
平面骨組み構造解析



F R for Windows Ver1.0

リファレンスマニュアル



株式会社 ユーアイ技術情報

「F R for Windows Ver 1.0」は 株式会社 ユーアイ技術情報の著作物であり、「F R for Windows Ver 1.0」に係る著作権その他の権利はすべてユーアイ技術情報に帰属します。

本製品の一部または全部を株式会社ユーアイ技術情報の書面による許可なく複写・複製することは、その形態を問わず禁じます。

当プログラムの機能およびマニュアルの内容は、予告なく変更することがあります。

MS - DOSは米国マイクロソフト社の登録商標です。

Windowsは米国マイクロソフト社の登録商標です。

Wordは米国マイクロソフト社の登録商標です。

本製品は、Microsoft Visual C++ および Microsoft Visual Basic を使用しています。

ごあいさつ

このたびは「F R for Windows Ver 1.0」をお求めいただき、誠にありがとうございます。

「F R for Windows Ver 1.0」は当社が開発した任意形平面骨組み構造解析（面内、面外）プログラムで、従来ご愛用いただいていた「F R for MS-DOS Ver 2.0」の機能を更に充実させ、Windows対応に新規開発したものです。

「F R for Windows Ver 1.0」の計算機能につきましては、豊富な部材荷重や部材分布バネ、支点バネ、バンド幅最小化处理、断面性能計算/参照機能、断面力の組み合わせや抽出計算機能などがあります。

また、入力機能につきましては、任意正整数の格点番号の振り付け、行単位の挿入/削除等が簡単に行える表形式入力画面、同一データを複数セルに一度に設定する機能、ボタン1つでヘルプや表示条件を変更できる機能、各種標準設定値を参照入力する機能など、G U I（グラフィックユーザインタフェース）を大幅に改良しました。

そして出力機能としては計算結果のテキスト出力やMS-Wordへの連動、骨組み図や荷重図の表示/印刷、豊富な出力オプション等を用意しました。

弊社ではフレームを始め橋梁断面計算（B R）や水管橋の設計（W P）など、土木・構造系のオリジナルソフトウェアを開発・販売しており、これらをさらに充実させるように努力いたしております。当ソフトウェアに対するクレームはもちろんのこと、「こんなソフトがあれば...」あるいは「こんな機能があれば...」と言ったご意見、ご要望、アイデア等を常にお待ちしております。

どうぞ弊社まで電話、F A X、メール等でお送り下さるようお願い申し上げます。

1999年8月
（株）ユーアイ技術情報
代表取締役 上岡正明

目次

§ . 1	システムの概要.....	1
1 . 1	機能の特長.....	1
1 . 2	制限.....	2
§ . 2	システムのインストールと起動方法.....	3
§ . 3	データの入力方法.....	5
3 . 1	主メニュー画面.....	5
3 . 2	データの入力モード.....	6
3 . 3	各入力項目の概要説明.....	8
3 . 4	全入力画面に共通な機能の説明.....	10
3 . 5	各データの入力画面.....	13
3 . 6	表示と印刷.....	33
3 . 7	オプションデータ.....	39
3 . 8	ヘルプ.....	42
§ . 4	計算結果の説明.....	44
4 . 1	格点変位.....	44
4 . 2	部材断面力.....	46
4 . 3	反力.....	48
§ . 5	解析理論概要.....	49
5 . 1	骨組み構造解析の基本.....	49
5 . 2	全体剛性マトリクス [K].....	49
5 . 3	荷重ベクトル { P }.....	52
5 . 4	バンド幅について.....	54
補足 A	F Rの開発履歴.....	57
補足 B	F Rの実行環境.....	59

§ . 1 システムの概要

1 . 1 機能の特徴

《計算機能》

変位法により任意形平面骨組構造の応力解析を行います。

剛性方程式 ($F = KU$) はバンド幅を考慮したガウス掃出し法で求解します。

バンド幅がシステムの制限値を越えた場合は「バンド幅最小化処理」が自動的に実行されます (* 1)。

部材断面性能はシステムが用意した 1 2 断面タイプについては断面寸法を与えるだけで計算します。

部材軸に対して水平・垂直方向の分布バネを考慮できます。

荷重は部材荷重と格点荷重があります。

部材荷重は分布荷重、集中荷重、温度荷重を取り扱います。

部材荷重はグローバル X、Y 軸への投影長に載荷することができます。

支点には構造座標系方向にバネ支点を与えることができます。

支点には強制移動を与えることができます。

部材の中間位置の断面力を算出します (中間着目点機能)。

基本荷重ケースの断面力は組み合わせ指示式に従ってさらに任意に組み合わせ計算ができます。

基本荷重ケースと組み合わせケースの断面力の中から最大 / 最小断面力を抽出します。

入力モデル図や変位図等の描画機能があります。

(* 1) バンド幅最小化処理を行っても制限値に入らない場合には、そのモデルは当システムでは解析できません。詳細は 5 . 4 項を参照して下さい。

《入力機能》

当システムはマニュアル不要を基本に作成されています。各画面でヘルプボタンをクリックすれば、その入力画面に応じたヘルプ画面を表示できます。

1 回の起動で扱う入力データファイルは 1 つのみです。

表形式入力項目については行単位の挿入、削除、複写等がマウス操作で行えます。

実数の少数以下の表示桁数はボタン 1 つで増減できます。

支点の安定条件や遊離格点、また部材剛度未定義や部材長ゼロなどの技術的エラーチェックをきめ細かく行います。

入力形状図と荷重図を画面に表示できます。

格点番号は 5 桁以内の任意正整数で与えられますので、グルーピングした番号付けや格点の追加削除の時に便利です。

各種入力オプションが用意されています。

《出力機能》

出力内容は入力データリスト、基本ケースの格点変位、部材断面力、支点反力、および断面力の組み合わせ、抽出結果です。

上記出力内容の中から必要な項目を任意に出力指定できます。

上記出力内容はWordに渡されて表示されますので、編集してから印刷できます。

(ただし、図形はWordへは渡されません)

ヘッダやフッタの印刷指定、ページ番号の振り付け指定などの印刷オプションが用意されています。これらはWord側で再編集することもできます。

各種出力オプションが用意されています。

1.2 制限

当システムの各定数の制限値は標準値として以下の値が設定されていますが、これらの値はユーザーが任意に設定することができます。詳細は「§.2(3)制限値の設定/変更」をご参照下さい。

システムが設定した標準制限値

項 目			モデル(*1)		
			小	中	大
基本値	格点数	NP	80	200	500
	部材数	NM	80	200	500
	支点要素数	NS	20	40	50
材料/ 断面	材料予約数	NMT	5	10	10
	断面性能予約数(*2)	NPR	30	50	80
中間点	部材ごとの中間着目点数	NPMAX	5	5	5
	部材中間着目点総数	NMPM	50	100	200
荷 重	格点荷重データ数	NPL	100	200	400
	部材荷重データ数	NML	300	800	1500
	基本荷重ケース数	NL	35	50	80
組合せ 抽出	組合せケース数	NCM	30	50	80
	最大・最小部材力抽出ケース数	NPK	20	30	40
その他 の定数	バンド幅	MBAND	45	45	45
	1格点に集まる部材数 (ただしバンド幅最小化処理実行時のみ)	NMJT	8	8	8
その他	入力データファイル名の文字数(フォルダ名含む)		ASCIIで512文字以内		

(*1) 納品時の標準制限値の設定値です。お客様が変更(画面2参照)しますと、そちらが有効になります。

(*2) 部材の断面性能は部材ごとに入力する方法と、あらかじめ予約して入力する方法の2通りを両用できます。上表の制限値は予約する断面の制限値です。

§ . 2 システムのインストールと起動方法

(1) インストール

別紙インストールマニュアルをご参照下さい。

(2) システムの起動方法

インストールを正常に終了した後は下記の2つの方法で実行します。

ウィンドウズの<スタートボタン> - <プログラム(P)>をクリックし、当プログラムを選択して実行

当プログラムをウィンドウズのデスクトップにアイコン化して、そのアイコンをダブルクリック。

上記のどちらかで起動しますと、下図のオープニング画面が表示されます。

画面1：オープニング画面



(3) 制限値の設定 / 変更

画面 2 : 制限値の設定 / 変更画面

この画面はフレーム計算の各制限値をユーザーが設定するための画面です。ここで解析モデルに適した制限値を設定しますと、以下の入力処理や計算時に、メモリの使用量や表入力画面の行数などで不要な容量を確保しないで済みますので作業効率が上がります。この画面で設定しない場合には、システムが設定した標準値が制限となります。システム標準値は主メニューのヘルプ - 各構造定数の現在の制限値 で表示することができます。

この画面では、毎回解析モデルに合わせてその都度制限値を変更する手間を省くために、大、中、小の三つのサイズ用にそれぞれ別個に設けることができます。大、中、小の呼称は便宜的なものでユーザーが日常使用する範囲で任意に設定してかまいません。

OK ボタンでは各制限値を内部更新するだけです。現在の処理時のみ有効です。

規格値として登録 ボタンは、各制限値をシステムに登録し次回処理時にも有効となります。

大きなモデルと小さなモデルを交互に計算するとき、毎回この画面を開いてサイズの選択をするのが面倒な場合には、大きなモデルの制限値で設定したままにしておいて下さい。

(ご注意)

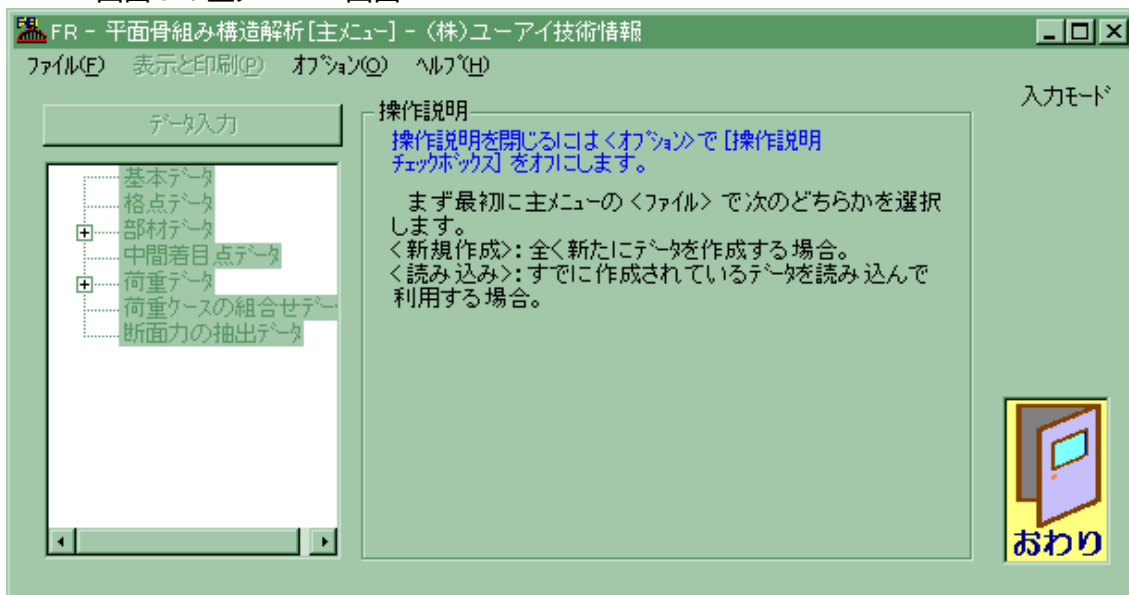
- 1) 非常に大きな制限値に設定した場合には、お使いのパソコンの環境（主にメモリの空き容量）によっては操作性が低下することがあります。
- 2) 一部材上の部材中間点数は5で固定で、変更できません。

§.3 データの入力方法

3.1 主メニュー画面

画面1のオープニング画面で **はじめ** をクリックしますと、画面3の主メニュー画面が表示されます。

画面3：主メニュー画面



プログラムの終了は、**おわり** ボタンか右上の **×** ボタンあるいは ファイル - プログラムの終了 を選択します。

通常は **おわり** あるいは プログラムの終了 で終了して下さい。

× ボタンで終了しますと、データの保存に関して保護が充分でない場合があります。

3.2 データの入力モード

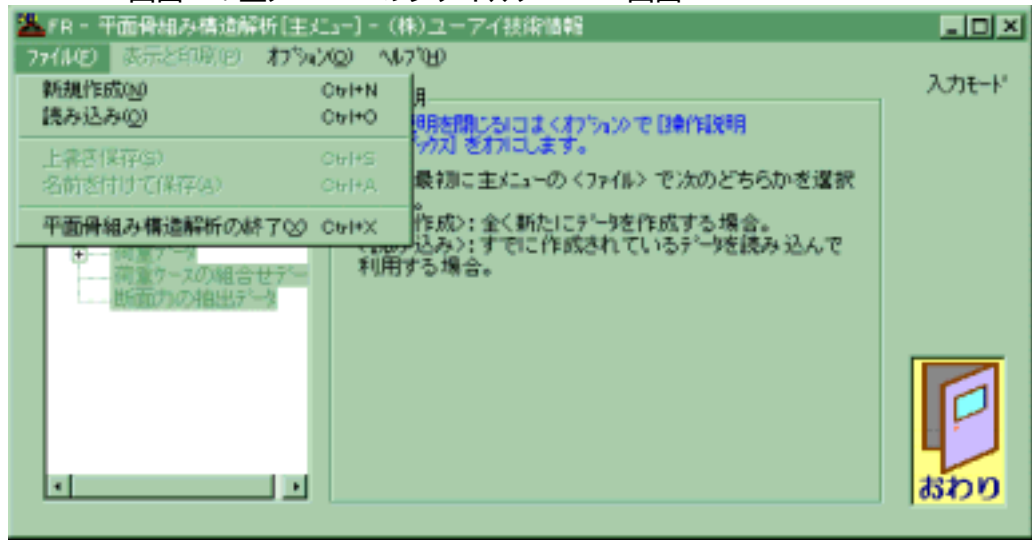
データの入力モードには

新規モード：新規に解析データを作成する場合。

修正モード：以前作成したデータを利用する場合。

とがあります。これらは主メニューの<ファイル(F)>で選択します。

画面4：主メニューのファイルメニュー画面

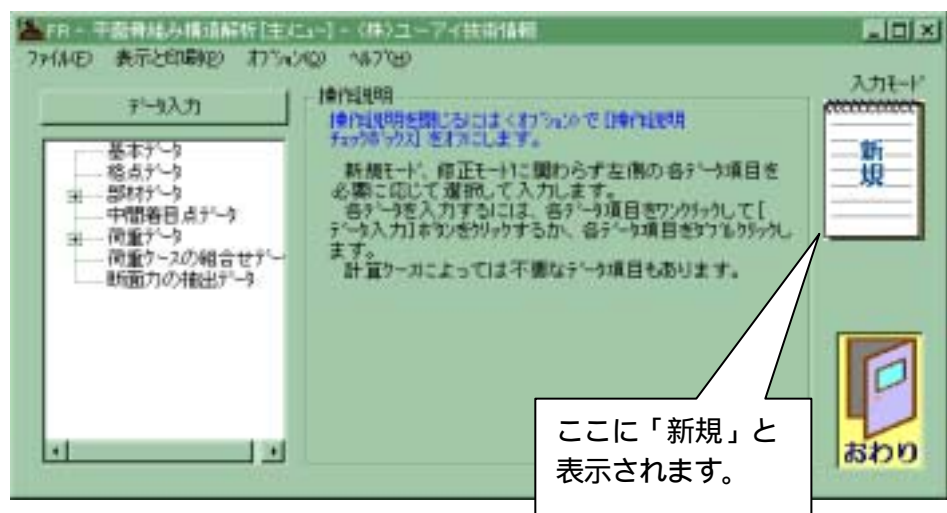


(1) 新規モード

画面5：主メニュー画面で ファイル - 新規作成 を選択後の画面

データを新規に作成するには画面4で<新規作成>を選択します。

そうしますと、画面11：「基本データ入力画面」が表示され、その後、右図の画面が表示されます。



新規モードを選択しますと、全ての値を初期化（通常、数値はゼロ、文字列は空白）します。

個別の入力データの入力画面へ入る場合には、データ項目のツリー表示から該当する入力項目をダブルクリックするか、ワンクリックした後に **データ入力** ボタンをクリックします。

(2) 修正モード

画面6：主メニュー画面で ファイル - 読み込み 選択後の画面

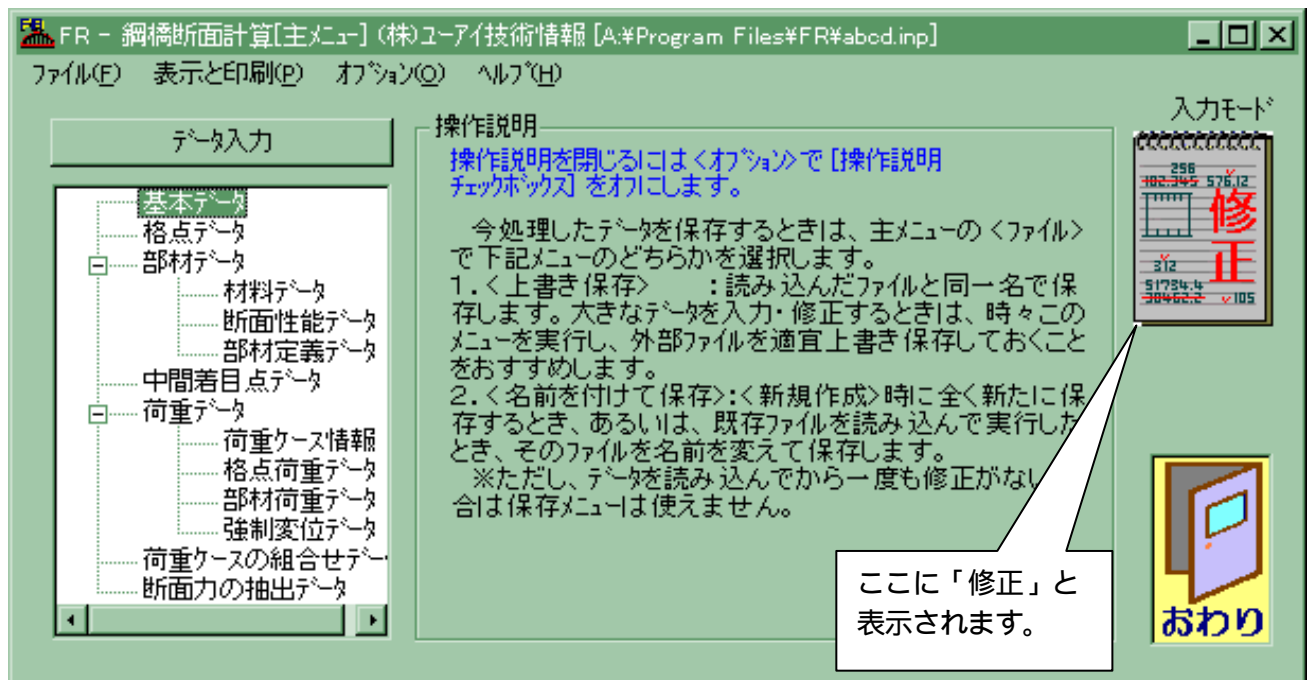
既存のデータを再利用する場合は画面4で<読み込み>を選択します。

そうしますと右図のファイル名指定画面が表示されますので、該当する入力データファイル名を選択します。



ファイル名を選択しますと、画面7の修正モードの初期画面が表示されます。

画面7： ファイル - 読み込み でファイル名選択後の画面



3.3 各入力項目の概要説明

入力データは画面7のツリー表示に示すように最大12種類の入力項目で構成されています。これらは計算機能によっては表示されないものもあります。各入力項目は、必要な項目から任意に入力できますが、ツリー構造の上側から順次に入力することをお勧めします。

