理

ポイント：平面骨組解析の入力仕様 解析全体の流れを理解する

これまでで、平面骨組を解析するための理論的な部分については、既に学んだ。本章では、骨組解析に必要となる最低限の入力データとその仕様について説明する。このプログラムは、Excel の VBA を使用するため、入力仕様は、全て Excel のセル上で設計され、そこからデータを取得する。その手続きを含めて、ここでは、解析全体の流れを説明し、どのように平面骨組の応力解析が実施されるかを学習する。

4.1 はじめに

キーワード

平面骨組の入力仕様 出力仕様 骨組解析の処理全体の流れ

4.2 入力仕様

応力解析を実施するためには、当然、各種の情報が必要となる。ここでは、平面応力解析の入力データとして、最低限必要となる情報を分類し、図 4-1 のように Excel シート上に入力仕様として設計する。まず、入力データを次のように分類する。なお、入力は「データ入力」シートとする。また、出力は、「解析結果」シートとする。

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
コントロールデータ	解析用データ	解析結果	解析結果	解析結果	解析結果	解析結果	解析結果	解析結果	解析結果	解析結果	解析結果	解析結果	解析結果	解析結果	解析結果	解析結果	解析結果	解析結果	解析結果	解析結果	解析結果	解析結果	解析結果	解析結果
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

図 4-1 Excel シート上の入力域の設計

- 1) コントロールデータ
- 2) 解析用データ
 - 2.1 節点座標
 - 2.2 部材の要素情報と節点との結合情報

- 2.3 部材の断面特性
- 2.4 境界条件
- 2.5 荷重項

ここでも、図 4-2 に示す簡単な骨組を使用して、各入力項目の説明を行う。最初に、入力情報の取得や、解析に必要なコントロールデータについて説明する。図 4-3 には、Excel シート上に設計されたコントロールデータの一覧が示されている。同図から分かるように、この入力域には解析に必要な制御用情報が並べられている。

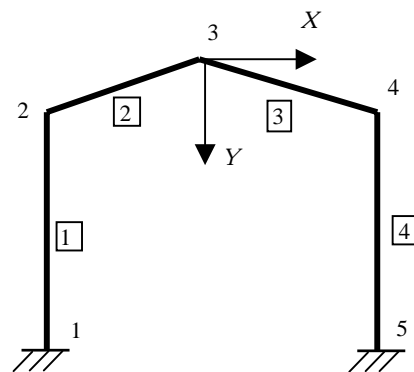


図 4-2 例題用骨組

- 1: 節点数
- 2: 部材数
- 3: 要素数
- 4: 境界節点数
- 5: 荷重 1 (等分布荷重が加わっている部材数)
- 6: 荷重 2 (節点集中荷重が加わっている節点数)

図 4-3 の入力域では、例題の解析モデルに関するデータがセットされている。

次に、解析用データについて説明する。これらは、コントロールデータを利用して、セルからプログラム内にデータを取得することになる。

最初は、骨組全体の節点に関する座標データである。図 4-3 では、節点番号と共に、全体座標系における節点の座標がセ

Microsoft Excel - 平面骨組解析.xls						
ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 挿入(I) 書式(O) ツール(T) データ(D) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)						
	A	B	C	D	E	F
1	コントロール情報		節点座標			
2				x座標	y座標	
3	節点数	5	1	-300	450	
4	部材数	4	2	-300	150	
5	要素数	2	3	0	0	
6	境界節点数	2	4	300	150	
7	部材荷重数	0	5	300	450	
8	節点荷重数	1	6			
9			7			
10			8			

図 4-3 コントロールデータと節点座標の入力域

ットされている。解析モデルを参照しながら、座標情報を確認されたい。

次に、図 4-4 では、部材に関するデータが並べられており、まず、部材両端に接合する節点番号とその部材の要素番号である。例題の解析モ

デルでは、部材数は4であり、各部材両端の節点番号が記されている。このとき、自動的に最初の項が*i*端となり、次の項が*j*端となる。最後の項には、当該部材が使用する要素の番号が示されている。

部材の端部節点番号				
y座標		i端	j端	要素番号
450		1	1	2
150		2	2	3
0		3	3	4
150		4	4	5
450		5		
		6		
		7		
		8		
		9		

図 4-4 部材の両端節点番号と使用要素番号表

図 4-5 は断面特性を表す要素データである。ここでは、平面骨組の線形応力解析として、最低限のデータ入力域が設定されている。要素番号に続いて、ヤング係数、断面積、断面二次モーメントである。単位は全て、長さは cm で、力は kN とする。

要素番号	ヤング係数	断面積	断面二次モーメント
1	20500	90.24	5337.4
2	20500	81.92	22964.9
3			
4			
5			
6			
7			
8			

