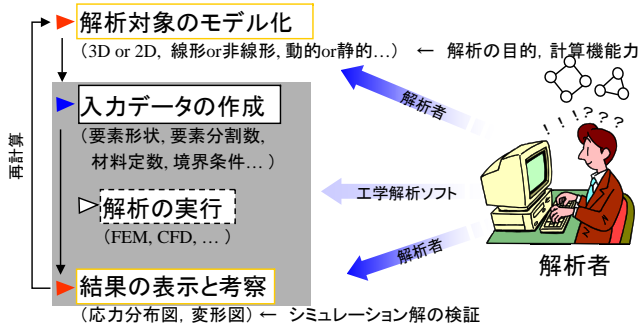
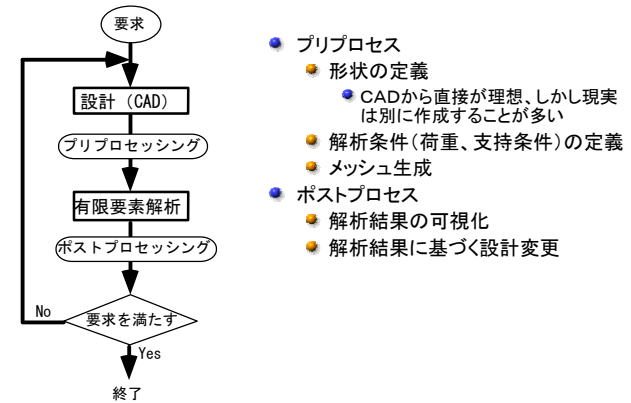


数値シミュレーション



プリ・ポストプロセッシング



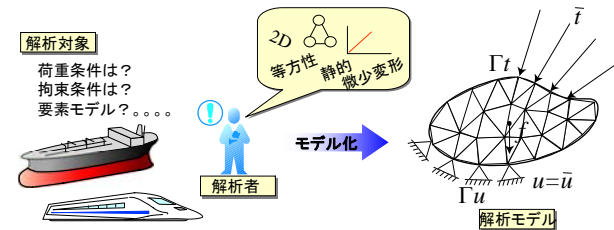
有限要素法解析ソフト ANSYS

▶ 各種解析機能を実行するソルバーと、プリプロセッサ、ポストプロセッサが一体となっている。

- ▶ ANSYS/Multiphysics : 構造・伝熱・電磁場・熱流体解析
- ▶ ANSYS/Mechanical : 構造・伝熱解析
- ▶ ANSYS/Structural : 構造解析
- ▶ ANSYS/Emag : 電磁場解析
- ▶ ANSYS/FLOTRAN : 熱流体解析
- ▶ ANSYS/LS-DYNA : 陽解法非線形過渡解析

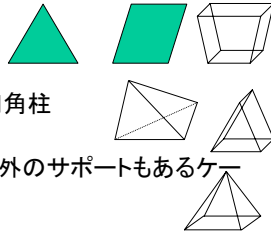
解析対象のモデル化

- ▶ 解析モデルの簡略化 (3次元 or 2次元)
- ▶ 解析条件 (線形or非線形, 動的or静的, 大変形or微小変形)
- ▶ 材料特性 (弾性or弾塑性, 等方性or異方性)
- ▶ 境界条件 (拘束条件, 荷重条件)
- ▶ 要素モデル・要素サイズ (3角形要素, 4角形要素)



有限要素法のメッシュ

- 2次元
 - 三角形、四辺形
 - 1次要素、高次要素
- 3次元
 - 四面体、六面体、三角柱、四角柱
- プログラムによってはこれ以外のサポートもあるケースがある。

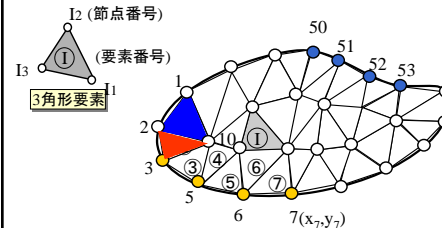


入力データの作成

- ▶ 節点番号, 節点座標 (解析形状の作成)
- ▶ 要素番号, 要素節点番号 (要素分割)
- ▶ 材料データ (材料定数)
- ▶ 境界条件の種類・境界条件を課す節点番号と値