基本データ

タイトルと解析タイプ

格点データ

格点の番号と座標値

材料データ

材料のヤング率、せん断弾性係数、温度膨張係数

断面性能データ

断面積、断面2次モーメントの予約。

当入力データは「断面性能計算機能(*1)」と連動し、そちらで計算した結果を参照してセットすることができます。

(*1) 断面性能計算

形状寸法を入力して断面積等の断面性能を計算し、参照した画面へ戻ります。入力した断面形状は、外部に保存でき、再読み込みして利用することができます。外部断面ファイル名は FR_Sect.tbl で、プログラムと同じフォルダで管理されています。

部材定義データ

部材番号、部材両端の格点番号、材料番号、ピン解放条件、断面性能データ予約番号あるいは断面性能の直接入力、部材分布バネ。この画面からも「断面性能計算機能」へ連動し、参照セットすることができます。

中間着目データ

着目部材番号、着目点までの距離（相対距離あるいは絶対距離）

格点ケース情報

格点ケース名

格点荷重データ

任意格点に作用する集中荷重と集中モーメント荷重

部材荷重データ

種 類	記 号	面 内	面 外
分布 垂直 荷重	D_norm		
分布軸方向荷重	D_axis		(* 2)
分布モーメント	D_moment		
分布ねじりモーメント	D_torq	(* 1)	
集中 垂直 荷重	C_norm		
集中軸方向荷重	C_axis		(* 2)
集中モーメント	C_moment		
集中ねじりモーメント	C_torq	(* 1)	
温 度 荷 重	Temper		(* 2)

上表の荷重種類に応じて荷重作用方向や荷重値を入力。

(* 1) 面内解析ではフレーム定義面 (X - Y 平面) と荷重が同一面内にありますので、ねじりモーメントは発生しません。

(* 2) 面外解析ではフレーム定義面 (X - Y 平面) 内の変位の自由度はありませんので、部材軸方向の変形は発生しません。従って、これらの荷重は考慮していません。

強制変位データ

強制変位を与える支点番号と強制変位量。

荷重ケースの組み合わせデータ

基本荷重ケースの結果を組み合わせたり、組み合わせ結果を更に組み合わせたりするための組み合わせ指示式を入力。

断面力の抽出データ

基本ケースや組み合わせケースの中から最大断面力や最小断面力を抽出するための指示。

3.4 全入力画面に共通な機能の説明

(1) 表形式入力画面の共通ボタン

入力荷重ケース 前ケース 次ケース オプション ←.0
.00 .00
→.0 ヘルプ° OK キャンセル

入力荷重ケース 荷重ケース番号を強制的に移動したい時は、ここに直接荷重ケース番号を入力してリターンキーを押します。

前ケース 次ケースこのボタンは、荷重ケース番号を1つずつ移動を行います。

オプション小数点以下の桁数など、システムの作業環境設定画面を表示します。

←.0
.00 .00
→.0カーソル位置のデータの小数点以下桁数を増減します。

ヘルプ°その画面に関するヘルプ画面を表示します。

OKその画面のデータを内部的に更新(*1)して画面を閉じます。

キャンセルその画面に入ってから修正・追加したデータを内部的に更新せずに画面を閉じます。データはその画面に入る前の状態に戻ります。

(*1) 内部的に更新とは、表示中のデータについて、外部ファイルに登録更新することなしに、メモリ内のみでデータを更新することを意味します。

(2) 表形式入力画面の行削除、行移動、行複写の方法

表形式入力画面は行単位のカット&ペーストや一行挿入、一行削除ができます。これらの処理は、対象とする行をクリックするかドラッグするかして右ボタンをクリックします。そうしますと、画面8に示す行処理メニューが表示されますので下記説明に従って操作してください。

画面8：表形式入力画面の行処理用メニュー



行処理メニュー

- 切り取り.....ドラッグした行の内容を消去し、カットバッファへ退避する。
- コピー.....ドラッグした行の内容を保存し、カットバッファへ退避する。
- 貼り付け.....カットバッファへ退避した内容をカーソルの行へ上書きで貼り付ける。
- コピーした行を挿入.....カットバッファへ退避した行の内容をカーソルの行の一行手前に挿入する。
- 1行挿入.....カーソルの行の一行手前に空行を挿入する。
- 1行削除.....カーソルの行を削除する。
- キャンセル.....行処理を中止する。

(3) 表形式入力中のキー操作について

セルを1セルずつ移動するためのキー

1つのセルが選択された状態(セルが太枠で囲まれます)で、下記のキーで移動します。

CR、TAB、、、、

セル内の数値、文字入力

新規入力：直接数値、文字を入力。

修正入力：マウスでセル内の修正文字をクリックし、新しい文字を入力。

整数部のカーソル
少数部のカーソル

12.345
12.345
12.345

1文字削除（セル内の入力状態で）

カーソルの1つ手前の文字：

カーソルの文字：

列の部分範囲の指定（マウスのドラッグと同じ）

+ (or)

(+ (or) を操作して行方向の部分範囲選択もできますが、当プログラムでは行方向の部分範囲選択については特別の機能を設けていません)

(4) 時のデータの保存について

時には画面のデータを内部更新しますが、全行を保存すると常に最大行を保存することになりますので、各画面についてそれぞれ下記の条件のデータを保存しています。

格点データ.....格点番号 > 0
 材料データ.....ヤング率 > 0
 断面性能データ.....全行
 部材定義データ.....部材番号 > 0
 中間着目点データ.....部材番号 > 0
 荷重ケース情報.....全行
 格点荷重データ.....荷重を載荷する格点番号 > 0
 部材荷重データ.....荷重を載荷する部材番号 > 0
 強制変位データ.....強制変位を与える格点番号 > 0
 荷重ケースの組合せデータ.....全体除数 > 0 . 0 0 0 1
 断面力の抽出データ.....全行

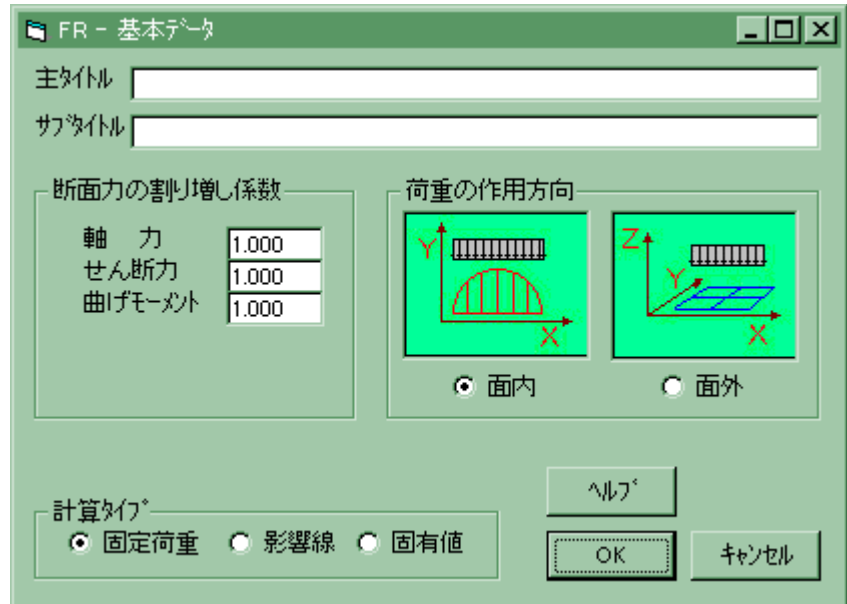
3.5 各データの入力画面

(1) 基本データ

ファイル - 新規作成を選んだ場合、初期画面として必ずこの画面が表示されます。入力モードが修正モードの場合は、データ項目のツリー構造から基本データを選択すればこの画面へ入ることができます。

基本データは全画面の内最も基本的なデータなので **OK** あるいは **キャンセル** で一旦戻らないと別の入力画面は表示できません。

画面9：基本データ入力画面



タイトル..... 入力データの目安として利用してください。出力結果には使用しません。

断面力の割り増し係数... 解析結果の断面力に対して、ここで与えた係数を一律に乘じます。

計算タイプ..... 現在固定荷重のみ有効です。

(2) 格点データ

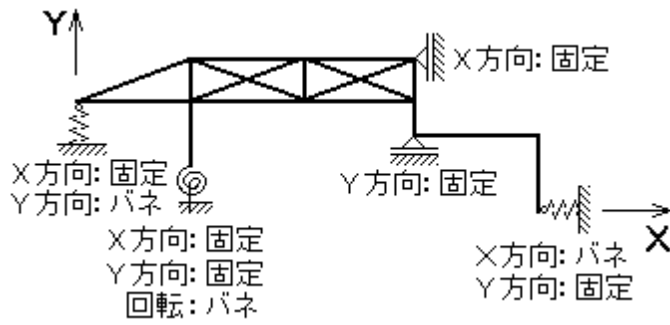
格点データでは格点の座標と支点条件、支点バネを与えます。

画面10：格点データ入力画面

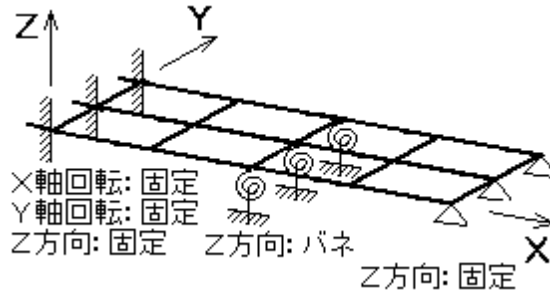


支점에強制変位を与える場合には支点条件は「固定」にしておきます。

面内解析の支点条件例

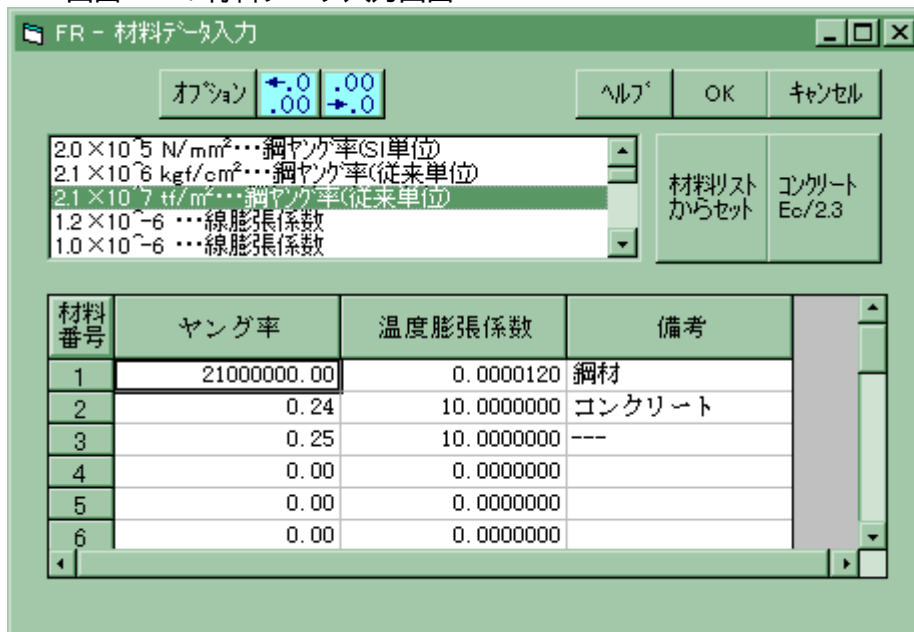


面外解析の支点条件例



(3) 材料データ

画面 11 : 材料データ入力画面



材料データでは面内 / 面外に応じて下表の材料を与えます。

	ヤング率	せん断弾性係数	温度膨張係数
面内			(* 1)
面外			

(* 1) 温度荷重がない場合には不要です。

ヤング率等はプログラムが用意した材料を使用する場合には以下に示すようにボタン1つでセットできます。

材料リストから線膨張係数をセットする方法

画面 1 2 : 材料リストから線膨張係数をセット

手順 1

線膨張係数をセットしたいセルをクリック。

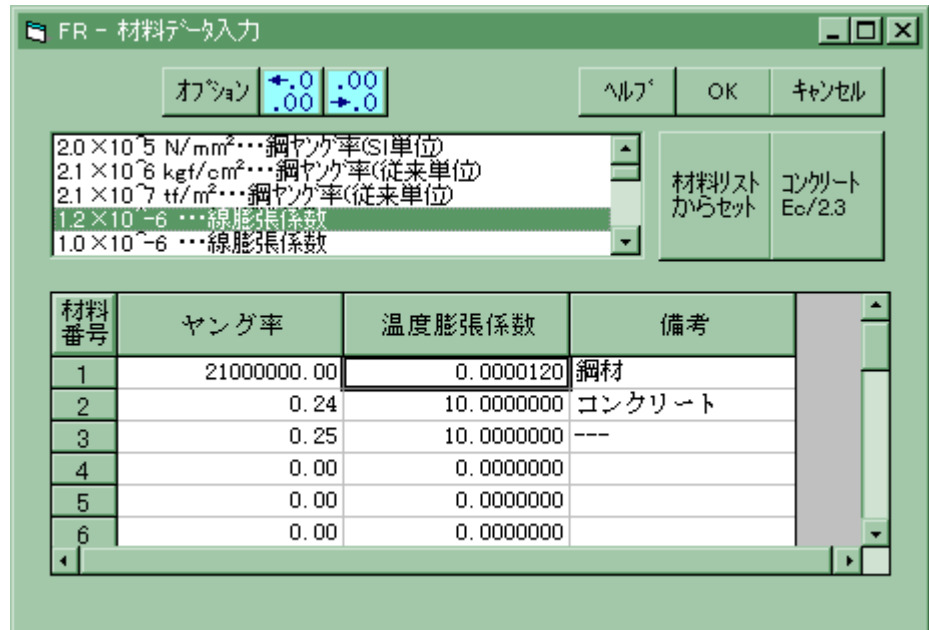
手順 2

材料リストから使用する線膨張係数を選択してクリック。

手順 3

材料リストからセット ボタンをクリック。

材料リストからヤング率をセットする場合も同様です。



コンクリートEc/2.3 ボタン.....材料リストから選ばれたコンクリートのヤング率を2.3で除してカーソルがある行のせん断弾性係数の列にセットします。このボタンは面外解析のときのみ有効です。

(4) 断面性能データ

画面 1 3 : 断面性能データ入力画面

断面性能データでは、使用する断面をあらかじめ予約しておき、部材定義データでその断面番号を与えます。これは部材定義データで一つ一つ断面性能を与える手間を省くためです。

ここで予約せずに、部材定義データで直接断面性能を与えても構いません。

断面番号	断面積	断面2次モーメント	備考
1	0.006353	0.000047	
2	0.009143	0.000107	
3	0.000000	0.000000	
4	0.000000	0.000000	
5	0.000000	0.000000	
6	0.000000	0.000000	
7	0.000000	0.000000	
8	0.000000	0.000000	
9	0.000000	0.000000	
10	0.000000	0.000000	

形状入力から計算 ボタンをクリックしますと断面形状入力画面が表示され、そちらで断面計算を行い(*1)、その値を参照してこの画面に戻ることができます。ただし計算した値が小数以上12桁、あるいは小数以下が、ユーザが **桁** ボタンやオプションデータで指定した桁以下の場合には表示できません。

(*1) プログラムが用意した全12タイプの断面についてのみ計算できます。



この画面を表示したまま基本データ入力画面を表示して面内/面外を変更することは避けて下さい。

(5) 断面形状データ

この画面には次の3つの方法で入ります。

- 1) 断面性能データ
- 2) 部材定義データ
- 3) オプションデータ

この内、1)と2)の場合には、画面14に示す12タイプの断面について寸法値を入力して断面性能を計算させ、元の画面に戻ってその値をセットさせるために使用します。

最後に入力した値は、次回入力時の初期値のために保存されます。

画面14：断面形状入力画面

画面15：断面形状入力画面（タイプ3、4：H形鋼）

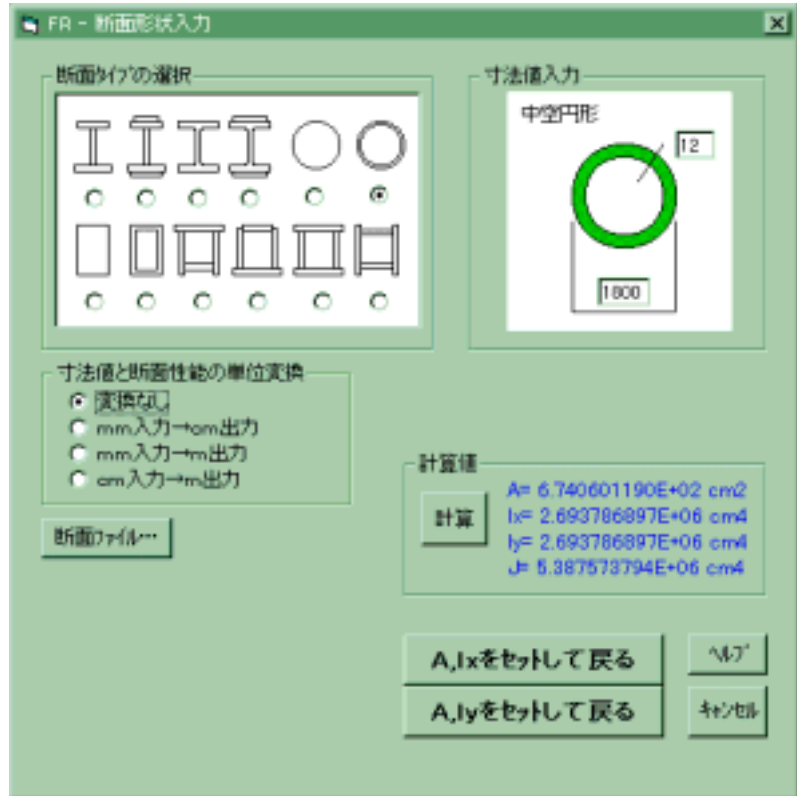
H形鋼はプログラムとは別個に用意されたH形鋼ファイルを読み込んで一覧表示しますので、所定のサイズをクリックして選択して下さい。

H形鋼ファイルはFRのシステムと同一フォルダーにセットアップされ、名前はHshape.tblです。当システムで利用するのはH, B, t1, t2, A, Ix, Iyの値です。

