

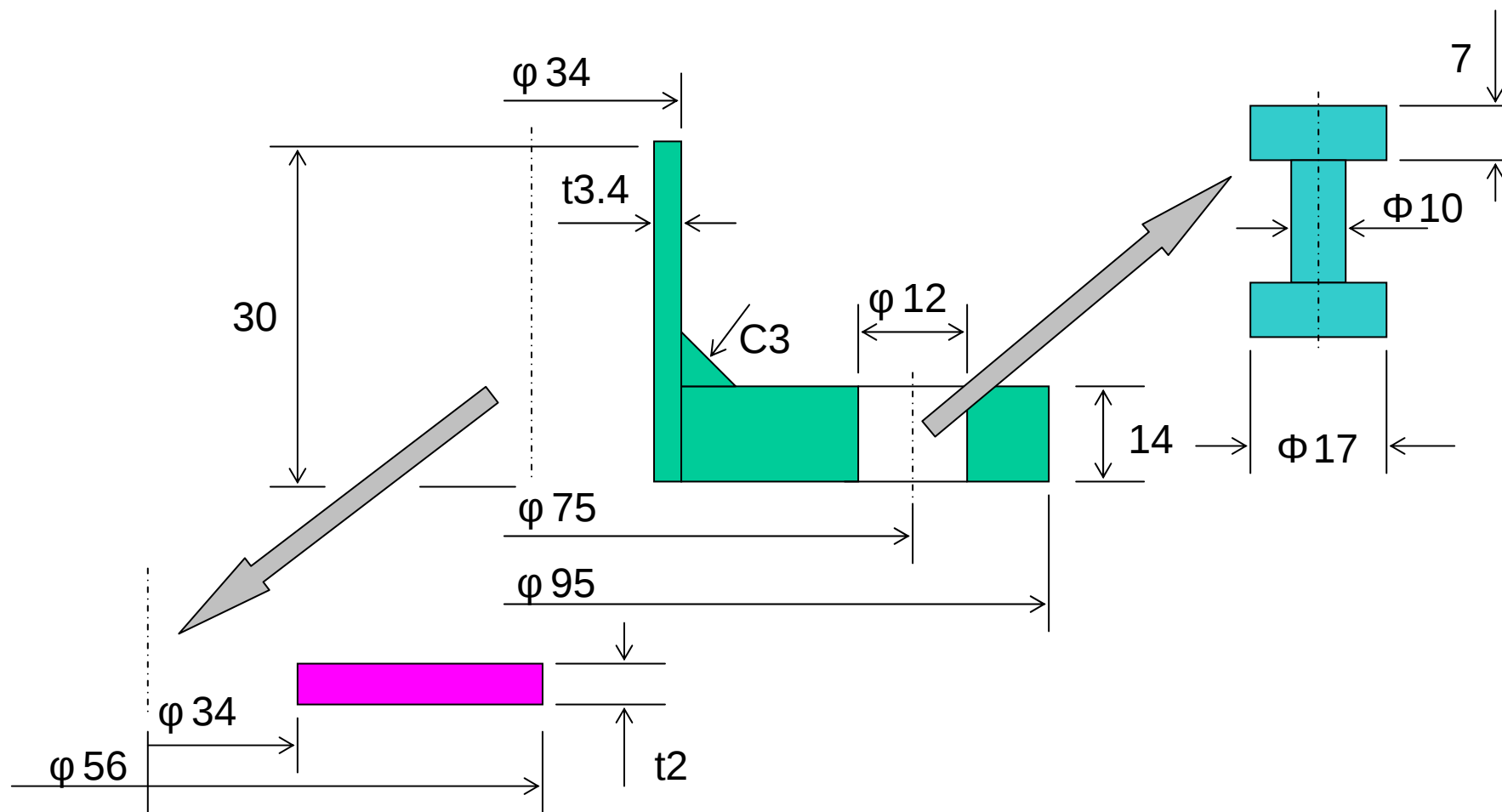


ガasket付きフランジ締付 ボルトモデリング ベンチマーク結果発表

東京大学大学院 酒井・泉研究室
サイド・ハサン・アフタブ

2006.12.12

■ モデル幾何寸法(5K、25A、M10x4)



ボルトモデリング手法

1. Solid Bolt

2. No Bolt – 強制変位式

3. No Bolt – 面圧式

4. Coupled Bolt

5. RBE Bolt

6. Spider Bolt

7. 非コンタクト要素のガスケットモデルへ挑戦

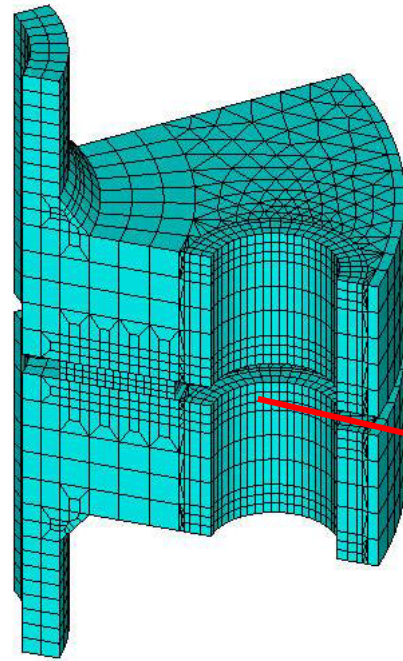
解析条件 (ボルトを除いて)

材質特性	線形材料
解析タイプ	幾何学的非線形解析 (大変形)
フランジ、ガスケット要素 タイプ	ソリッド: 三次元二次SOLID186 接触: CONTA174, TARGE170
材料物性値 SS400フランジ ゴムガスケット	E=205,000 MPa, $\nu=0.3$ E=40 MPa, $\nu=0.45$ 摩擦係数: 金属間 $\mu=0.2$ 、金属・ゴム間 $\mu=0.3$
単位系	[mm], [N], [MPa]
アルゴリズム	Augmented Lagrange Method

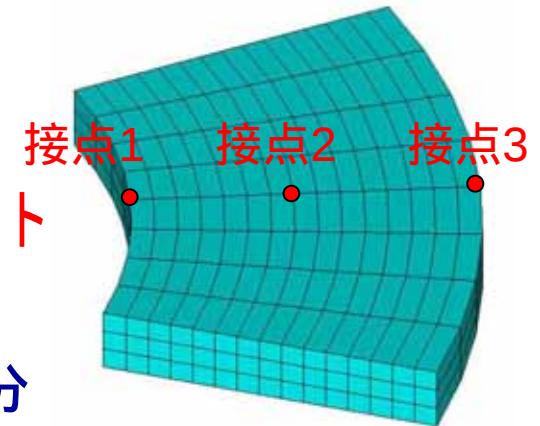
...解析条件(ボルトを除いて)

メッシュ

全体



ガスケット



対象を使用して半分でも良い

パイプ:両先端の節点を縦方向にカップリング

境界条件

- ・ フランジ及びガスケット: $0^\circ, 45^\circ$ の面对称境界条件 (S.B.C)
- ・ パイプ:両先端の節点をY方向にカップリング
- ・ 剛体運動しないようにy方向に1接点固定

(S.B.C)

(S.B.C)

対称を考慮して1/8モデル

...解析条件(ボルトを除いて)

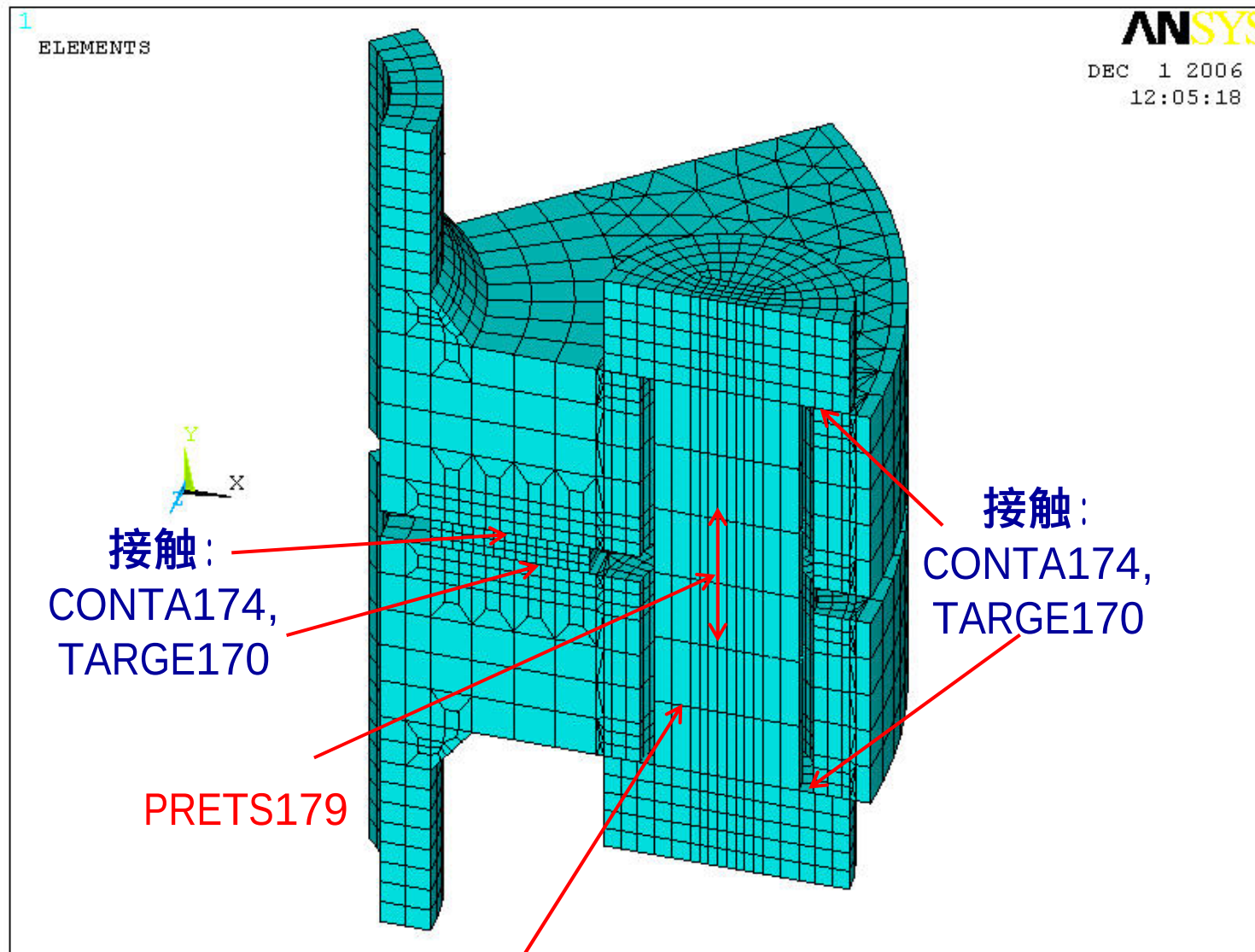
荷重条件

(軸方向のみの負荷の影響を調査する)

- LS1 - ボルトアップ :
強制変位式モデル: 0.1+0.1mm 食い込み
プリテンション式モデル: 1,675N (強制変位式モデルで測った接点力)
面圧式: 30N/mm² (プリテンション力、ボルト座面面積換算値)
- LS2 - 内圧 1MPa 作用 :
45°モデル換算値: 145N
- LS3 - 内圧 4MPa 作用 :
45°モデル換算値: 580N
- LS4 - 内圧 8MPa 作用 :
45°モデル換算値: 1,160N

比較するパラメータ: ボルトアップ負荷、内圧作用後の
ガスケット面応力 σ (y)