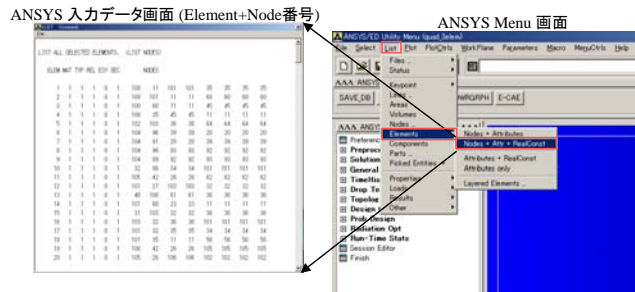
入力データの例

節点番号	x座標	y座標
1	0.0	0.0
2	0.1	0.1
...
要素番号	要素構成節点番号	
1	1-2-10	
...	...	
...	2-3-10	
...	...	
材料番号	弾性係数	ポアソン比
1	210 000e6	0.3
2	71 000e6	0.3
...
拘束する節点数	拘束節点番号	
4	3,5,6,7	
荷重拘束節点数	節点番号	値
4	50,31,52,53	100



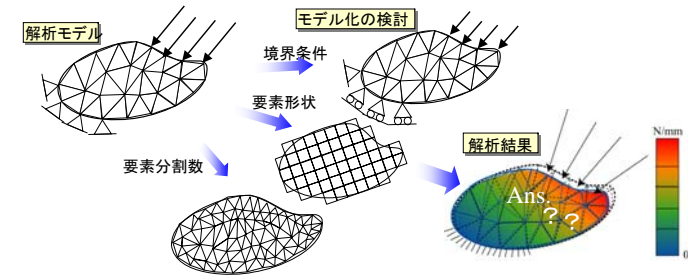
入力データの作成

- ▶ ANSYSによる入力データ作成
 - ▶ プリ・ポストが統合されているため、基本的には入力データは気にする必要がない。
 - ▶ 入力データを見るには、
「Utility Menu」→「List」→「Elements」→「Node+.....」



結果の表示と考察

- ▶ 結果の表示(応力, 変位, 速度ベクトル, 時刻歴応答, 要素解, 節点解)
- ▶ 結果の検討
 - ▶ 実験結果との比較によるシミュレーション解の検証。
 - ▶ モデル化(要素数, 要素形状, 境界条件etc.)による解の違いを検討。

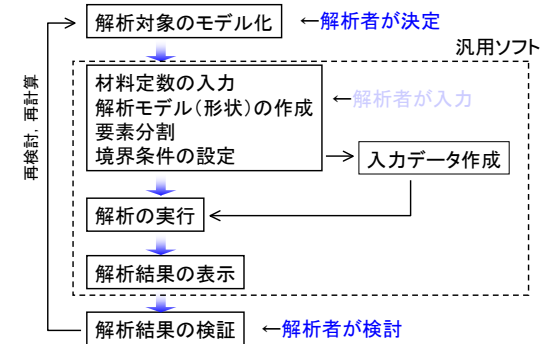


有限要素解析の実例

- ▶ 構造解析
 - ▶ 片持ち梁の撓み, 穴あき平板, ブラケット
- ▶ 流体解析
 - ▶ ステップ流れ, ポケット流れ, 3次元ステップ流れ
- ▶ 動的解析
 - ▶ 片持ち梁の時刻歴応答解析
 - ▶ 片持ち梁のモード解析
- ▶ おまけ
 - ▶ 3次元CADデータを用いた有限要素メッシュの生成

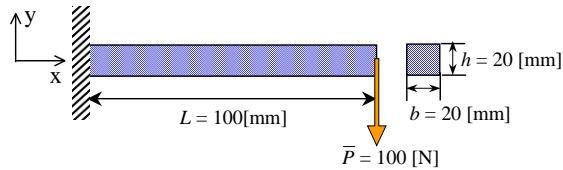
汎用ソフトによる解析の流れ

- ▶ 有限要素解析プログラムによる構造解析の流れ



構造解析(1)

- ▶ 片持ち梁の撓み

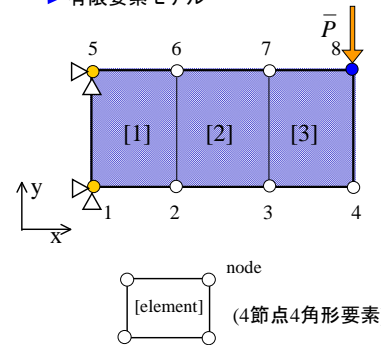


- ▶ 形状: 長さ $L=100$ mm, 高さ $h=20$ mm, 厚さ $b=20$ mm
- ▶ 材料: 弾性係数 $E=210000$ MPa, ポアソン比 $\nu=0.3$
- ▶ 境界条件: 左端固定, 右端に集中荷重 $P=100$ N

