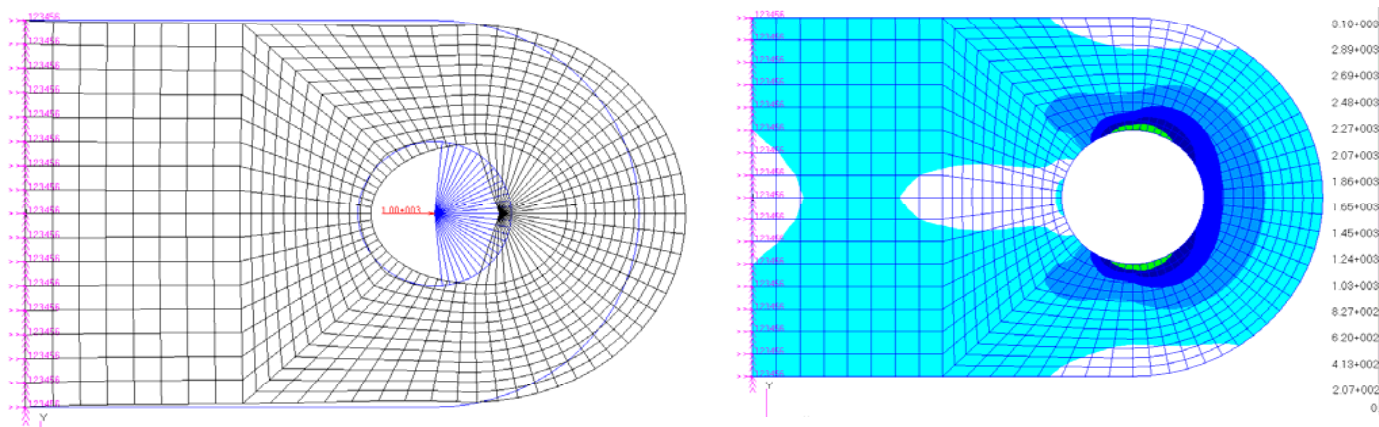


ラグのモデリング



株式会社コーワメックス
航空機設計部

目的



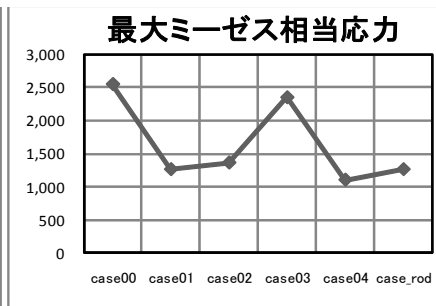
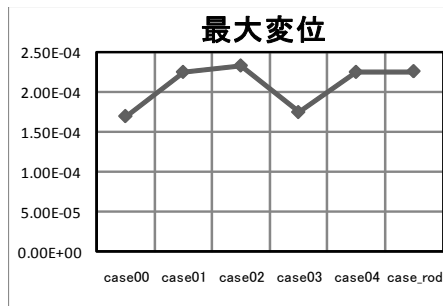
- ラグのファスナー固定部周辺の応力分布を調べる。
- ファスナーとの接合部モデルを数パターン比較し、適正なものを検討する。

結果

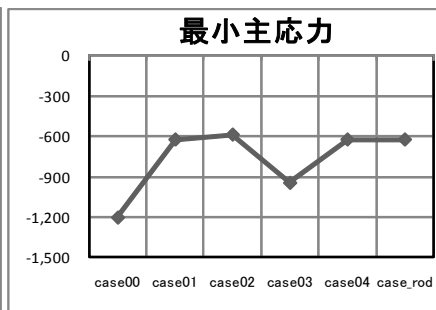
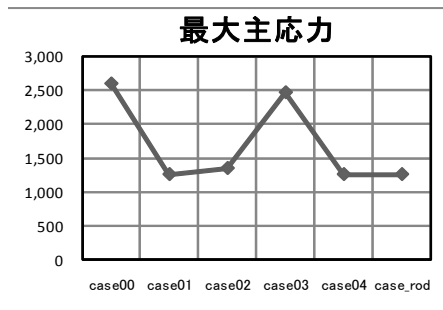