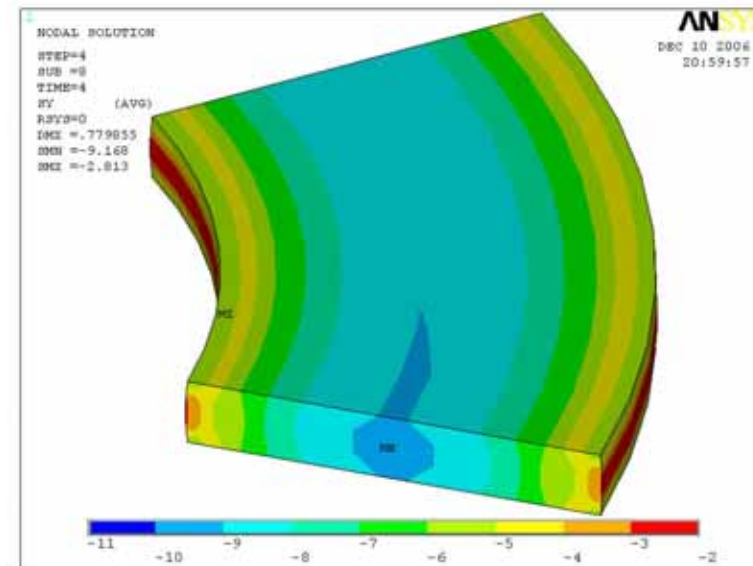
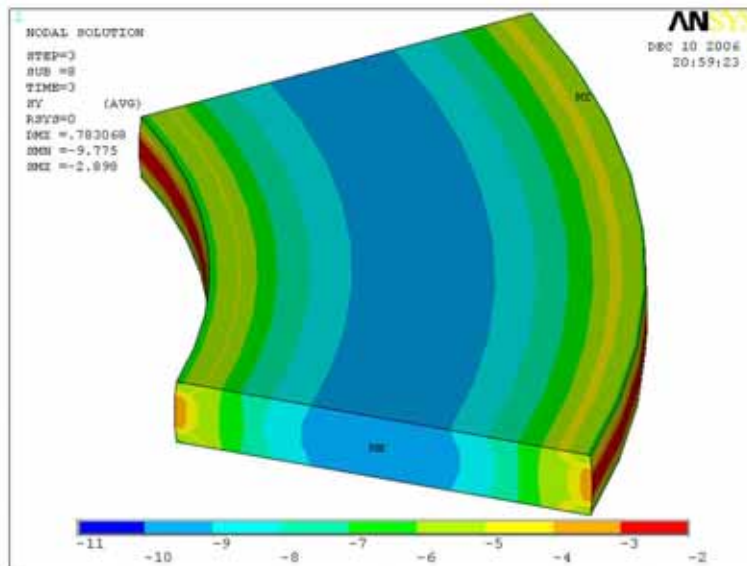
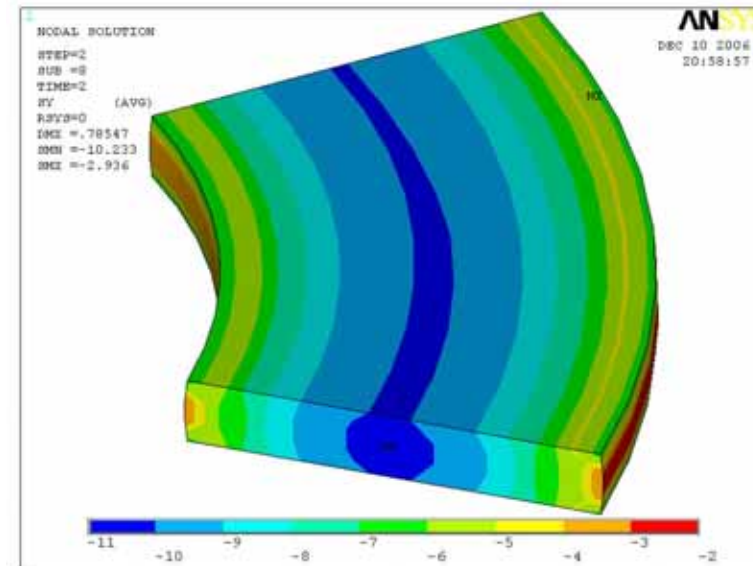
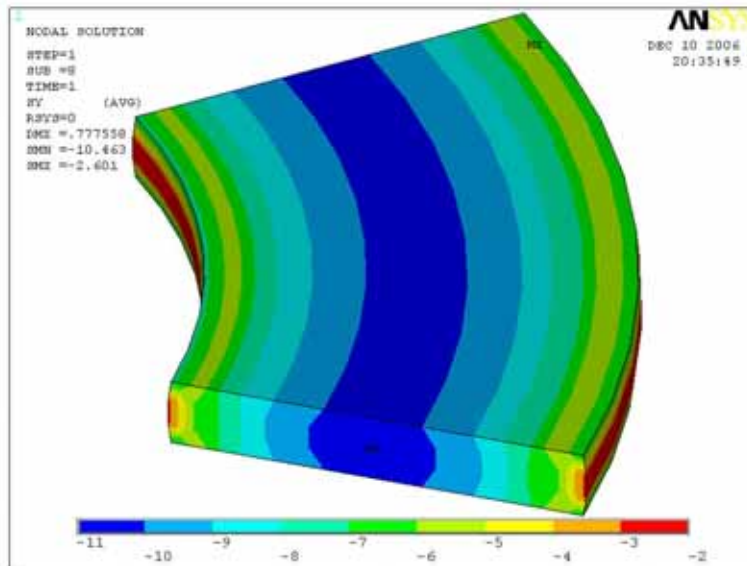
Solid Bolt



ソリッド要素: 三次元二次SOLID186
E=205,000 MPa, $\nu = 0.3$

Strength & Reliability Lab.

Solid Bolt: σ (y)



Solid Bolt: 考察

長点:

- ・実際の現象に近いので精度が良い
- ・ボルトのらせん部分を除いたら実現象そのままですので解析結果は他のモデルのベンチマークの基準として期待できる
- ・非対称負荷(曲げモーメント)を正しくサポートするのでLS1 ~ LS4までの結果は正しいはず
- ・ボルトそのもの、そしてフランジのボルトに接触部分の局所的な状況が見れる

弱点:

- ・ボルトそのもののモデル化は必要
- ・要素数が多くなる(ボルトモデル分)ので解析そのものが多少時間かかる
- ・フランジ・ボルト間コンタクトペヤーが必要

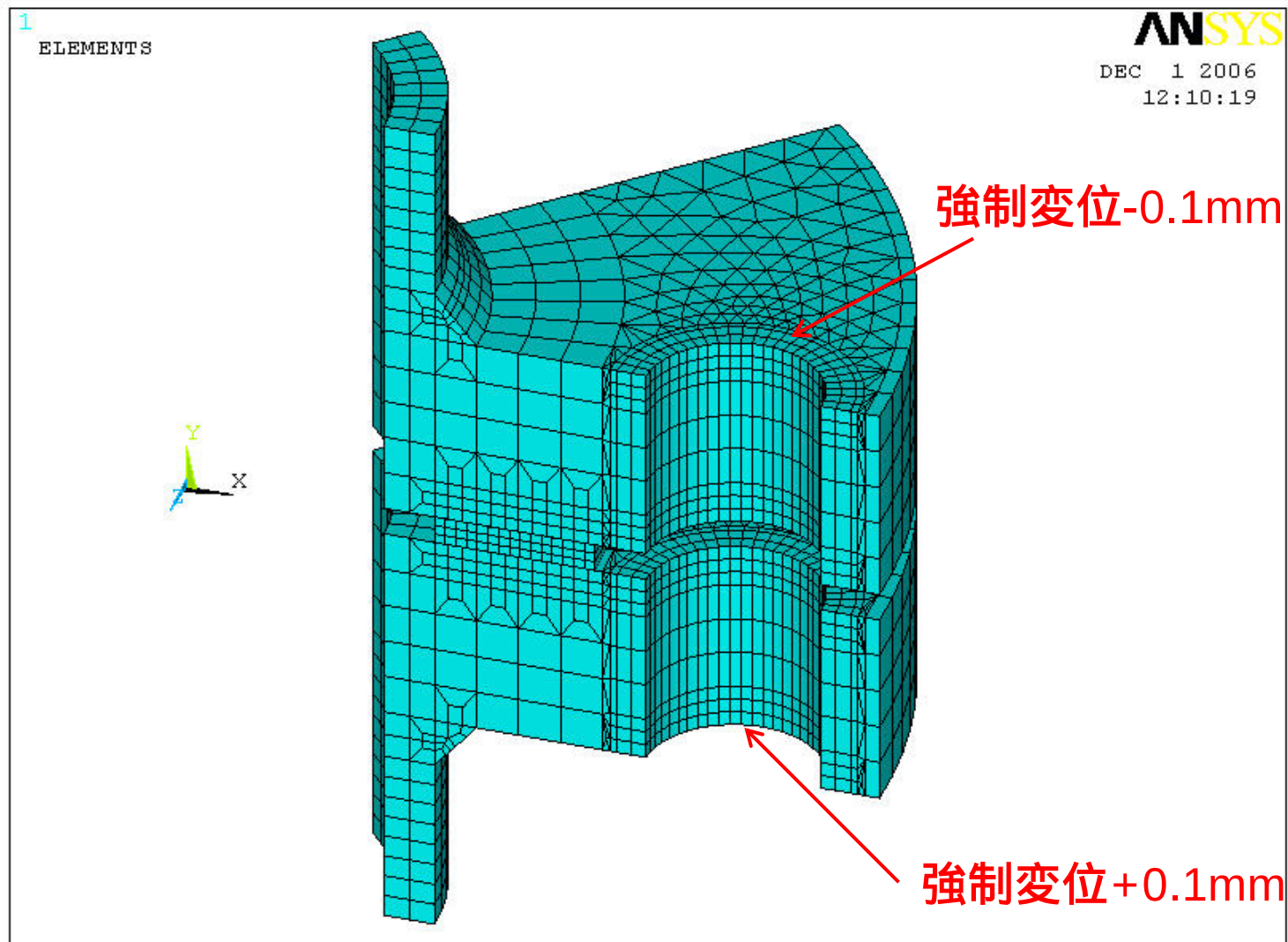
TAKES TIME

局所的:OK

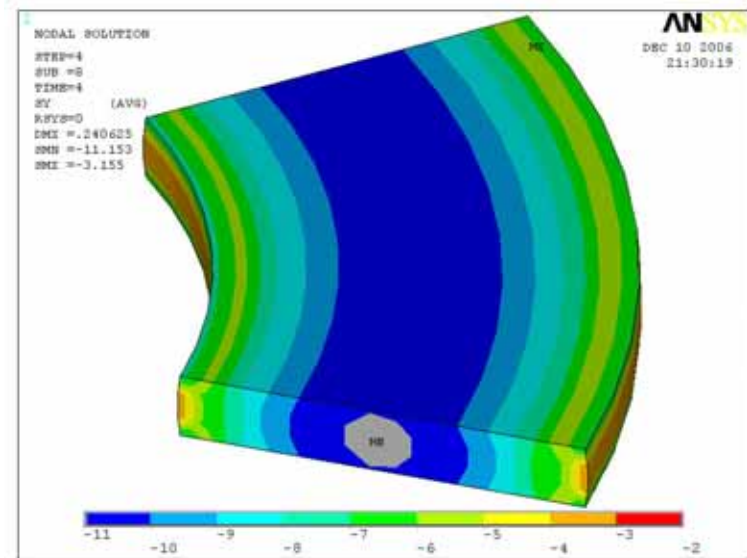
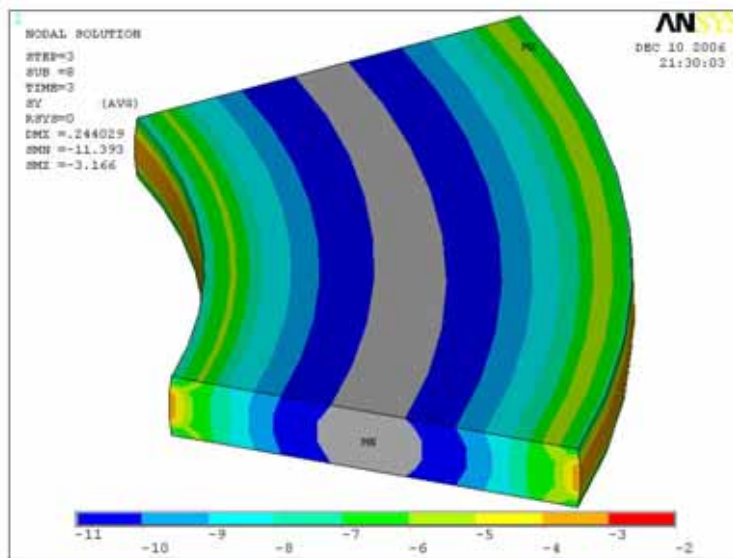
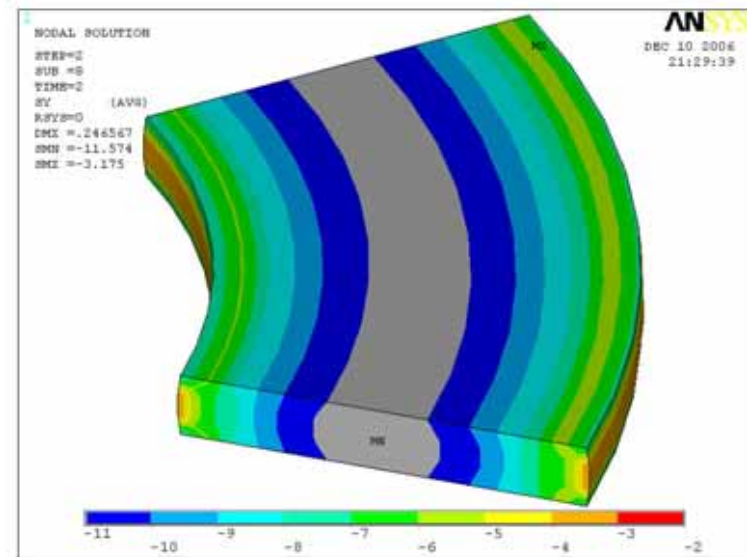
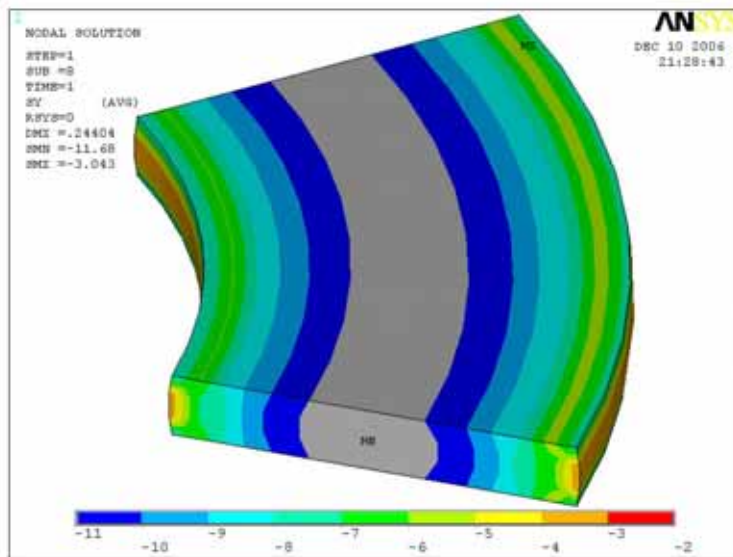
ガスケット、
全体:OK

