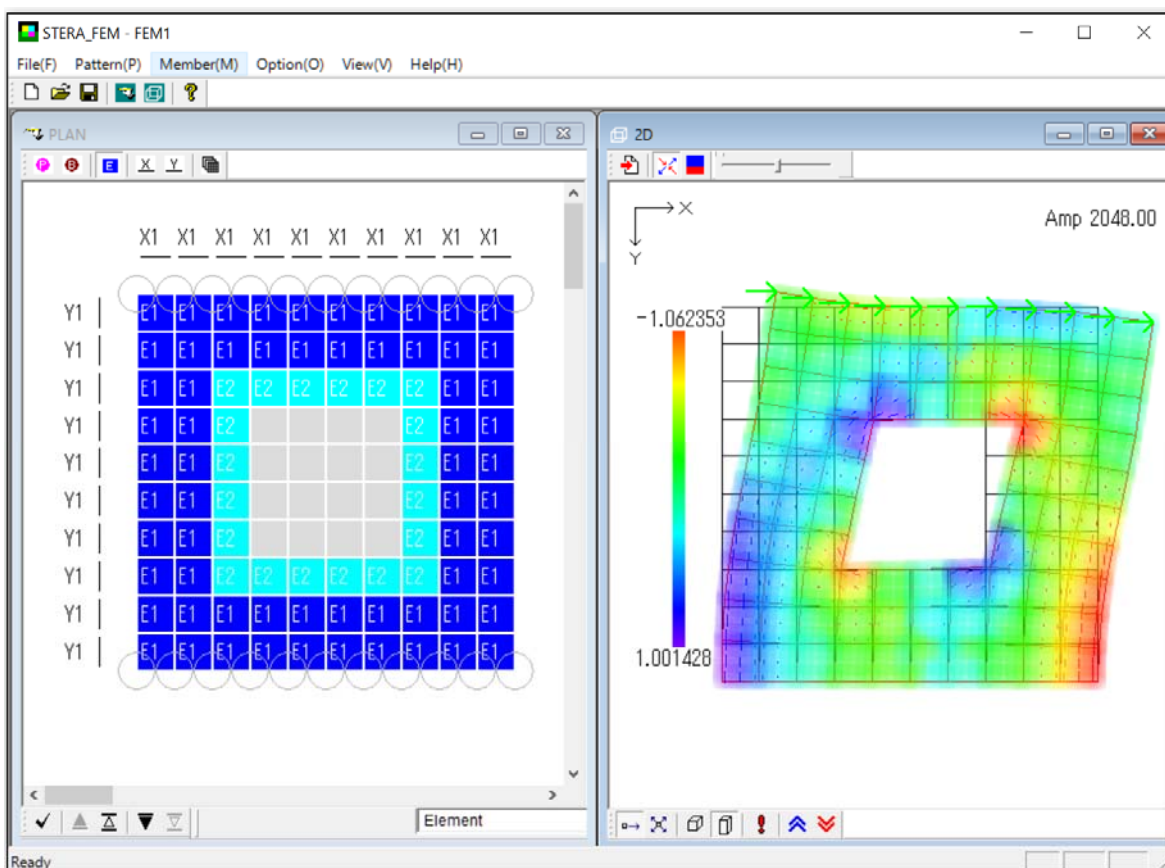


STERA FEM ver.2.2

Structural Earthquake Response Analysis FEM



齊藤大樹

豊橋技術科学大学

まえがき

現在のところ、本ソフトでは、有限要素法を用いた構造物（平面応力問題）の

- 静的荷重に対する弾性変形・応力解析

ができるようになっていきます。構造物データの入力から解析結果の表示まで、直感的な操作で、誰でも使えるように工夫しています。

このソフトは、

- 有限要素法の理解
- 構造実験のシミュレーション
- 学生や技術者の教育

などに広く使ってもらいたいと考えています。ただし、利用は研究および教育目的に限定させていただきます。

まだ開発途上ですが、とりあえず公開して、皆さんの意見を聞きながら改良を加えたいと思っています。

また、本ソフトには、未知のバグがあるかも知れませんので、解析結果には責任は負えません。もし不具合が出たときには、ご連絡くだされば可能な範囲で対処いたします。

ぜひ、お試しいただき、ご意見を頂ければ幸いです。

平成 27 年 6 月 11 日

ソフト開発者

齊藤 大樹

豊橋技術科学大学

建築・都市システム学系 教授

tsaito@ace.tut.ac.jp

更新履歴

- 2015.06.11 STERA_FEM Ver.2.0 をアップロードしました。
- 2015.12.28 STERA_FEM Ver.2.1 をアップロードしました。
- 2015.12.28 STERA_FEM Ver.2.2 をアップロードしました。
主応力の分布の色マップを追加しました。

使用方法

目次

1. 解析の基本仮定
2. ファイル構成
3. 初期設定
 - 3-1. 初期画面
 - 3-2. 要素数の変更
4. 位置入力
 - 4-1. 要素位置
 - 4-2. 要素サイズ
 - 4-3. 拘束位置
 - 4-4. 荷重位置
5. 特性入力
 - 5-1. 要素特性
 - 5-2. 拘束条件
 - 5-3. 荷重条件
6. 解析結果の2D表示
7. 出力ファイル

1. 解析の基本仮定

- 有限要素は、4 節点アイソパラメトリック要素を用いています。一次要素ですが、せん断ロッキングを回避するため、非適合要素が使えるようにしています。
- 要素内のガウス積分点は、三次積分を採用し、各方向で3点（計9点）としています。
- 要素の特性には、初期値としてコンクリートの諸元を入れています。
- 拘束条件として、ピン支持、ローラー支持を選択できます。
- 荷重は節点ごとに集中荷重として与えます。

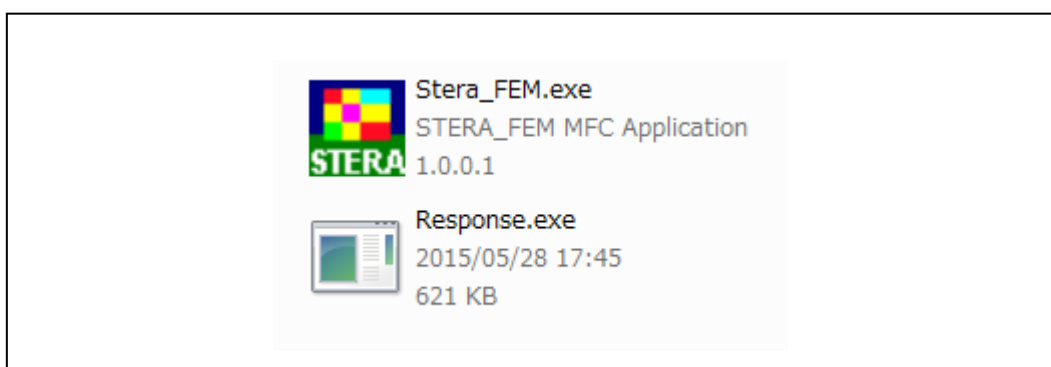
その他、細かい解析仮定とそれらの変更方法については、「技術マニュアル(Technical Manual)」をご覧ください。