ラグとファスナのモデルを変えて比較解析を行った。

- 実体に近い変形と考えられるのはBAR要素、ROD要素、線形・非線形GAP要素
- それ以外では局部変形がみられる為、過剰な応力が出ている可能性がある。
- 変形の大きさ BAR > ROD ≒ 線形・非線形GAP > ばね > 剛体要素 の順。
- 応力の大きさ 剛体要素 > ばね > BAR > ROD = 線形GAP > 非線形GAP の順。



ファスナとラグ結合部のモデル		
case0	RBE2	剛体結合
case1	GAP (SOL101)	線形GAP要素
case2	CBAR	BAR要素
case3	CELAS1	ばね要素
case4	GAP (SOL106)	非線形GAP要素
case_rod	CROD	ROD要素



結果



実態により近く、安全側に評価でき、さらに使用しやすい要素は、BARもしくはROD要素と考えられる。

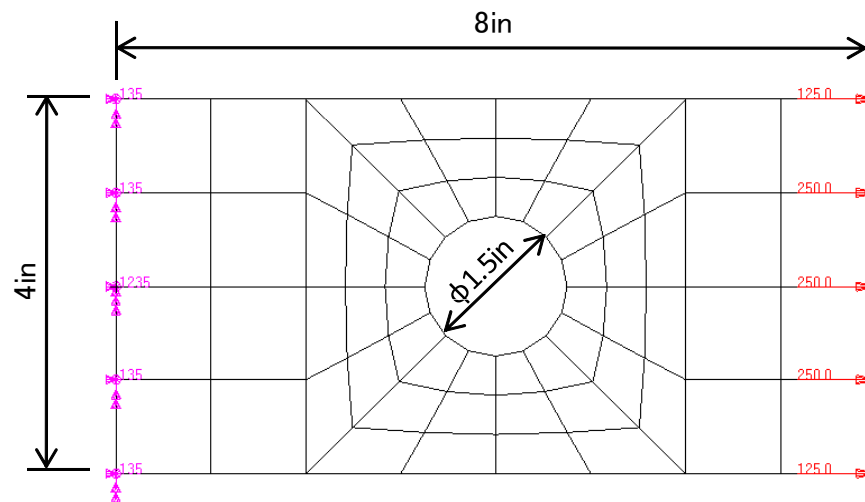
(※BAR要素を使用する場合は、せん断方向の剛性を十分に弱くするよう断面積を小さくする必要がある。)

メッシュ精度の検証



まず、適正なメッシュサイズを検討した。

円孔を持つ帯板のモデルを作成し、理論値と解析値を比較する。



板厚 $t=1in$

メッシュ精度の検証



理論値の計算

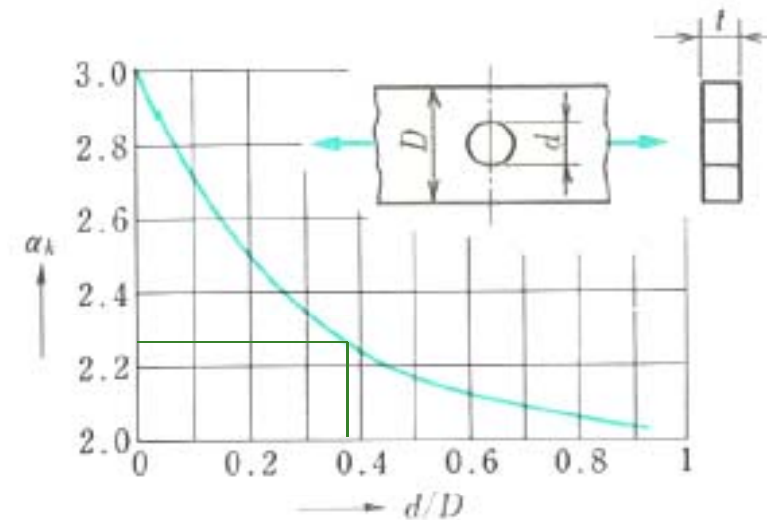
穴縁に発生する最大応力 σ は、

$$\sigma = \text{形状係数 } \alpha_k \times \text{公称応力 } \sigma$$

$$d/D = 1.5/4 = 0.375$$

右の図より $\alpha_k = 2.28$ なので、

$$\begin{aligned} \sigma &= \alpha_k \cdot F / (t \cdot (D-d)) \\ &= 2.28 \cdot 1000 / (1(4-1.5)) = 912 \text{psi} \end{aligned}$$