図 4-5 断面特性を設定する要素データ表

次に、図 4-6 のように節点の境界条件を設定する。条件記載のルールとして、0 は拘束、1 は自由とする。例えば、固定支持の場合は、0,0,0 であり、ピン支

境界条件	節点番号	x方向	y方向	回転角
	1	0	0	0
	4	0	0	0

図 4-6 骨組境界条件の設定表

持の場合は、0,0,1である。また、水平方向ローラー支持の場合は、0,1,1となる。

最後の入力項目は荷重項である。ここでは、荷重項は、部材荷重としての等分布荷重と、節点に加わる集中荷重の2種とする。

節点集中荷重は、荷重の加わっている節点番号と2方向荷重と曲げモーメント荷重である。図4-7には、節点集中荷重の例が示されている。最後に、部材荷重として、

1	節点荷重			
2	節点番号	x方向	y方向	曲げ
3	5	0	100	0
4				
5				
6				
7				

図4-7 節点集中荷重表

部材荷重(等分布荷重)	
部材番号	荷重値
2	10
3	10

等分布荷

重の入力域が図4-8に示されている。

同図では、等分布荷重が加わる部材番号と等分布荷重の値が入力情報となっている。この荷重は、材軸方向に直交する方向に働き、部材座標系で裁荷される。そのため、基本応力を計算した後、全体座標系に変換し、荷重ベクトルに組み込む必要がある。

AA	AB	AC	AC
部材荷重(等分布荷重)			
部材番号	荷重値		
2	10		
3	10		

図4-8 等分布部材荷重表

以上が、この平面骨組応力解析に必要となる入力情報であり、Excelのシート上に入力領域としてデザインされている。

4.3 解析結果の出力仕様

本節では、応力解析した結果の出力仕様について説明する。本プログラムでは、最小限の出力をサポートする。

ここでは、「解析結果」シートに、2種の解析結果を出力する。一つは、全体座標系での節点変位であり、3自由度方向(x方向、y方向、回転角)の変位である。節点番号順に、図4-9に示されるように整理されて出力される。

次に、部材座標系で表された部材の断面力を表示する。図4-10に示されるように、部材番号順にその部材のi端の断面力とj端の断面力、及び、中央の曲げモーメントが表示される。

3	節点番号	u	v	θ
4	1	0.000	0.000	0.0000
5	2	6.235	0.495	0.0592
6	3	-6.235	0.495	-0.0592
7	4	0.000	0.000	0.0000
8	5	0.000	13.867	0.0000

図4-9 全体座標系で表された節点変位

Excel - 平面骨組解析.xls								
編集(E) 表示(V) 挿入(I) 書式(O) ツール(T) データ(D) ウィンドウ(W) ヘルプ(H) Adobe PDF(B)								
100%								
セキュリティ...								
	F	G	H	I	J	K	L	M
			i 端		j 端			中央
部材番号	N	Q	M	N	Q	M	M	
1	-3050.000	734.891	88649.387	3050.000	-734.891	131818.059	-21584.336	
2	-2021.308	954.752	-131818.059	2021.308	2399.349	-110448.218	129940.080	
3	-2021.308	2399.349	110448.218	2021.308	954.752	131818.059	129940.080	
4	-3050.000	-734.891	-131818.059	3050.000	734.891	-88649.387	-21584.336	

図 4-10 解析結果その 2 (部材座標系で表された材端と中央の断面力)

これまでは、マトリックス法の理論的解説と、全体剛性行列の作成法、Excel における入力・出力仕様について説明してきた。本節では、平面骨組に関する解析の流れを説明する。