2. ファイル構成

フォルダ「STERA FEM V*.*」の中に、以下のファイルおよびフォルダがあることを確認してください。

Stera_FEM.exe	... メインプログラム
Response.exe	... 出力用のサブプログラム

2つの実行ファイルは、常に同じフォルダに保存してください。



3. 初期設定

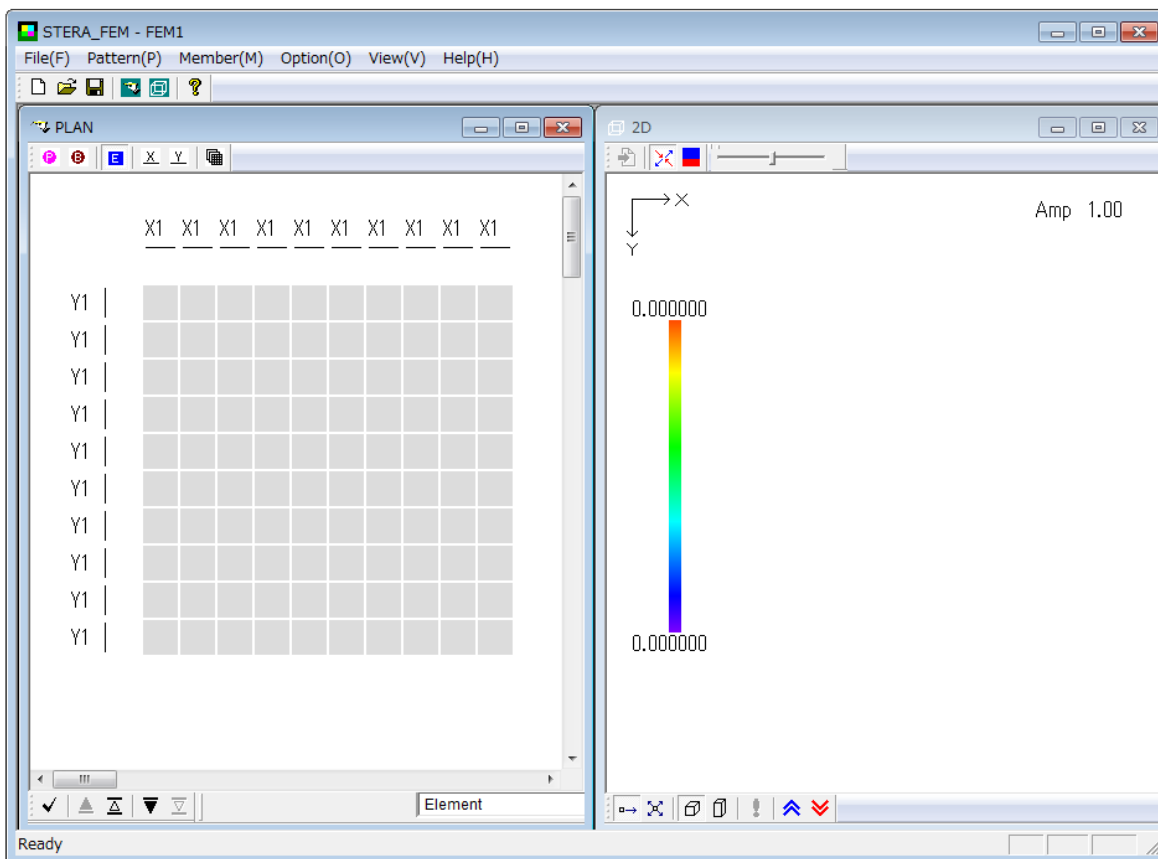
3-1. 初期画面

“Stera FEM.exe”  をダブルクリックします。

左画面は、“プラン入力画面”で、ここに要素の平面配置を入力します。

右画面は、“2D 表示画面”で、構造物の形状や解析結果の応答を見ることができます。

また、保存した建物ファイルを開くには、[File]→ [Open]でファイルを選択します。




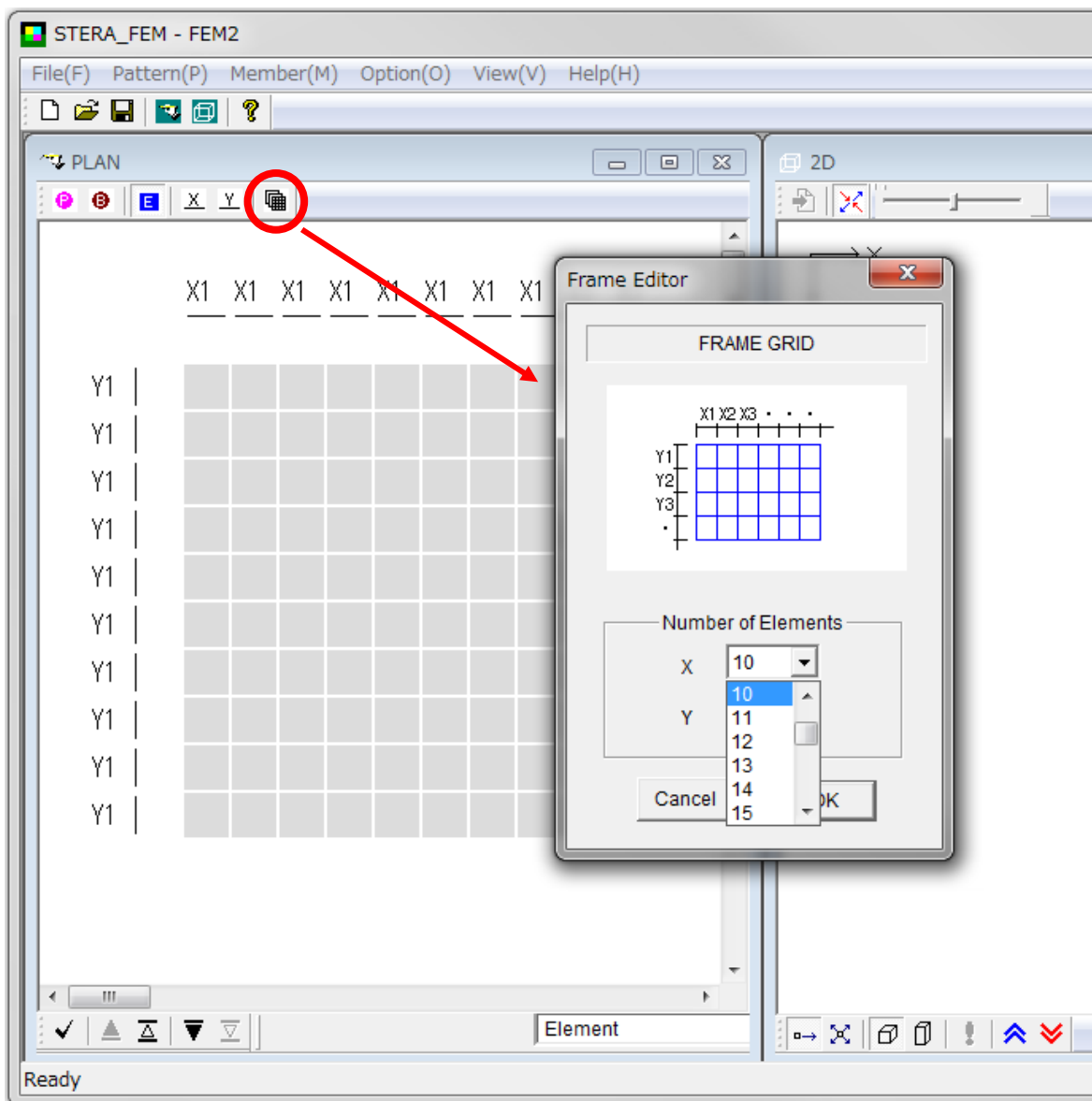
プラン入力画面

2D 表示画面

3-2. 要素数の変更

初期画面では、X および Y 方向の最大要素数は 10 に設定されています。

アイコンをクリックして、各方向の要素数を最大 60 まで増加することができます。

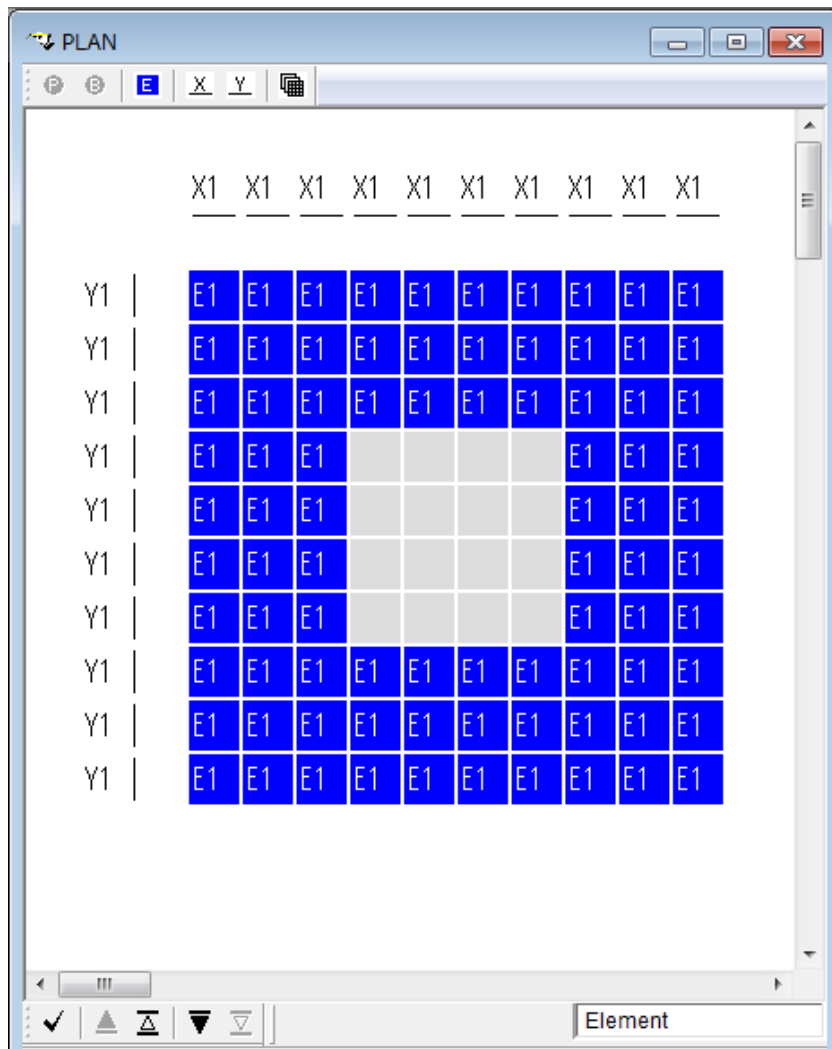


ただし、以下の制限があります。