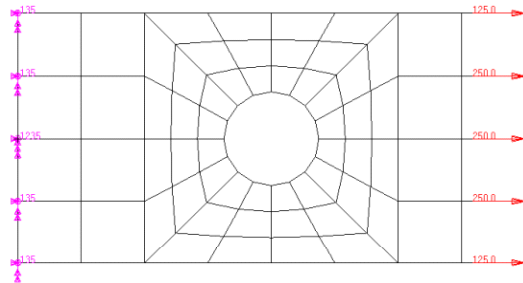


円孔を持つ帯板の場合

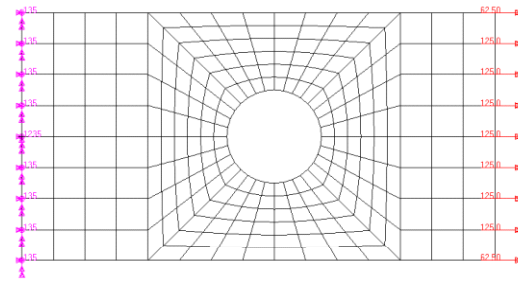
メッシュ精度の検証



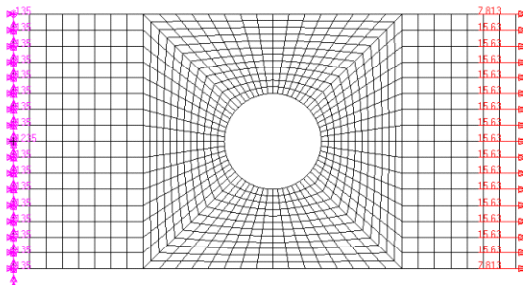
解析モデルは4種類。
数字は、穴縁周りの要素数とする。



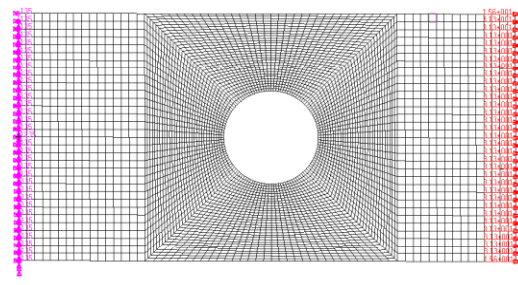
パターン16



パターン32



パターン64



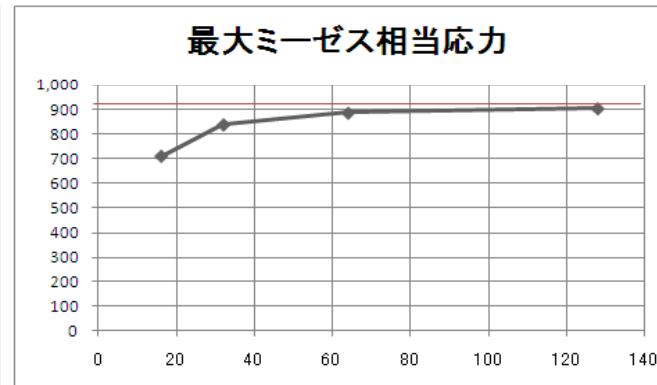
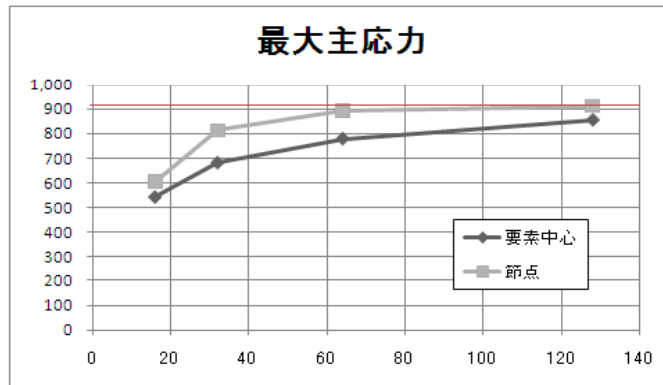
パターン128