4.4 平面骨組応力
解析プログラム
の流れ

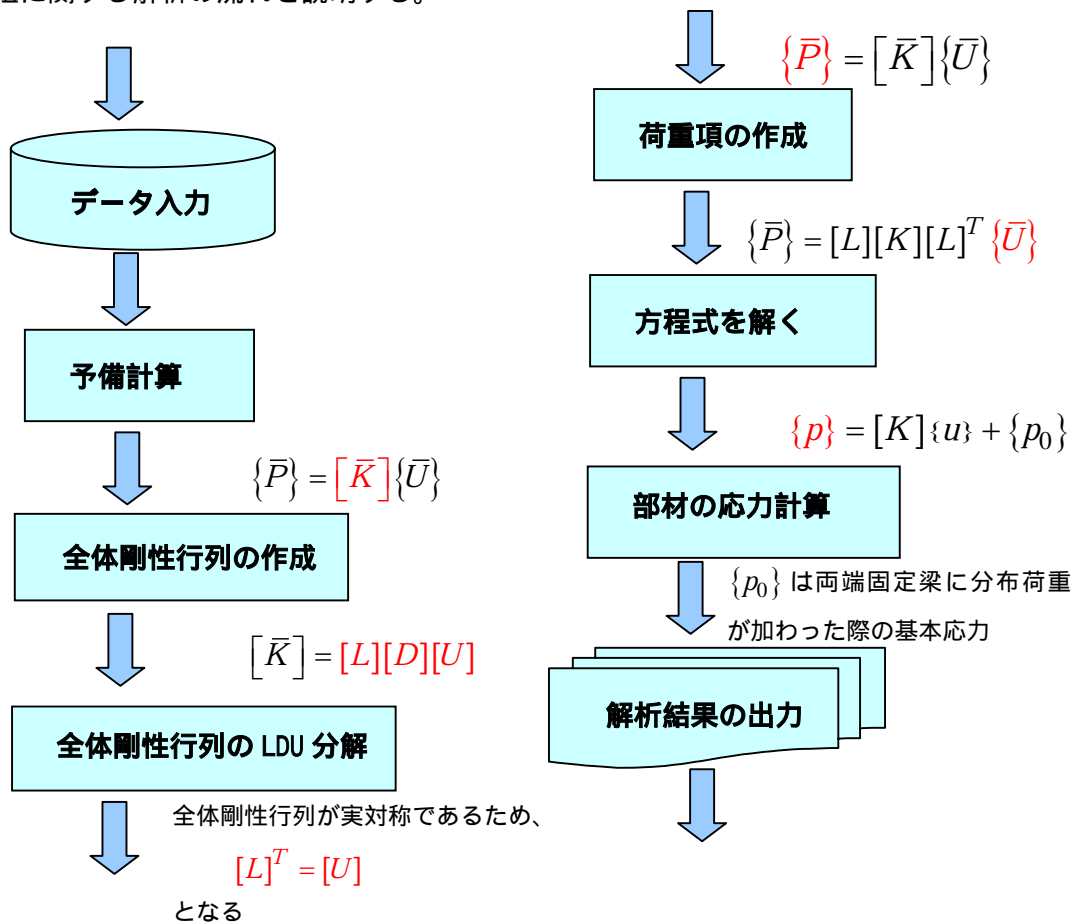


図 4-11 平面骨組応力解析用のプログラムの流れ概要

まず、プログラムの概略的な流れについて説明する。図 4-11 には、解析の概略的なフローチャートが示されている。このフローチャートを見れば、解析の全般的な手続きが理解できる。解析プログラムを大きく分けると以下のようなものである。

- 1 : 使用する配列などの定義とデータ入力
- 2 : 予備計算
- 3 : 全体剛性行列の作成
- 4 : 剛性行列の LDU 分解
- 5 : 荷重ベクトルの作成
- 6 : 方程式を解き、変位ベクトルを求める
- 7 : 全体座標系における節点変位を出力する
- 8 : 部材座標系における部材断面力を計算し、出力する

上記の手続きを、さらに詳しく、フローチャートを用いて説明しよう。まず、使用する配列などの定義は、次節のプログラムコードを参照されたい。変数や配列の定義が機能別に分類され、定義されている。そこでは、コメントとして名称が書かれており、使用方法は十分に理解できるものと思う。次に、解析に必要なデータ入力は、本章で説明したとおり、Excel のシートから行う。その順序をフローチャートで以下に示す。

Excel シートのデータ入力領域の設計は、既に、前節で行っており、ここでは、プログラムコードに従って、入力順序を示す。最初に、コントロールデータを取得し、その値を用いて、入力情報を格納する配列の動的確保を行う。次に、フローチャートに書かれているように、各情報をシートから取得する。その方法は、次節で具体的なコードで示す。

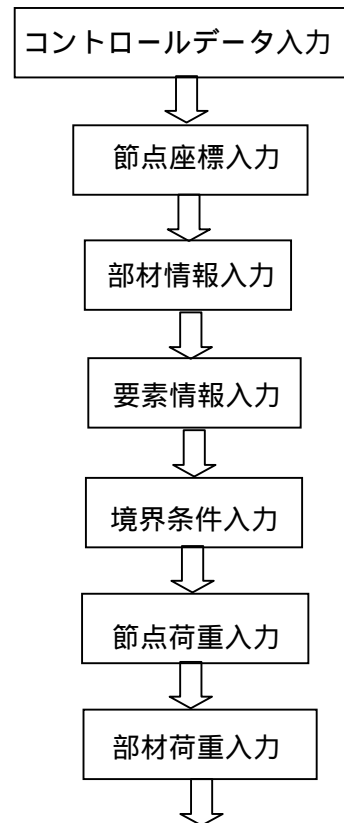


図 4-12 データ入力の流れ

次に、予備計算であるが、本プログラムでは、以下の3つの処理を行っている。1) 境界条件から節点拘束表を作成し、その後、未知番号の作成、2) 次章で説明するスカイライン行列のための表作成、3) 部材長の計算と全体座標系における傾き計算。これらの処理をフローチャートで示す。