- 総要素数 : 最大 2000 まで
- 総節点数 : 最大 2000 まで

4. 位置入力

4-1. 要素位置

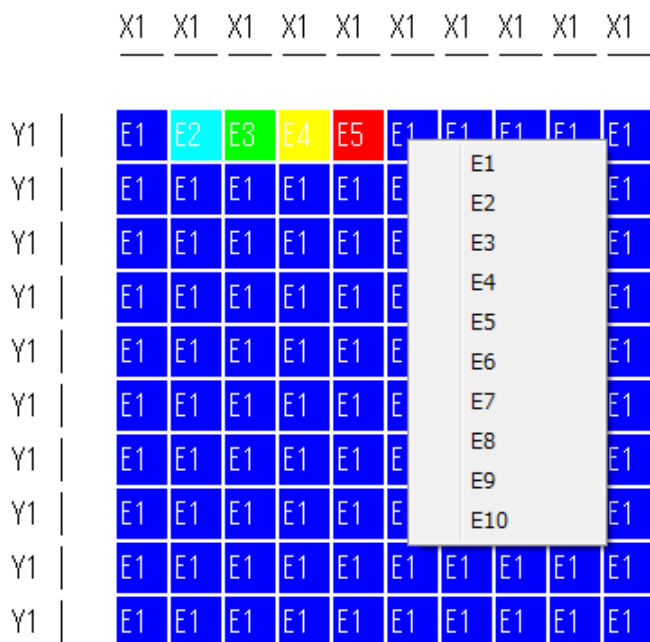


プラン入力画面は、要素のレイヤ（層）から始まります。右下に Element と表記されています。

- 升目をクリックすると青色の要素がセットされます。
- クリックを繰り返すと、
 - ◇ 要素（青） → なし → 要素（青）
 の順にセットされます。
- マウスをドラッグ（押したまま移動）すれば、領域内の要素を一度にセットできます。
- セットされた要素について、マウスを右クリックすると、タイプ番号（E1～E10）をセットできます。

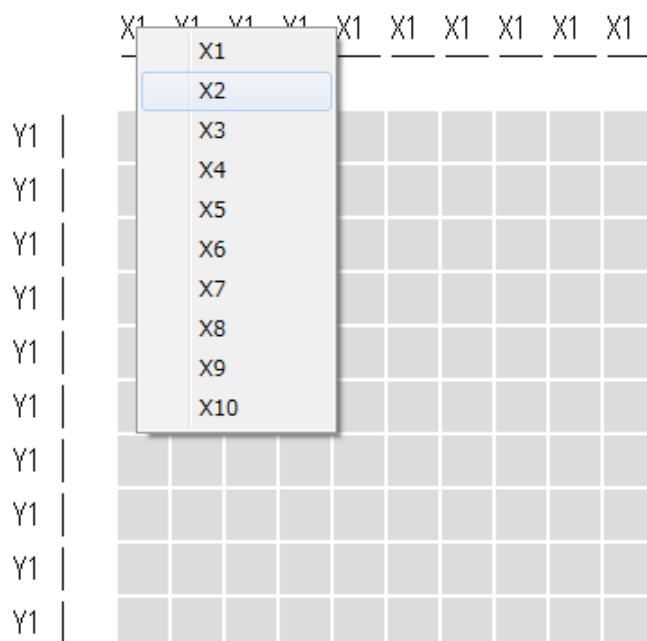
STERA FEM 使用法

- 要素の色はデフォルトでは、5種類にセットされています。



4-2. 要素サイズ

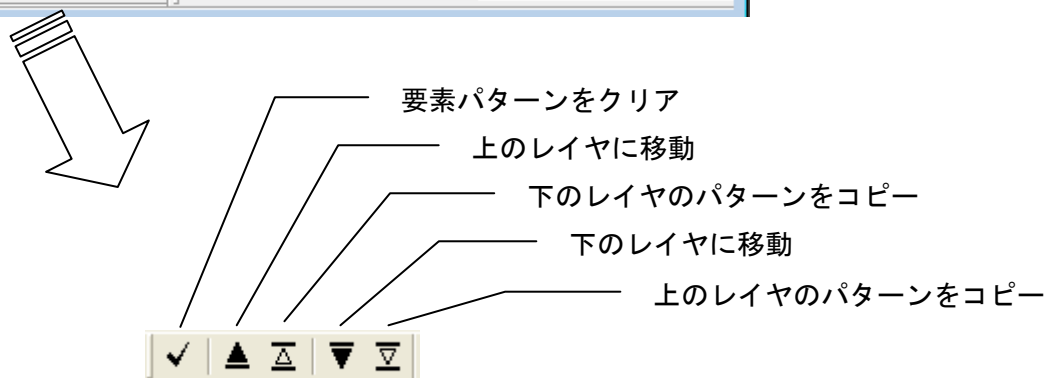
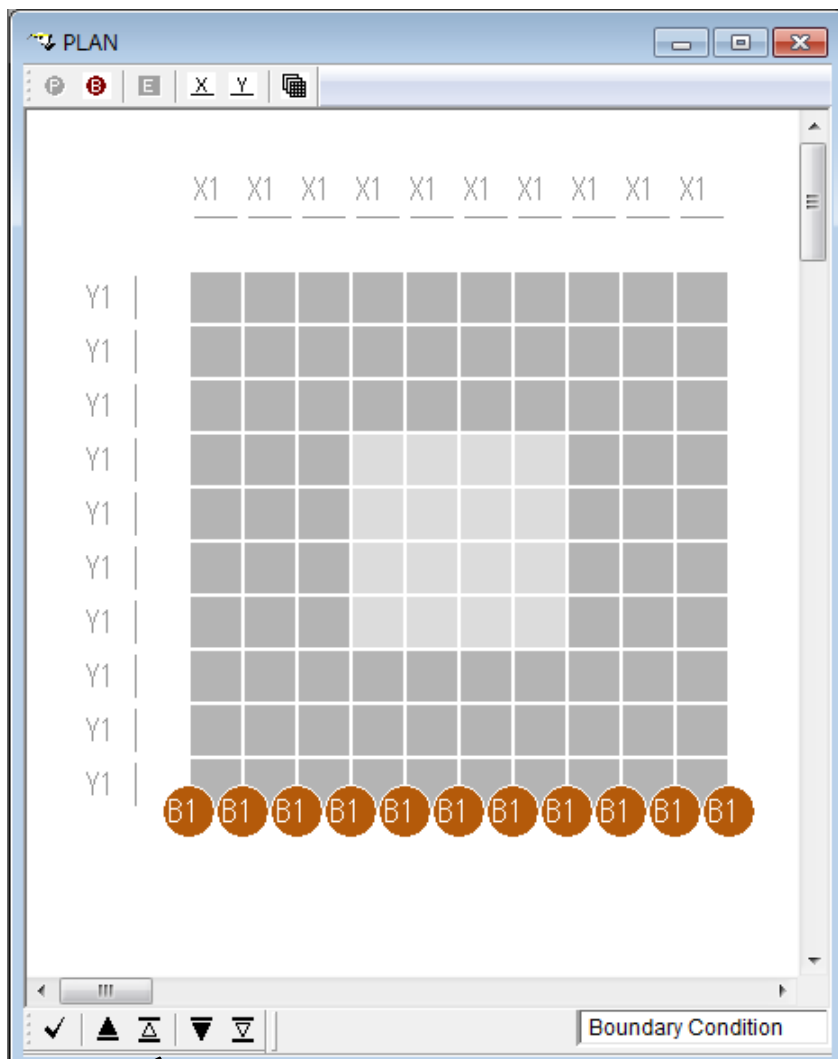
- X方向とY方向の要素サイズについて、マウスを右クリックすると、タイプ番号(X1~X10)または(Y1~Y10)をセットできます。