メッシュ精度の検証



理論値と解析値の比較結果を下記に示す。
グラフより、パターン64以上でほぼ理論値付近に収束することが分かった。

→ラグのモデルはパターン64で比較することとした。

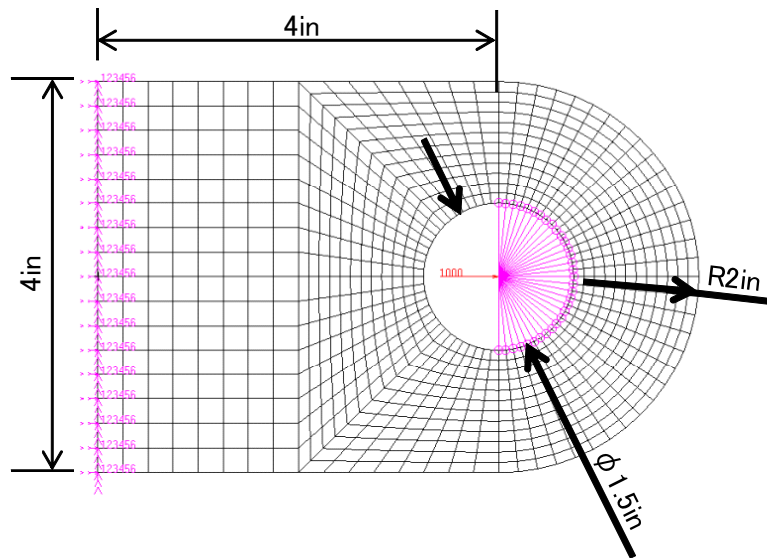


ラグ解析モデル



荷重を負荷する節点と、穴縁との結合を「ファスナとラグの結合部のモデル」とした。

ファスナとラグとの結合部のモデル別に、下表の分だけモデルを作成した。



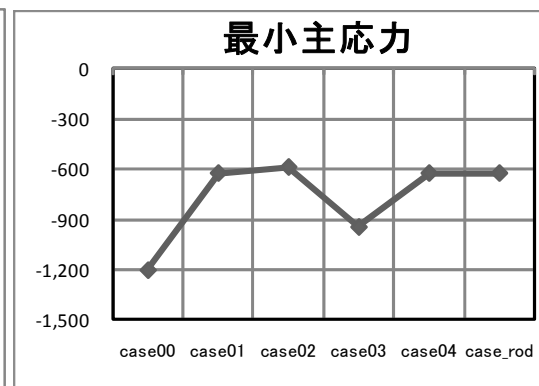
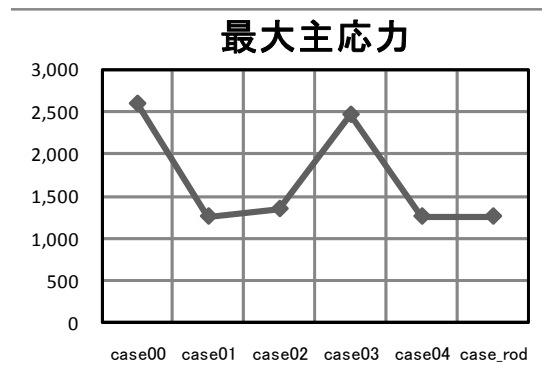
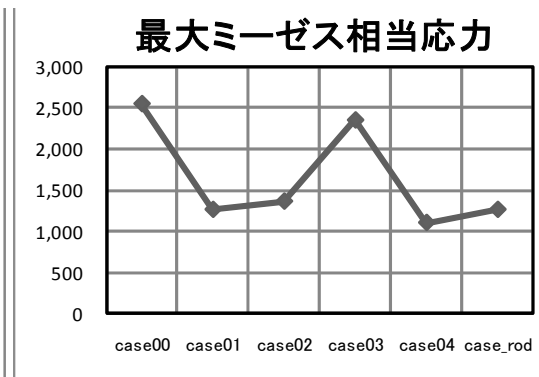
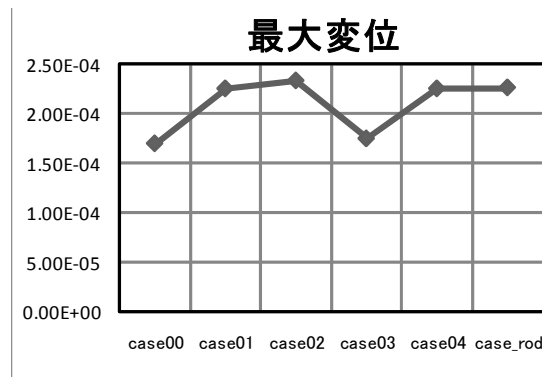
ファスナとラグ結合部のモデル		
case0	RBE2	剛体結合
case1	GAP(SOL101)	線形GAP要素
case2	CBAR	BAR要素
case3	CELAS1	ばね要素
case4	GAP(SOL106)	非線形GAP要素