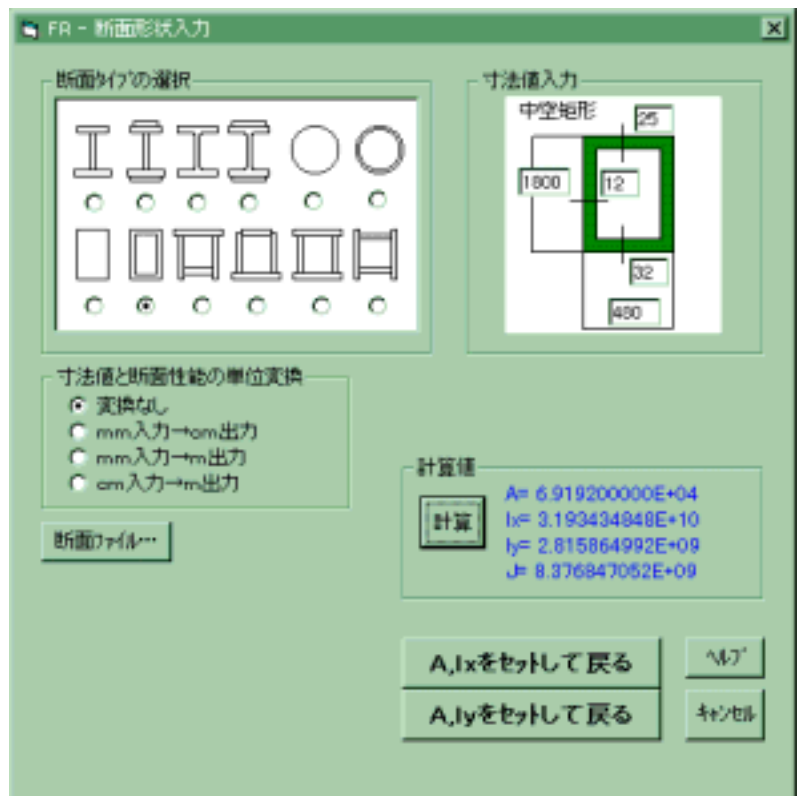
H形鋼は寸法表示がmmなのでタイプ4（カバープレート付きH形鋼）のカバープレートのサイズも必ずmmで入力して下さい。

H	B	t1	t2	A	Ix	Iy
100	100	6	8	21.59	378	134
125	60	6	8	16.69	409	291
125	125	6.5	9	30.00	839	293
150	75	5	7	17.85	668	495
148	100	6	9	26.35	1000	150
150	150	7	10	39.65	1620	563
175	90	5	8	22.90	1210	975

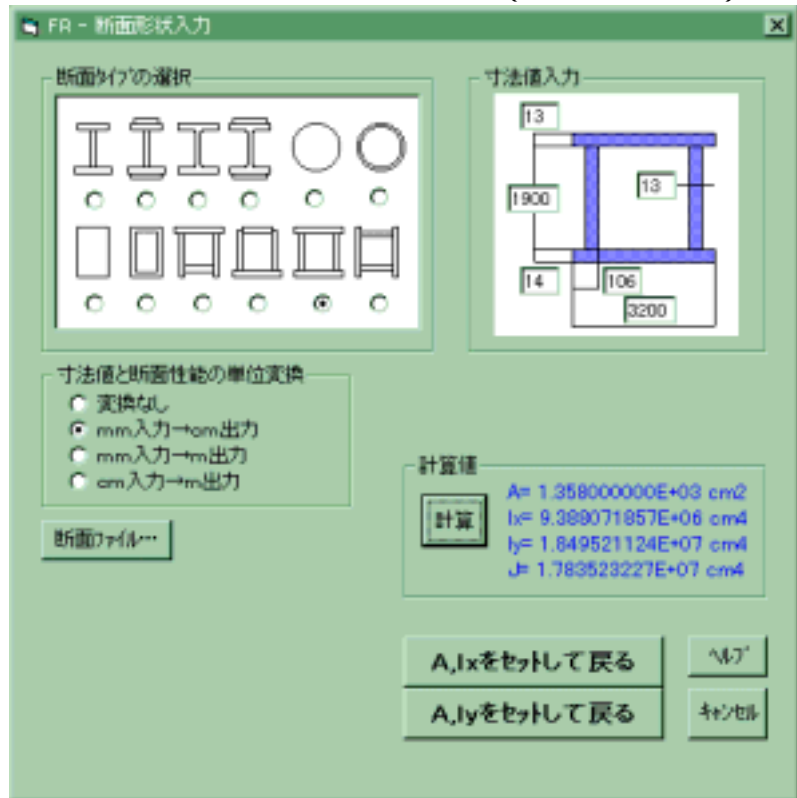
画面 16 : 断面形状入力画面 (中空円: パイプ等)



画面 17 : 断面形状入力画面 (ボックス)



画面 18 : 断面形状入力画面 (トラス用箱断面)



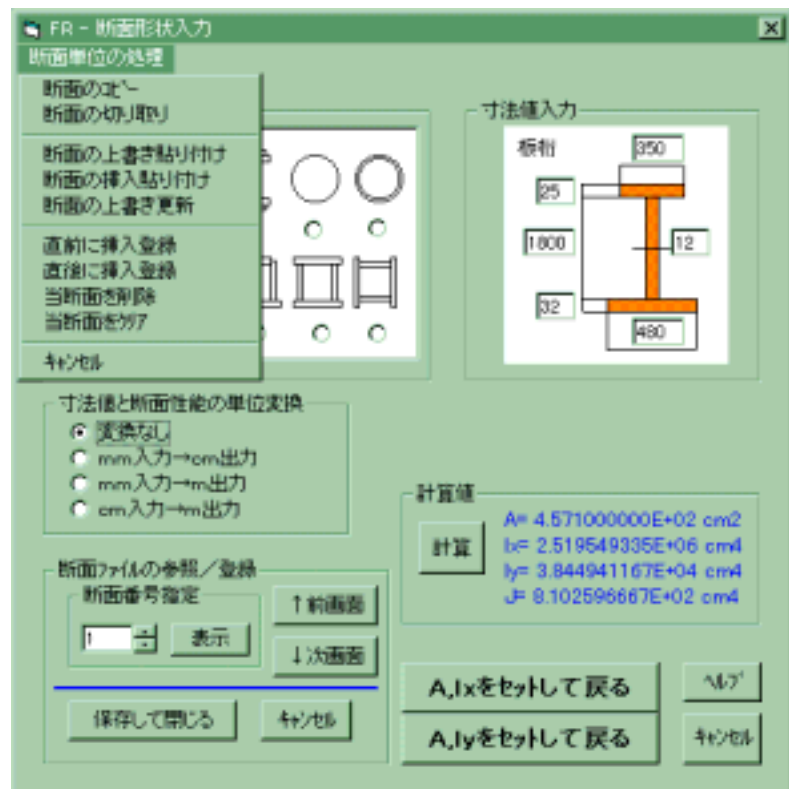
断面ファイル... ボタンについて

画面 19 : [断面ファイル] 画面

[断面形状入力] 画面で [断面ファイル] ボタンをクリックしますと画面 19 が表示されます。

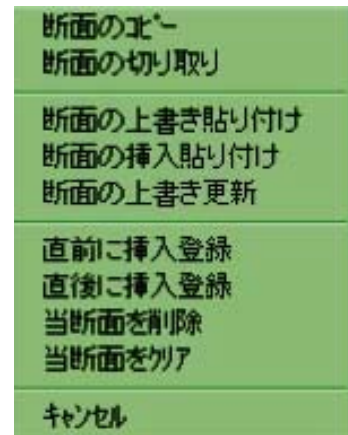
すでに断面ファイルが作成されていればそれを自動的に読み込み、作成されていない場合は新規作成モードになります。

「断面ファイルの参照 / 登録」の「参照」の意味は、断面ファイルに入っている断面を参照表示すると言う意味で、入力画面へ参照して戻ると言う意味ではありません。その場合には、右図の確認図で寸法を確認し **計算** ボタンで断面性能を計算させて **A, Ix をセットして戻る** か **A, Iy をセットして戻る** ボタンをクリックします。



断面単位の処理メニューについて

- <断面の北へ>表示されている断面を保存したままカットバッファに退避
- <断面の切り取り>表示されている断面を削除しカットバッファに退避
- <断面の上書き貼り付け>カットバッファに退避した断面を表示されている断面に上書き貼り付け
- <断面の挿入貼り付け>カットバッファに退避した断面を表示されている断面の手前に挿入貼り付け
- <断面の上書き更新>表示されている断面を上書き更新
- <直前に挿入登録>表示されている断面の手前に新しい断面を挿入
- <直後に挿入登録>表示されている断面の後に新しい断面を挿入
- <当断面を削除>表示されている断面を削除
- <当断面をクリア>表示されている断面をクリア
- <キャンセル>断面処理を中止



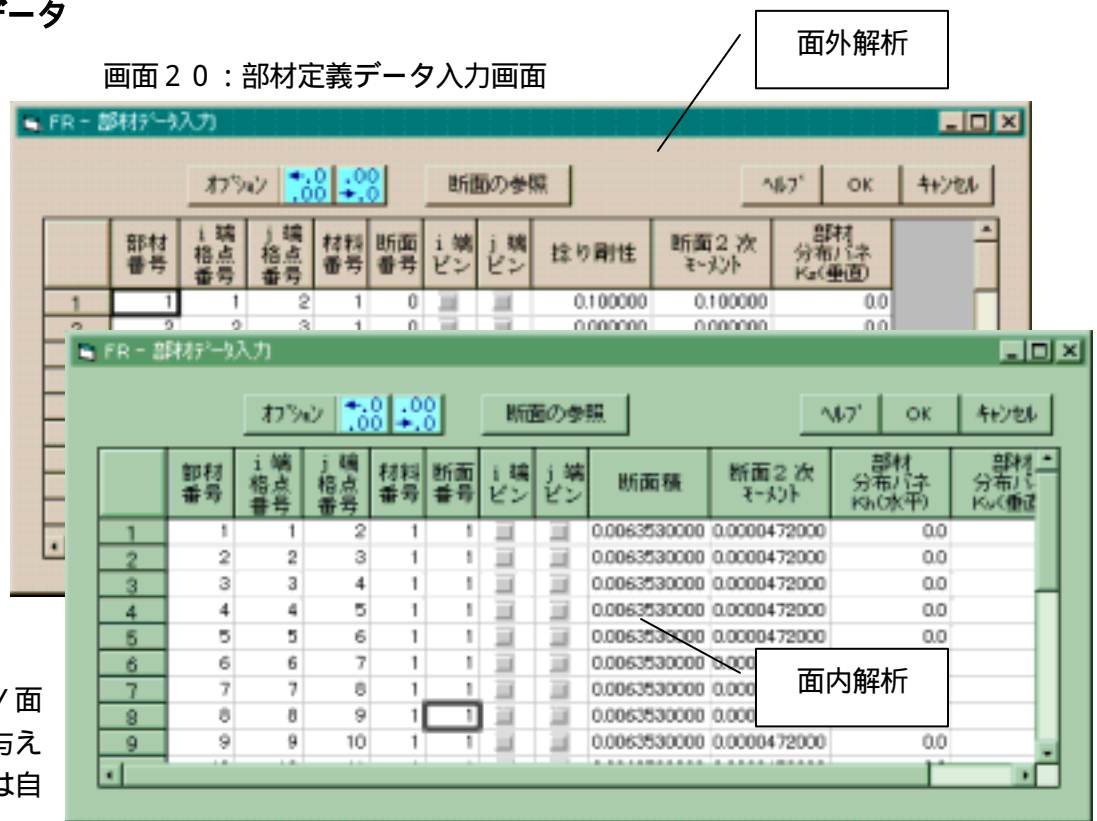
(6) 部材定義データ

画面 20 : 部材定義データ入力画面

部材定義データでは、部材両端の格点番号と材料や断面性能等の部材属性を与えます。

断面性能は断面性能データで予約した番号を与えてもいいし、直接与えても構いませんが、両方与えようとエラーになります。

断面性能は面内 / 面外で下表の剛性を与えます。表の見出しは自動的に変わります。



面内	断面積	断面 2 次モーメント
面外	ねじり剛性	断面 2 次モーメント

i, j 端のピン解放条件とは下図に示すように「部材端の格点から回転変位を伝達されない結合条件」という意味で、ピン開放された部材端では曲げモーメントが発生しません。ピン開放された部材端結合条件を「ピン結合」と呼ぶこともあります。ピン結合に対して一般的な結合条件を「剛結合」と呼びます。



部材端のピン解放

ピン開放条件はチェックボックスで指定します。これをオンにするとピン開放の意味ですが、その指定は次の2つの方法で行います。いずれの方法も同じ動作でオン/オフを繰り返します。

チェックボックスをマウスでクリックする。

チェックボックスのセルでスペースキーを押す。

部材分布パネルは部材垂直方向と部材水平方向と2方向に与えることができます。

断面の参照 ボタン.....当項の「(5) 断面形状データ」が表示されます。

(7) 部材中間点データ

画面 2 1 : 部材中間点データ入力画面

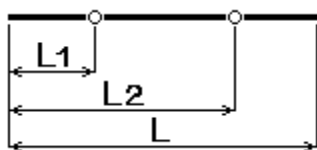
部材中間点は、格点以外で断面力を算出する部材上の点のことです。格点を設ける方法との差は次の通りです。

格点を設けないので、剛性マトリクスのサイズが大きくなり、格点変位の解析時間が少ない。

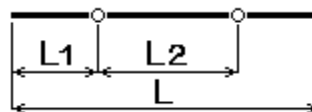
格点を設けないので、部材材の結合状態によってはバンド幅を小さくし、バンド幅制限値ギリギリのモデルの場合には効果的である。

格点位置の断面力(部材端力)計算後、部材荷重を調べて中間点位置の断面力計算を行う。

部材中間点の入力方法には部材左端からの絶対距離を与える方法と、左側手前の中間点からの相対距離を与える方法との2つの方法があります。



絶対距離を与える方法



手前の中間点からの相対距離を与える方法

FR - 部材中間点データ入力							
オフ		0.00	0.00				
		0.00	0.00				
部材番号	距離指定方法	中間点1	中間点2	中間点3	中間点4	中間点5	
2	絶対距離	0.1000	0.2000	0.5000	0.6000	0.9000	
3	絶対距離	0.1000	0.2000	0.5000	0.6000	0.9000	
4	絶対距離	0.1000	0.2000	0.5000	0.6000	0.9000	
5	絶対距離	0.1000	0.2000	0.5000	0.6000	0.9000	
6	絶対距離	0.1000	0.2000	0.5000	0.6000	0.9000	
7	絶対距離	0.1000	0.2000	0.5000	0.6000	0.9000	
8	絶対距離	0.1000	0.2000	0.5000	0.6000	0.9000	
9	絶対距離	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	

(8) 荷重ケース情報データ

荷重ケース情報データでは基本荷重ケースの名前を入力します。

画面 2 2 : 荷重ケースの情報画面

荷重ケース名は画面 2 2 の下の表へ直接入力するか、上の表（荷重ケース名リスト）から選択して「参照設定」ボタンで確定するか、どちらかの方法で与えます。

荷重ケース名リストはよく使用する名前を編集しておくこともできます。その場合には「文字列リスト編集」ボタンをクリックします。

荷重ケース名	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	

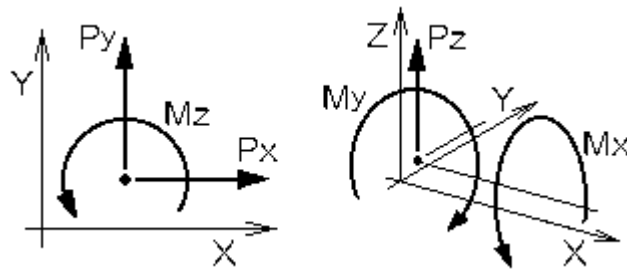
画面 2 3 : 荷重ケース名を「荷重ケース名リスト」から「参照設定」ボタンでセット

荷重ケース名	
1	死荷重
2	活荷重
3	風荷重
4	
5	
6	
7	
8	

(9) 格点荷重データ

格点荷重は格点に載荷する荷重で、集中荷重とモーメント荷重があります。作用方向は構造座標系のみです。荷重の符号は、集中荷重は構造座標系方向が+、モーメント荷重は座標軸右回り方向が+です。

画面 2 4 : 格点荷重データの入力画面



面内 面外
集中荷重の符号(正方向)

作用方向をある範囲に対して一度に設定する方法

画面 2 5 : 作用方向をある範囲に対して一度に設定する方法

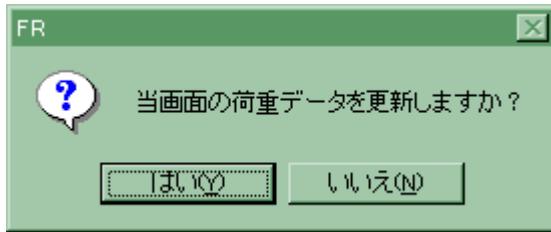
手順1 : 同一方向を一度に設定したい範囲をドラッシングし、マウスの右ボタンをクリック。

手順2 : 作用方向を選択しクリック。



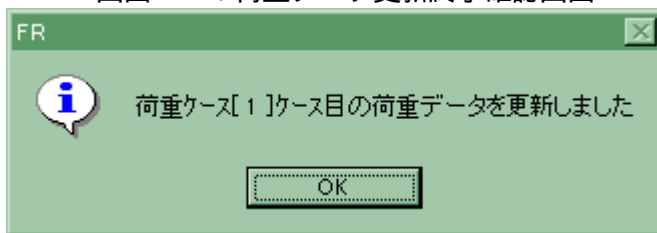
OK ボタンをクリックしますと画面 2 6 の更新確認画面が表示されます。

画面 2 6 : 荷重データ更新確認画面



はい をクリックしますとさらに画面 2 7 が表示されます。

画面 2 7 : 荷重データ更新終了確認画面



格点荷重データ入力画面と部材荷重データ入力画面は同時には開けません。

(1 0) 部材荷重データ

画面 2 8 : 部材荷重データの入力画面



コメント: 任意コメント

部材番号: この行の荷重を載荷する部材の番号

G/L/T/P: 荷重の作用方向の座標系または温度荷重の区別

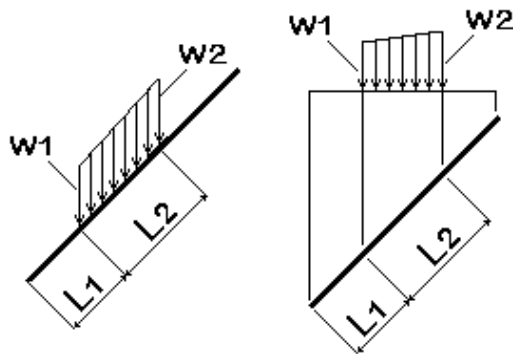
G: 荷重をグローバル(全体)座標系方向に載荷

L: 荷重をローカル(部材)座標系方向に載荷

T: 温度荷重

P: グローバル方向への投影長への載荷 (下図参照)