4-3. 拘束位置

ボタン  をクリックするか、アイコン  をクリックすると、拘束条件（Boundary Condition）のレイヤに移動します。

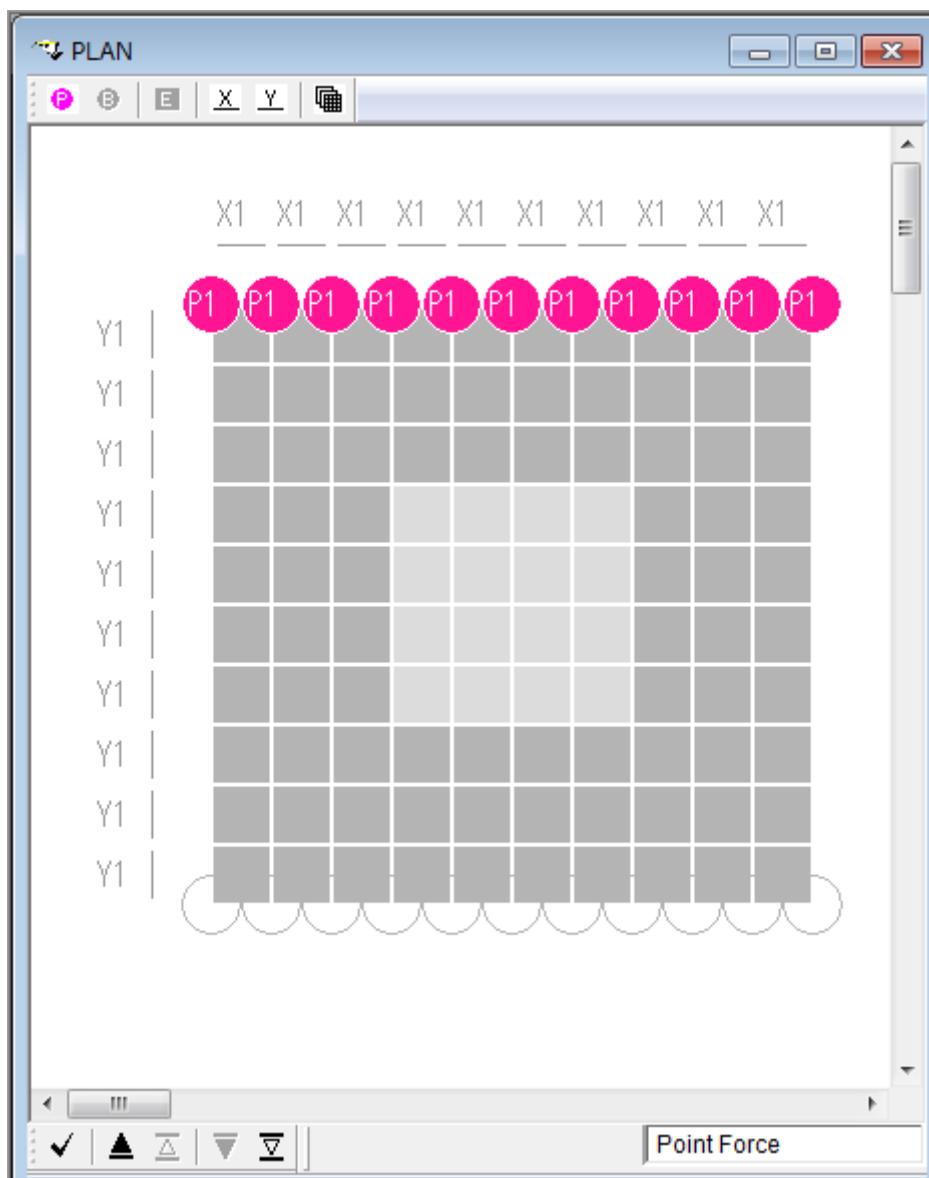
- 要素がある升目は濃い灰色に表示されています。
- 升目の角をクリックすると拘束条件が茶色の円でセットされます。
- セットされた拘束条件について、マウスを右クリックすると、タイプ番号（B1~B10）をセットできます。



4-4. 荷重位置


拘束条件のレイヤから、さらにボタン  をクリックするか、アイコン  をクリックすると、荷重条件（Point Force）のレイヤに移動します。

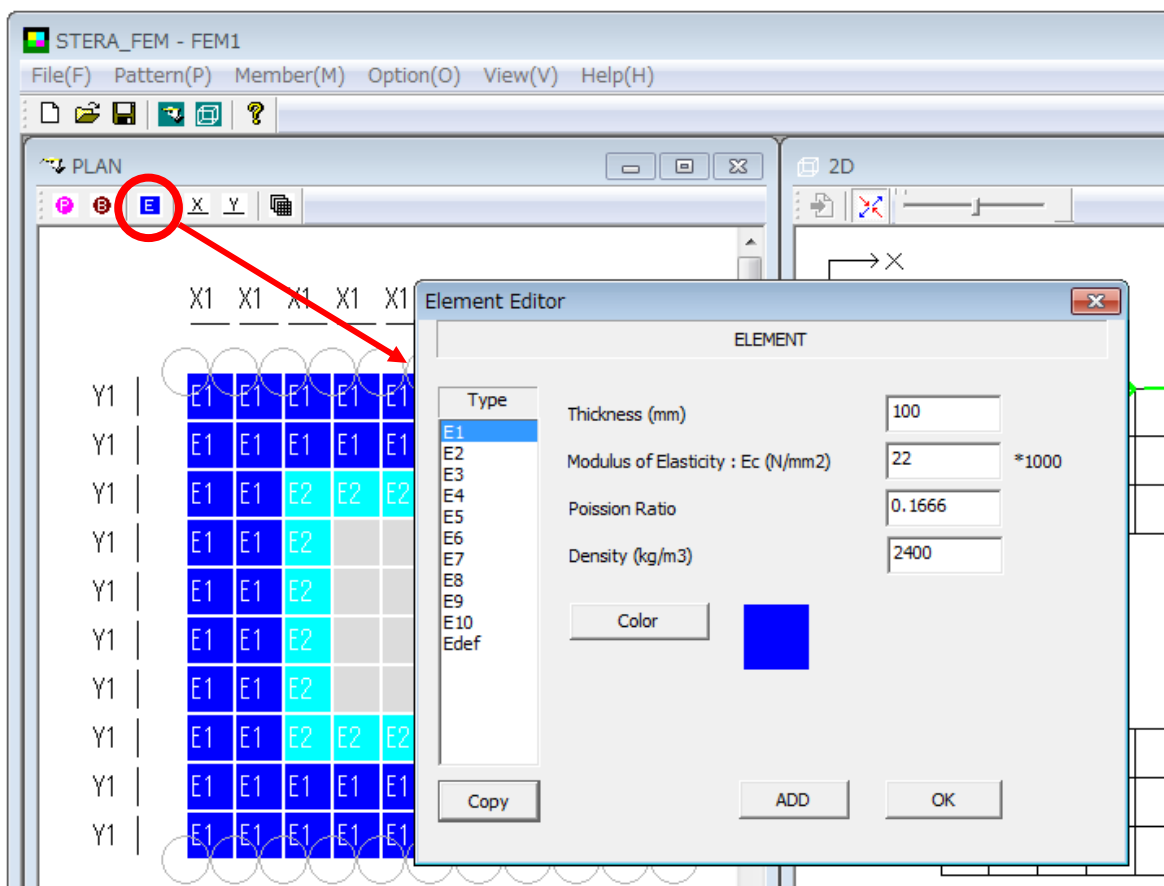
- 要素がある升目は濃い灰色に表示されています。
- 拘束条件がある升目は灰色の円で表示されています。
- 升目の角をクリックすると荷重条件がピンク色の円でセットされます。
- セットされた荷重条件について、マウスを右クリックすると、タイプ番号（P1~P10）をセットできます。