- ラグのヤング率 $E = 1.05e7$
- ポアソン比 $\nu = 0.33$
- (ファスナのヤング率 $E = 1.60e7$
ポアソン比 $\nu = 0.30$)

解析結果



- ・変形の大きさは、BAR > ROD ≒ 線形・非線形GAP > ばね > 剛体要素
- ・応力の大きさは、剛体要素 > ばね > BAR > ROD = 線形GAP > 非線形GAP



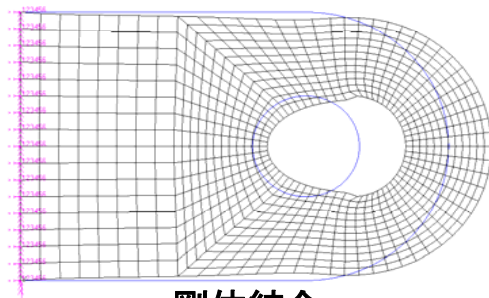
CBAR要素の結果は、
BAR2の結果を使用した。

解析結果

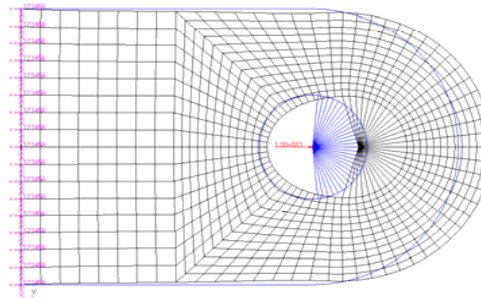


変形図

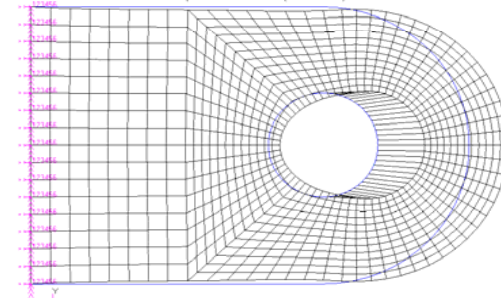
実体に近い変形と考えられるのはBAR要素、ROD要素、線形・非線形GAP要素
剛体結合、ばね要素は局部変形がみられる為、過剰な応力が出ている可能性がある。