MOST ACCURATE

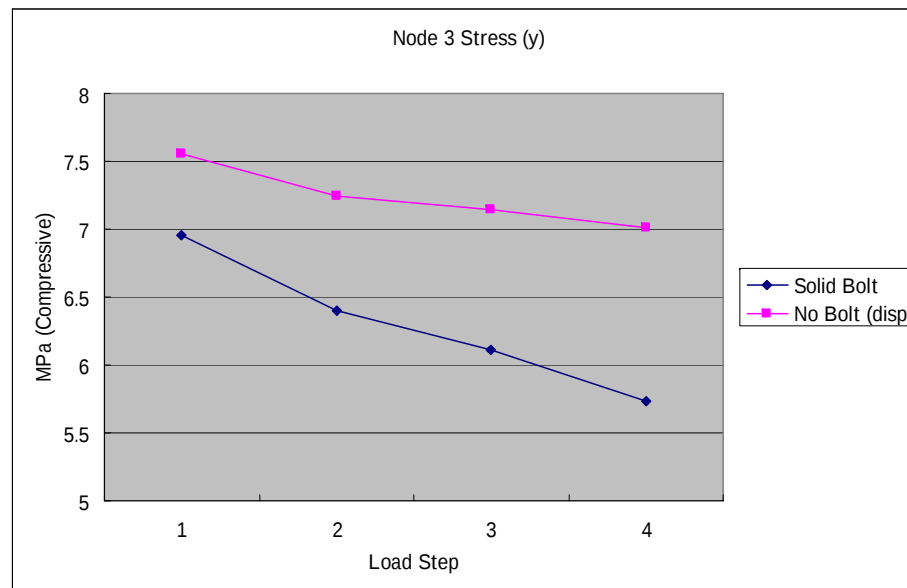
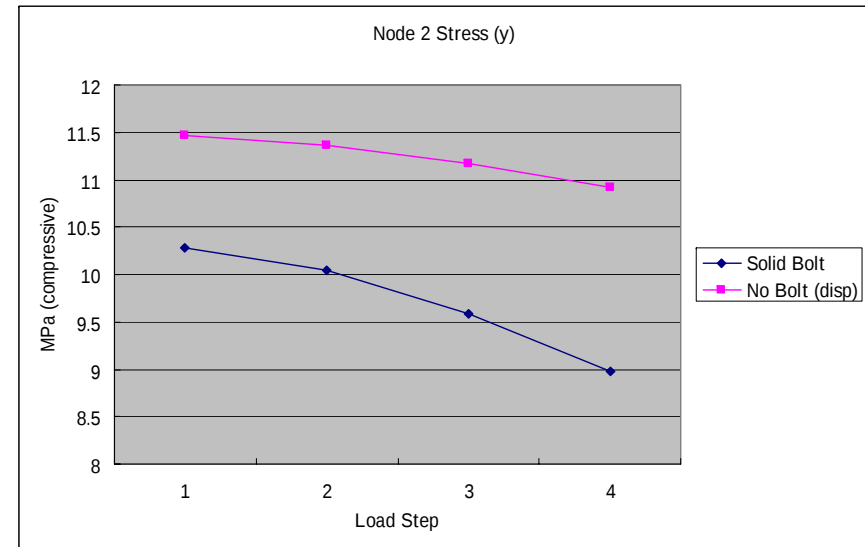
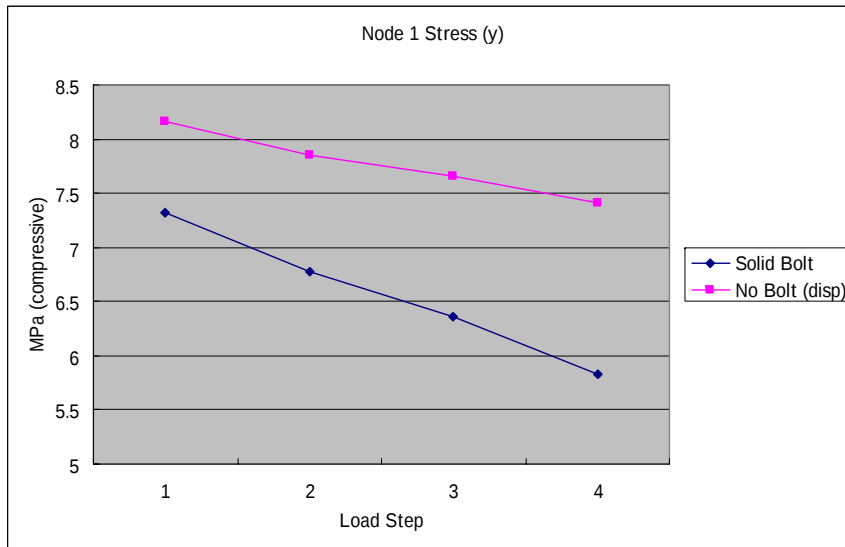
No Bolt - 強制変位式



No Bolt - 強制変位式: $\sigma(y)$



No Bolt - 強制変位式:結果比較



No Bolt - 強制変位式: 考察

長点:

- ・強制変位でボルト締付を近似するのでボルトモデル化は必要じゃない
- ・要素数が最小なので解析時間が最短
- ・フランジ・ボルト間コンタクトペヤーが不要

弱点:

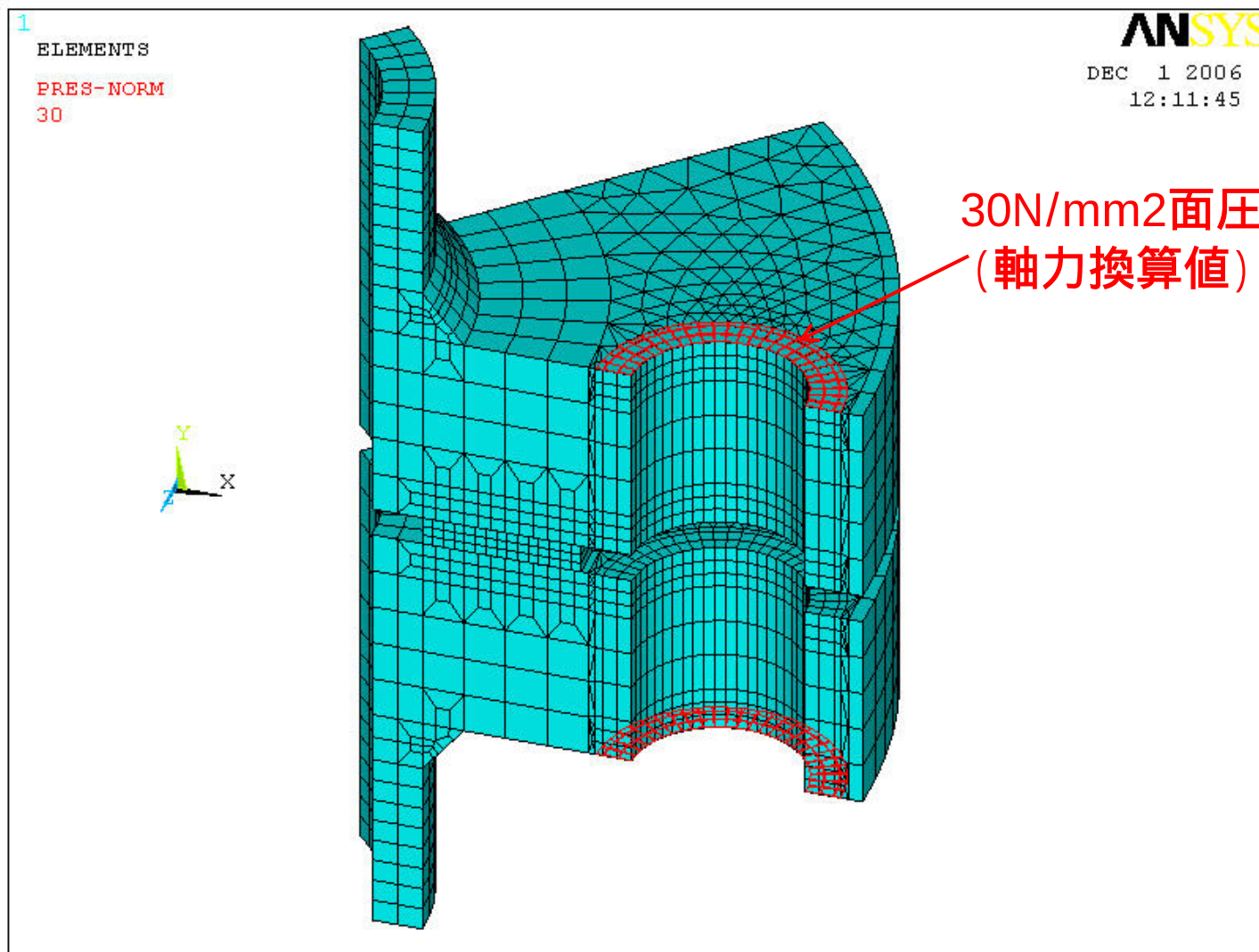
- ・強制変位は実際の現象に近くない(平行変位はあり得ない)
- ・強制変位は平行でLS1 ~ LS4の間に固定されるので現実とは異なる現象になり精度が期待できない。面圧力結果が正解より高め！**精度が悪い**
- ・強制変位のために無理な力がかかってしまいフランジのボルトに接触する部分の局所的な状況を信用することは出来ない(局所的に応力等が非常に高くなる)
- ・もちろんボルトそのものはどうなっているかは見れない
- ・ボルト剛性は無視されている