	G	L	T	P
面内				
面外			-	-



通常のY方向載荷 Y投影への載荷

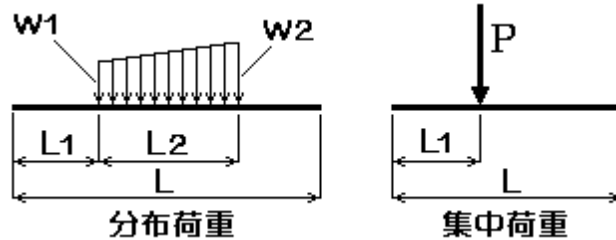
作用方向: 荷重の作用方向

	x方向	y方向	z方向	x(回転)	y(回転)	z(回転)
面内			-	-	-	
面外	-	-				-

分布/集中：分布荷重または集中荷重の指定

(注) 温度荷重の場合は作用方向は無視します。

$L1$ 、 $L2$ 、 $W1$ 、 $W2$ ：荷重までの距離と荷重値



分布荷重の場合で $L2 = 0$ or $L2 >$ 部材長の場合、 $L2$ は部材右端までになります。

集中荷重の場合で $L1 >$ 部材長の場合、 $L1$ は部材長になります。

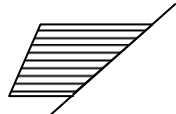
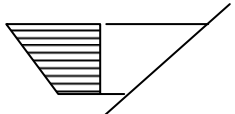
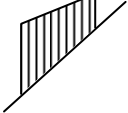
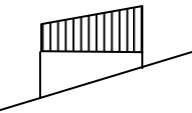

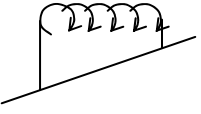
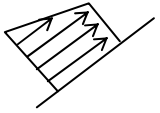
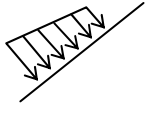

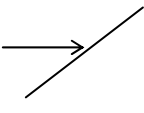
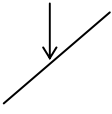
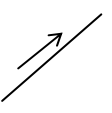
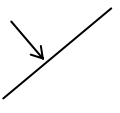
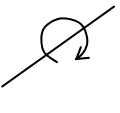

$L1$ 、 $L2$ は荷重の方向がG(グローバル)の場合も常に部材軸方向の長さを与えます。

荷重の符号

面内：荷重方向がG(グローバル)の場合は構造座標系に従い、L(ローカル)の場合は下向きが正。モーメント荷重は左回りが正。

面外：軸方向荷重は下向きが正。モーメント荷重は軸を右に回す方向が正。

部材荷重の機能一覧 (面内)

分布 / 集中	座標系	作用方向	G	P
分布 / 集中 分布 (D)	構造座標 (G / P)	X方向		
		Y方向		
		回転方向		
	部材座標 (L)	X方向		-
		Y方向		-
		回転方向		-
集中 (C)	構造座標 (G / P)	X方向		-
		Y方向		-
	部材座標 (L)	X方向		-
		Y方向		-
	回転方向			-
	温度荷重 (T)			

ある範囲に一度に同一条件を設定する場合

手順1：同一データを一度に設定したい範囲をドラッグし、マウスの右ボタンをクリック。

手順2：ポップアップメニューが表示されますので、該当データを選択しクリック。手順1で選択した範囲にそのデータが設定されます。

以下に面外解析時の個々のデータのポップアップメニューを示します。面内解析時も同様です。

画面29：G/L/T/Pの範囲指定



画面 3 0 : 作用方向の範囲指定



画面 3 1 : 分布 / 集中の範囲指定



(1 1) 強制変位データ

画面 3 2 : 強制変位データの入力画面

強制変位データはある支点を強制的に変位させた場合の断面力を求める場合などに使用します。

多径間連続橋梁の基礎の一部が沈下した場合の影響を検討する時などに使用します。

強制変位を与える点はすべて固定支点で定義していなければなりません。

	コメント	格点番号	作用方向	変位量
1		0	X方向	0.00000
2		0	X方向	0.00000
3		0	X方向	0.00000
4		0	X方向	0.00000
5		0	X方向	0.00000
6		0	X方向	0.00000
7		0	X方向	0.00000
8		0	X方向	0.00000
9		0	X方向	0.00000
10		0	X方向	0.00000

格点番号：強制変位を与える支点の格点番号。

作用方向：強制変位を与える方向

面内の時 X 方向、Y 方向、 (回転)

面外の時 Z 方向、 x(回転)、 y(回転)

強制変位は構造座標系方向の変位、あるいは回転を与えます。ローカル方向の変位は与えられませんので、その場合は、構造座標系方向の成分に分解して与えて下さい。

変位量：座標の単位系と合わせた変位量

(1 2) 荷重の組み合わせデータ

画面 3 3 : 荷重の組み合わせデータの入力

「荷重の組合せ」とは別個の荷重ケースで計算した断面力等の計算結果を、後処理として任意に組み合わせることを意味します。

組み合わせられる機能は

基本荷重ケースの結果を任意に組合せます。

組合せた結果をさらに組合せることもできます。

通常の利用方法として

は、基本的な荷重（死荷重とか風荷重、地震荷重等）を荷重ケースとして別個のケースで与えて計算させて、この組み合わせ機能で「死荷重 + 風荷重」あるいは「死荷重 + 地震荷重」などの断面力を求めます。風荷重時や地震時は通常許容応力度を割り増しすることができるので、前もってその値で除して常時の値と比較しやすいように換算（常時換算）することもできます。個々のケースを足し込むときにある乗数を掛けて足し込むこともできます。

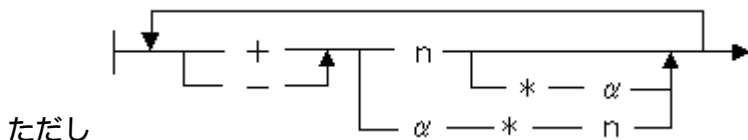
全体除数.....荷重を組み合わせた結果をこの値で除します（上記の説明参照）。

組み合わせケース名.....そのケースの名前（任意文字列）



このボタンは「組み合わせケース名」が「組み合わせ指示式」と同じでよい場合に使用します。該当行の「組み合わせケース名」のセルをクリックしておき、このボタンをクリックしますと、自動的に「組み合わせ指示式」と同じ文字列がセットされます。

組み合わせ指示式.....指示式の規則は次の通りです。



n : 荷重ケース番号（整数）。

組み合わせ結果を更に組み合わせるときは、基本荷重ケース番号を組み合わせケース番号に加算して下さい。

[例] : 基本荷重ケースが5 のとき、組み合わせケース1 番目は($5 + 1 = 6$) 番目になります。

: n ケースに乘じる係数（実数。必ず小数点が必要）。乗数 が省略された場合は 1.0 と見なされます。

数値の間にブランクがあっても構いません。

乗数 と荷重ケース番号 n の区別は小数点があるかどうかで自動的に判断されます。}

[例] : 1 . 2 5 * 1 - 2 + 3 * 1 . 7 - 4 * 1 . 2 5

[説明] 荷重ケース 1 に 1 . 2 5 を乗じて荷重ケース 2 をそのまま引き、荷重ケース 3 を 1 . 7 倍して加算し、荷重ケース 4 を 1 . 2 5 倍して引く。

荷重の組合せ・抽出データは他のデータとは別個に保存されます。その名前は入力データファイル名の拡張子をPSTに変更した名前となります。

[例] 入力データファイル名 = FRAME . INP

組合せ・抽出データファイル名 = FRAME . PST

(1 3) 断面力の抽出データ

画面 3 4 : 断面力の抽出データの入力画面

抽出計算は、基本ケースあるいは組合せケースの中から最大値・最小値を抽出します。

解析結果は、帳票イメージのテキスト型ファイルでディスクファイルに出力されると同時に、答えのみのテキスト型ファイルも出力されますので、既存の表計算ソフト(ExcelやLotusなど)で自由に組み合わせ計算や抽出

等が行えます。テキスト型出力ファイルの仕様は「補足C」をご参照下さい。

範囲 : 抽出範囲を指定します

MAX 最大値のみを抽出

MIN 最小値のみを抽出

MAXMIN..... 最大値と最小値を抽出

MAX-**..... 最大値から -**%の範囲の値を抽出。(例) MAX-10 MAX-40

MIN+**..... 最小値から +**%の範囲の値を抽出。(例) MIN+10 MIN+35

抽出指示式 : 抽出したい荷重ケースの番号をブランクを区切り記号として指示します。抽出範囲が下記範囲の場合はそれぞれのキーワードを与えるだけで済みます。

ALLA..... 全ての荷重ケース(基本ケースと組み合わせケース)の中から抽出します。

ALLB..... 全ての基本ケースの中から抽出します。

ALLC..... 全ての組み合わせケースの中から抽出します。

(例) MAXMIN 1 3 4 8..... 荷重ケース 1 , 3 , 4 , 8 の中から最大・最小値を抽出

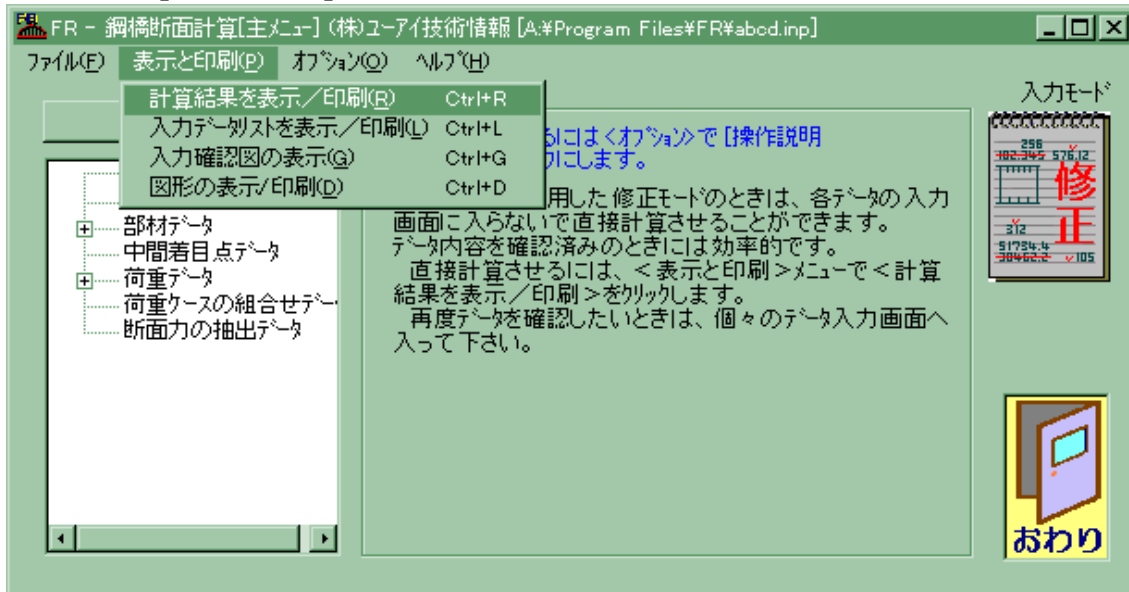
抽出ケース	範囲	抽出指示式	備考
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

(注)抽出できる荷重ケース番号=1~0(基本ケース), 1~0(組合せケース)

3.6 表示と印刷

ツリー構造の個々のデータ入力を終了しましたら、主メニューの<表示と印刷>メニューで計算結果や入力データリスト、または入力図や荷重図を描画します。

画面35：[主メニュー]の<表示と印刷>メニュー

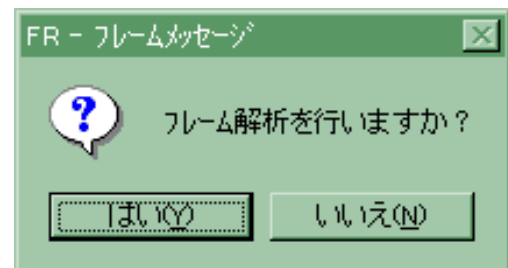


(1) 計算結果を表示/印刷

[計算結果を表示/印刷]メニューをクリックしますと、画面36が表示され、フレーム解析を行うかどうかを確認してきます。これは、毎回フレームの解析本体を実行する無駄を省くための対応で直前に行った解析結果がまだ有効なとき、例えば、出力オプションを変更して再表示するだけの時などには効果的です。直前の計算以降、入力データ（例えば座標値や荷重値）を変更したときは必ずフレーム解析を行って下さい。

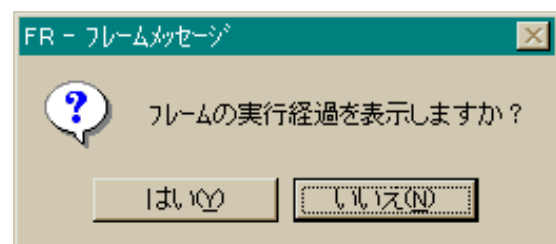
フレーム解析の指示を受けると、プログラムは解析を行う前に入力データのエラーチェックを行います。このとき、1つでもエラーが発見されると解析は行いません。

画面36：フレーム解析実行確認

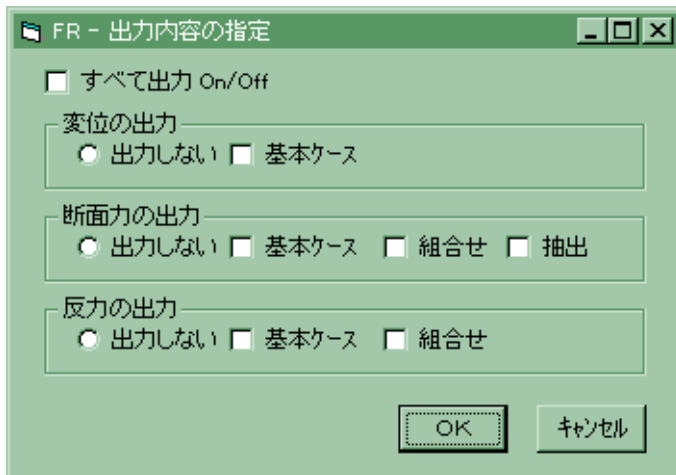


画面37：フレーム実行経過表示確認

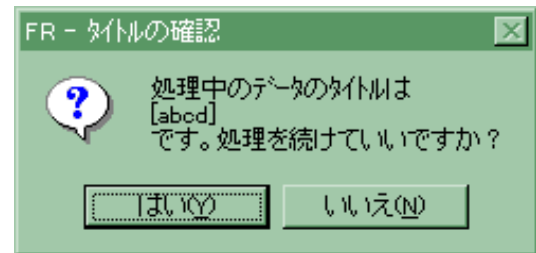
画面36ではいをクリックしますと、画面37が表示されます。はいをクリックしますとフレーム解析の実行状態が画面に表示されます。



画面 38 : 出力内容の指定



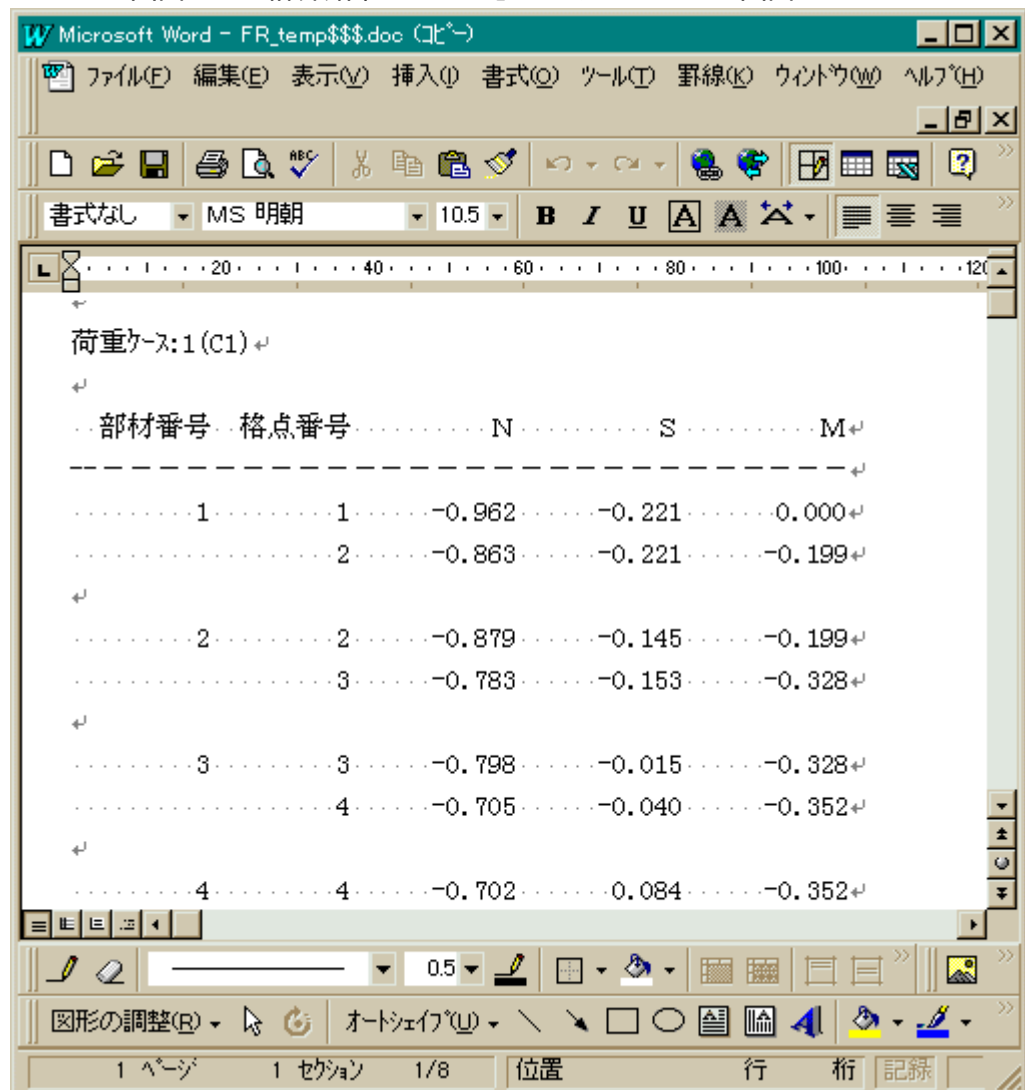
画面 39 : タイトルの確認



フレーム解析を正常終了しますと画面 38 の「出力内容の指定」画面が表示されますので、出力したい項目を選択して **OK** ボタンをクリックして下さい。

画面 38 で **OK** ボタンがクリックされると、画面 39 の「タイトルの確認」画面が表示されます。**OK** ボタンをクリックしますと 計算結果が MS-Word に貼り付けられて表示されます。