5. 特性入力

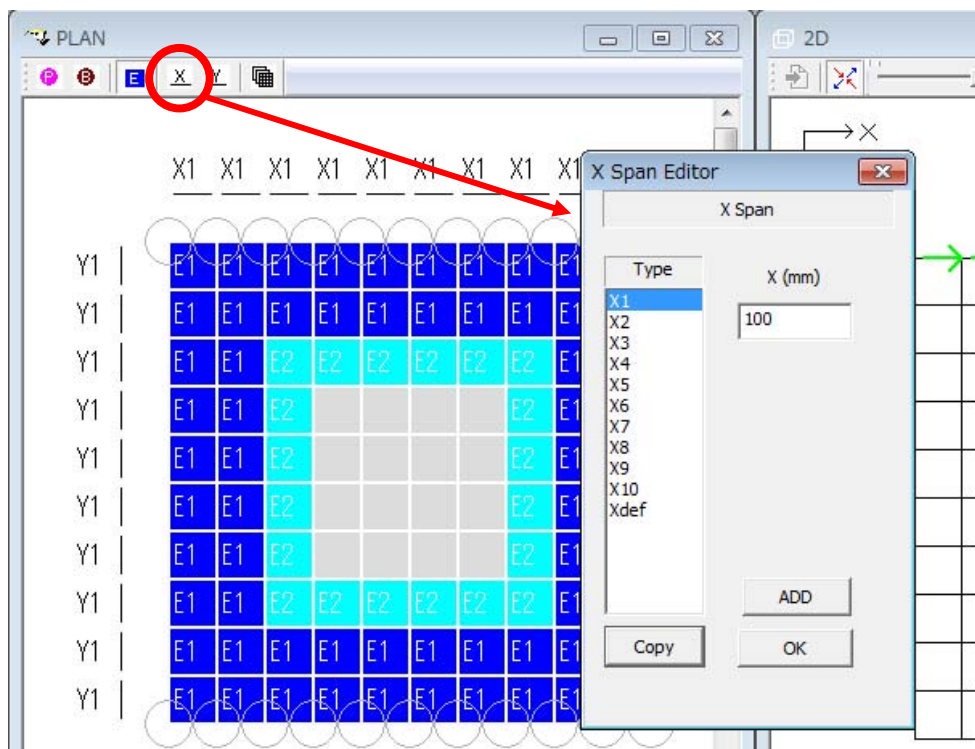
5-1. 要素特性


アイコン  をクリックすると、要素の編集画面が現れます。

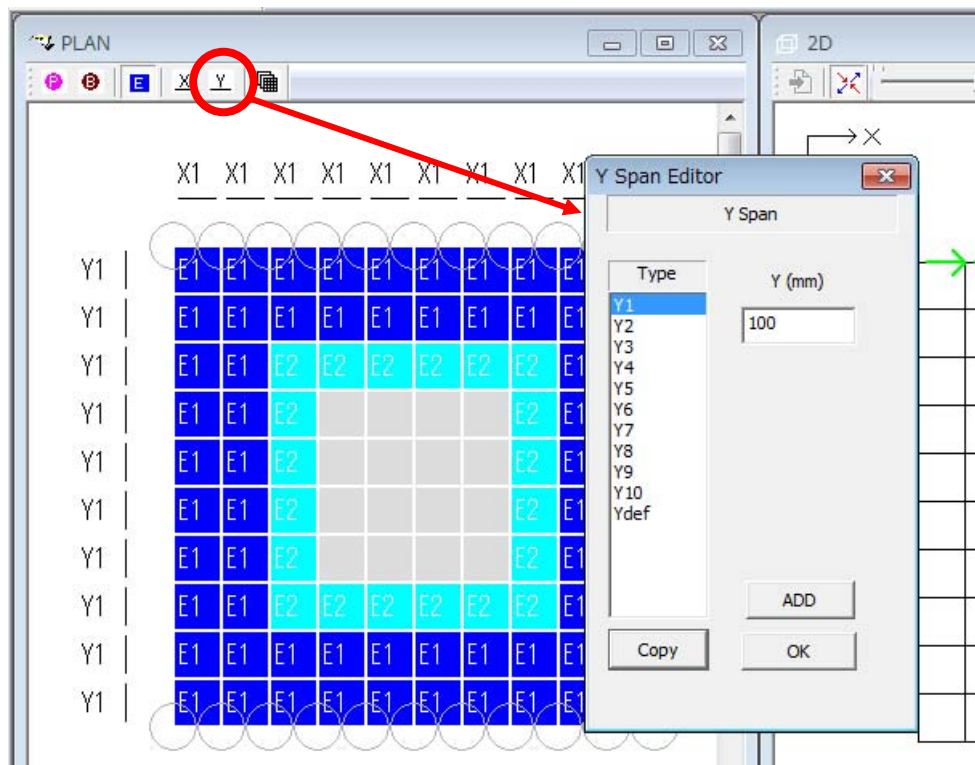


- 要素の厚さ (mm)、ヤング係数 (N/mm²)、ポアソン比、比重 (kg/m³) を入力します。
- 初期として鉄筋コンクリートの標準的な値が設定されています。
- [Color] で色を変更できます。
- [ADD] で入力をセットし、次の要素タイプへ移動します。
- “Edef” を選択して特性を入力すると、初期値を変更できます。
- [OK] をクリックして終了します。