FAST

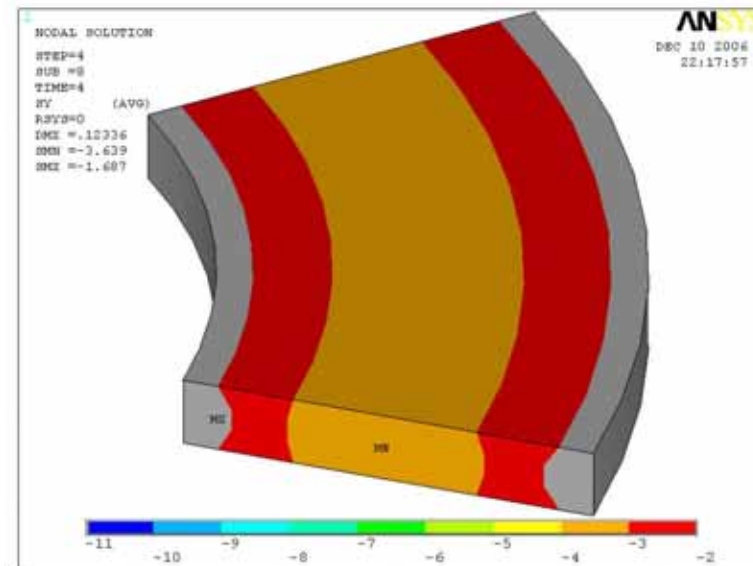
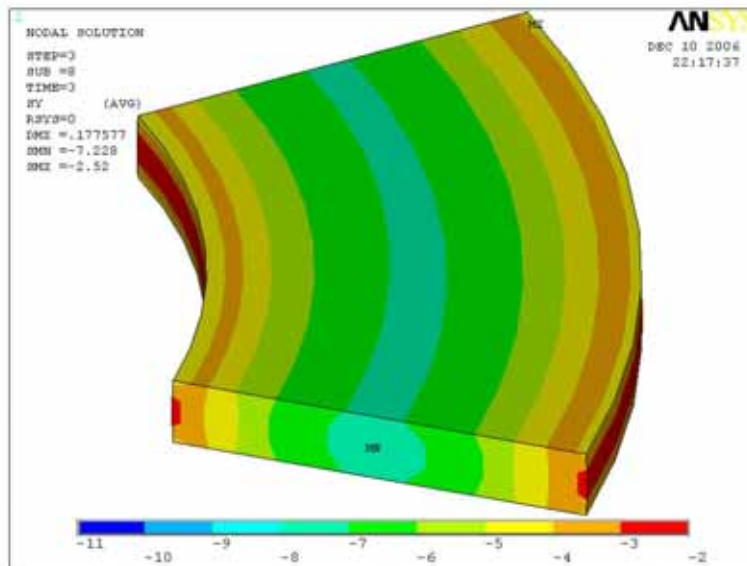
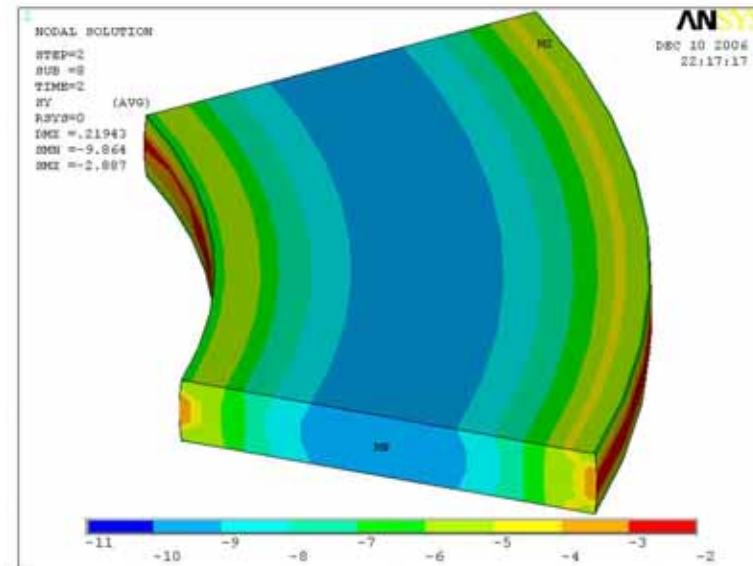
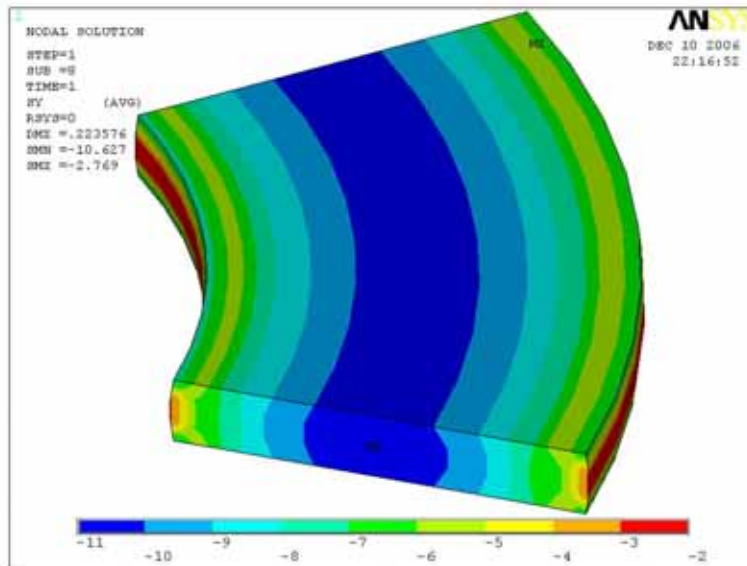
局所的: NG

ガスケット: NG、全体: NG

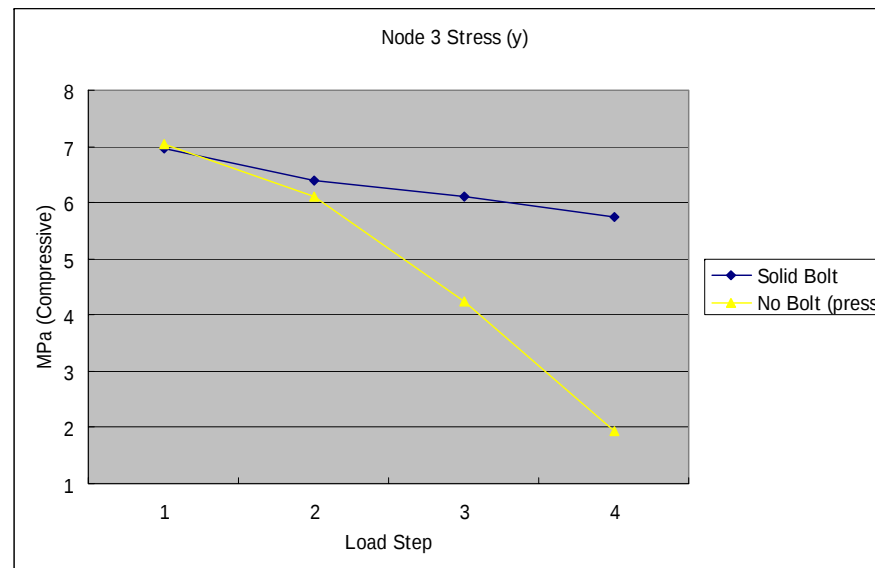
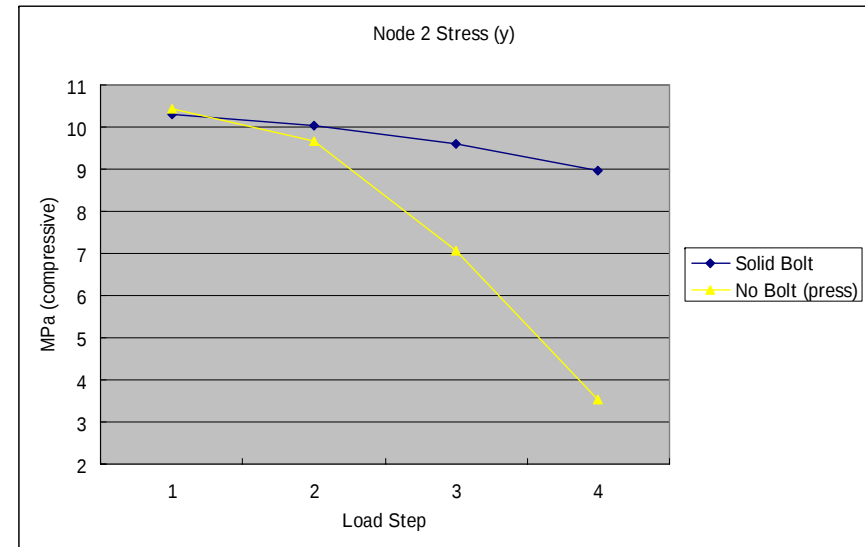
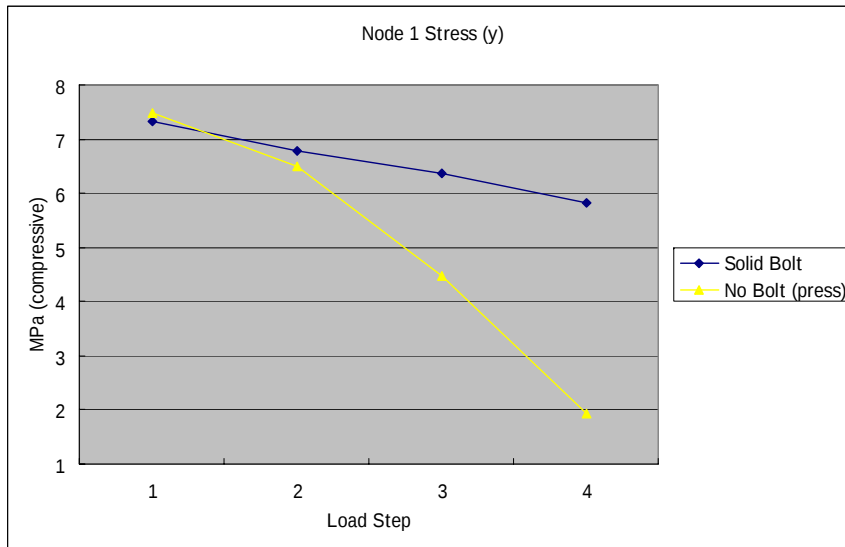
No Bolt - 面压式



No Bolt - 面压式: $\sigma(y)$



No Bolt - 面压式:結果比較



No Bolt - 面圧式:考察

長点:

- ・ボルトモデル化は必要じゃない
- ・要素数が最小なので解析時間が最短
- ・フランジ・ボルト間コンタクトペヤーが不要

弱点:

- ・面圧は実際の現象に近くない:実際は同一面圧はあり得ないので現実とは異なる現象になり精度が期待できない。曲げモーメントをサポートしないのでLS2～LS4は精度が悪い。非対称負荷が大きくなって行けばいくほど結果が間違う。

精度が非常に悪い

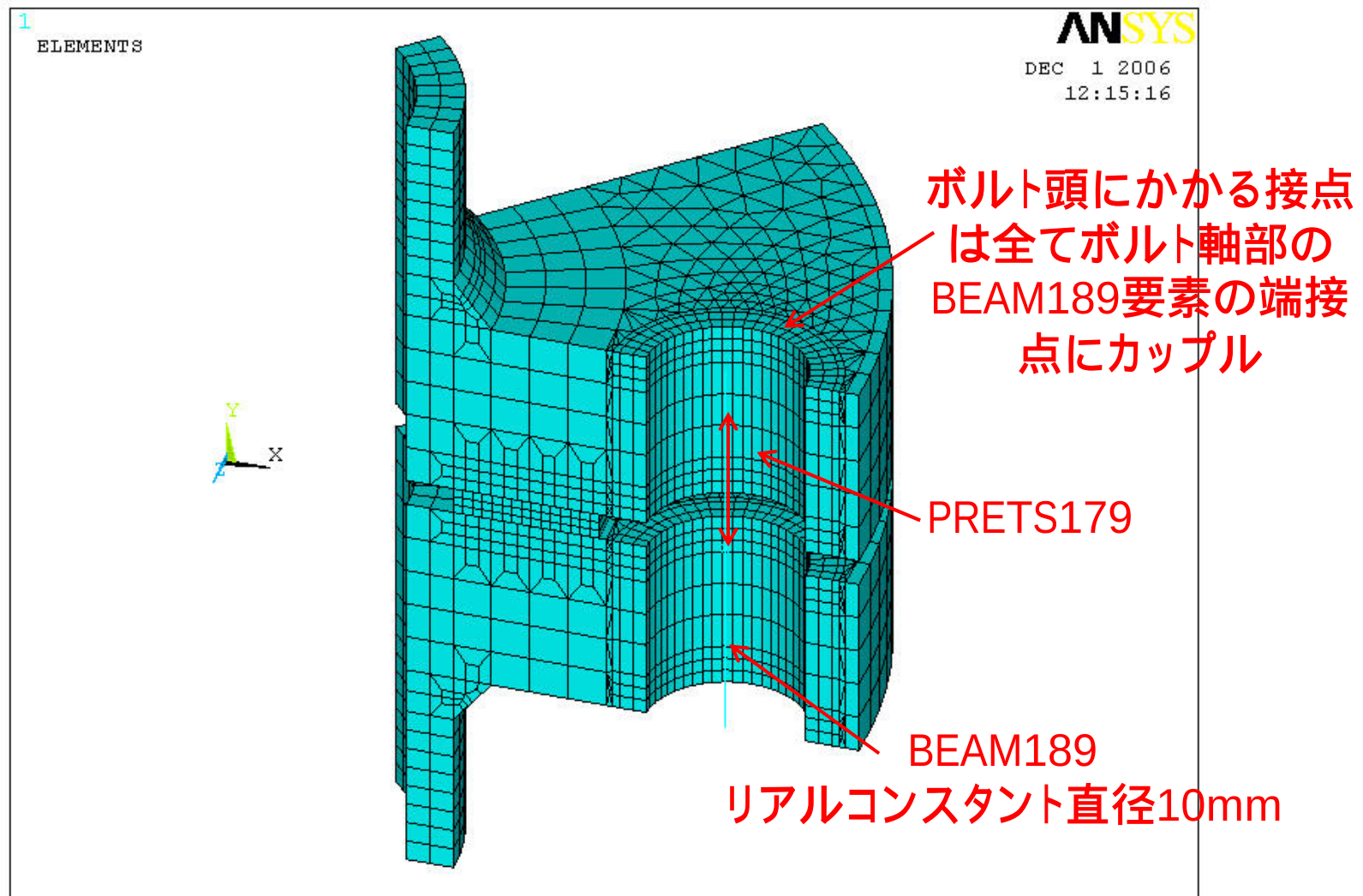
- ・ボルトに接触するフランジ部分の局所的な状況を信用することは出来ない
- ・もちろんボルトそのものはどうなっているかは見れない
- ・ボルト剛性は無視されている