画面 40 : 計算結果を「Word」でプレビューした画面





(2) 入力データリストを表示 / 印刷

画面 4 1 : 入力データリストを「Word」でプレビューした画面

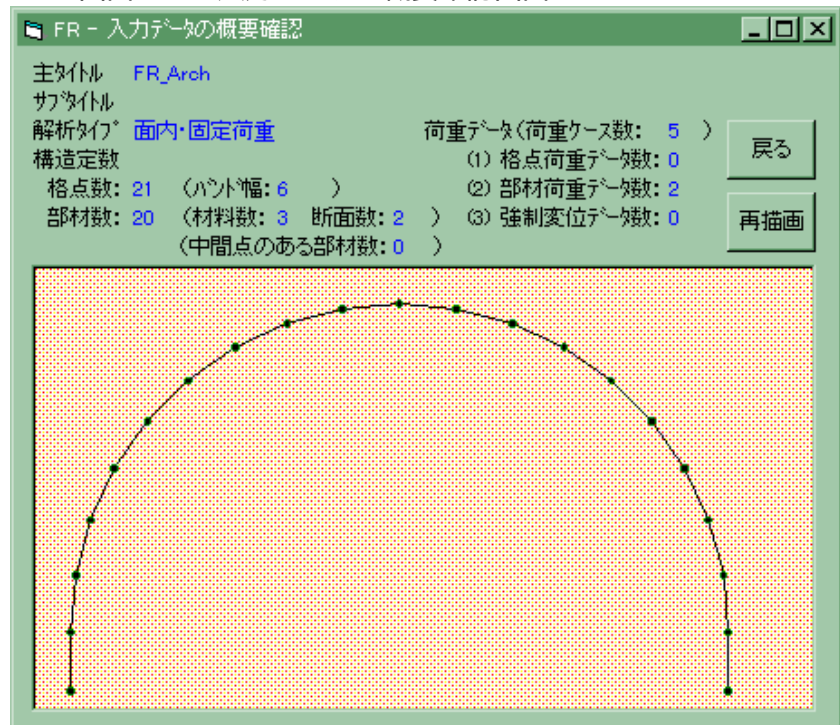
部材番号	i 端格点	j 端格点	材料番号	断面番号	断面積	断面 2 次 モーメント	部材端条件	部材長
1	1	2	1	0	0.00635	0.00005	●-●	0.9000
2	2	3	1	0	0.00635	0.00005	●-●	0.8716
3	3	4	1	0	0.00635	0.00005	●-●	0.8716
4	4	5	1	0	0.00635	0.00005	●-●	0.8716

Word が表示された時点で Word はフレームとは別の独立したタスクとして実行されています。このときの文書ファイル名は FR_temp\$\$\$.doc です。「別名で保存」したり内容を自由に編集することができます。

 通常は、この時に Word を編集したり、印刷したりして終了し、フレームに戻ることをお進めしますが、とりあえず Word を退避しておきたいときは Word の右上の最小化ボタンを利用して下さい。画面右下を  キーでつまんでドラッキングして小さくする場合には、テキストの表示領域を完全に消すことのないように小さくして下さい。

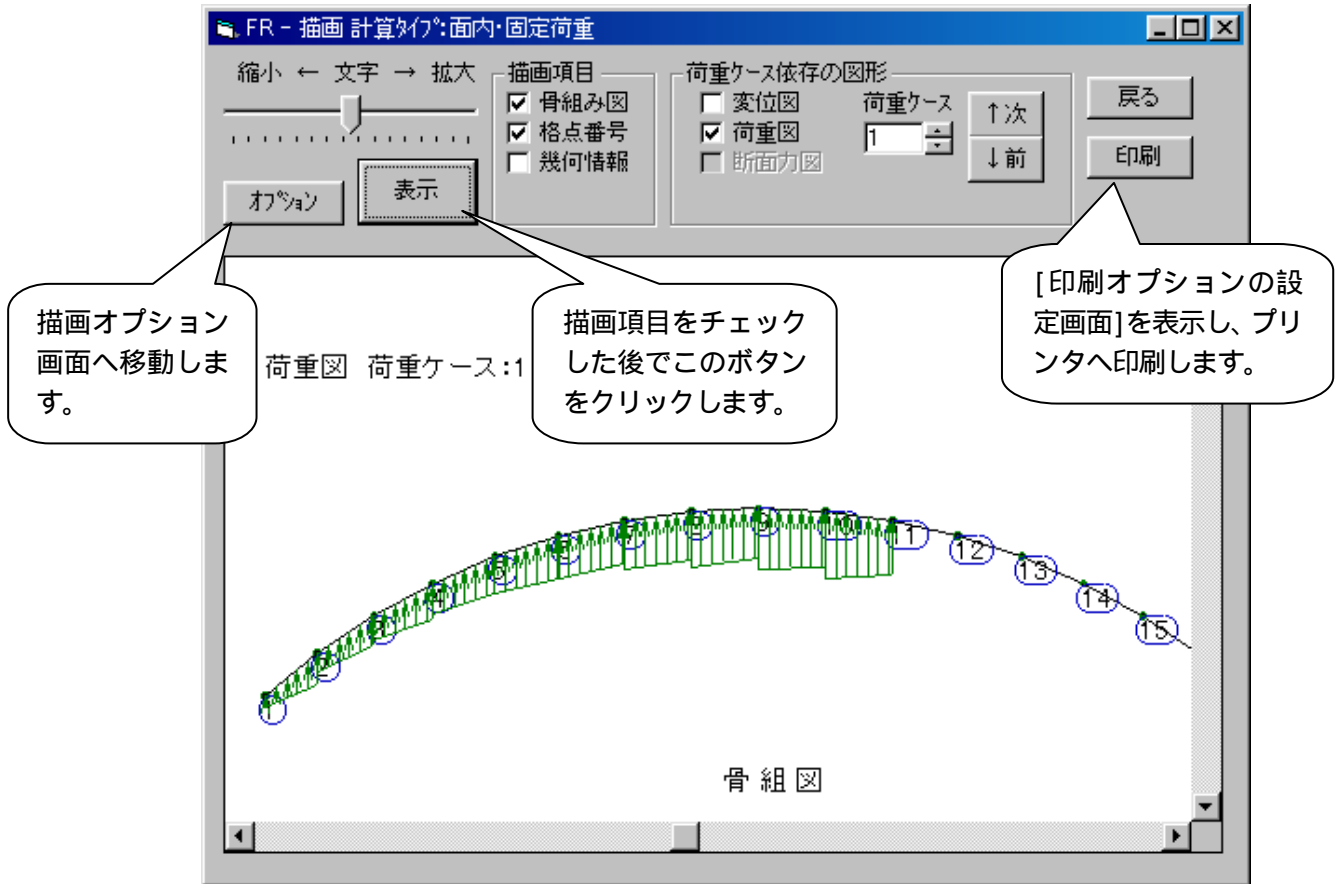
(3) 入力確認図の表示

画面 3 6 : 入力データの概要確認画面



(4) 図形の表示 / 印刷

画面 37 : 描画面面



拡大 / 縮小の方法

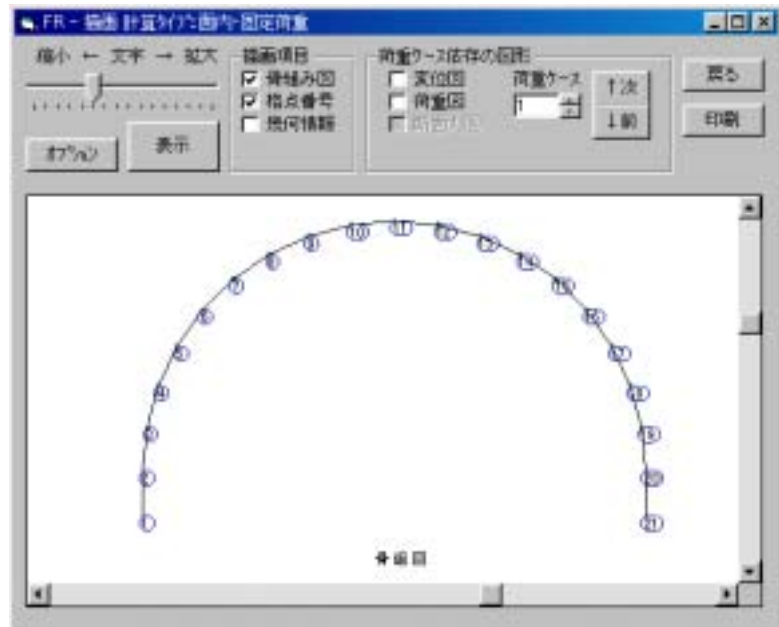
左上のスライダーの矢印をつまんで左右に移動する。

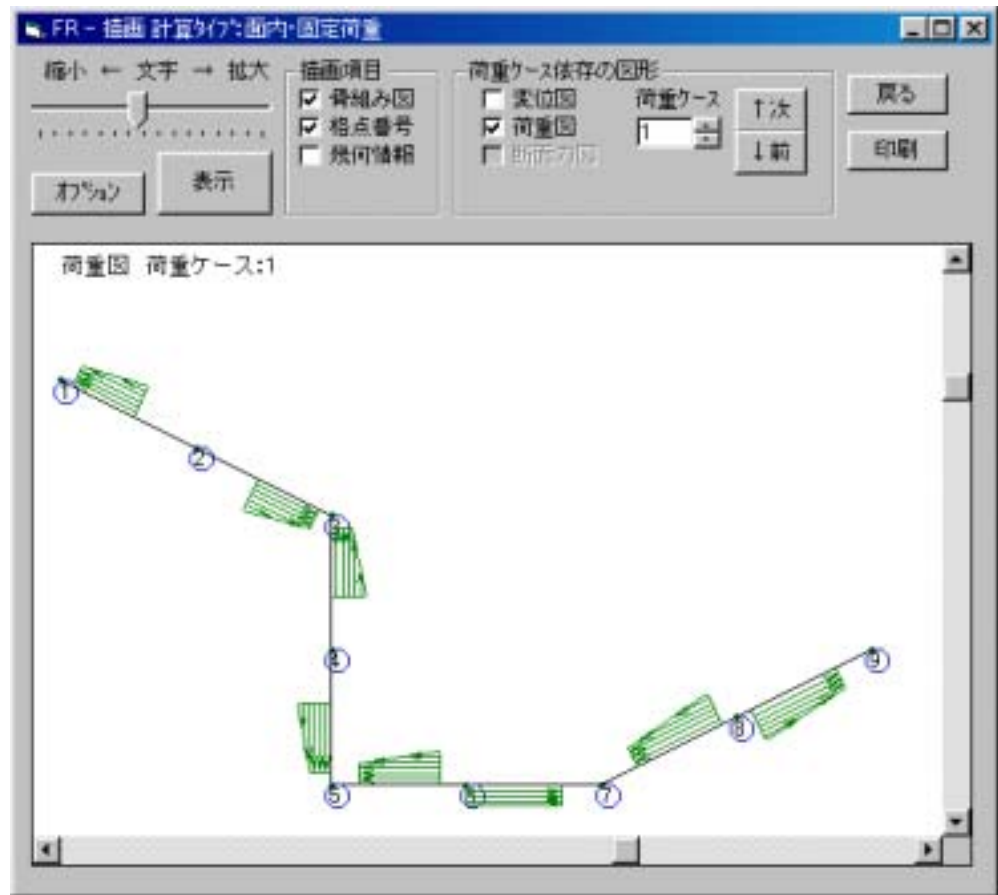
図形表示画面でマウスの左ボタンをダブルクリック (拡大)、右ボタンをダブルクリック (縮小)。