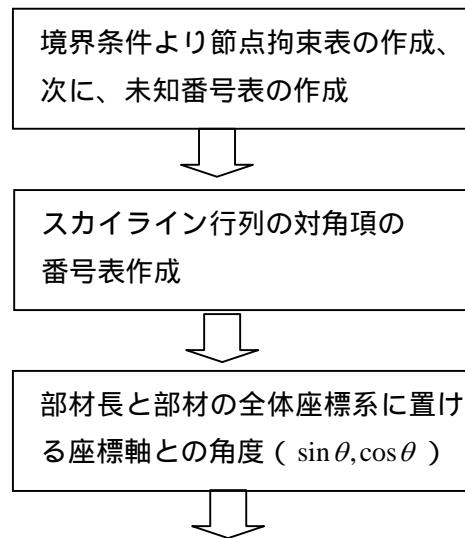


図 4-13 予備計算フローチャート

次に、全体剛性行列の作成法について説明する。まず、スカイライン行列の配列を動的確保し、その要素

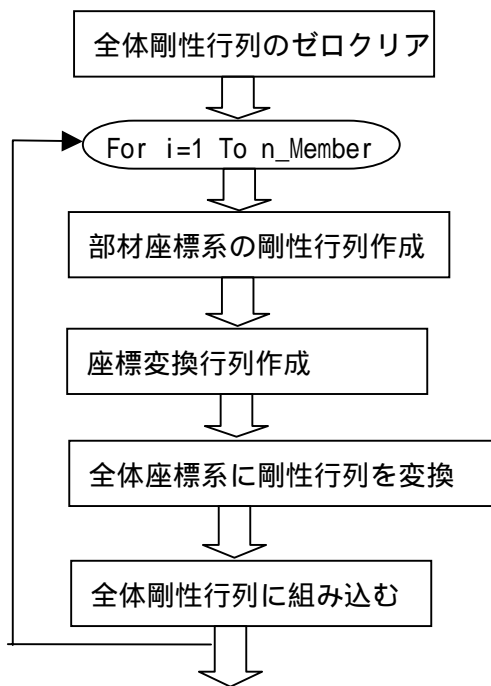


図 4-14 全体剛性行列の作成フローチャート

をゼロクリアする。その後、全部材について同様の処理を行い、順序良く各部材の剛性を全体剛性行列の中に足しこんでいく。その手法の基本的な処理方法は、前章で示したが、本プログラムではより効率的なスカイライン法を用いるため、次章で詳細に説明する。この部分のプログラムの流れを次のフローチャートに示す。

最初に、部材座標系における剛性行列を作成、次に、その部材の座標変換行列を作成する。この2つの行列を使用して、行列の3重積を行い、全体座標系に部材剛性行列を変換する。最後に、この剛性行列を全体剛性行列に足しこむことになる。全体剛性行列は1次元配列のスカイライン行列であることに注意されたい。この方法については、これも次章で説明する。この一連の処理を、全ての部材について行い、全体剛性行列を作成する。

をゼロクリアする。その後、全部材について同様の処理を行い、順序良く各部材の剛性を全体剛性行列の中に足しこんでいく。その手法の基本的な処理方法は、前章で示したが、本プログラムではより効率的なスカイライン法を用いるため、次章で詳細に説明する。この部分のプログラムの流れを次のフローチャートに示す。

ゼロクリアとは、配列要素の全てを0にすることであり、プログラム言語では良く用いられる用語である。

次に、構築した全体剛性行列を LDU 分解し、荷重ベクトルを作成する。

ここでも、全体剛性行列がスカイライン行列であることに注意して分解する。この分解で、全体剛性行列が特異行列であることが判明すると、「特異行列であり、そのため骨組が不安定である」ことを告げ、以後の処理を中止する。

全体剛性行列の LDU 分解が正常終了すると、次に、荷重ベクトルを作成する。まず、未知数分の荷重ベクトルをゼロクリアし、2つの荷重があるかどうかをチェックする。このチェックには、コントロール情報の荷重データを用いる。

本プログラムでは、部材荷重は等分布荷重のみ扱っており、部材座標系で入力する仕様となっている。まず、基本応力である部材両端の荷重を求め、次に、座標変換行列を作成して、材端荷重ベクトルを全体座標系の荷重ベクトルに変換する。その後、未知番号表を利用して、全体荷重ベクトルに足しこむ。

節点集中荷重は、全体座標系で設定する仕様となっているため、そのまま、未知番号表を頼りに、全体荷重ベクトルに足しこむことになる。これで、釣合式の右辺項である荷重ベクトルの作成が終了する。