FAST

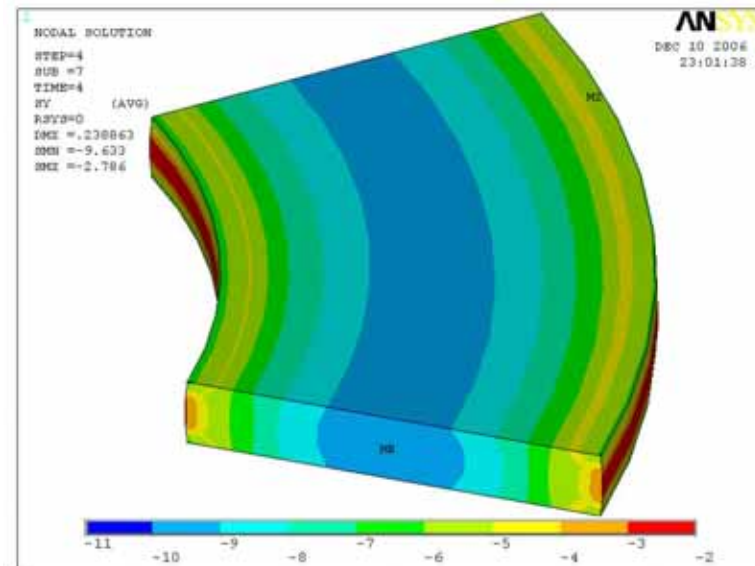
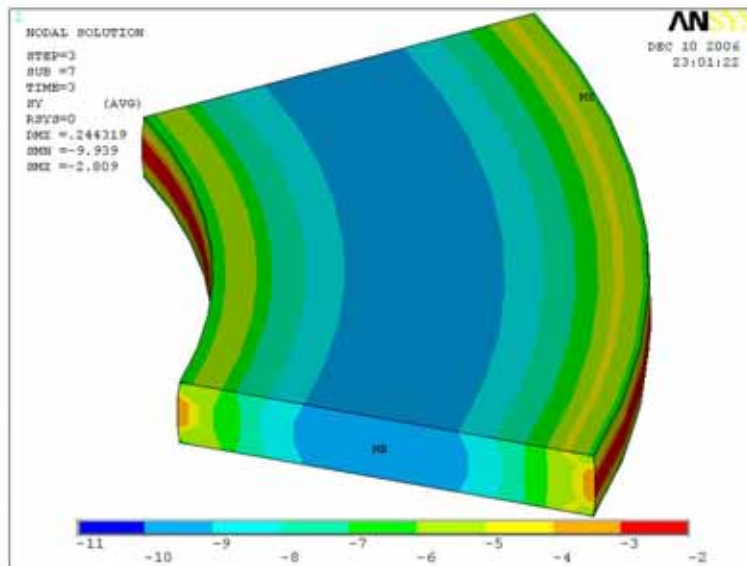
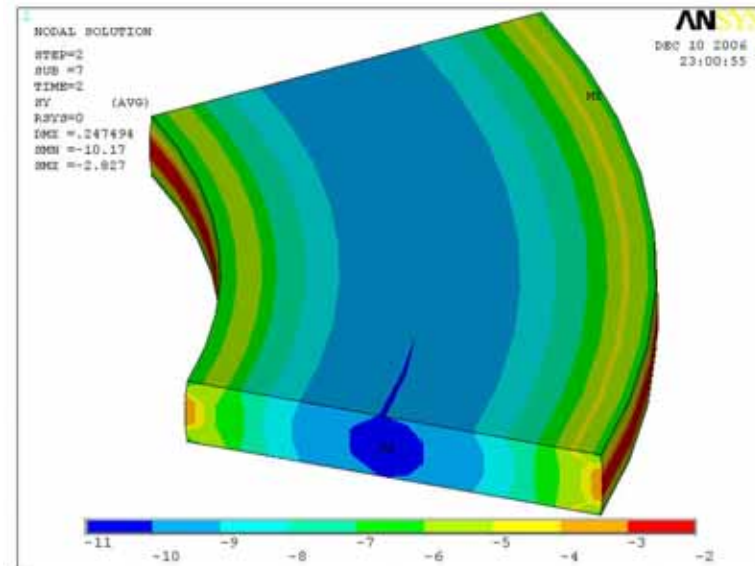
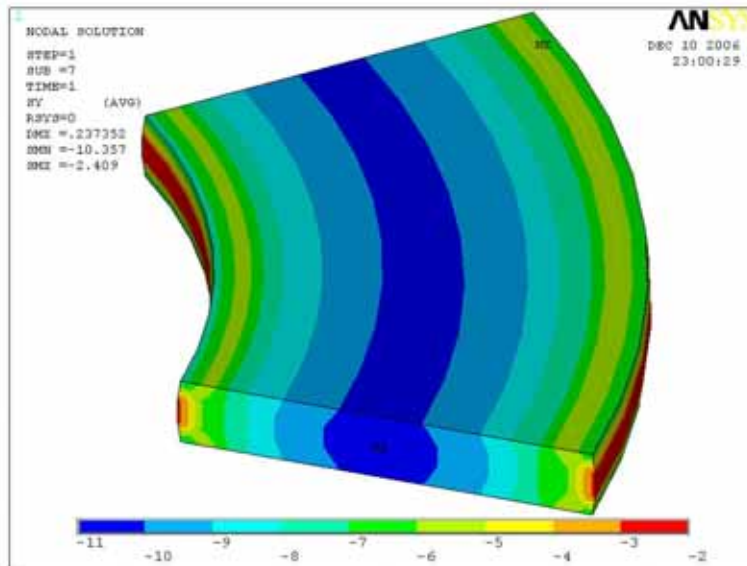
ガasket:NG
全体:NG

局所的:NG

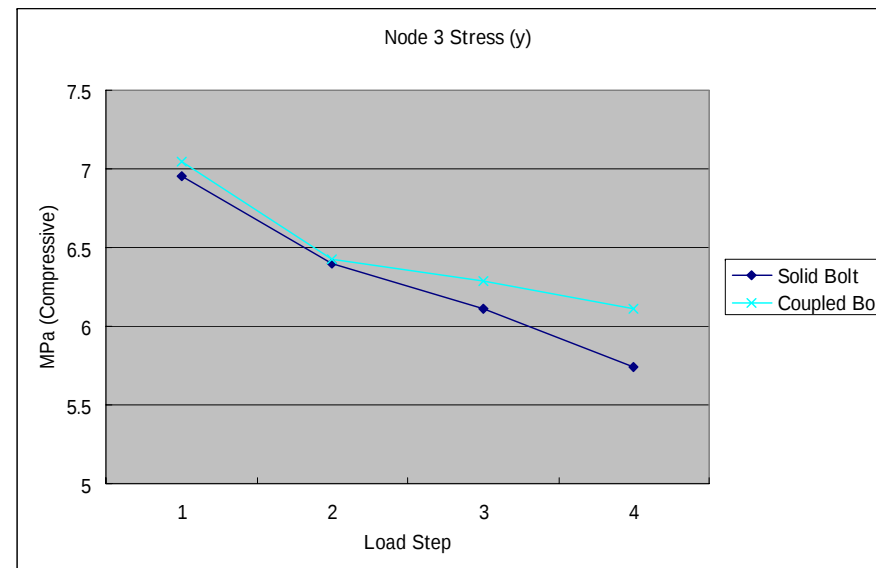
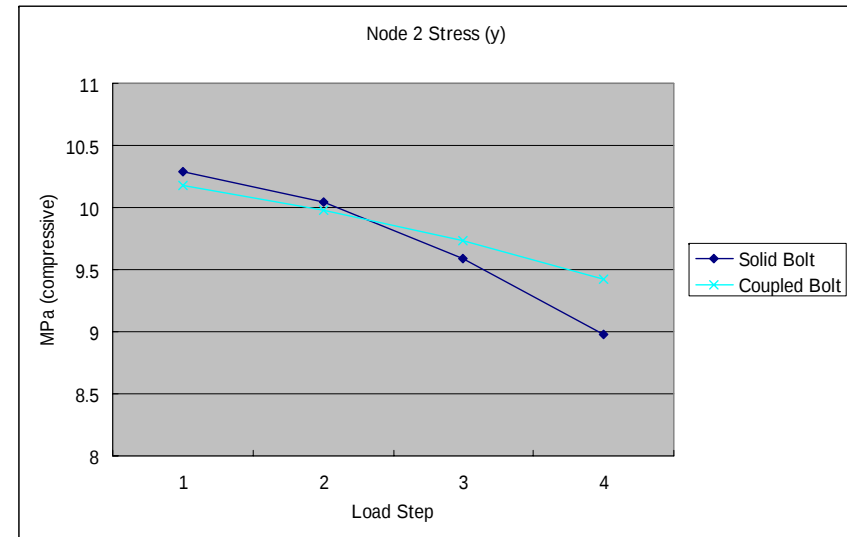
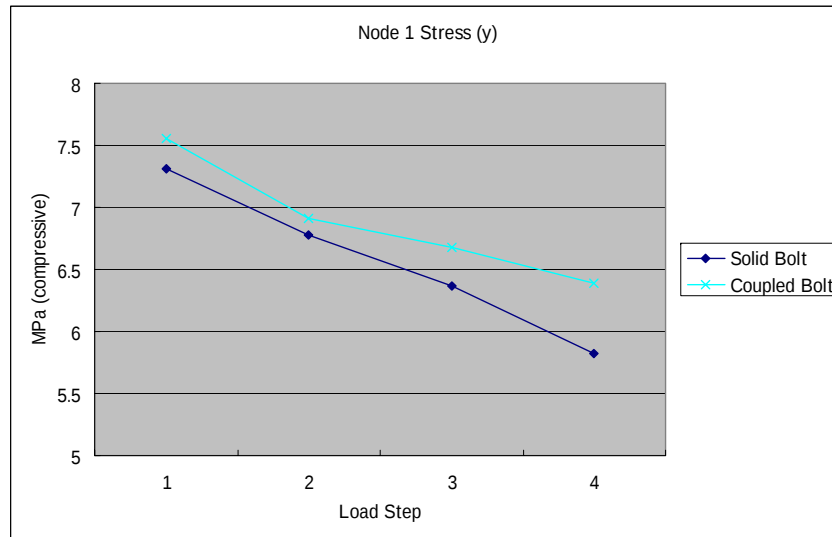
Coupled Bolt



Coupled Bolt: σ (y)



Coupled Bolt: 結果比較



Coupled Bolt: 考察

長点:

- ・要素数はNo Boltより多いが、他のモデルよりかは少ないので解析時間はSolid Boltより短い
- ・No Boltよりモデル化は多少時間かかりますがその代わり精度が良い
- ・フランジ、ボルト間コンタクトペヤーが不要
- ・ボルトそのもののモデル化は簡単(ビーム要素に接点をカップルするだけ)
- ・ボルト軸部の剛性は実際と同じ

弱点:

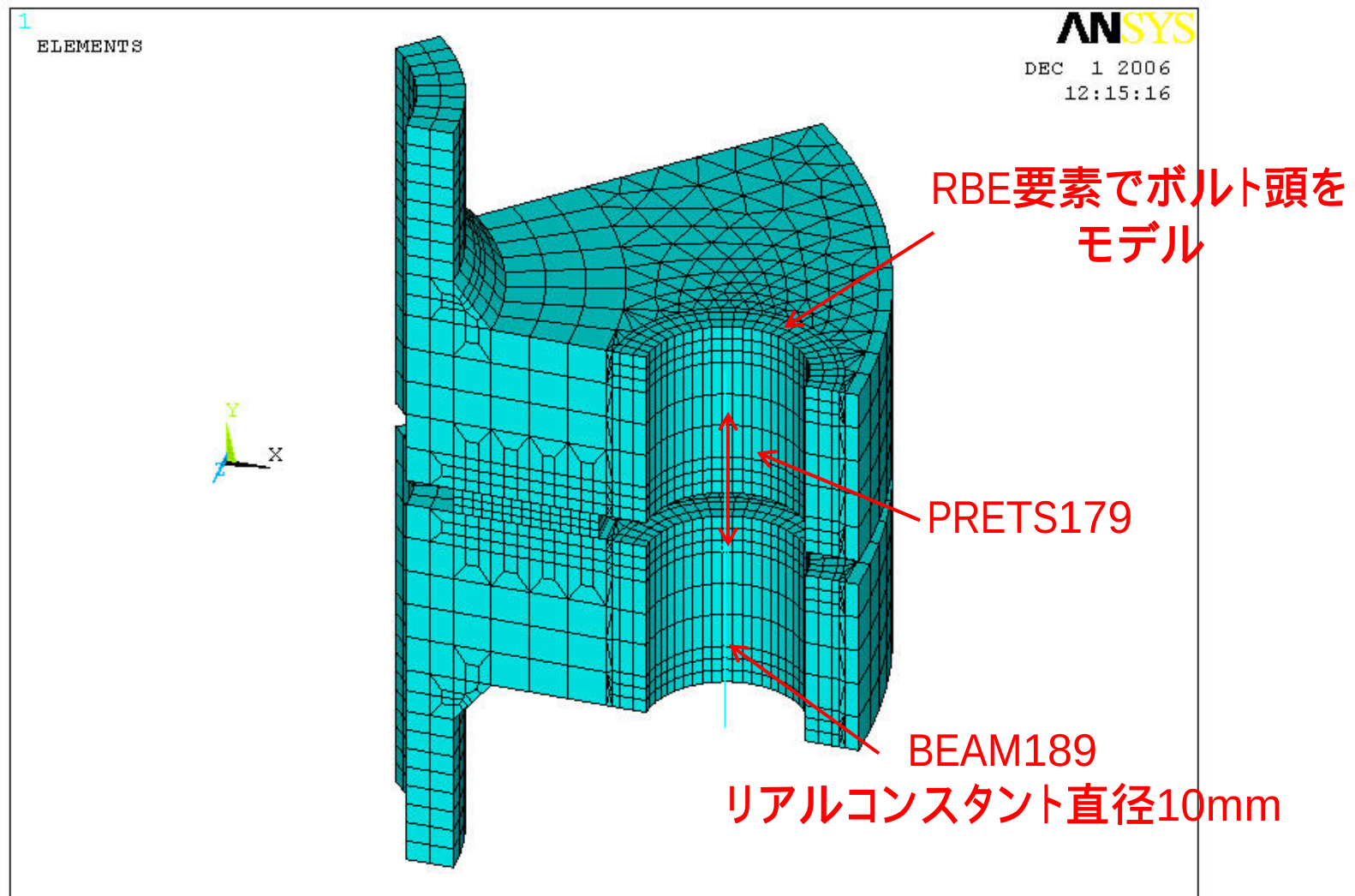
- ・フランジのボルトに接触部分の局所的な状況を信用できない(局所的に非常に高くなる)
- ・ボルト頭の剛性は実際と合わない。そして曲げモーメントをサポートしない
- ・もちろんボルトそのものはどうなっているかは見れない

FAST

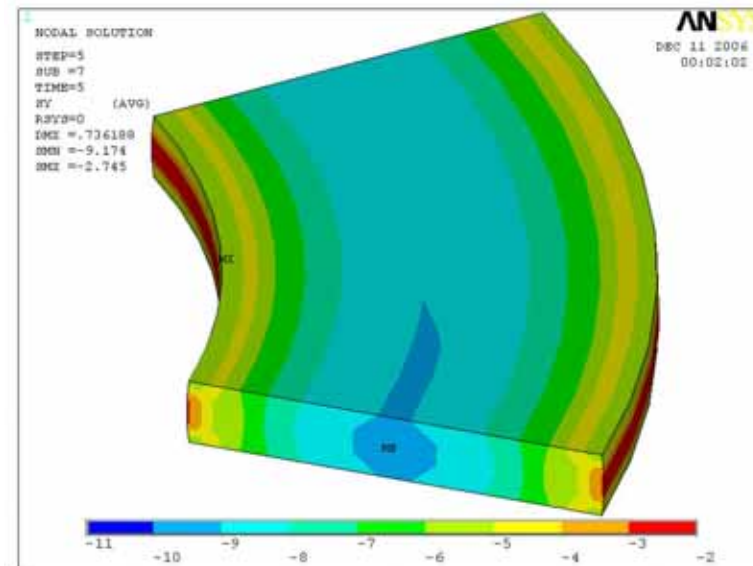
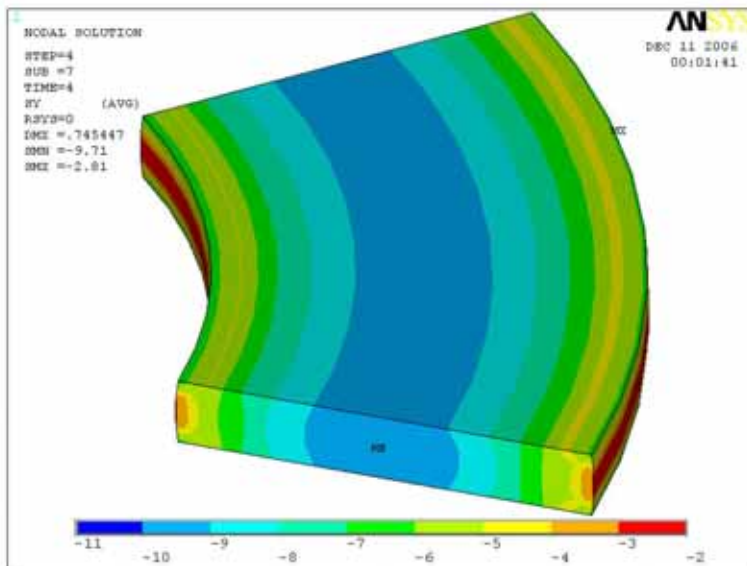
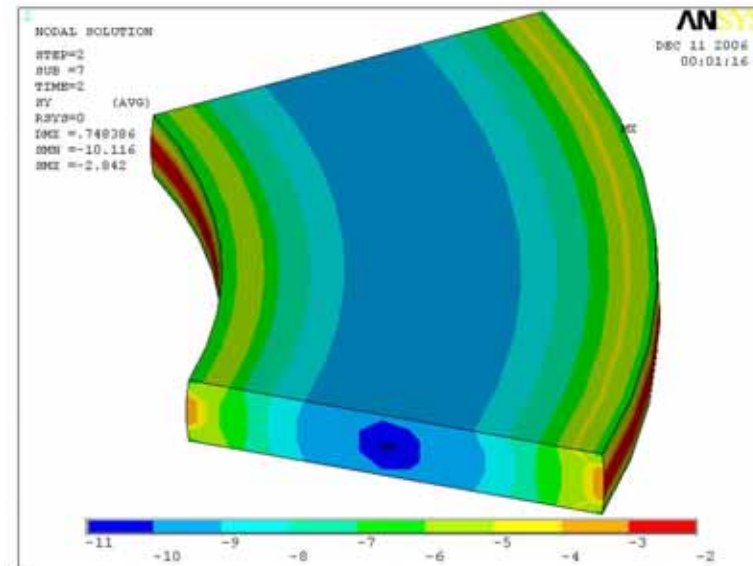
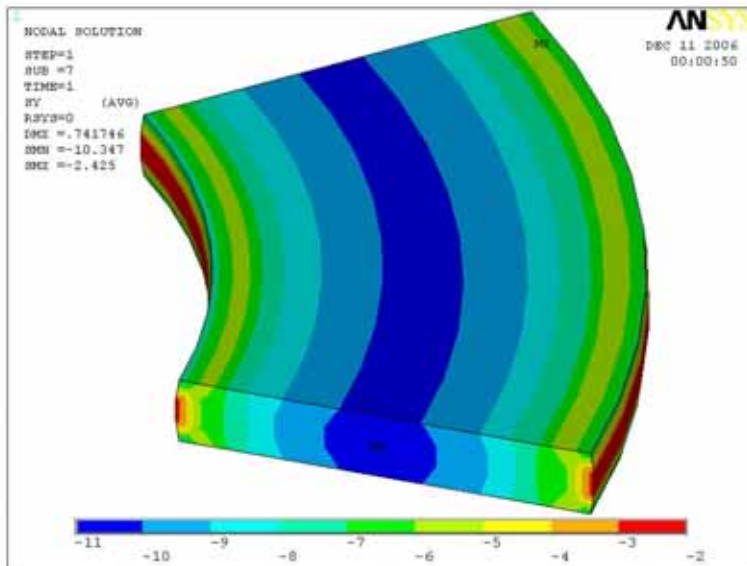
局所的:NG

ガasket、
全体:OK

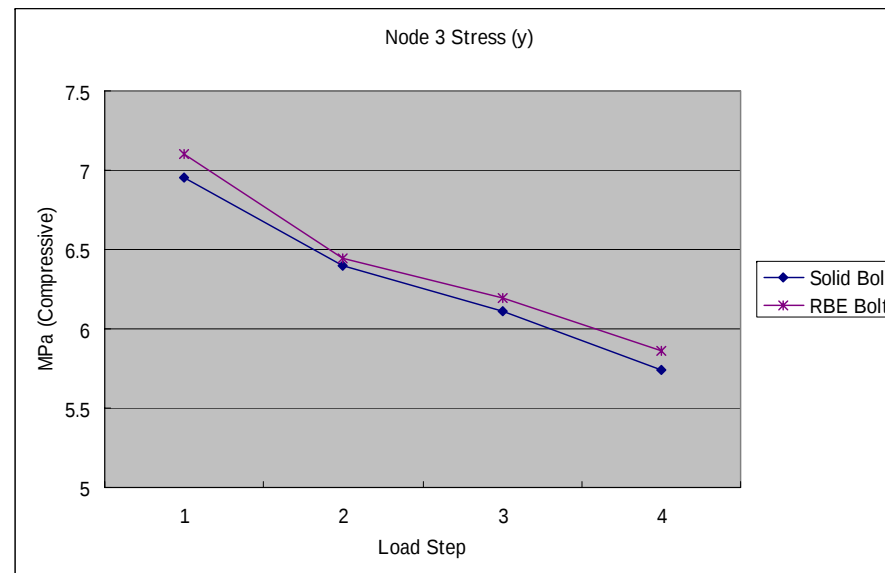
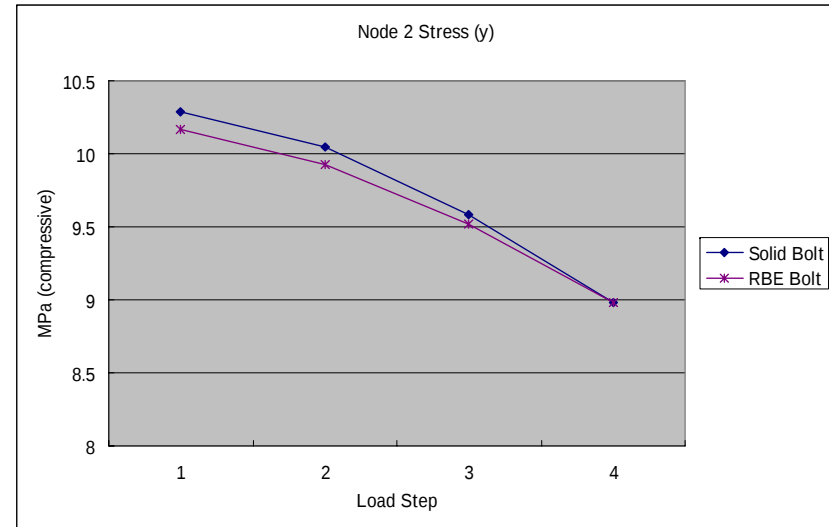
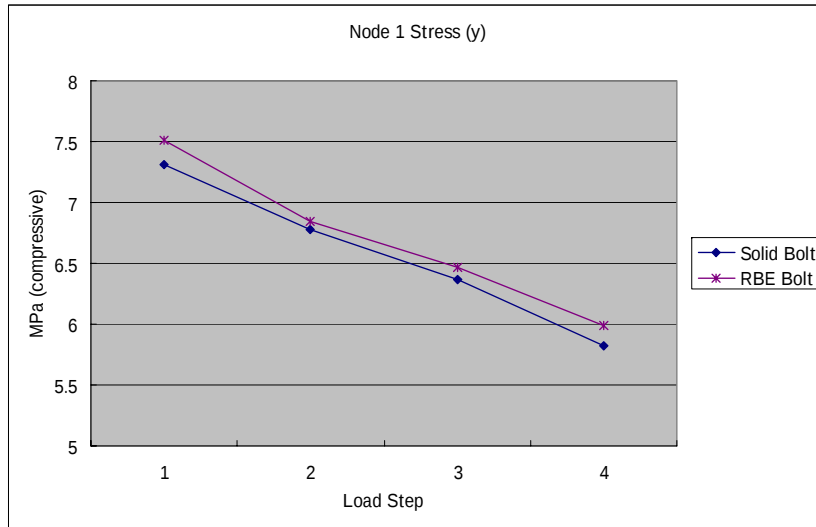
RBE Bolt