アイコン  をクリックすると、X方向の要素寸法(mm)を入力できます。



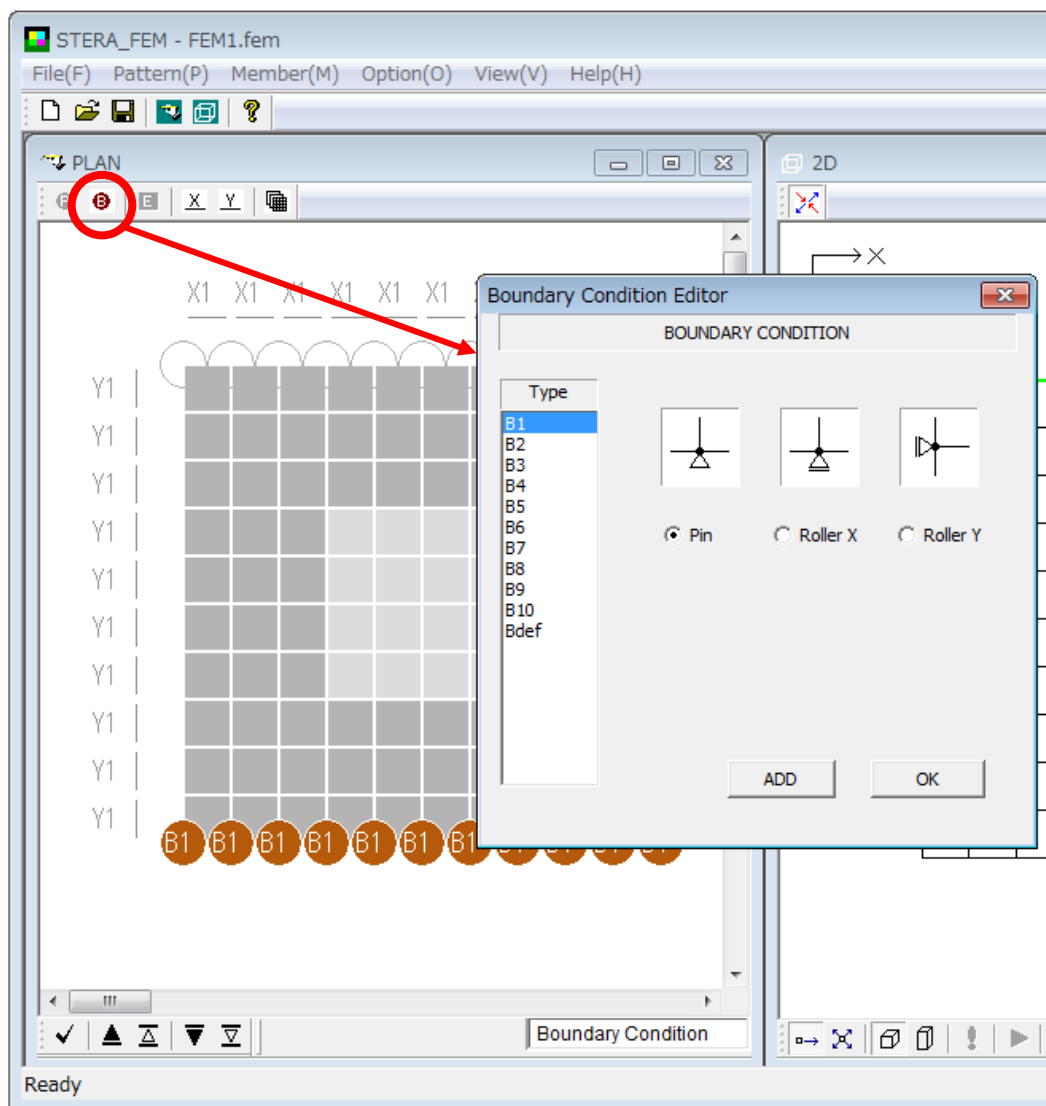
アイコン  をクリックすると、Y方向の要素寸法(mm)を入力できます。



5-2. 拘束条件

アイコン  をクリックすると、節点の拘束条件の編集画面が現れます。

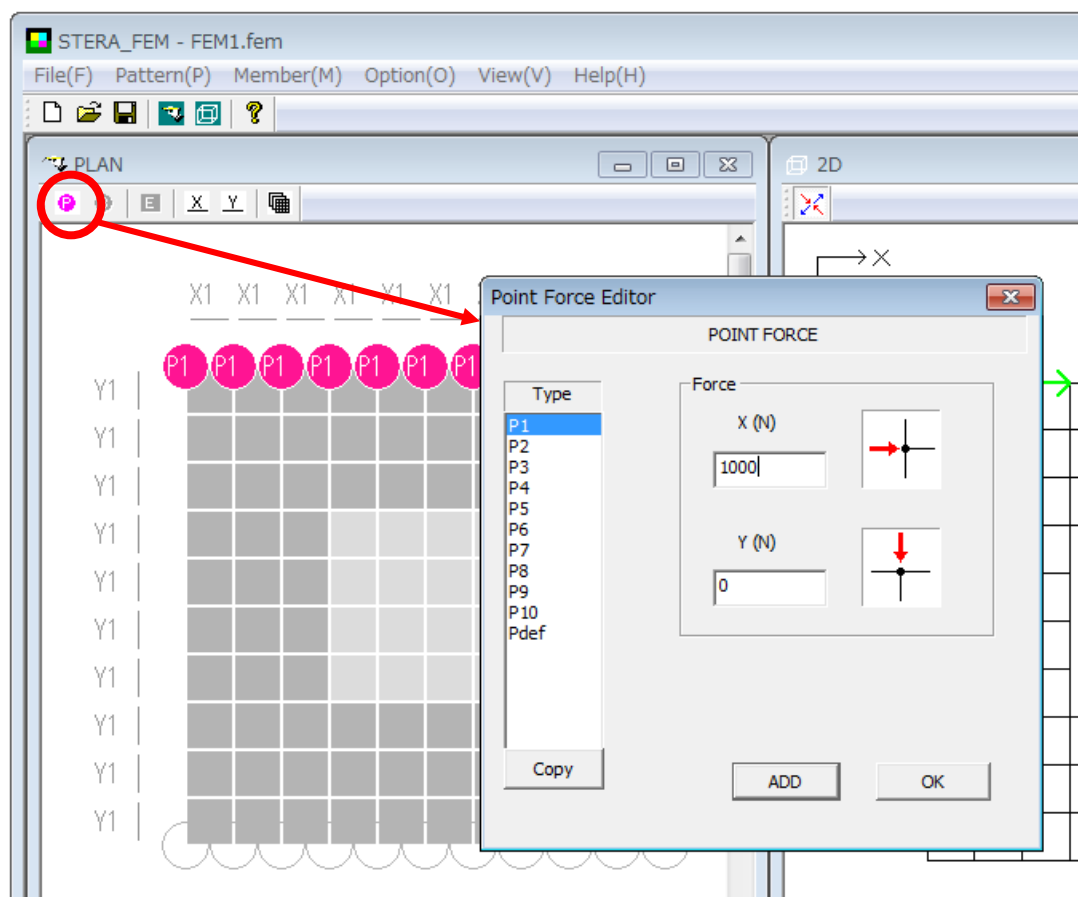
拘束条件はピンとローラーから選択できます。



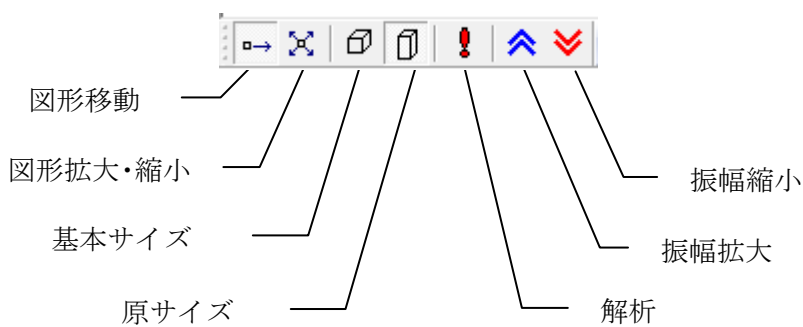
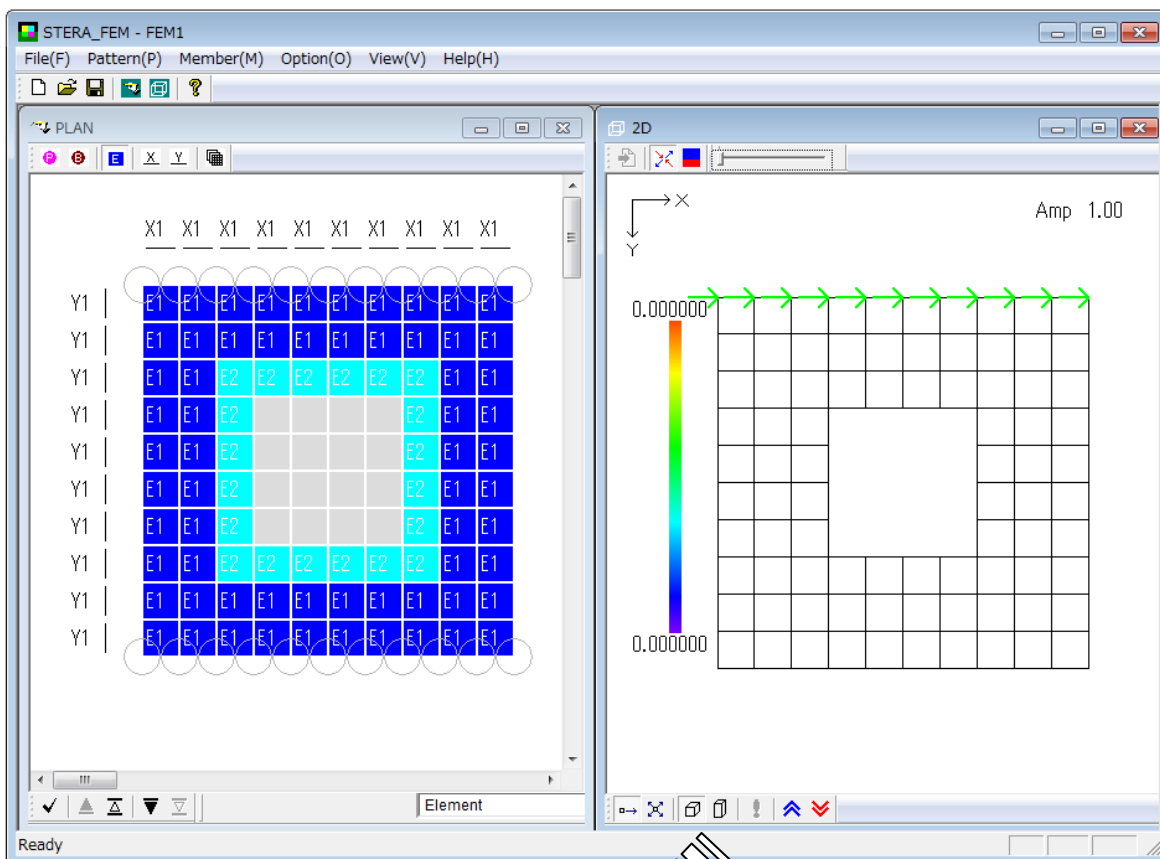
5-3. 荷重条件

アイコン  をクリックすると、節点の荷重条件の編集画面が現れます。


荷重条件として、X, Y 方向の集中荷重(N)を入力します。





6. 解析結果の2D表示



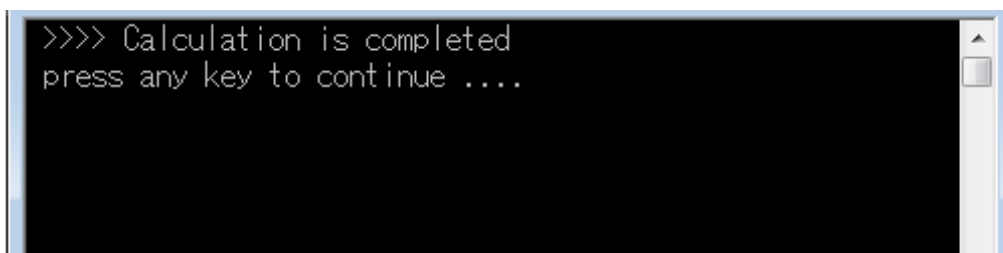
STERA FEM 使用法



[1] “Default (基本サイズ) ”の画面では、X, Y 方向とも同じ寸法になっています。

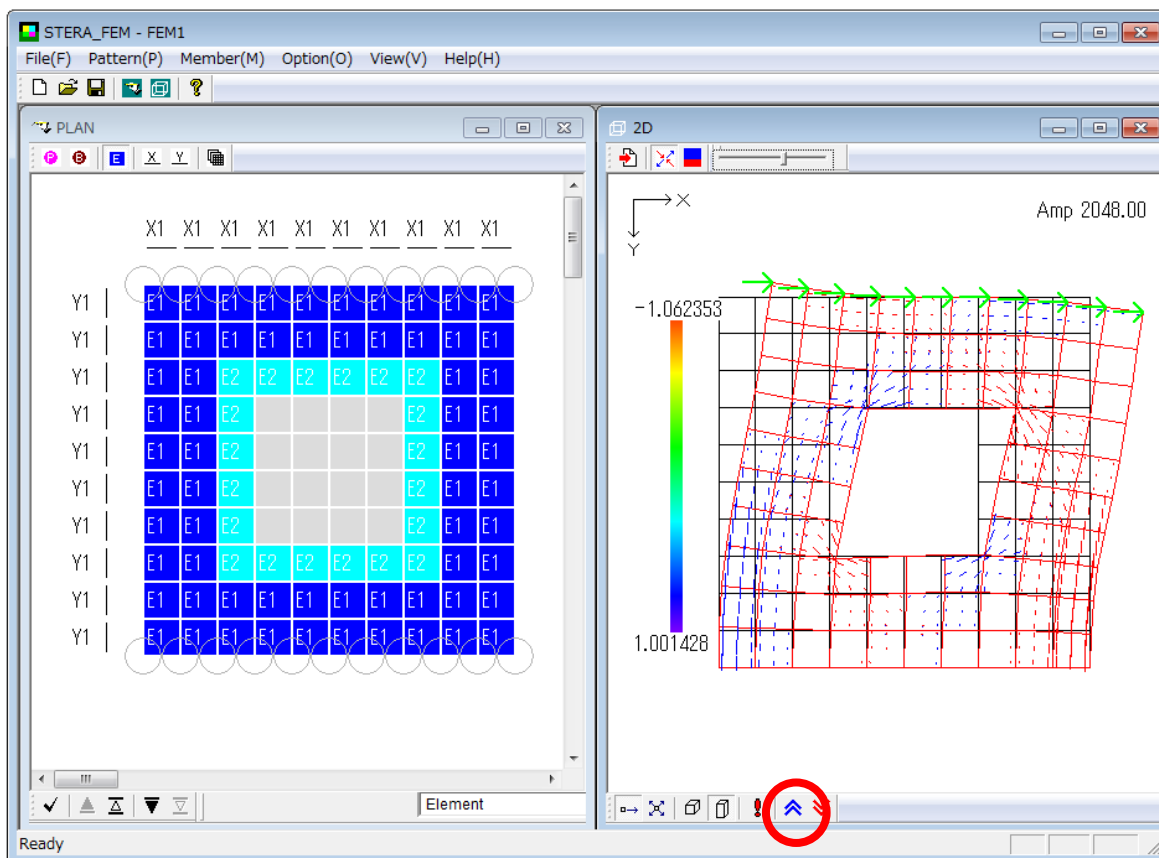
“Actual (原サイズ) ”をクリックすると、入力した実際の寸法の比率で表示します。