次の処理は、連立方程式を解くことであり、既に、係数行列（全体剛

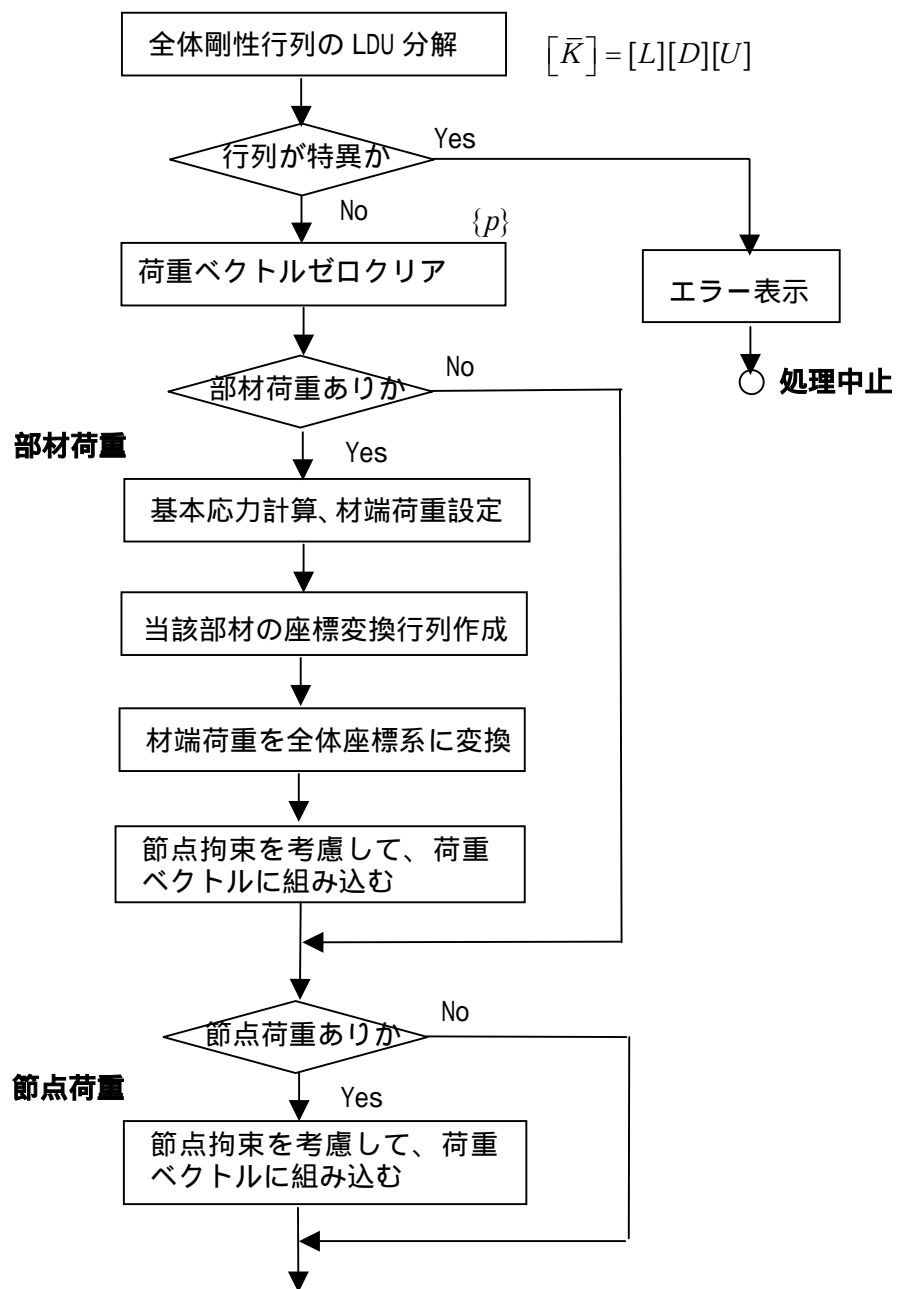


図 4-15 全体剛性行列の LDU 分解と荷重ベクトルの作成

性行列)はLDU分解されている。この分解された下三角行列を使用して方程式を解き、変位を求める。この手法もスカイライン法を用いているため、特殊な方法となる。次章で詳しく説明しよう。

連立方程式を解いた得た全体座標系の変位を、未知番号表を利用して節点毎に整理し、出力する。

最後の処理として、各部材の断面力を計算し、出力する。本プログラムでは、部材両端の材端力を計算し、断面力の代わりとする。材端での力の釣合から、各部材の断面力は、この材端力と同一となる。また、部材中央の曲げモーメントは、部材荷重の基本応力を参照して計算する。部材の断面力は部材座標系で表されるため、前処理で求めた全体座標系の変位を部材座標系に変換する必要がある。これらの処理の内容は、図4-17に示すフローチャートを参照して説明する。