構造解析(1)

- ▶ 片持ち梁の入力データ例

- ▶ 有限要素モデル



入力データ表の例

節点数	要素数	
8	3	
節点番号	x座標	y座標
1	0	0
2	0.0333	0
3	0.0666	0
4	0.1	0
5	0	0.02
6	0.0333	0.02
7	0.0666	0.02
8	0.1	0.02
要素番号	要素構成節点番号	
1	1-2-6-5	
2	2-3-7-6	
3	3-4-8-7	
材料データ	弾性係数	ポアソン比
2	210000MPa	0.3
拘束節点数	拘束節点番号	
2	1, 5	
拘束節点数	拘束節点番号	値
1	8	100

構造解析(1)

▶ ANSYSによる入力データの例

▶ 節点番号, 節点座標 ▶ 要素番号, 要素構成節点番号 ▶ 材料データ

LIST ALL SELECTED NODES. DSYS= 0 SORT TABLE ON NODE NODE NODE

NODE	X	Y	Z	THXY	THYZ	THZX
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00	0.00
2	0.10000	0.0000	0.0000	0.00	0.00	0.00
3	0.33333E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.00	0.00
4	0.66667E-01	0.0000	0.0000	0.00	0.00	0.00
5	0.10000	0.20000E-01	0.0000	0.00	0.00	0.00
6	0.0000	0.20000E-01	0.0000	0.00	0.00	0.00
7	0.66667E-0	0.20000E-01	0.0000	0.00	0.00	0.00
8	0.33333E-01	0.20000E-01	0.0000	0.00	0.00	0.00

(節点番号) (座標)

LIST ALL SELECTED ELEMENTS. (LIST NODES)

ELEM	MAT	TYP	REL	ESY	SEC	NODES
1	1	1	1	0	1	1 3 8 6
2	1	1	1	0	1	3 4 7 7
3	1	1	1	0	1	4 2 5 7

(要素番号) (要素構成節点番号)

EVALUATE MATERIAL PROPERTIES FOR MATERIALS 1 TO 1 IN INCREMENTS OF 1
MATERIAL NUMBER = 1 EVALUATED AT TEMPERATURE OF 0.0000

EX = 0.21000E+12
NUXY = 0.30000 (材料データ)
PRXY = 0.30000

ANSYS

構造解析(1)

AREAS
TYPE NUM

▶ 計算モデルの表示(ANSYS)

▽ 要素数: 3, 節点数: 8
▽ 境界条件: 左端完全固定 (node:1 and 6), 右端集中荷重 (node:5)

ANSYS

構造解析(1)

▶ 結果の表示: 変形図, 応力分布図

MODAL SOLUTION
SUB = 1
TTMP = 1
PRQV (A) (AVG) 最大撓み
DMX = 4.010E-04 最大応力
SMN = 4.33013 最小応力
SMX = -6.27E+07

DMX
0.120E-
[m]

シミュレーション工学(後半) 2006/12/5*12

構造解析(1)

▶ 結果の検討

▶ 検討項目

- 要素数, 要素形状 ◀ 検討してみよう
- 材料物性値 (ヤング率, ポアソン比)
- 荷重, 拘束条件 (境界条件の設定)

▶ シミュレーション解の検証

- 解析解との比較 [梁の最大撓み]
Ymax = 0.0124 [mm] (チモシェンコ梁理論)
- 実験値との比較

結果を正しく評価
正しい解を得るには?

3角形要素 vs. 4角形要素

要素小 vs. 要素多

計算精度は? 解は? 誤差は?

拘束条件 (固定orスライド) 荷重条件 (集中or分布)

シミュレーション工学(後半) 2006/12/5・12

構造解析(1)


▶ ANSYSによる「要素分割数」と「要素モデル」の変更.

ANSYS Main Menu

※モデル形状の作成まで戻る.