RBE Bolt: σ (y)



RBE Bolt: 結果比較



RBE Bolt: 考察

長点:

- ・要素数はNo Boltより多いが、他のモデルよりかは少ない(要素数はCouple Boltと同じ)ので解析時間はSolid Boltより短い
- ・No Boltよりモデル化は多少時間かかりますがその代わり精度が良い
- ・フランジ、ボルト間コンタクトペヤーが不要
- ・ボルトそのもののモデル化は簡単(ビーム要素にRBE要素だけ)
- ・ボルト軸部の剛性は実際と同じ
- ・曲げモーメントをサポートする

弱点:

- ・フランジのボルトに接触部分の局所的な状況を信用できない(局所的に非常に高くなる)
- ・ボルト頭の剛性は実際と合わない
- ・もちろんボルトそのものはどうなっているかは見れない

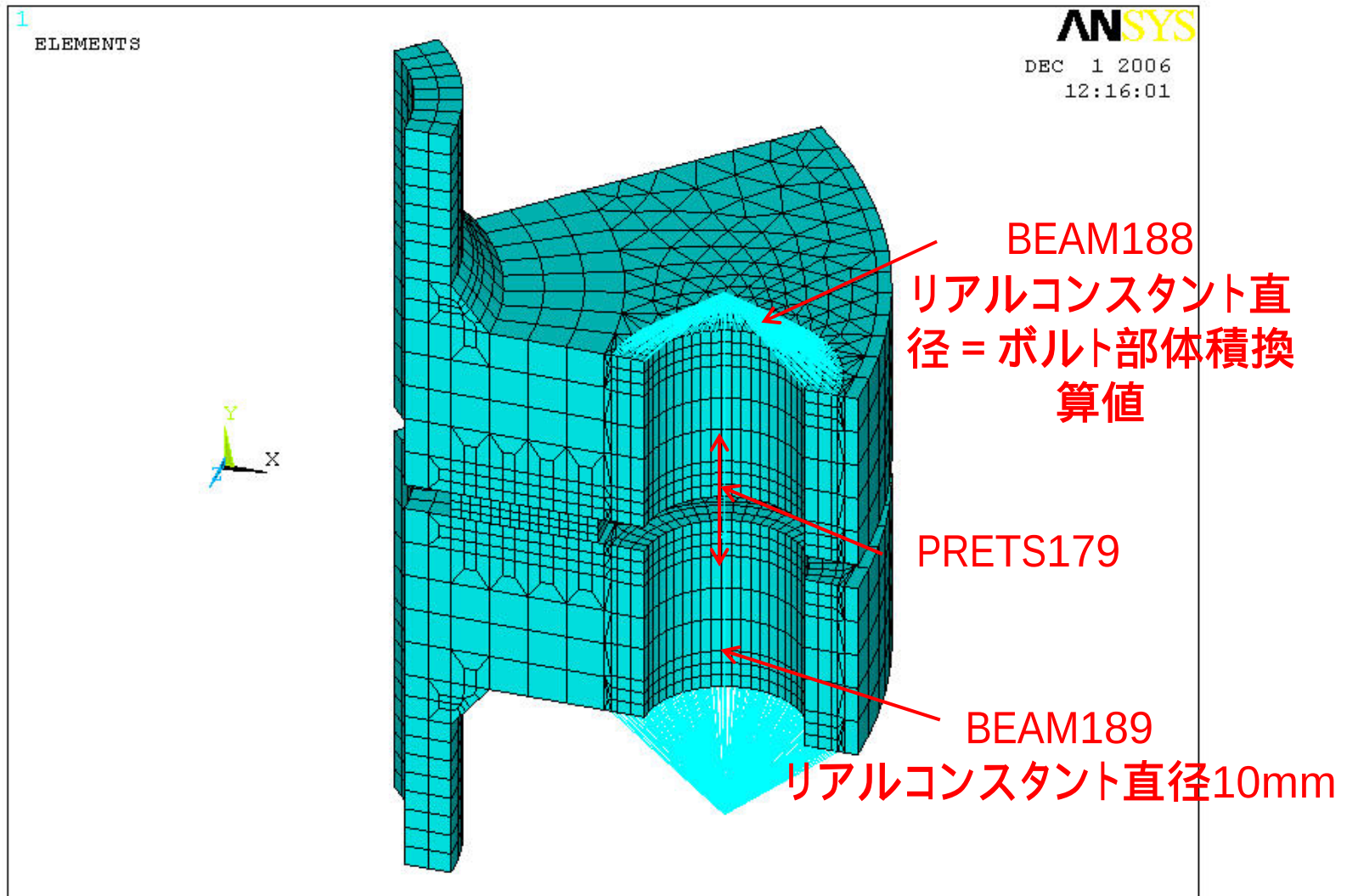
FAST

局所的: NG

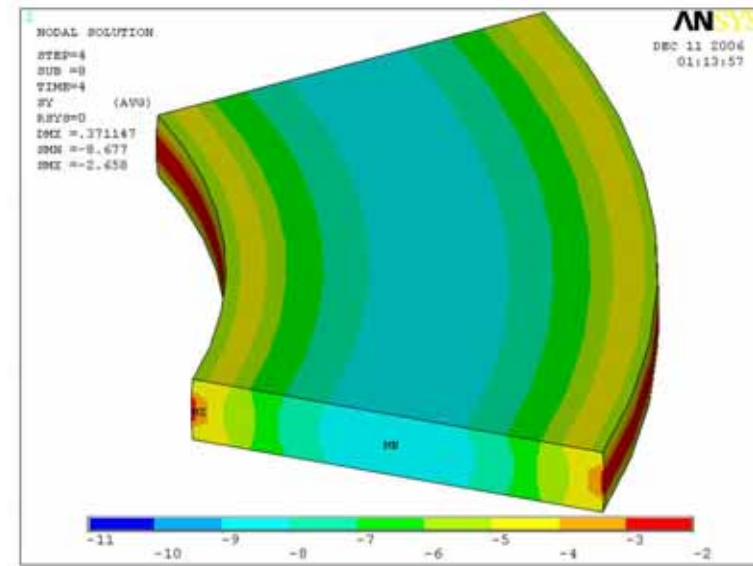
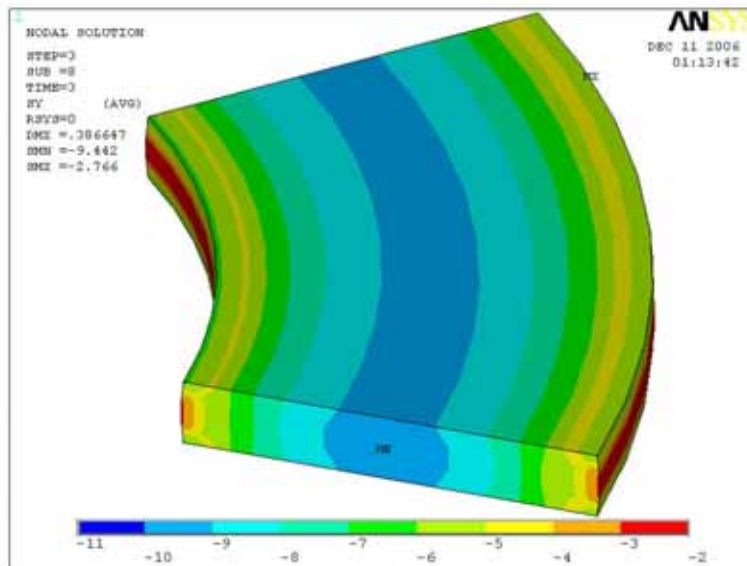
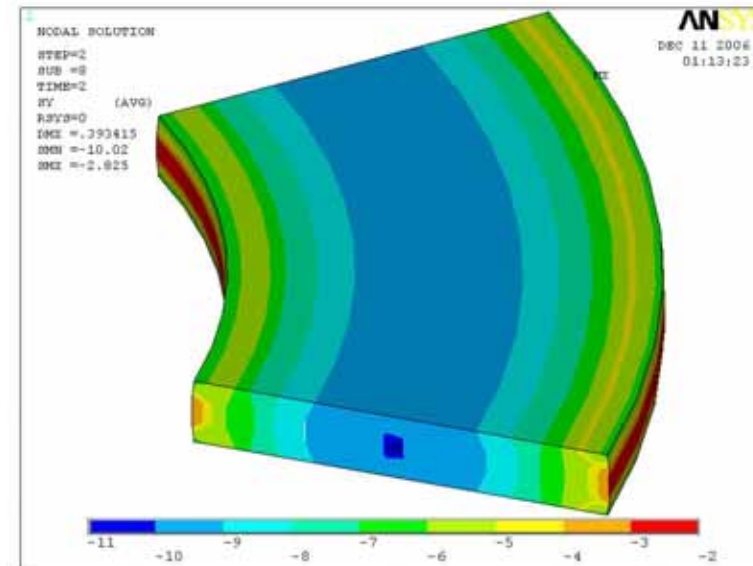
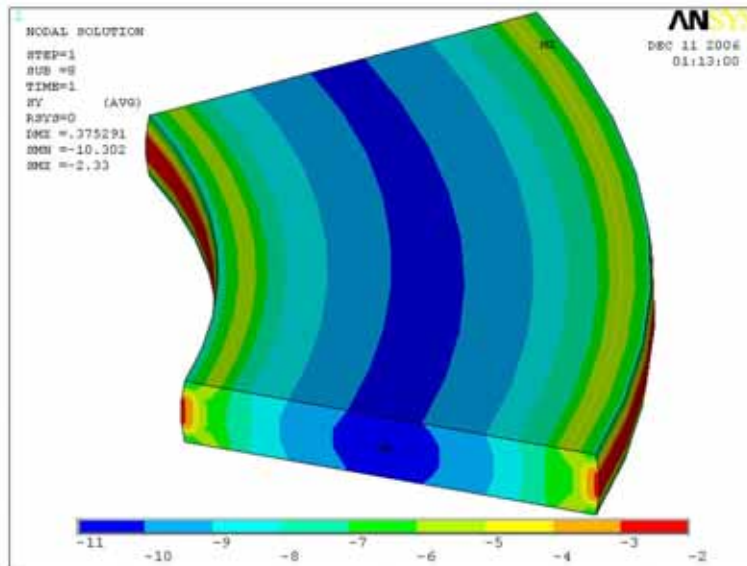
ガスケット、
全体: OK

Strength & Reliability Lab.