図形のスクロール方法

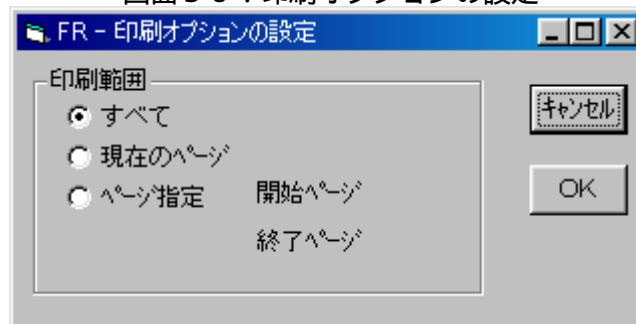
右側と下側のスクロールバーを利用

図形表示画面をマウスの左ボタンでドラッキングし移動



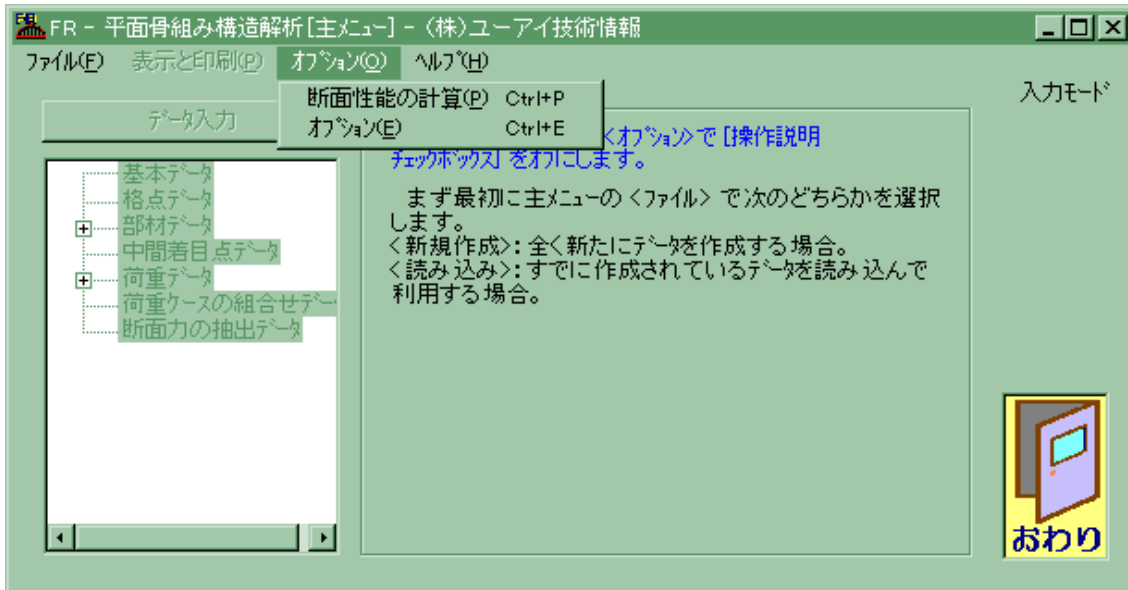


画面 3 8 : 印刷オプションの設定

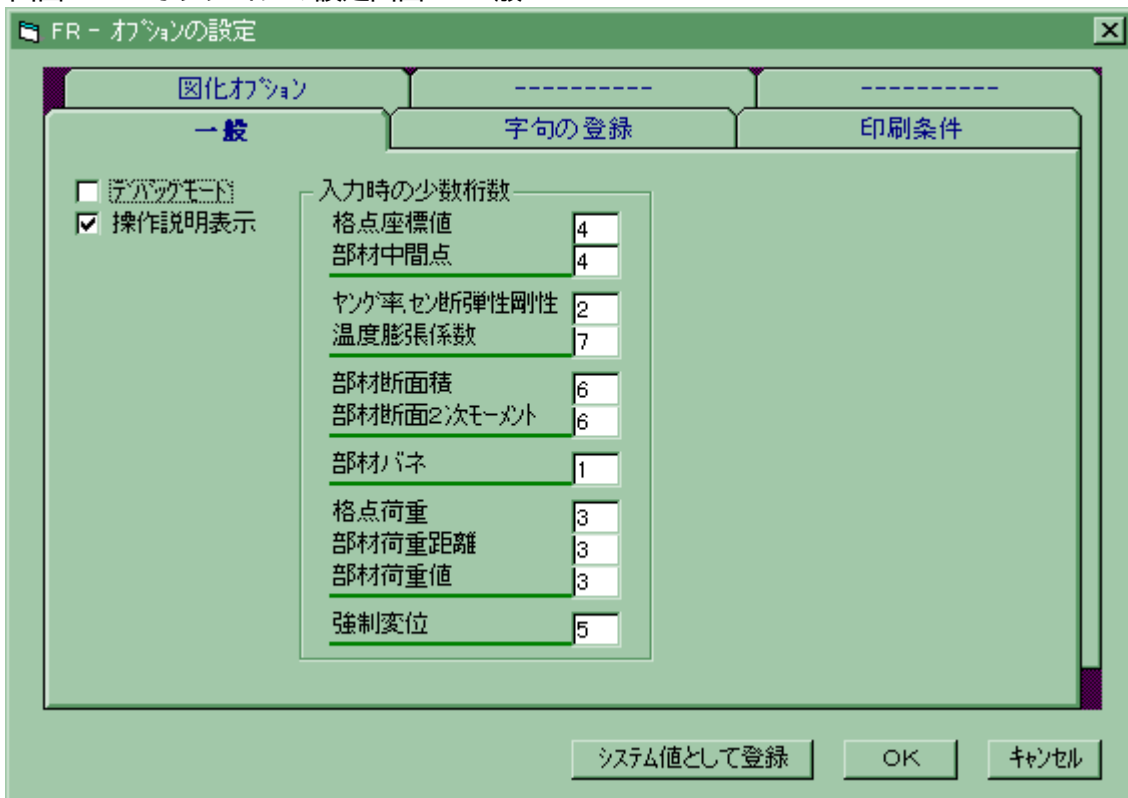


3.7 オプションデータ

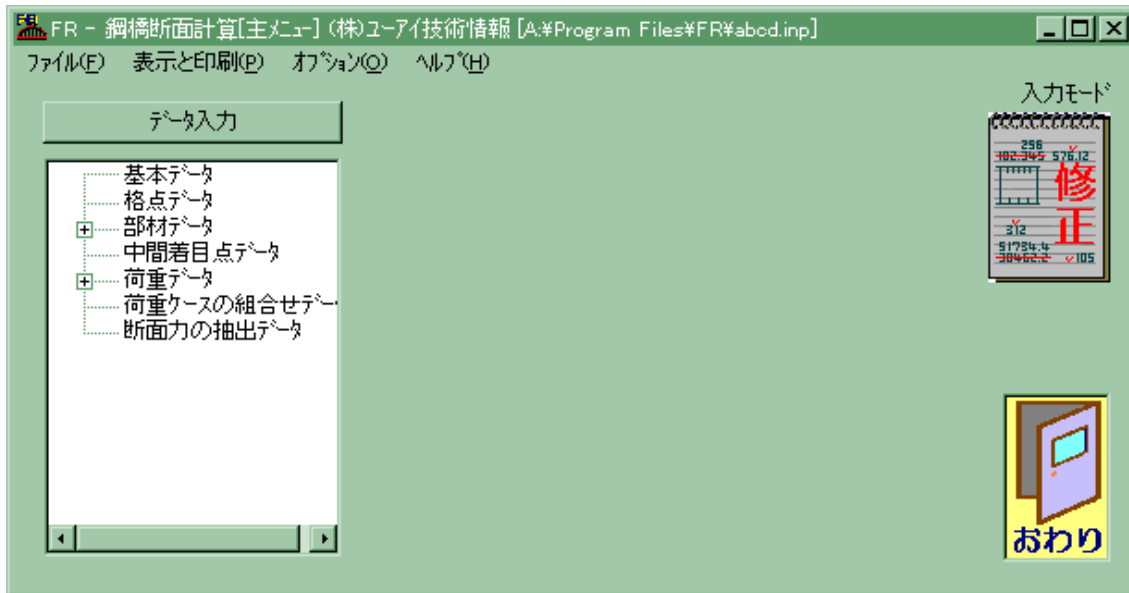
画面 39 : 主メニューのオプションメニュー画面



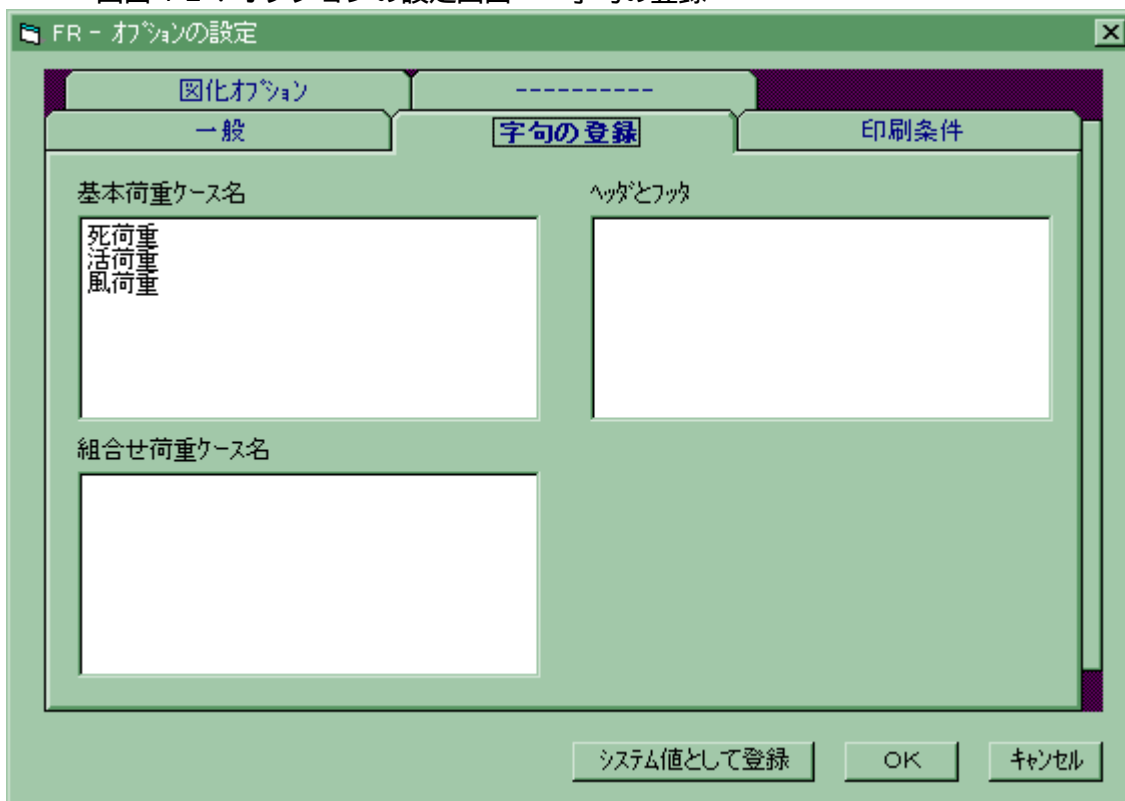
画面 40 : オプションの設定画面 一般



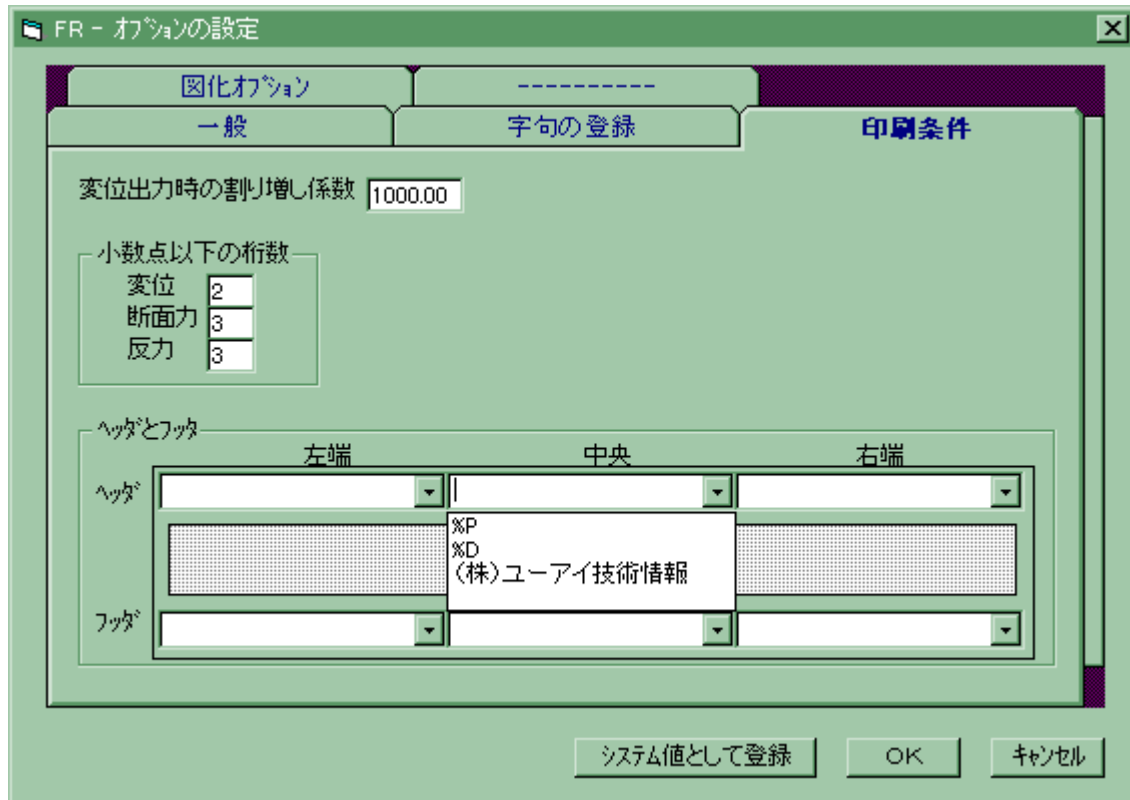
画面 4 1 : 主メニューの オプション - オプションの設定 - 一般 で 操作説明表示のチェックボックスをオフにしますと、下図のように主メニュー画面から説明文が消えます。



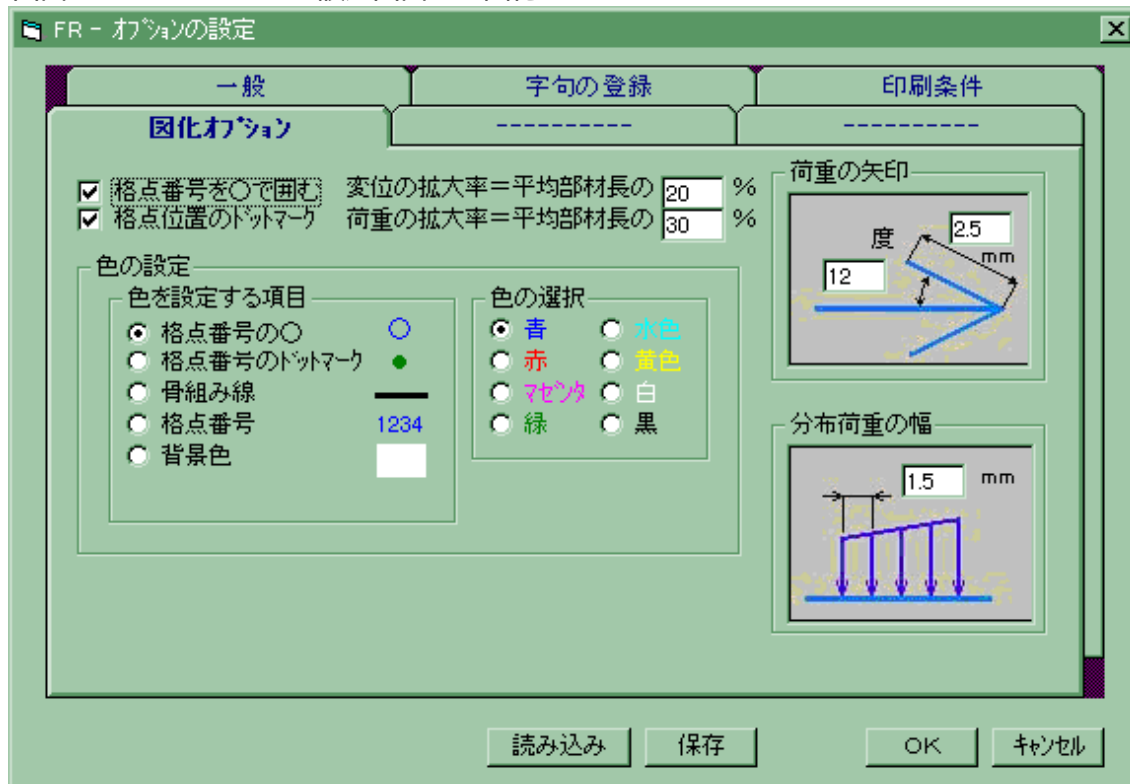
画面 4 2 : オプションの設定画面 字句の登録



画面 4 3 : オプションの設定画面 印刷条件

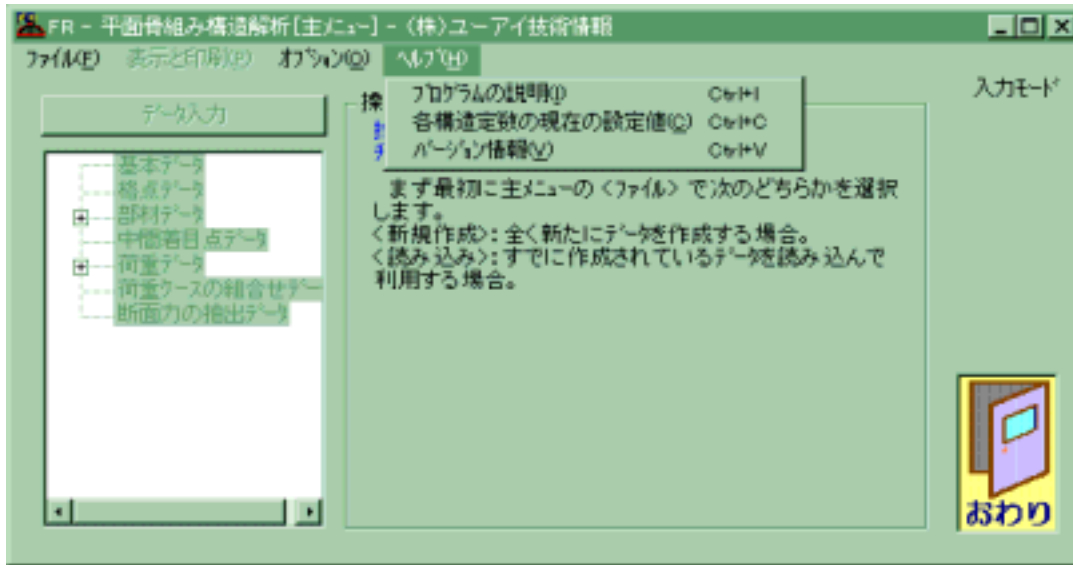


画面 4 4 : オプションの設定画面 図化オプション

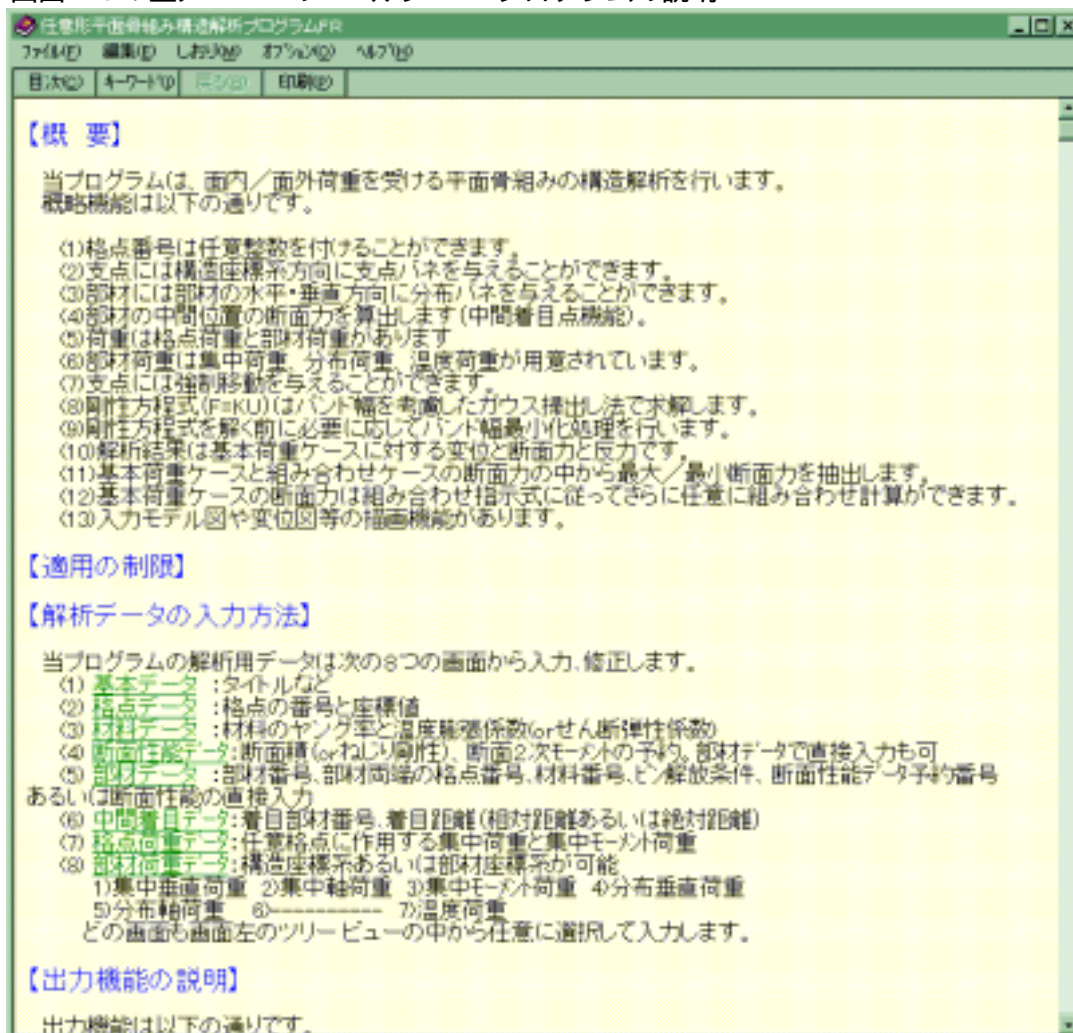


3.8 ヘルプ

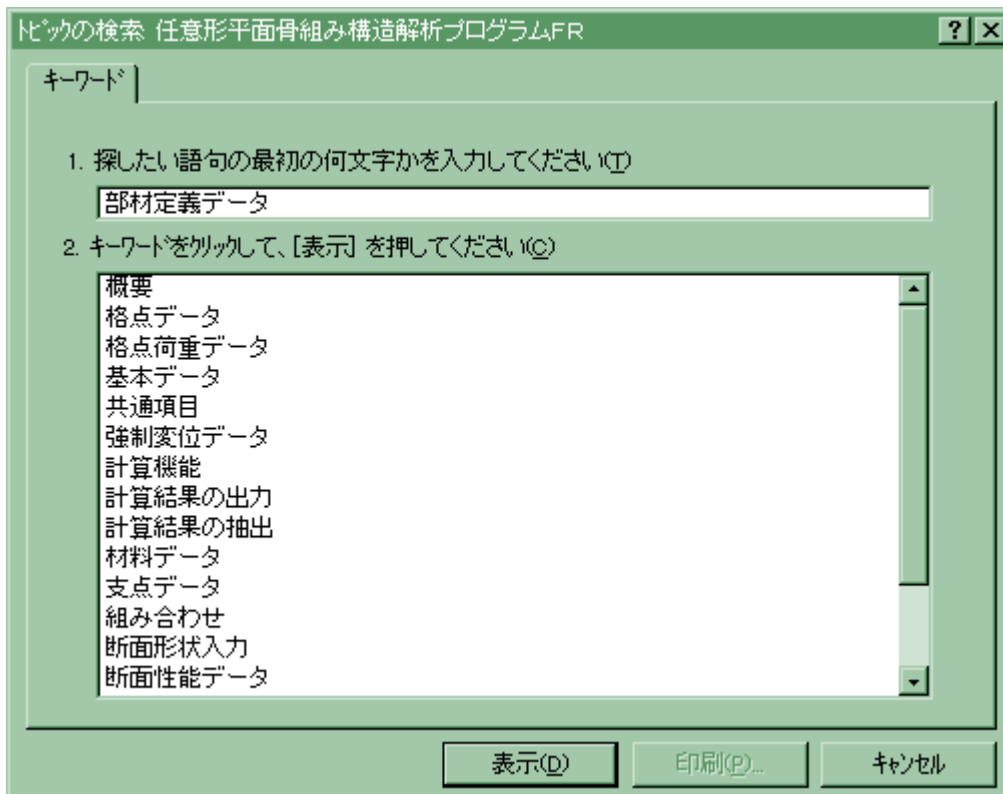
画面45：主メニューのヘルプメニュー画面



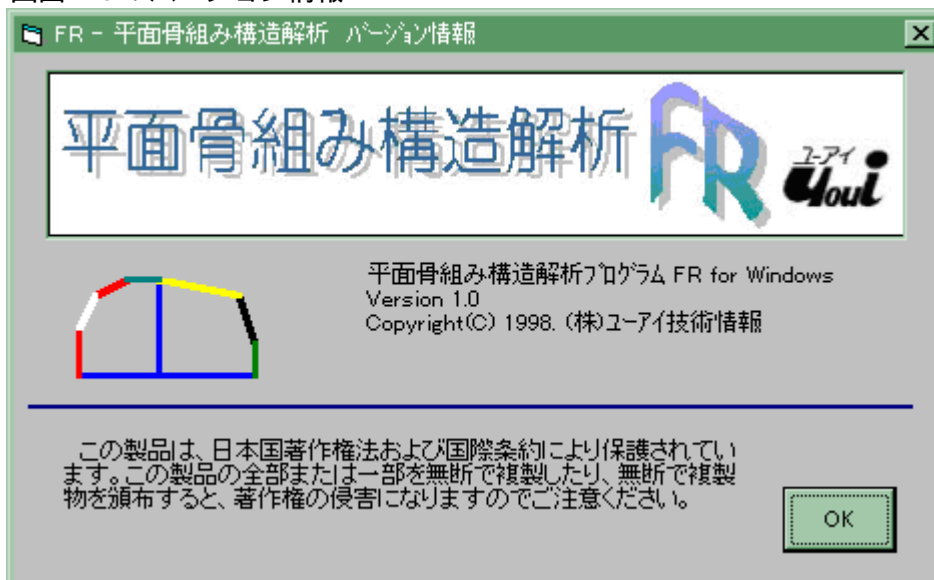
画面46：主メニューの ヘルプ - プログラムの説明



画面 4 7 : プログラムの説明 画面で [キーワード] をクリック



画面 4 8 : バージョン情報



§ . 4 計算結果の説明

4.1 格点変位(Nodal Displacement(or Deflection))