1. 境界条件の「Delete」.
「Main Menu」→「Solution」→「Define Load」→「Delete」
2. 要素分割の「Clear」.
「Main Menu」→「Preprocessor」→「Meshing」→「Clear」
3. 「要素モデルの変更」※要素モデルを変更する場合.
「Main Menu」→「Preprocessor」→「Element Type」→「Add/Edit/Delete」
4. 「要素分割」
「Main Menu」→「Preprocessor」→「Meshing」
5. 「境界条件の入力」
「Main Menu」→「Solution」→「Define Load」
6. 解析の実行

※これまでの解析の流れと同様



(境界条件のDelete) 17

シミュレーション工学(後半) 2006/12/5・12

構造解析(1)

▶ 結果の検討(要素分割数)

要素分割: 2要素

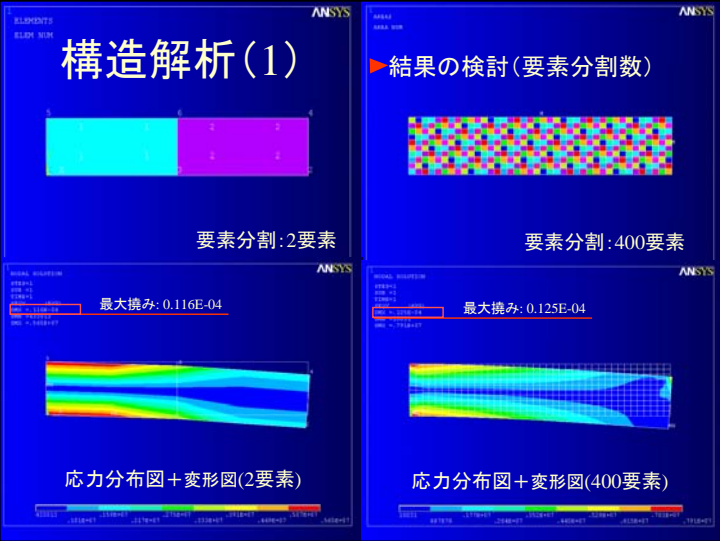
要素分割: 400要素

最大撓み: 0.116E-04

最大撓み: 0.125E-04

応力分布図+変形図(2要素)

応力分布図+変形図(400要素)



シミュレーション工学(後半) 2006/12/5・12

構造解析(1)

▶ 結果の検討(要素形状)

▷ アスペクト比 (1:50)

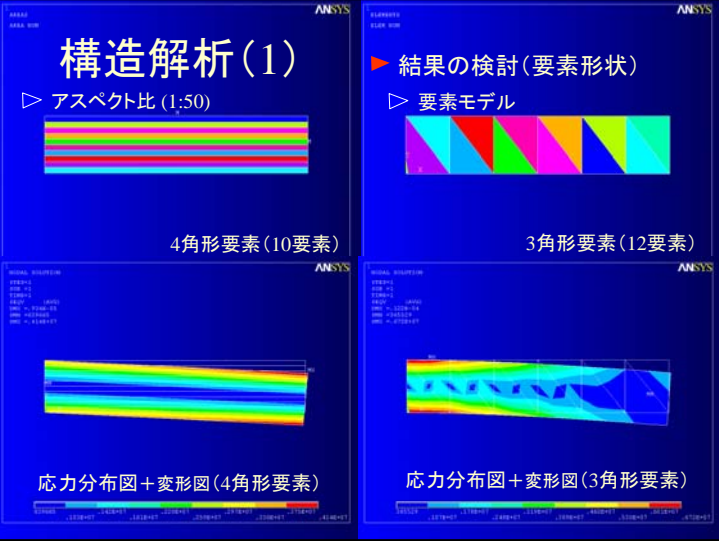
▷ 要素モデル

4角形要素 (10要素)

3角形要素 (12要素)

応力分布図+変形図(4角形要素)

応力分布図+変形図(3角形要素)



シミュレーション工学(後半) 2006/12/5・12

構造解析(2)

▶ 穴あき平板問題

▶ 検討項目

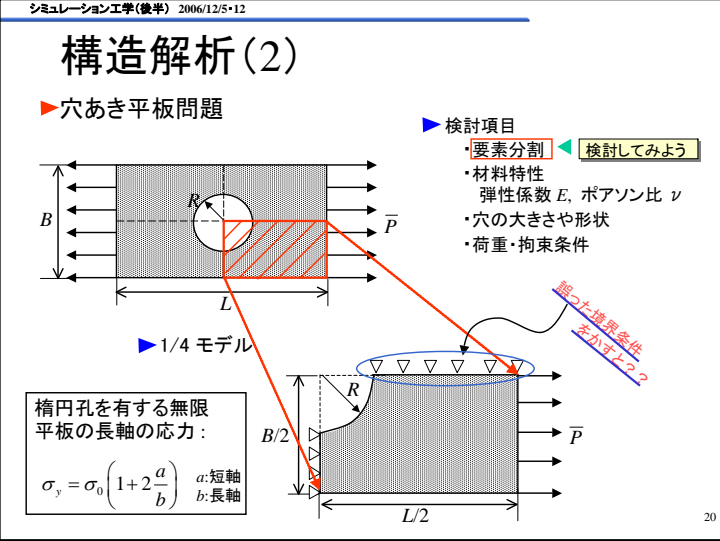
- 要素分割 (検討してみよう)
- 材料特性 (弾性係数 E , ポアソン比 ν)
- 穴の大きさや形状
- 荷重・拘束条件