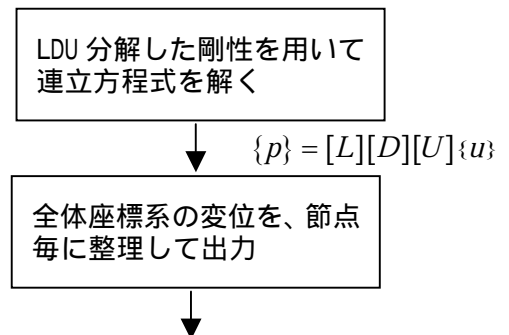


図4-16 連立方程式の解法と節点変位の出力

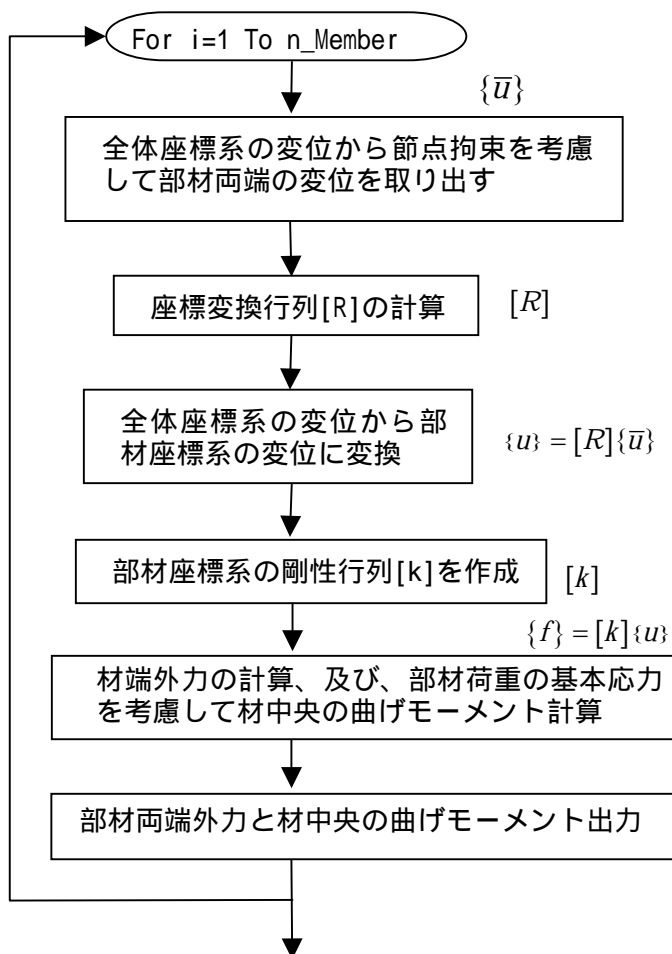


図4-17 部材断面力の計算と出力

最初に、全体座標系の変位から部材両端の節点変位を、節点拘束状況を考慮して、取り出す。両端節点の拘束状況は、未知番号表を参照する。次に、当該部材の座標変換行列を計算する。この変換行列を用いて、先の両端節点変位を部材座標系に変換する。

次に、部材座標系の剛性行列を計算する。この剛性行列と両端変位との掛け算を実施して、両端の外力を求める。また、部材荷重に対しては、基本応力を利用して、

部材中央の曲げモーメントを計算する。計算した部材断面力を Excel の「解析結果」シートに出力する。

以上で、平面骨組解析プログラムの処理内容を説明した。次節で、これらの流れを、実際の Excel VBA のコードで示す。

4.5 平面骨組応力 解析プログラム

本節では、主プログラムの全コードを示し、その内容を説明する。このプログラムは、解析全体の主プログラムであり、全ての配列などの定義文を含み、「解析開始」ボタンをクリックすることによって起動される。主プログラムの全コードを以下に示す。最初の部分は、解析プログラムで使用される変数や配列を定義している。使用されている変数や配列の意味は、コメント行や定義文の後のコメントを参照されたい。使用する配列は、固定して使用する場合を除き、全て動的確保を行っている。動的確保する配列の大きさは、プログラムコードを見れば理解できよう。また、主プログラムの後に、3つの配列のゼロクリアサブルーチンを示す。このサブルーチンは、主プログラムで呼ばれている。また、主プログラムで呼ばれている各種のサブルーチンは既に説明したか、もしくは、これ以後の章で説明する。いずれにしても、このテキストでは、全てのコードを示し、説明する。

最初に、平面骨組で使用する変数と配列について説明する。開発する平面骨組のプログラムで使用する配列は、全て動的に領域確保を行う。これは、他の言語でも同様で、使用する配列は、実行中に必要となるメモリー量を計算し、確保する必要がある。VBA では、この動的な領域確保は非常に簡単で、次のようなコードで行われる。例えば、スカイライン行列を保存する領域は、次のように仮の配列定義を行い、

```
Dim gsky() As Double 'スカイライン剛性行列(1次元配列で使用)
```

その後、処理が実際に進む中でその領域の大きさを計算し、次のコードを用いて再設定する。この操作で必要最小限の領域が確保されたことになる。

```
ReDim gsky(n_skyline)
```

以下に、平面骨組解析用プログラムで使用する代表的な変数と配列を示す。無論、読者は、この変数名を使用する必要はないが、名前を付ける場合は、具体的にその内容が分かることが大切である。ここで示す変数と配列の定義は、主プログラム、つまり、「解析開始」ボタンがクリ