フレーム解析を行うときは必ず入力データの単位系は統一して与えますので、変位を解析結果のまま出力するとその値が微小なため、その値をある一定の値(*1)を乗じて出力します。

格点変位は構造座標系方向の変位を出力します。格点の回転変位も格点変位として出力されます。変位の符号は次の通りです。

- ・変位は、構造座標系の方向と同じ方向を正符号とする。
- ・回転は、構造座標軸の正方向に対し、右回りの方向を正符号とする。

(*1) 当プログラムではデフォルト値 = 1000倍。これは寸法をmで与えたときに、変位がmmあるいはmm・radで表示されることとなります。この倍率はオプションデータで変更できます。

出力される変位成分を下表に示します。

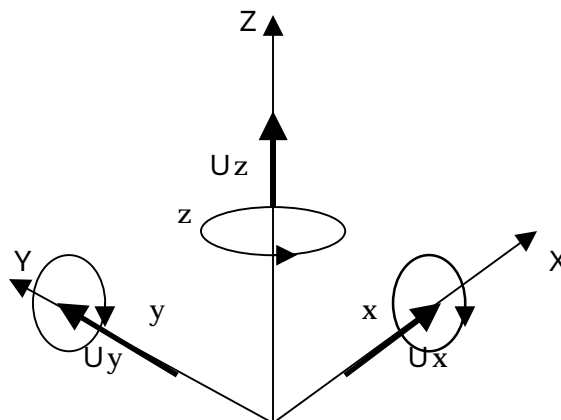
	Ux	Uy	Uz	x	y	z
面内						
面外						

ここに

Ux, Uy, Uz : それぞれ構造座標系 X Y Z 方向の変位

x, y, z : それぞれ構造座標系 X Y Z 軸回りの回転変位

全部材がピン構造(トラス構造)の場合も回転変位をゼロとして出力します。不要な場合には出力結果をWord側で編集して下さい。



格点変位の出力例（面内の場合）

[格点のたわみと回転（乗率=1000.00）]

荷重ケース: 1（常時）

格点番号	水平変位	垂直変位	回轉變位
111	0.00	0.00	0.00
222	-82.29	80.80	5.99
333	-100.49	113.81	-0.18
444	-104.87	107.51	2.78
555	0.00	0.00	0.00

荷重ケース: 2（地震時）

小数点以下の表示桁数はオプションデータで指定できます。

4.2 断面力 (Member Forces)

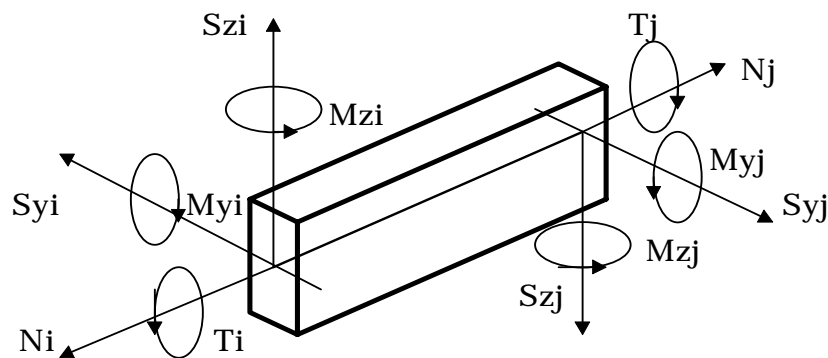
断面力は部材座標系で出力されます。出力される断面力成分を下表に示します。

	N	Sy	Sz	T	My	Mz
面 内						
面 外						

全部材がピン構造 (トラス構造) の場合も曲げモーメントやせん断力をゼロとして出力します。不要な場合には出力結果をWord側で編集して下さい。

ここに

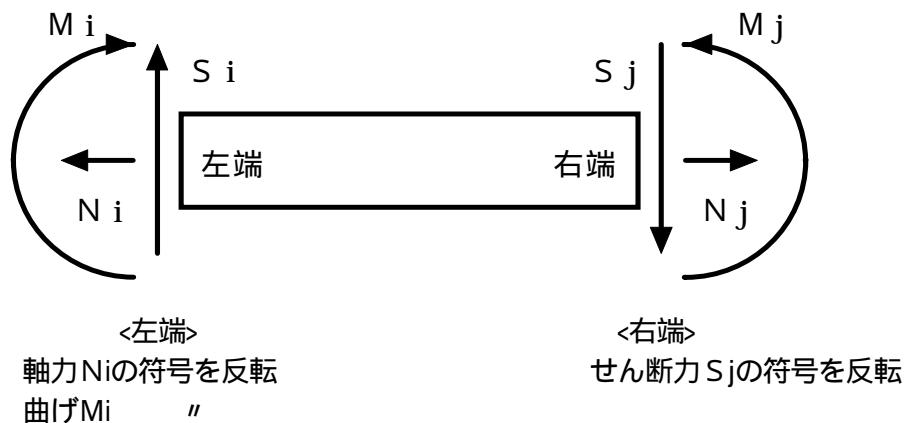
- N : 軸力
- Sy, Sz : それぞれ部材座標系 y、z 軸方向せん断力
- T : ねじりモーメント
- My, Mz : それぞれ部材座標系 y、z 軸回りの曲げモーメント



部材断面力

(注) 断面力の符号

フレーム解析結果の断面力の符号は部材両端において数学座標系のまま計算されますが、当プログラムでは構造力学の約束事 (図の矢視方向が正方向) に従って、部材左右端で下記のように符号を反転して出力しています。



断面力の出力例（面内の場合）

[基本ケースの部材断面力]

荷重ケース:1(常時)

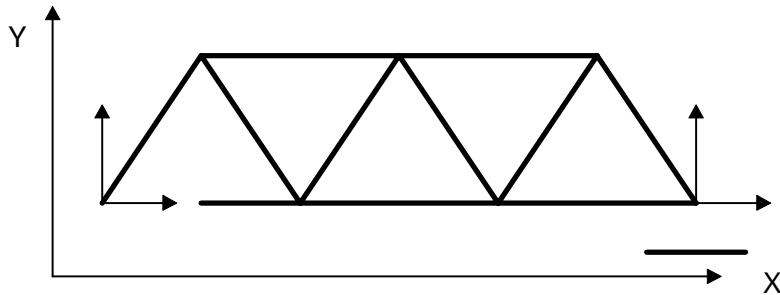
部材番号	格点番号	N	S	M
1	111	-15.568	-3.413	0.000
	* (1)	-15.568	-3.413	-3.413
	* (2)	-15.568	-3.413	-10.240
	222	-15.568	-3.413	-48.270
2	222	-15.848	1.685	-48.270
	* (1)	-15.848	1.685	-46.585
	* (2)	-15.848	1.685	-44.900
	* (3)	-15.848	1.685	-43.215
	333	-41.143	-10.963	-100.378
3	333	-33.456	26.337	-100.378
	* (1)	-32.964	26.091	-18.745
	* (2)	-32.472	25.845	
	* (3)	-27.553		

* (1)、* (2)、* (3)等の行は部材中間点がある部材について、その中間点の断面力を部材左端から順序に出力します。

小数点以下の表示桁数はオプションデータで指定できます。

4.3 反力 (Support Reaction)

反力は構造座標系で出力されます。



構造座標系の支点反力

支点反力の出力例 (面内の場合)

[支点反力]						
荷重 ケ-ス	111 水平反力	111 鉛直反力	555 水平反力	555 鉛直反力	合 計 水平反力	合 計 鉛直反力
1	13.421	8.594	-13.421	-36.875	0.000	-28.281
2	-4.989	-5.000	4.989	15.000	0.000	10.000

小数点以下の表示桁数はオプションデータで指定できます。

§ . 5 解析理論概要

5.1 骨組み構造解析の基本

静的線形解析で変位法に基づく有限要素法の基本式は、下式の剛性方程式に帰着します。

$$[K] \cdot \{U\} = \{P\} \dots\dots\dots (1)$$

[K]: 構造物の全体剛性マトリクス (Global Stiffness Matrix)

{U}: 全格点の自由度 (* 1) についての変位ベクトル (Displacement Vector)

{P}: 全格点の自由度に加えられる荷重ベクトル (Load Vector)

(* 1) 自由度 (Degree of freedom) とは「変位に対して自由度を有する」、
言換えれば「未知変位成分」と言った意味です。

(1) 式はマトリクスで表現した連立方程式に他ならず、マトリクス構造解析は (1) 式を変位 {U} について解くことがその中心的な作業になります。

5.2 全体剛性マトリクス[K]

全体剛性マトリクスは、部材(要素)ごとの剛性マトリクス [Ke] を単純に重ね合わせて得られます。

$$[K] = [Ke] \dots\dots\dots (2)$$

部材ごとの剛性マトリクスはその部材の長さや材料や断面性能、部材端条件などで計算されます。

部材は部材両端の格点で定義します。

格点は座標値と自由度を定義する。

部材の長さは両端の格点間の距離。
材料は弾性係数などを与える。
断面性能は断面積や断面 2 次モーメントなどを与える。
部材端条件はピン解放、せん断解放条件などを与える。

(1) 部材分布バネがない立体梁部材の剛性マトリクス

部材左端格点自由度						部材右端格点自由度					
Ux	Uy	Uz	x	y	z	Ux	Uy	Uz	x	y	z
$\frac{AE}{L}$											
0	$\frac{12EIz}{L^3}$										
0	0	$\frac{12EIy}{L^3}$									
0	0	0	$\frac{GJ}{L}$			SYM					
0	0	$-\frac{6EIy}{L^2}$	0	$\frac{4EIy}{L}$							
0	$\frac{6EIz}{L^2}$	0	0	0	$\frac{4EIz}{L}$						
$-\frac{AE}{L}$	0	0	0	0	0	$\frac{AE}{L}$					
0	$-\frac{12EIz}{L^3}$	0	0	0	$-\frac{6EIz}{L^2}$	0	$\frac{12EIz}{L^3}$				
0	0	$-\frac{12EIy}{L^3}$	0	$+\frac{6EIy}{L^2}$	0	0	0	$\frac{12EIy}{L^3}$			
0	0	0	$-\frac{GJ}{L}$	0	0	0	0	0	$\frac{GJ}{L}$		
0	0	$-\frac{6EIy}{L^2}$	0	$\frac{2EIy}{L}$	0	0	0	$\frac{6EIy}{L^2}$	0	$\frac{4EIy}{L}$	
0	$\frac{6EIz}{L^2}$	0	0	0	$\frac{2EIz}{L}$	0	$-\frac{6EIz}{L^2}$	0	0	0	$\frac{4EIz}{L}$

..... (3)

ここに、

- L : 梁部材の長さ
- A : " の断面積
- Iy : " の y 軸回りの断面 2 次モーメント
- Iz : " の z " "
- E : " の弾性係数 (ヤング率: Modulus of elasticity; Young's modulus)
- G : " のせん断弾性係数 (Shear modulus)

Ux, Uy, Uz : それぞれ部材座標系の x, y, z 方向の変位
 x, y, z : " " " 軸回りの回転変位

立体フレームの剛性方程式である(3)式から、平面フレーム以外の自由度を消去すれば平面フレーム(面内荷重)の部材剛性マトリクス(4)式を得る。

$$[k_e] = \begin{matrix} & \begin{matrix} u_i & v_i & i & u_j & v_j & j \end{matrix} \\ \begin{matrix} \frac{AE}{L} \\ 0 \\ 0 \\ -\frac{AE}{L} \\ 0 \\ 0 \end{matrix} & \begin{bmatrix} \frac{AE}{L} & & & & & \\ & \frac{12EIz}{L^3} & & & & \\ & \frac{6EIz}{L^2} & \frac{4EIz}{L} & & & \\ & 0 & 0 & \frac{AE}{L} & & \\ & -\frac{12EIz}{L^3} & -\frac{6EIz}{L^2} & 0 & \frac{12EIz}{L^3} & \\ & \frac{6EIz}{L^2} & \frac{2EIz}{L} & 0 & -\frac{6EIz}{L^2} & \frac{4EIz}{L} \end{bmatrix} & \begin{matrix} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{matrix} \end{matrix} \quad \dots\dots (4)$$

(2) 分布バネがある部材の剛性マトリクス(面内荷重)

$$\begin{matrix} & \begin{matrix} u_i & v_i & i & u_j & v_j & j \end{matrix} \\ \begin{matrix} \frac{AEw \cosh(wL)}{\sinh(wL)} \\ 0 \\ 0 \\ \frac{AEw}{\sinh(wL)} \\ 0 \\ 0 \end{matrix} & \begin{bmatrix} \frac{AEw \cosh(wL)}{\sinh(wL)} & & & & & \\ & \frac{4EI(shch+sc)}{l_s^3(sh^2-s^2)} & & & & \\ & \frac{2EI(sh+s)}{l_s^2(sh^2-s^2)} & \frac{2EI(shch-sc)}{l_s(sh^2-s^2)} & & & \\ & 0 & 0 & \frac{AEw \cosh(wL)}{\sinh(wL)} & & \\ & \frac{4EI(chs+shc)}{l_s^3(sh^2-s^2)} & \frac{4EIshs}{l_s^2(sh^2-s^2)} & 0 & \frac{4EI(shch+sc)}{l_s^3(sh^2-s^2)} & \\ & \frac{4EIshs}{l_s^2(sh^2-s^2)} & \frac{2EI(chs-shc)}{l_s(sh^2-s^2)} & 0 & \frac{2EI(sh+s)}{l_s^2(sh^2-s^2)} & \frac{2EI(shch-sc)}{l_s(sh^2-s^2)} \end{bmatrix} & \begin{matrix} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{matrix} \end{matrix} \quad \dots\dots\dots (5)$$

ただし、 $w = \sqrt{\frac{Kh}{AE}}$, $l_s = \sqrt[4]{\frac{4EIw}{k}}$, $ch = \cosh(\frac{l}{l_s})$, $sh = \sinh(\frac{l}{l_s})$, $c = \cos(\frac{l}{l_s})$, $s = \sin(\frac{l}{l_s})$

5.3 荷重ベクトル{P}

荷重ベクトルは格点荷重、部材荷重、温度荷重、支点の強制移動などで作成される。

(1) 格点荷重について

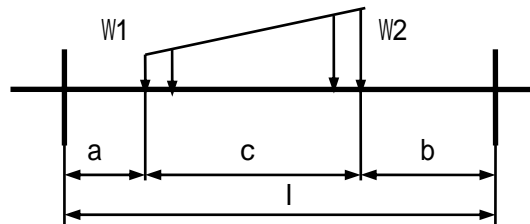
格点荷重は(1)式の剛性方程式の荷重ベクトル{P}に直接貯えられます。

(2) 部材荷重について

格点間の荷重 (= 部材荷重) は、その部材の両端を固定したとき、その荷重によって生じる部材両端の断面力を計算し、これを荷重ベクトルに加えます。

$$\begin{aligned}
 Mi &= -\int_0^l \frac{(l-x)^2 x}{l^2} w(x) dx \\
 Mj &= \int_0^l \frac{x^2 (l-x)}{l^2} w(x) dx \\
 Si &= -\int_0^l \frac{(l-x)^2 (l+2x)}{l^3} w(x) dx \\
 Sj &= -\int_0^l \frac{x^2 (3l-2x)}{l^3} w(x) dx
 \end{aligned} \dots\dots\dots (6)$$

例えば、下図の部材不等分布荷重について計算すると式(7)のようになります。



$$Mi = P\{A + 5a(3c^2 - 2cl + 6cb + 6b^2)\} + Q(C - b \cdot B) \dots\dots\dots (7 a)$$

$$Mj = P(C - a \cdot B) + Q\{A + 5b(3c^2 - 2cl + 6ca + 6a^2)\} \dots\dots\dots (7 b)$$

ただし $A = c(3c^2 - 10cl + 10l^2)$ 、 $B = 5(3c^2 - 4cl - 6ab)$ 、 $C = c^2(5l - 3c)$
 $P = W1 \cdot c / (60l^2)$ 、 $Q = W2 \cdot c / (60l^2)$

$$Si = P(10l^3 - C + A) + Q(C - B) \dots\dots\dots (7 c)$$

$$Sj = Q(10l^3 - C + B) + P(C - A) \dots\dots\dots (7 d)$$

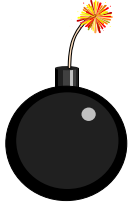
ただし $A = 10a(a^2 + b^2 - l^2 - al)$ 、 $B = 10b(a^2 + b^2 - l^2 - bl)$ 、 $C = c^2(5l - 2c)$
 $P = W1 \cdot c / (20l^3)$ 、 $Q = W2 \cdot c / (20l^3)$

《部材分布バネをもつ部材に部材荷重が作用する場合》

部材分布バネをもつ部材に部材荷重が載荷された場合は、固定端断面力は下式のようにになります。

$$\begin{aligned}
 Mi &= \frac{-l_s}{sh^2 - s^2} \int_0^l \left\{ shsh \frac{l-x}{l_s} \sin \frac{x}{l_s} - s \sin \frac{l-x}{l_s} sh \frac{x}{l_s} \right\} w(x) dx \\
 Si &= \frac{-1}{sh^2 - s^2} \int_0^l \left\{ sh(ch \frac{l-x}{l_s} \sin \frac{x}{l_s} + sh \frac{l-x}{l_s} \cos \frac{x}{l_s} - s(\cos \frac{l-x}{l_s} sh \frac{x}{l_s} + \sin \frac{l-x}{l_s} ch \frac{x}{l_s})) \right\} w(x) dx
 \end{aligned} \dots\dots\dots (8)$$

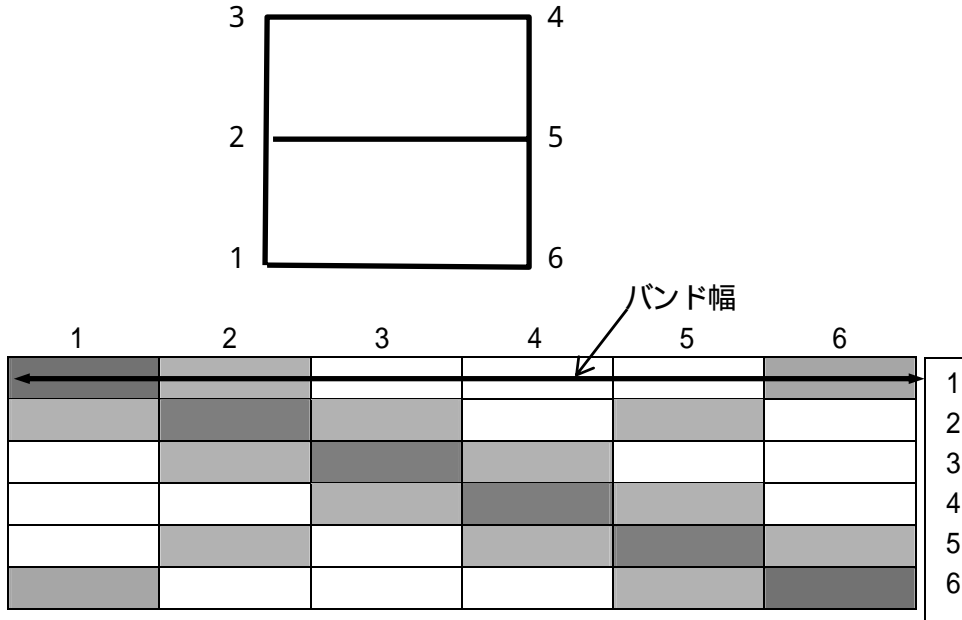
$$\text{ただし、 } l_s = \sqrt[4]{\frac{4EIw}{k}}, ch = \cosh\left(\frac{l}{l_s}\right), sh = \sinh\left(\frac{l}{l_s}\right), c = \cos\left(\frac{l}{l_s}\right), s = \sin\left(\frac{l}{l_s}\right)$$