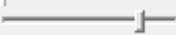

[2] ”Analyze (解析) ”が有効になったら、クリックして解析をします。

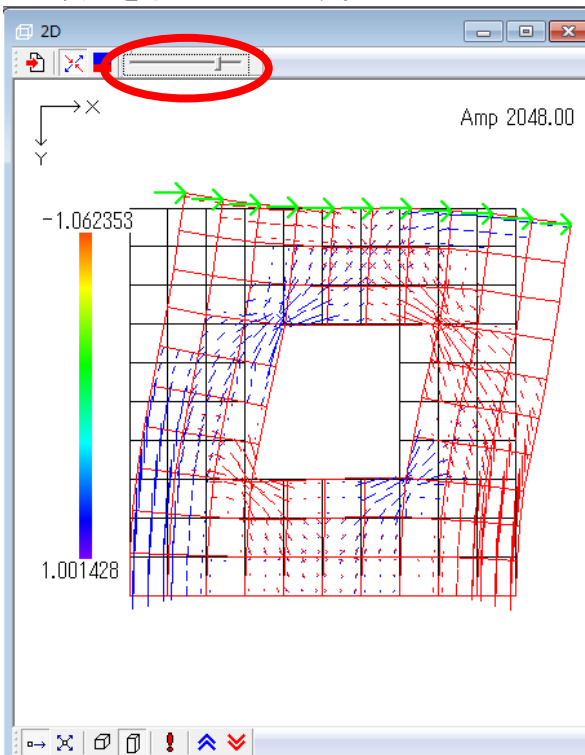
[3] “Calculation is completed”のメッセージが現れたら、何かキーを押して画面を消します。



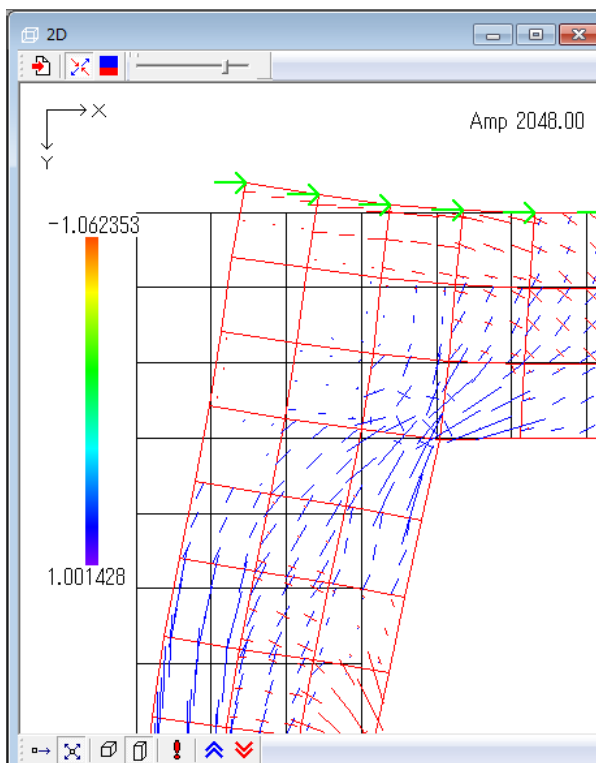
[4] 静的解析の結果（変形と主応力分布）が2D画面に表示されます。ボタン  を押すと、変形が拡大されます。ボタン  を押すと、変形が縮小されます。拡大率は画面の右上に表示されます。




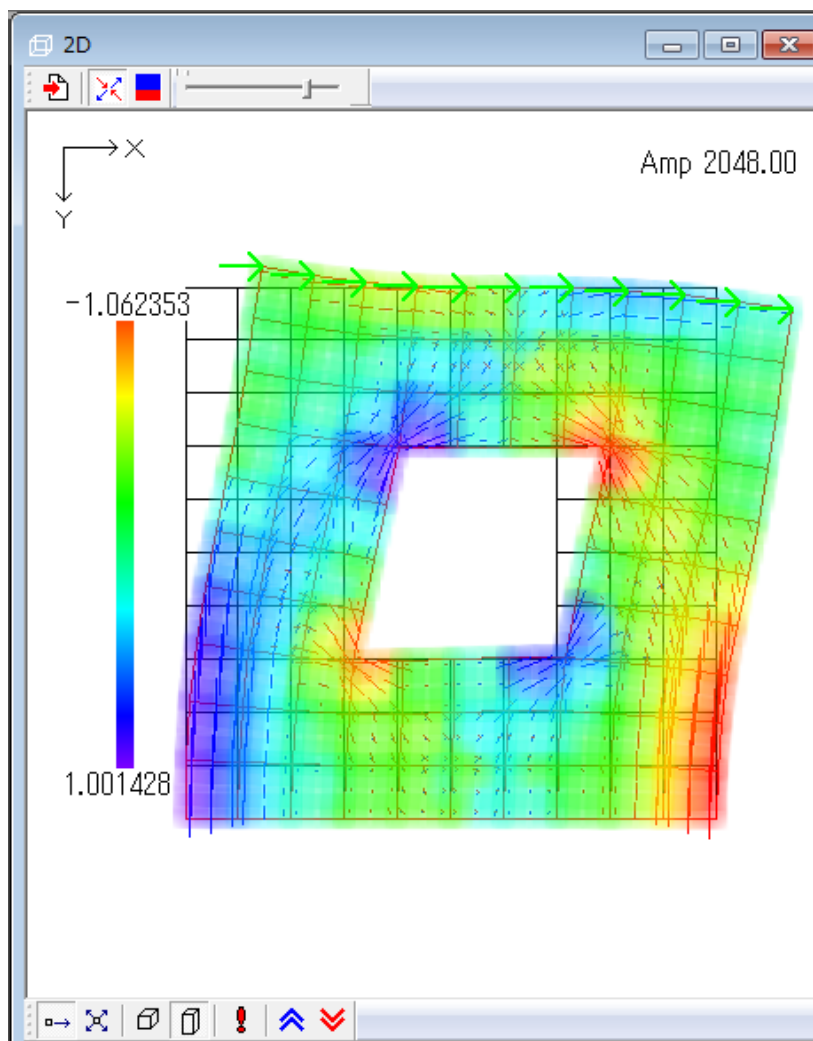
[5] スライダー  を移動すると、主応力が強調されます。 ボタンを押すと、応力表示をオフにできます。