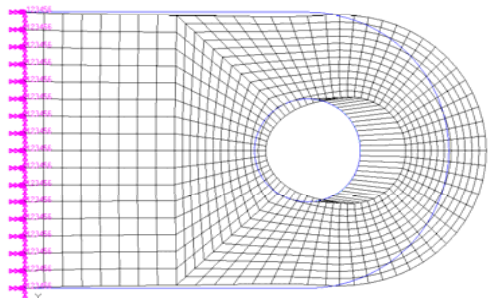
剛体結合



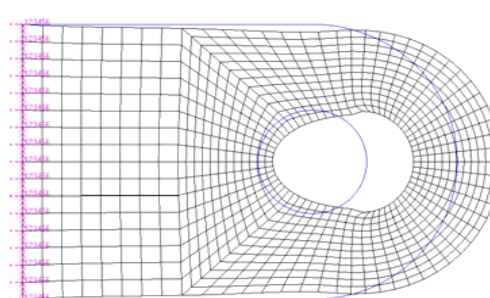
BAR



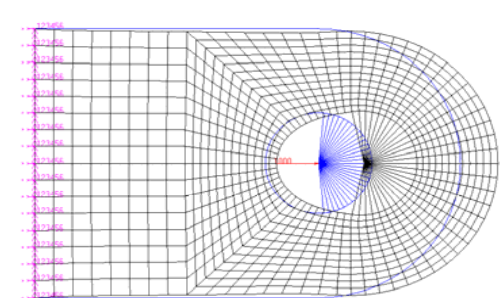
非線形GAP



線形GAP



ばね要素



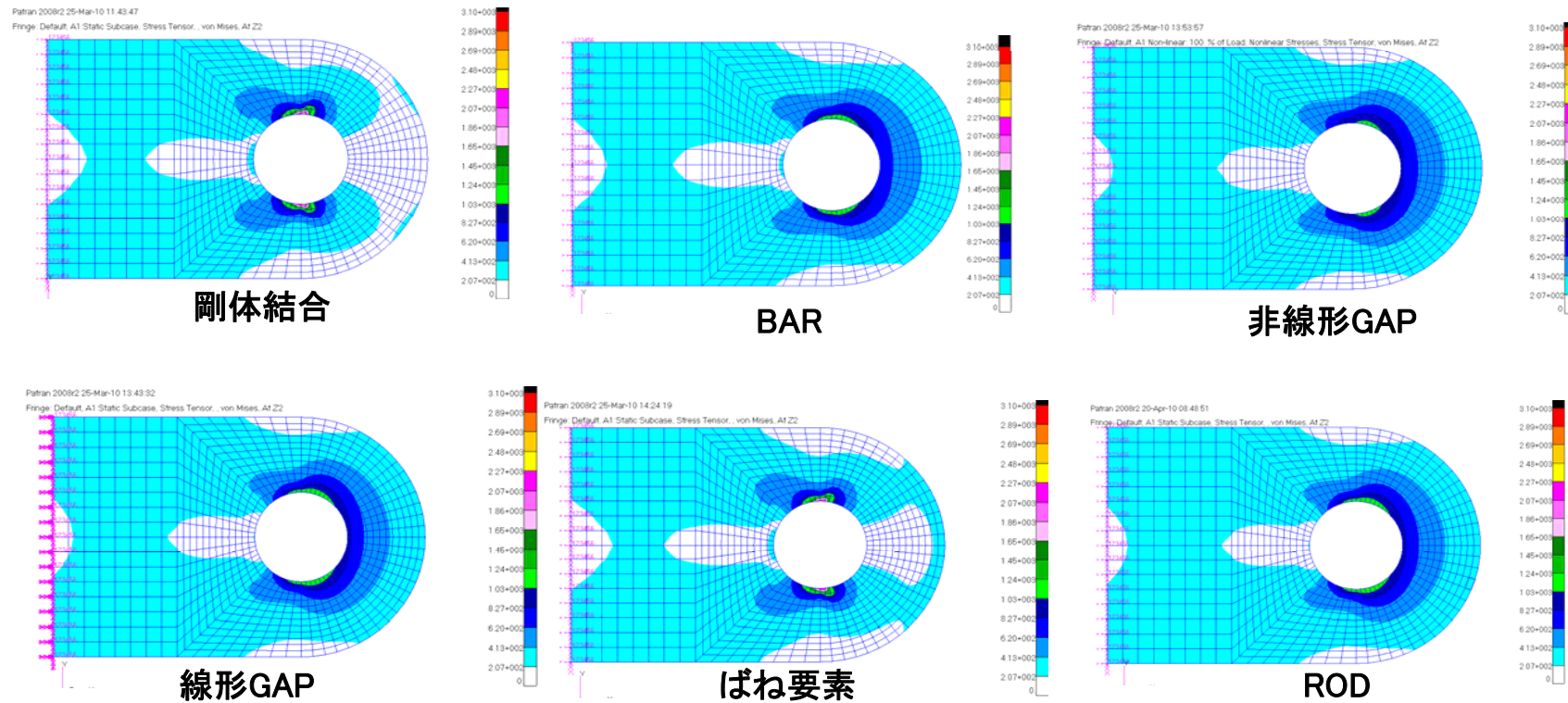
ROD

解析結果



応力分布図

剛体結合、ばね要素は局部に応力集中がみられる。



BAR要素の検討



BAR要素の断面寸法を変更して計算した。

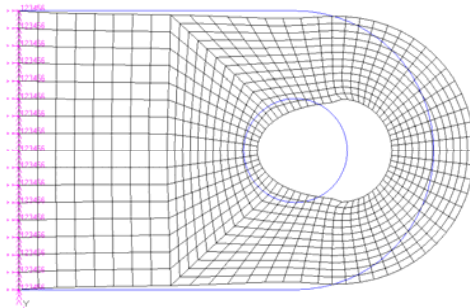
また、せん断方向の剛性を考慮しないROD要素も加えた。

要素	断面寸法
BAR0	B = 1.5in, H = 1.0in
BAR1	B = 0.15in, H = 0.1in
BAR2	B = 0.3in, H = 0.2in
BAR3	B = 0.45in, H = 0.3in
BAR4	B = 0.6in, H = 0.4in
BAR5	B = 0.9in, H = 0.6in
BAR6	B = 1.2in, H = 0.8in
ROD	Area = 1.5inch ²