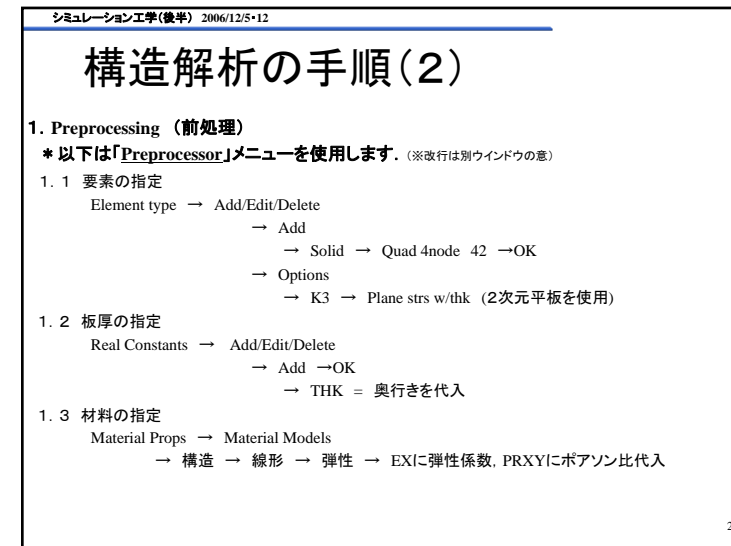
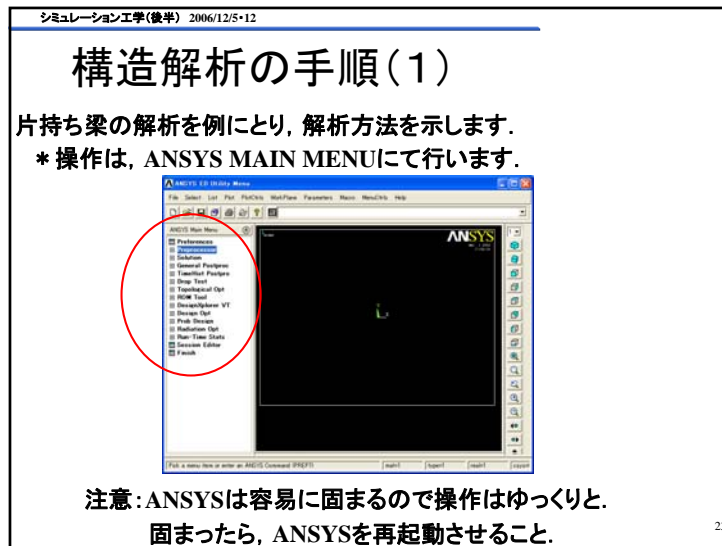
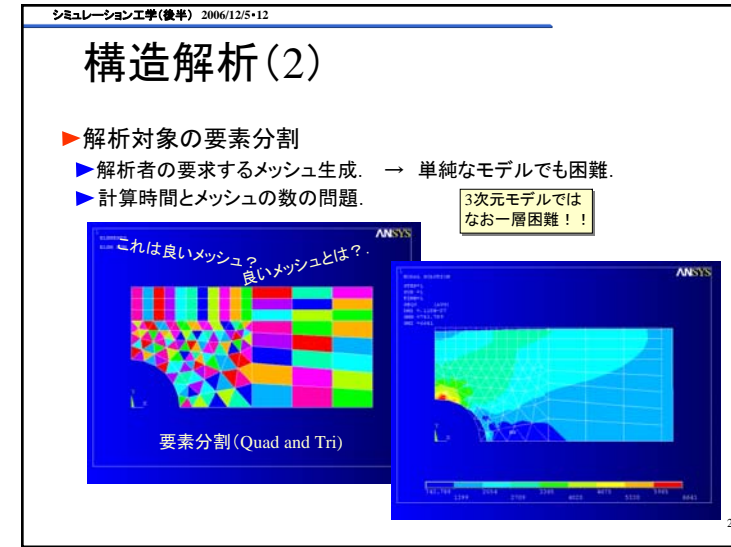
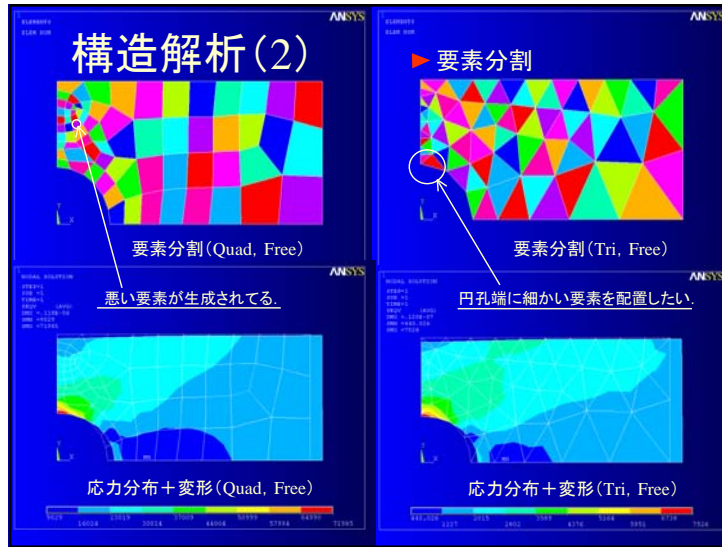
1/4 モデル