[6] マウスの左クリックで図をドラッグすると拡大することができます。右クリックで図をドラッグすると移動します。






- [7]  ボタンを押すと、主応力分布を色で表示することができます。

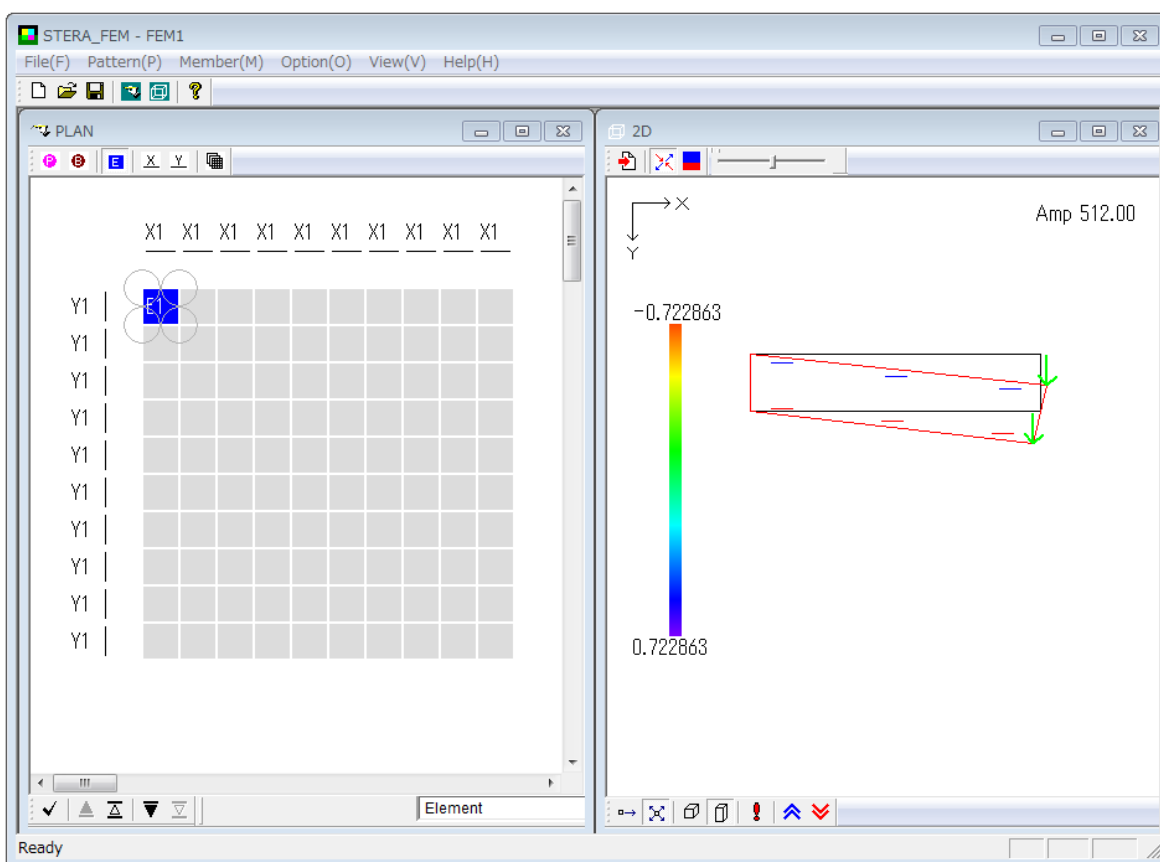
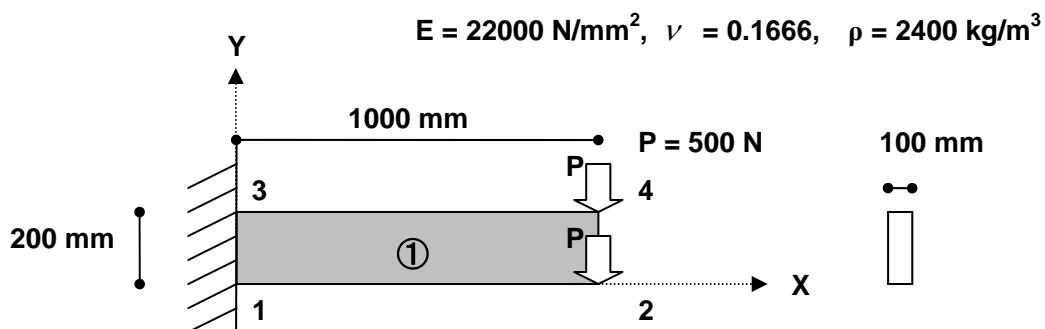


7. 出力ファイル

フォルダには、以下のファイルが自動的に作成されます。

-  input_data.txt
-  output_data.txt
-  output_response.txt

簡単なケースで出力ファイルの内容を説明します。



STERA FEM 使用法

1) ファイル “input_data.txt”

実行ファイル” Response.exe” 用の入力ファイルです。

FEM MODEL

Type of FEM Element

2 (1: Linear, 2: Incompatible) 有限要素の種類 (1: 線形要素 2: 非適合要素)

Total Numbers of: Nodes, Restrained Nodes and Loaded Nodes

4 2 2 節点数(4) 拘束節点数(2) 荷重節点数(2)

Nodal Coordinates

node	x[mm]	y[mm]	節点番号	節点の座標(x, y) (mm)
1	0	0		
2	1000	0		
3	0	200		
4	1000	200		

Nodal Restraints (n, 0: Free, 1: X-dir, 2: Y-dir, 12: X and Y)

node	direction	拘束節点番号	拘束自由度番号 (*1)
1	12		
3	12		

Gravity Acceleration [m/sec²]

-9.80 重力加速度

FEM Plate (Number of Elements, Number of Material Types)

1 1 要素の数(1) 要素タイプの数(1)

n	Thick mm	Ec N/mm ²	v	density kg/m ³
1	100.00	22000.00	0.1666	2400.00

要素番号 厚さ ヤング係数 ポアソン比 密度

Element Nodes Definition - Anticlockwise

n	n1	n2	n3	n4	typeE	要素番号	節点番号(*2)	種類番号
1	1	2	4	3	1			

Load Distribution (node, Fx, Fy)

node	Fx	Fy	節点番号	荷重(x, y) (N)
2	0.00	500.00		
4	0.00	500.00		

*1 ... 1 : x 方向拘束 2 : y 方向拘束, 12 : x および y 方向拘束

*2 ... 要素番号は反時計回りとする

STERA FEM 使用法

2) ファイル “output_data.txt”

FEM MODEL

<Structural Parameters>

```
ID of analysis mode
  idfem = 2 (1: linear, 2: incompatible)

control parameters
  nnode = 4 (total Number of NODEs)
  nrest = 2 (total Number of RESTrained nodes)
  nloadn = 2 (total Number of LOaDed Nodes)
```

nodal coordinate

```
--n--  ---x---  ---y---
  1      0.00      0.00
  2    1000.00      0.00
  3      0.00     200.00
  4    1000.00     200.00
```

nodal restrains

```
--n--  --dir.--
  1      12
  3      12
```

```
gravity acceleration (m/sec2)
  -9.80000
```

<Fem Plate>

```
control parameters
  nelfp = 1
  nndfp = 4
  nmtfp = 1
  nstfp = 3
  nvafp = 8
  ngaus = 3
```

material property

mt	Thickness (mm)	E (N/mm2)	Poisson ratio	Density (kg/m3)
1	100.0000	22000.0000	0.1666	2400.0000

node numbers and element type

```
  n   1   2   3   4   t
  1   1   2   4   3   1
```

<LOAD>

load distribution

```
--n--  ---x---  ---y---
  2      0.000  500.000
  4      0.000  500.000
```

入力データ
の反復

STERA FEM 使用法

```

=====
* Freedom Vector *
including restraint conitions
    1  1  0  0  1  1  0  0
numbering freedom vector
    0  0  1  2  0  0  3  4
number of freedom = 4

* Location Matrix *
Fem Plate No. 1 Number of variables = 8
    0  0  1  2  3  4  0  0

* Skyline Parameters *
number of diagonal element (+1) : 5
number of stiffness matrix element : 10
band width : 3
--- mhigh ---
    0  1  2  3
--- mdiag ---
    1  2  4  7  11

* Gauss Point *
(number of Gauss points = 3 )
           position      weighting factor
    1  -0.774596691131592  0.555555582046509
    2   0.000000000000000  0.888888895511627
    3   0.774596691131592  0.555555582046509

* Static Load *
freedom      load
    1  0.000E+00
    2  0.500E+03
    3  0.000E+00
    4  0.500E+03
    
```

} 自由度ベクトル

} 位置マトリクス

} スカイライン法の
パラメータ

} ガウスの積分点の重み係数

} 外力ベクトル

STERA FEM 使用法

3) ファイル “output_response.txt”

```

Number of element
1
Node number of each element
  EL  na  nb  nc  nd
  1   1   2   4   3
Number of node
4
Position of all nodes
Initial coordinate
  1  0.0000E+00  0.0000E+00
  2  0.1000E+04  0.0000E+00
  3  0.0000E+00  0.2000E+03
  4  0.1000E+04  0.2000E+03
Static displacement
  1  0.0000E+00  0.0000E+00
  2  0.4210E-01  0.2171E+00
  3  0.0000E+00  0.0000E+00
  4 -0.4210E-01  0.2171E+00
Principal stress at gauss point
  EL  1      sx      sy      theta  degree
  1  0.52767E-02 -0.72286E+00  0.14856E+01  85.12
  2  0.61760E-01 -0.61760E-01  0.78540E+00  45.00
  3  0.72286E+00 -0.52767E-02  0.85231E-01  4.88
  4  0.52767E-02 -0.72286E+00  0.14856E+01  85.12
  5  0.61760E-01 -0.61760E-01  0.78540E+00  45.00
  6  0.72286E+00 -0.52767E-02  0.85231E-01  4.88
  7  0.52767E-02 -0.72286E+00  0.14856E+01  85.12
  8  0.61760E-01 -0.61760E-01  0.78540E+00  45.00
  9  0.72286E+00 -0.52767E-02  0.85231E-01  4.88
Load distribution
  n      x      y
  1  0.0000E+00  0.0000E+00
  2  0.0000E+00  0.6176E+03
  3  0.0000E+00  0.0000E+00
  4  0.0000E+00  0.6176E+03

```

} 節点座標
 } 節点での変形
 } 主応力と角度
 } 節点荷重 (重力による自重を含む)