当プログラムでは、部材にバネが与えられますと、分布バネをもつ部材剛性を計算しますが、その部材に部材荷重が作用したときの荷重項の計算は一般部材と同様に行っています（例えば式（7））。すなわち、式（8）の処理は行っておりません。したがって、バネ部材がある場合には、構造モデル全体の剛性評価は正確に行いますが、そのバネ部材に部材荷重が作用した場合には、その部材の断面力は正解値と異なることがあります。このような場合には、そのバネ部材の中間に構造格点（部材中間着目点ではない）をいくつか設けることで対応できます。

5.4 バンド幅について

変位法による骨組構造物の解法は、数学的には言えば(1)式の剛性方程式を未知変位{u}について解くことになります。(1)式で全体剛性マトリクス[K]は部材の材料や断面積、断面二次モーメントなどの部材の属性によって計算され、通常、非零の剛性値はマトリクスの対角エレメント近辺に集まります。これを簡単な例で図示しますと下図のようになります。



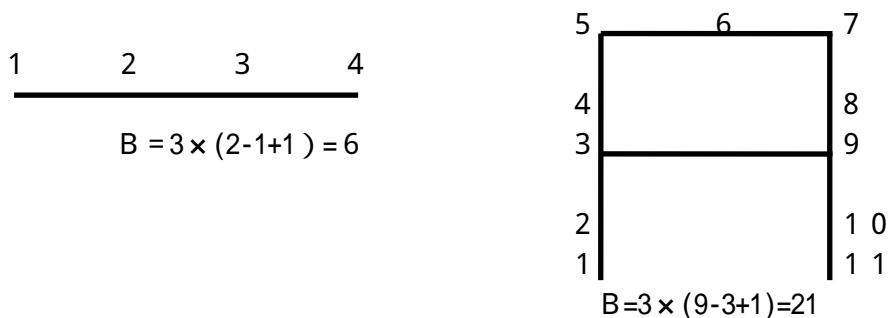
この例では部材2-5と1-6がなければ、すべての非零項は対角エレメント近辺に集まっています。上図のように、部材両端の格点間の最大離れB(*1)をバンド幅と言い、全体剛性マトリクスのすべての非零値は対角エレメントからバンド幅の範囲内に存在します。

当プログラムではこのバンド幅以内のすべての剛性値をメモリにストアして、剛性方程式を解き変位を求めています。したがって、このバンド幅が小さい方がメモリが少なく済みます。また、バンド幅が当システムの制限値を越えますと剛性行列をメモリ内にストアできず解析が不可能になります。

(*1) 当プログラムではバンド幅は下式で計算します。

$$\text{バンド幅 } B = 3 \times \{ \text{Max}(\text{各部材の } j \text{ 端格点番号} - i \text{ 端格点番号}) + 1 \}$$

バンド幅の実例を下図に示します。



(1) 当システムのバンド幅制限値

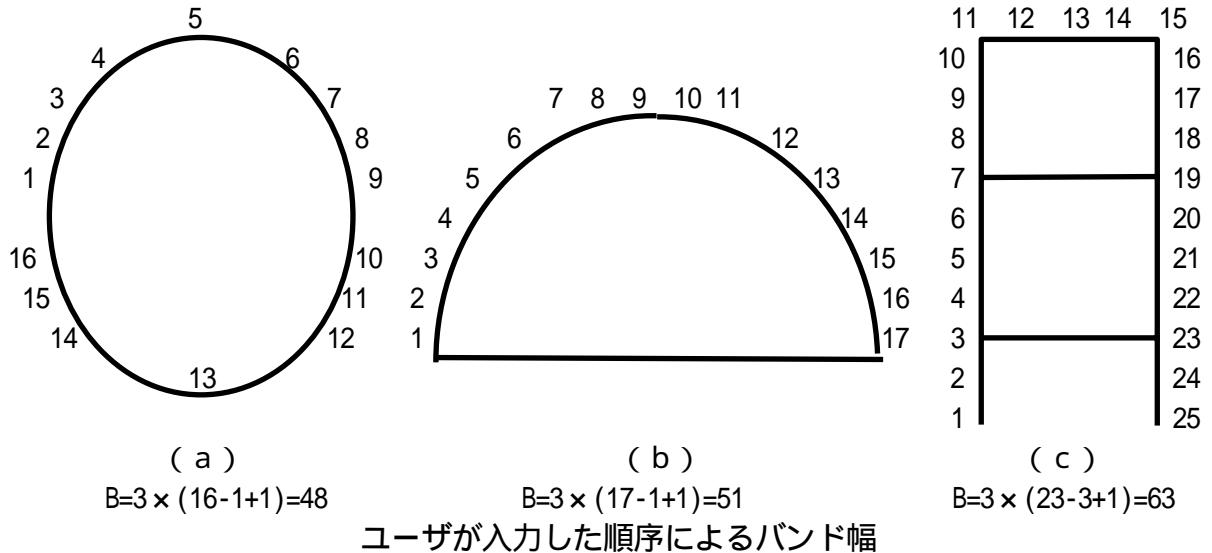
当システムの現バージョンでは制限値は45です。

(これは部材両端の格点番号の離れでは14になります。)

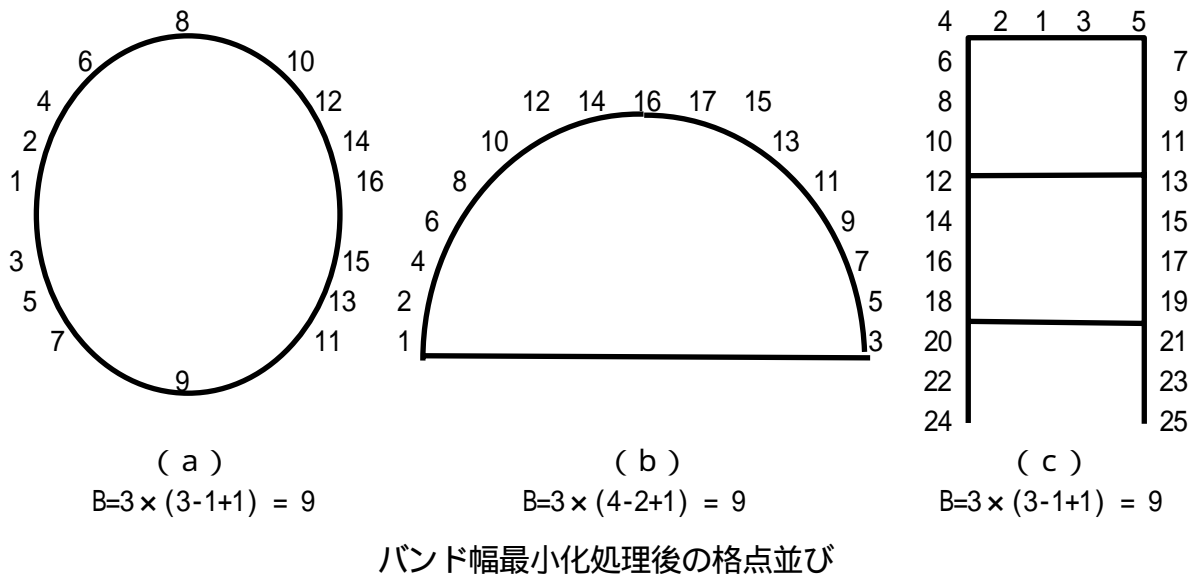
(2) バンド幅最小化処理

当システムでは、バンド幅をユーザが入力した格点データの順序で計算し、制限値以内かどうかをチェックします。そして、その値が制限を越えてしまう場合には、バンド幅を最小化するように格点順序を並び換えるプログラム(バンド幅最小化処理プログラム)を自動的に実行します。

通常に格点データを入力するとバンド幅が制限値を越えるような例を下図に示します。



上図の例をバンド幅最小化を行いますと下図のような結果になります。ある格点を中心に渦巻き状にリナンバされている様子がわかります。



(3) バンド幅最小化処理後

前項の例のように、相当に格点番号が離れた部材がある構造モデルでも、当処理を実行することによって、一挙にバンド幅を小さくすることができ解析可能になります。このバンド幅最小化処理は、プログラムが自動的に行うものですから、ユーザの入力データには一切影響を与えません。剛性方程式を解析する部分のみにこのリナンバされた格点並びで計算を行い、出力時にはユーザが入力した順

序に従って出力します。

【お願い】

当処理を実行しても制限値を下回ることができない場合には、当バージョンの制限内では解析不可能となりますので、構造モデルを簡易化する等の対処を行って下さい。

補足 A F R (任意形平面骨組み構造解析プログラム) 開発履歴

Ver	期日	内 容																																																
1.00	1989-06	初期バージョン 解析機能：面内解析、固定荷重载荷、組み合わせ・抽出機能あり、図形処理なし 入力画面：フルスクリーンのスクロール画面入力 当社オリジナル画面制御ツール(スクリーンツール V2.0)組み込み																																																
	1989-08	===== 初期 Version 案内(V1.0) =====																																																
1.01	1989-10	図形処理初期機能(骨組み図、格点番号)																																																
1.02	1991-06	図形処理機能に荷重図表示追加																																																
1.03	1991-09	影響線計算追加(面内解析のみ) 制限値の拡大 <table style="margin-left: 40px; border: none;"> <tr> <td>節点数</td><td>.....</td><td>81、</td><td>部材数</td><td>.....</td><td>81</td> </tr> <tr> <td>材料数</td><td>.....</td><td>6、</td><td>断面数</td><td>.....</td><td>11</td> </tr> <tr> <td>1部材上の部材中間点数</td><td></td><td></td><td>5</td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>中間着目点のある部材総数</td><td></td><td></td><td>51</td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>支点要素数</td><td>.....</td><td>21、</td><td>格点荷重数</td><td>.....</td><td>41</td> </tr> <tr> <td>部材荷重数</td><td>.....</td><td>61、</td><td>荷重ケース数</td><td>.....</td><td>36</td> </tr> <tr> <td>バンド幅</td><td>.....</td><td>46、</td><td>組合せケース数</td><td>.....</td><td>21</td> </tr> <tr> <td>抽出ケース数</td><td>.....</td><td>21</td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>	節点数	81、	部材数	81	材料数	6、	断面数	11	1部材上の部材中間点数			5			中間着目点のある部材総数			51			支点要素数	21、	格点荷重数	41	部材荷重数	61、	荷重ケース数	36	バンド幅	46、	組合せケース数	21	抽出ケース数	21			
節点数	81、	部材数	81																																													
材料数	6、	断面数	11																																													
1部材上の部材中間点数			5																																															
中間着目点のある部材総数			51																																															
支点要素数	21、	格点荷重数	41																																													
部材荷重数	61、	荷重ケース数	36																																													
バンド幅	46、	組合せケース数	21																																													
抽出ケース数	21																																																
1.04	1993-09	配列をalloc関数で動的に確保し、実行コードを縮小																																																
1.05	1993-09	画面関連プログラムに当社オリジナル画面制御ツール(スクリーンツール V4.3)を組み込み、入力プログラム(FR_INPUT.EXE)の画面制御ファイル(MSGファイル)を内蔵型に。																																																
1.06	1993-10	面外解析機能追加																																																
	1993-10	プログラムの統廃合 <table style="margin-left: 40px; border: none;"> <tr> <td>FR_DSPPR.EXE(変位出力プログラム)</td> <td rowspan="5" style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">}</td> <td rowspan="5">FR_PRSUB.EXE</td> </tr> <tr> <td>FR_FOCPR.EXE(断面力出力プログラム)</td> </tr> <tr> <td>FR_RECPR.EXE(反力出力プログラム)</td> </tr> <tr> <td>FR_CMBPR.EXE(組合せ抽出結果出力プログラム)</td> </tr> <tr> <td>FR_COMBI.EXE(組合せ計算プログラム)</td> </tr> <tr> <td>FR_PICK.EXE(抽出計算プログラム)</td> <td rowspan="2" style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">}</td> <td>FR_PSCAL.EXE</td> </tr> </table>	FR_DSPPR.EXE(変位出力プログラム)	}	FR_PRSUB.EXE	FR_FOCPR.EXE(断面力出力プログラム)	FR_RECPR.EXE(反力出力プログラム)	FR_CMBPR.EXE(組合せ抽出結果出力プログラム)	FR_COMBI.EXE(組合せ計算プログラム)	FR_PICK.EXE(抽出計算プログラム)	}	FR_PSCAL.EXE																																						
FR_DSPPR.EXE(変位出力プログラム)	}	FR_PRSUB.EXE																																																
FR_FOCPR.EXE(断面力出力プログラム)																																																		
FR_RECPR.EXE(反力出力プログラム)																																																		
FR_CMBPR.EXE(組合せ抽出結果出力プログラム)																																																		
FR_COMBI.EXE(組合せ計算プログラム)																																																		
FR_PICK.EXE(抽出計算プログラム)	}	FR_PSCAL.EXE																																																
		1994-10	===== V1.1 無償配布 =====																																															
	1995-08	図形処理用プログラムからグラフィックライブラリ(GRAPH.SYS)を外し、当社オリジナルGLIOライブラリ(KEISEN ツール)を組み込む。																																																
1.01	1995-10	部材分布バネ機能追加(面内解析のみ)。																																																
1.02	1995-11	部材荷重データの制限値を60 120に拡大。 上記に伴い、FR_INPUT,FR_CALC内の関連配列をallocで動的に確保。 ファイルのドライブチェックを外す。 影響線出力プログラム(FR_INFPR.EXE)のバグ修正。																																																
1.03	1995-12	部材分布バネ機能追加(面外解析) 材料入力画面改良。 入力プログラムのalloc未対応変数を対応。																																																
1.04	1996-01	支点強制変位機能追加(面内、面外解析)。 入力ファイル名の文字数を14(ASCII)から30(ASCII)文字に。 入力データにエラーがある時、登録時に確認画面を表示。																																																

- 1996-01 ===== Version Up 案内(V2.0) =====
- 2.01 1996-02 部材荷重（面内）の[荷重の方向]に構造座標系の投影長への載荷機能追加。
部材荷重（面内）が負の時の荷重図のバグ修正。
- 2.02 1996-05 部材断面力の割り増し係数機能追加。
荷重ケース名の入出力機能追加。
- 2.03 1996-07 格点番号を任意の正整数で定義できるように。
バンド幅最小化処理機能を独立プログラム(FR_BAND.EXE)として開発。
同上を面内解析に組み込む。
- 2.04 1996-09 後処理プログラム(FR_POST.EXE, FR_PSCAL.EXE)のバグ修正、その他機能追加。
組合せ結果からも抽出できるように改良。
FR_POST.EXE にスクリーンV4.3を組み込み、関連する画面ファイルを不要に。
FR_POST.EXE の変数をallocで動的に確保。
抽出機能で抽出指示式に下記追加。
"ALLA": 全基本ケースと全組合せケースの中から抽出。
"ALLB": 全基本ケースの中から抽出。
"ALLC": 全組合せケースの中から抽出。
出力プログラム(FR_PRINT.EXE)で下記保守。
・基本ケース断面力, 組み合わせ断面力を入力する時に、荷重ケースごとの出力か部材ごとの出力かを選択できるように。
・部材の断面性能を予約番号で定義した場合、従来、断面性能の欄はゼロを出力していたが、これを予約テーブルの値を出力するように。
- 2.05 1996-12 格点番号任意正整数入力機能を面外解析に組み込む。
バンド幅最小化処理機能を面外解析に組み込む。
同上に伴う図化プログラム(FR_DRAW.EXE)の修正。
- 1997-01 ===== Version Up 案内(V2.05) =====
- ===== 上記でMS-DOS版は凍結 =====
- 1997-01 Windows版の開発開始。
- 1.00 1999-09 Windows版の初期版としてリリース。

補足B FRの実行環境

アプリケーションフォルダ内のファイル一覧

ファイル名	内 容	要 / 不要
Fr_usr	各制限数のユーザ設定値	
Fr_User.sys	ユーザごとの固有ファイル。ご購入時に当社が作成して同封します。	
Fr_Opt.dat	各種オプションのユーザ設定値	
Fr_Sect.tbl	断面ファイル	
Fr_Sect. \$\$\$	最新に入力された1断面分の寸法値	
Hshape.tbl	H形鋼ファイル。ご購入時に同封します。	(* 1)
LCase\$\$\$.txt	基本荷重ケース名リスト	
CCase\$\$\$.txt	組み合わせ荷重ケース名リスト	
Hd_Ft\$\$\$.txt	組み合わせ荷重ケース名リスト	
Fr_Print.txt	最新に実行した出力結果のテキストファイル	出力を指示しますと作成されます。
Fr_Input.err	計算時に参照するエラーファイル	
Fr_temp\$\$\$.doc	MS-Word に挿入された出力結果のファイル	出力を指示しますと作成されます。
Fr_temp.doc	MS-Word に出力結果を挿入するためのテンプレートファイル(内容は空です)。	

必須(ご購入時にセットアップされます)

なくてもOK。実行中に作成されます。

(* 1) なくても断面性能計算でH形鋼を使用しなければ支障ありません。

《お問い合わせ先》

(株)ユーアイ技術情報 本社 エンジニアリング部 技術課

〒372-0001 群馬県伊勢崎市華蔵寺町87-1

TEL 0270-23-9711

FAX 0270-23-9611

URL:<http://www.youi-tec.co.jp>

本マニュアルの説明とプログラムの機能との間に差異がある場合には、プログラムの機能の方を優先します。

変位法による任意形平面骨組構造解析 F R for Windows Ver 1.0

1990.10	初版発行 (FR for MS-DOS ver 1.0)
1991. 9	第2版発行 (FR for MS-DOS ver 1.1)
1995.10	第3版発行 (FR for MS-DOS ver 2.0)
1999. 8	第4版発行 (FR for Windows ver 1.0)

著作 株式会社 ユーアイ技術情報
発行 株式会社 ユーアイ技術情報
 (禁複製)

株式会社 ユーアイ技術情報
〒372-0001 群馬県伊勢崎市波志江町4133-8