ックされたとき、最初に動作するプログラムで定義する。

```

Private Sub CommandButton1_Click()
'-----
'      平面骨組プログラム(スカイライン法)
'-----
'-----   ワーク変数として使用
Dim i As Integer
Dim j As Integer
Dim k As Integer
Dim F_cel
Dim i_free As Integer
Dim j_free As Integer
Dim memb As Integer
Dim iexit As Integer
Dim istable As Integer
Dim mx As Integer
'-----   コントロール情報
Dim n_point As Integer   '節点数
Dim n_Member As Integer  '部材数
Dim n_Element As Integer '要素数
Dim n_kyokai As Integer  '境界節点数
Dim n_M_load As Integer  '部材荷重数
Dim n_P_load As Integer  '節点荷重数
'-----   入力情報用
Dim Point() As Double   '節点座標
Dim Member() As Integer '部材情報
Dim Element() As Double '断面情報
Dim Kyokai() As Integer '境界条件
Dim Load_M() As Double  '部材荷重
Dim load_P() As Double  '節点荷重
'-----   拘束表
Dim F_rest() As Integer '節点拘束(未知番号)表
Dim nsum_d() As Integer 'スカイライン行列の対角項番号
Dim n_free As Integer   '自由度数
Dim n_max_sky As Integer 'スカイライン行列の最大数
'-----   解析用
Dim gsky() As Double   'スカイライン剛性行列(1次元配列で使用)
Dim gsky_d() As Double 'LDU分解後の対角項
Dim disp() As Double   '変位ベクトル
Dim pload() As Double  '荷重ベクトル
Dim nwork() As Integer 'ワーク領域(LDU分解で使用)
Dim twork() As Double  'ワーク領域(LDU分解で使用)
Dim al() As Double     '部材長
Dim sin_cos() As Double '部材の傾き(sin と cos )
Dim C_M_Q() As Double  '部材荷重の基本応力
'-----   ワーク領域として使用
Dim ak(6, 6) As Double '部材座標系の部材剛性行列
Dim akk(6, 6) As Double '全体座標系の部材剛性行列
Dim R(6, 6) As Double  '部材回転行列
'-----
'      1 : コントロールデータ入力
'-----

```

```

n_point = Range("B3").Value
n_Member = Range("B4").Value
n_Element = Range("B5").Value
n_kyokai = Range("B6").Value
n_M_load = Range("B7").Value
n_P_load = Range("B8").Value
'-----
'      2 : 解析に必要な配列の動的確保
'-----
'----- 入力情報用
ReDim Point(2, n_point)
ReDim Member(3, n_Member)
ReDim Element(3, n_Element)
ReDim Kyokai(4, n_kyokai)
ReDim al(n_Member)
ReDim sin_cos(2, n_Member)
ReDim C_M_Q(3, n_Member)
If (n_M_load <> 0) Then
  ReDim Load_M(4, n_M_load)
End If
If (n_P_load <> 0) Then
  ReDim load_P(4, n_P_load)
End If
'----- 拘束表
ReDim F_rest(3, n_point)
'-----
'      3 : 解析情報の入力
'-----
'----- 1. 節点座標
F_cel = "E2"
For i = 1 To n_point
  Point(1, i) = Range(F_cel).Offset(i, 0)
  Point(2, i) = Range(F_cel).Offset(i, 1)
Next
'----- 2. 部材情報
F_cel = "I2"
For i = 1 To n_Member
  Member(1, i) = Range(F_cel).Offset(i, 0)
  Member(2, i) = Range(F_cel).Offset(i, 1)
  Member(3, i) = Range(F_cel).Offset(i, 2)
Next
'----- 3. 要素情報
F_cel = "N2"
For i = 1 To n_Element
  Element(1, i) = Range(F_cel).Offset(i, 0)
  Element(2, i) = Range(F_cel).Offset(i, 1)
  Element(3, i) = Range(F_cel).Offset(i, 2)
Next
'----- 4. 境界情報
F_cel = "R2"
For i = 1 To n_kyokai
  Kyokai(1, i) = Range(F_cel).Offset(i, 0)
  Kyokai(2, i) = Range(F_cel).Offset(i, 1)
  Kyokai(3, i) = Range(F_cel).Offset(i, 2)