楕円孔を有する無限平板の長軸の応力:

$$\sigma_y = \sigma_0 \left(1 + 2 \frac{a}{b} \right) \quad \begin{matrix} a: \text{短軸} \\ b: \text{長軸} \end{matrix}$$

調べた境界条件が必ず1/2





構造解析の手順(3)

- 1.4 メッシュを切るための領域の指定
Modeling → Create → Areas → Rectangle → By 2 corners
→ 原点と長さ、幅を代入
- 1.5 メッシュを切る
Meshing → Meshing tool
→ 全体は全体でのメッシュの大きさの指定、ラインはその線の分割数の指定
形状はtriで3角形のメッシュ、quadで4角形のメッシュとなる。
- 1.6 拘束条件の指定
Loads → Define Loads → Apply → Structural → Displacement → On lines
→ 拘束条件を指定(All DOFは全方向、UXはx方向を拘束)
- 1.7 荷重条件の指定
Loads → Define Loads → Apply → Structural → Forces/Moment → On Node
→ 方向と大きさを指定(FXはx方向、valueで大きさ)

25

構造解析の手順(4)

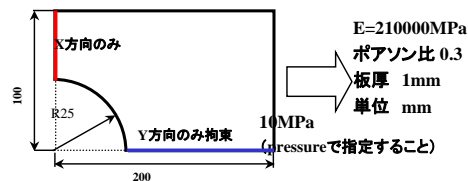
2. Solve (解析)
* 以下は「Solution」メニューを使用します。
2.1 解析
Solve → Current LS
3. Post processing (後処理)
* 以下は「General Postproc」メニューを使用します。
3.1 変形の表示
Plot Results → Deformed Shape
→ Def + un deformed
- 3.2 ミーゼス応力の表示
Plot Results → Contour Plot → Nodal solu
→ Nodal solution → Stress → von Mises Stress → additional options → コーナー + 中間点
※ウィンドウのDMXが最大たわみ量です。

26

構造解析の手順(5)

穴あき平板問題の注意事項

- ・形状及び応力は以下の図のとおりすること。



・穴あき平板の作り方

長方形平板と穴を開ける円の2つのエリアを作成後、

Modeling → Operate → Booleans → Subtract

→ 長方形選択後、OKを押してから、円を選択

27

レポート課題

1. 片持ち梁の解析に関して
以下の項目に関して、理論解と解析解の比較により、どちらが優れているか検討せよ。
① 3角形要素、10要素と100要素
② 要素数のほぼ等しいの3角形要素と4角形要素
③ 4角形要素10要素による、アスペクト比1:50と1:2(Y軸方向2分割)
2. 以上の比較により、計算時間を考慮しない場合、どのようなメッシュのきり方をすればよいか考察せよ。
3. 上記の問題で得られた考察を元に、穴あき平板を解析して、授業中に行った方法より優れた解が求まることを確認せよ。また、新たに得られた知見があればそれを記せ。

28