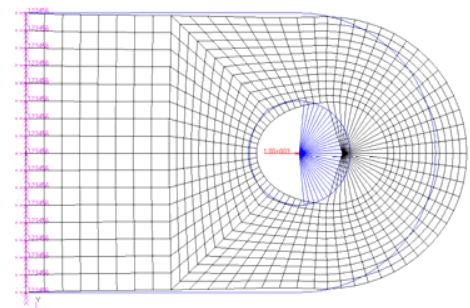
BAR要素の検討

BAR要素の断面積によって、反力の傾向が大きく変化する。
BAR2は、せん断方向の剛性が小さくなり、軸方向の支えが
支配的になったためと考えられる。

変形図

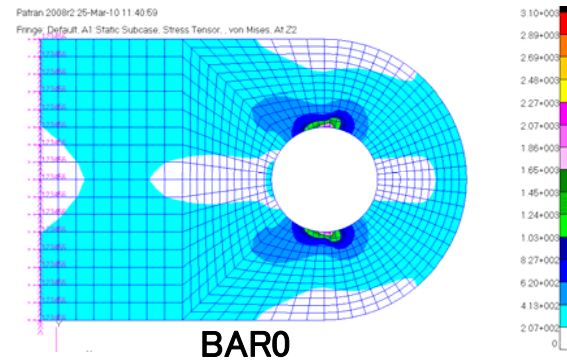


BAR0

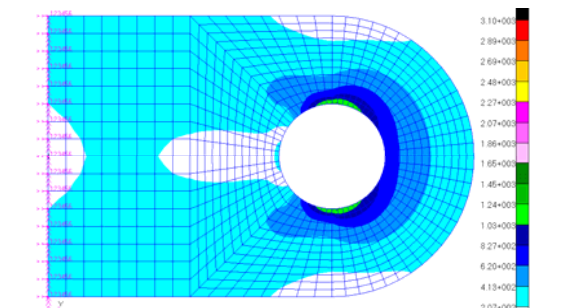


BAR2

応力分布図



BAR0



BAR2



結論



ラグとファスナのモデルを変えて比較解析を行った。

- ・実体に近い変形と考えられるのはBAR要素、ROD要素、線形・非線形GAP要素
- ・それ以外では、局部変形がみられる為、過剰な応力が出ている可能性がある。
- ・変形の大きさは、BAR > ROD ≒ 線形・非線形GAP > ばね > 剛体要素
- ・応力の大きさは、剛体要素 > ばね > BAR > ROD = 線形GAP > 非線形GAP

上記の結果から、実態により近く、安全側に評価でき、さらに使用しやすい要素は、BARもしくはROD要素と考えられる。

BAR要素を使用する場合は、せん断方向の剛性を十分に弱くするよう断面積を小さくする必要がある。