```

```

Kyokai(4, i) = Range(F_cel).Offset(i, 3)
Next
'----- 5. 節点荷重
If (n_P_load <> 0) Then
F_cel = "W2"
For i = 1 To n_P_load
load_P(1, i) = Range(F_cel).Offset(i, 0) ' 節点番号で整数であるがここでは実数として保存
load_P(2, i) = Range(F_cel).Offset(i, 1)
load_P(3, i) = Range(F_cel).Offset(i, 2)
load_P(4, i) = Range(F_cel).Offset(i, 3)
Next
End If
'----- 6. 部材荷重
If (n_M_load <> 0) Then
F_cel = "AB2"
For i = 1 To n_M_load
Load_M(1, i) = Range(F_cel).Offset(i, 0) ' 部材番号で整数であるがここでは実数として保存
Load_M(2, i) = Range(F_cel).Offset(i, 1)
Next
End If
'-----
Range("A18").Value = "データ入力終了"
'-----
'-----
'          4 : 予備計算 1 ( 節点拘束表から未知番号に変換 )
'-----
Call Cal_Yobi(F_rest, n_point, n_kyokai, Kyokai, n_free)
Range("B20") = n_free
'-----
'          予備計算 2 ( スカイライン用対角項番号表作成 )
'-----
'-----表領域の動的確保
ReDim nsum_d(n_free)
Call Set_sky_table(n_free, F_rest, nsum_d, n_Member, Member, n_skyline)
Range("B21") = n_skyline
'-----
'          予備計算 3 ( 部材長さ と sin と cos を計算 )
'-----
Call Al_member(n_Member, Member, Point, al, sin_cos)
Range("A18").Value = "予備計算終了"
'-----
'          5 : 全体剛性行列作成
'-----
'----- 解析用動的領域確保
ReDim gsky(n_skyline)
ReDim gsky_d(n_free)
ReDim disp(n_free)
ReDim pload(n_free)
ReDim nwork(n_free)
ReDim twork(n_free)
'----- スカイライン行列をゼロセット
Call Set_sky_zero(n_skyline, gsky)
'----- 全体剛性行列作成
For memb = 1 To n_Member

```

```

mx = Member(3, memb)
Call Cal_k(memb, ak, al, mx, Element)
Call Cal_rot(memb, R, sin_cos)
Call Cal_all_rot(ak, akk, R)
Call Build_sky_k(memb, gsky, akk, F_rest, nsum_d, Member)
Next
'----- 全体剛性行列 L D U 分解
Call Decomp_sky(n_free, nsum_d, gsky, gsky_d, nwork, twork, iexit, istable)
Range("B22") = iexit
Range("B23") = istable
If (iexit <> 0) Then GoTo Err_C
Range("A18").Value = "剛性計算終了"
'-----
'      6 : 荷重ベクトルの作成
'-----
'----- 荷重ベクトルのゼロクリア
Call zero_pload(n_free, pload)
'----- 基本応力項のゼロクリア
Call zero_CMQ(n_Member, C_M_Q)
'----- 部材分布荷重
If (n_M_load <> 0) Then
  Call Set_load_M(pload, n_M_load, Load_M, C_M_Q, al, Member, F_rest, sin_cos)
End If
'----- 節点荷重
If (n_P_load <> 0) Then
  Call Set_load_S(pload, n_P_load, load_P, F_rest)
End If
'-----
Range("A18").Value = "荷重計算終了"
'-----
'      7 : 釣合式を解く
'-----
Call solv_sky(n_free, nsum_d, gsky, gsky_d, nwork, twork, pload, disp)
'-----
'      8 : 全体変位出力
'-----
Call Out_disp(disp, n_point, F_rest)
'-----
Range("A18").Value = "解法計算終了"
'-----
'      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)
'-----
Range("A18").Value = "応力計算終了"
'-----
'      解析終了
'-----
GoTo End_C
Err_C:
Range("A18").Value = "分解エラー"
End_C:
End Sub

```

```
'-----  
'      スカイライン剛性のゼロクリア  
'-----  
Private Sub Set_sky_zero(n_skyline, gsky)  
Dim i As Integer  
For i = 1 To n_skyline  
gsky(i) = 0#  
Next  
End Sub
```

```
'-----  
'      荷重ベクトルのゼロクリア  
'-----  
Private Sub zero_pload(n_free, pload)  
Dim i As Integer  
For i = 1 To n_free  
pload(i) = 0#  
Next  
End Sub
```

```
'-----  
'      基本応力項のゼロクリア  
'-----  
Private Sub zero_CMQ(n_Member, C_M_Q)  
Dim i As Integer  
Dim j As Integer  
For i = 1 To n_Member  
For j = 1 To 3  
C_M_Q(j, i) = 0#  
Next  
Next  
End Sub
```

4.6 課題

本章では、平面骨組に必要な最低限の入力情報をまとめ、Excelシート上にデザインした。この入力仕様に従って、図 4-1 から 4-10 までを参考にして、Excel シート上に入力データ領域及び出力データ領域を設定する。また、ボタンを押すと起動する主プログラムが紹介されているので、このコードをこれまでの平面骨組プログラムの中に組み込む。その際、添付されている 3 つのサブルーチンも同時に書き込みを行う。以上を間違いなく実施し、プログラムを作成されたい。

これで、平面骨組の解析プログラムは一部動作するようになったはずである。特に、入力データの読み込み部分は動作するはずである。そこで、デバック操作を始める前に、入力データが正常に読み込まれているかどうか、直接セル上に出力して、確認されたい。

本章では、平面骨組に必要となる入力情報をまとめ、Excel のシート上に設計した。また、骨組解析プログラムの全体処理についてフローチャートを用いて説明し、その処理の流れと内容を理解した。また、プログラムの続きとして、ボタンで起動する主プログラムを組み込み、デバック作業に入った。