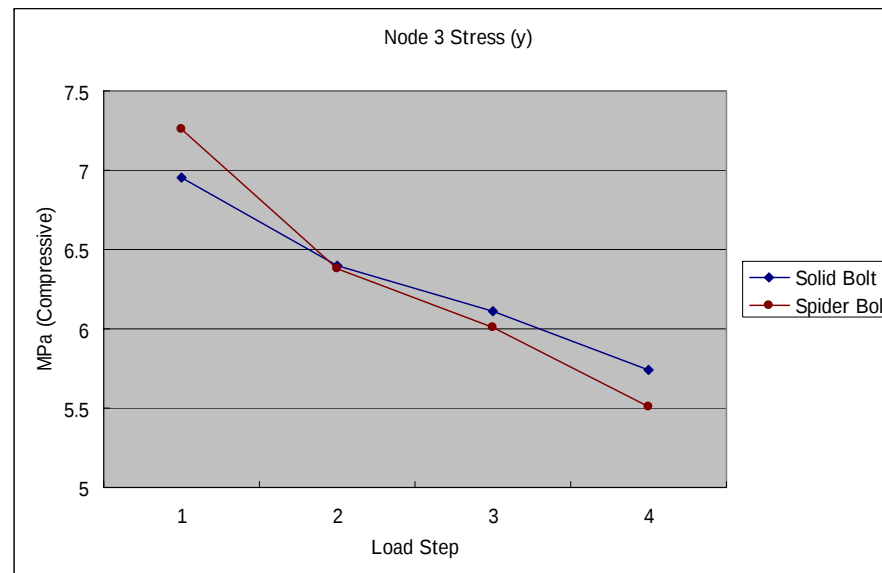
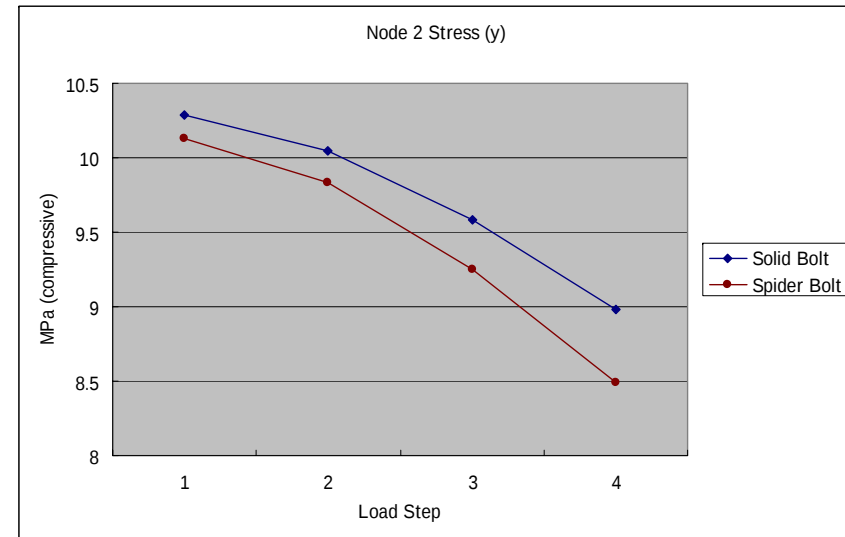
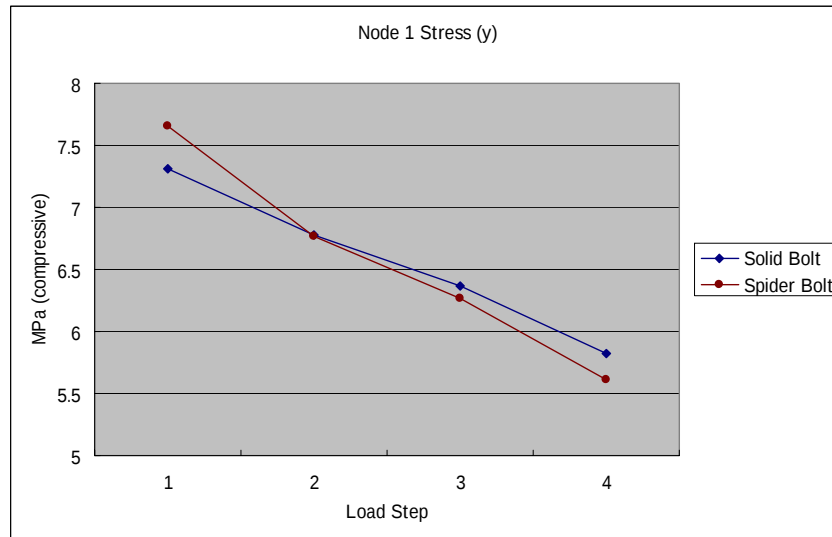
Spider Bolt



Spider Bolt: σ (y)



Spider Bolt: 結果比較



Spider Bolt: 考察

長点:

- ・要素数はNo Bolt、Couple Bolt、RBE Boltより多いが、Solid Boltよりかは少ない(要ので解析時間はSolid Boltより短い)
- ・ボルト軸部と頭部ともビーム要素を使用するから非対称負荷(曲げモーメント)を正しくサポートするのでLS1～LS4までの結果は正しいはず
- ・フランジ、ボルト間コンタクトペヤーが不要

弱点:

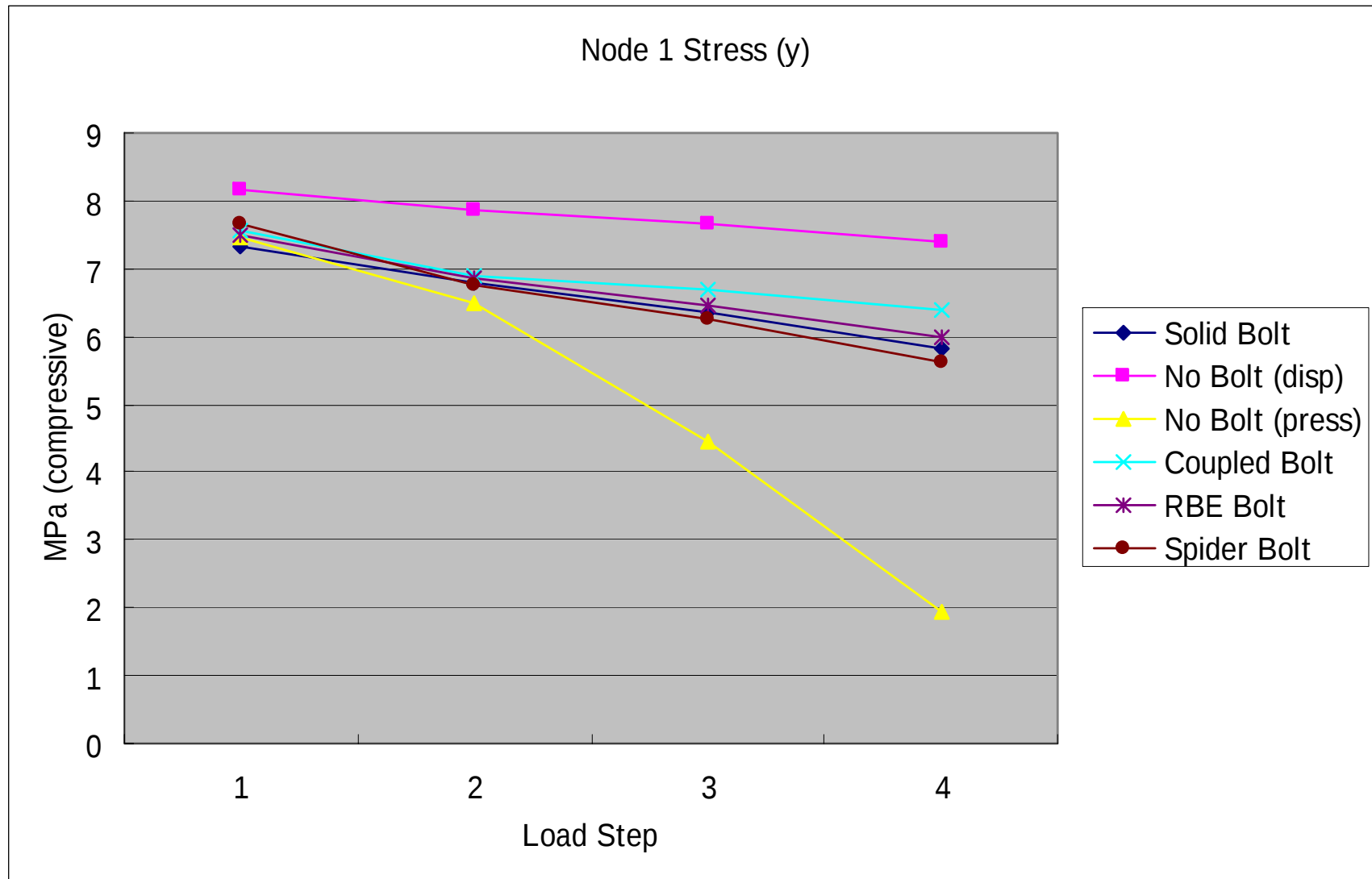
- ・ボルトそのもののモデル化はやや時間かかる
- ・フランジのボルトに接触部分の局所的な状況を信用できない(局所的に非常に高くなる)。局所的にも高くないようにするための各ビーム要素の剛性等を上手く合わせることが可能ですが困難
- ・もちろんボルトそのものはどうなっているかは見れない

局所的: NG

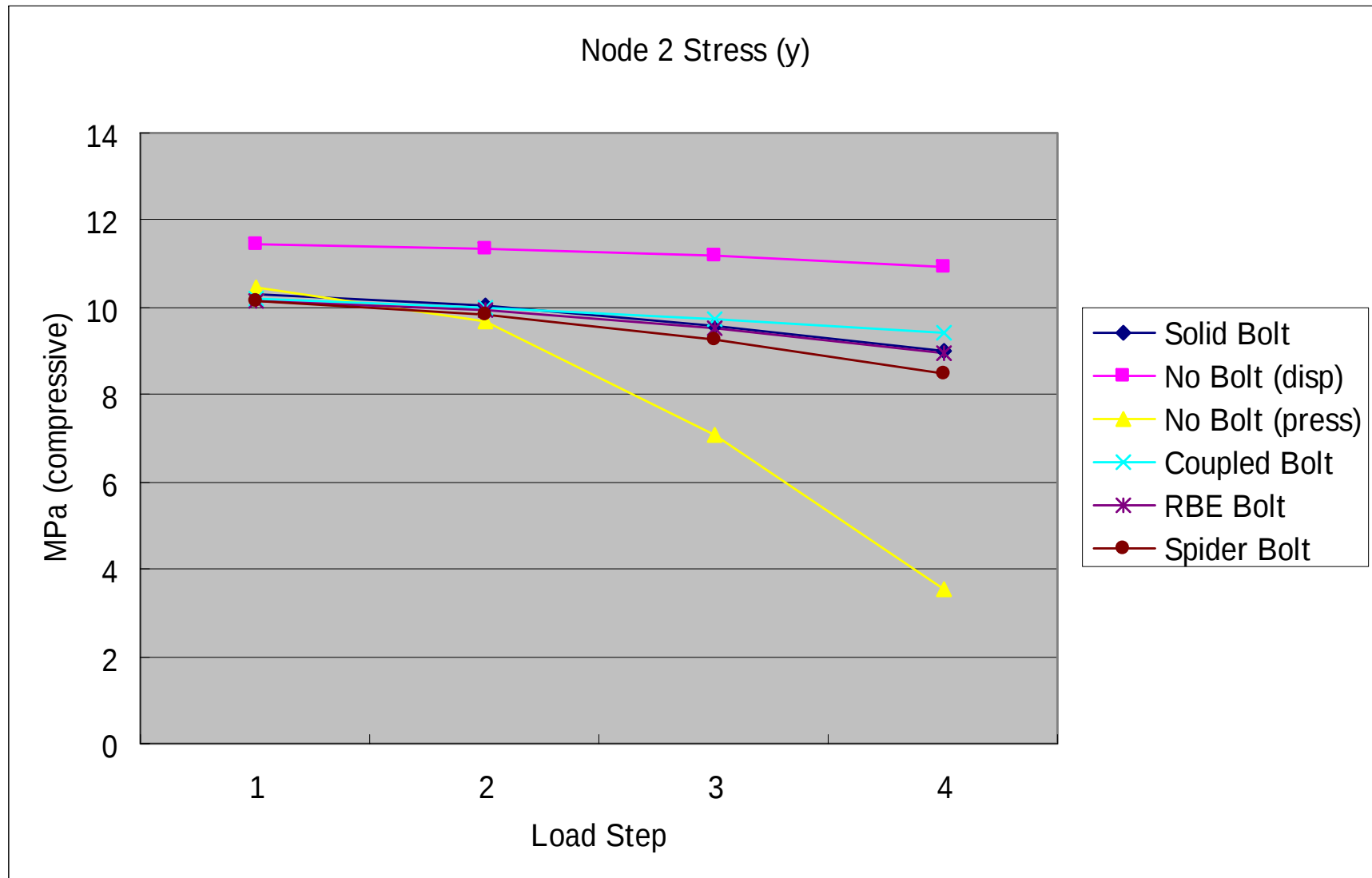
ガasket、
全体: OK

TAKES TIME

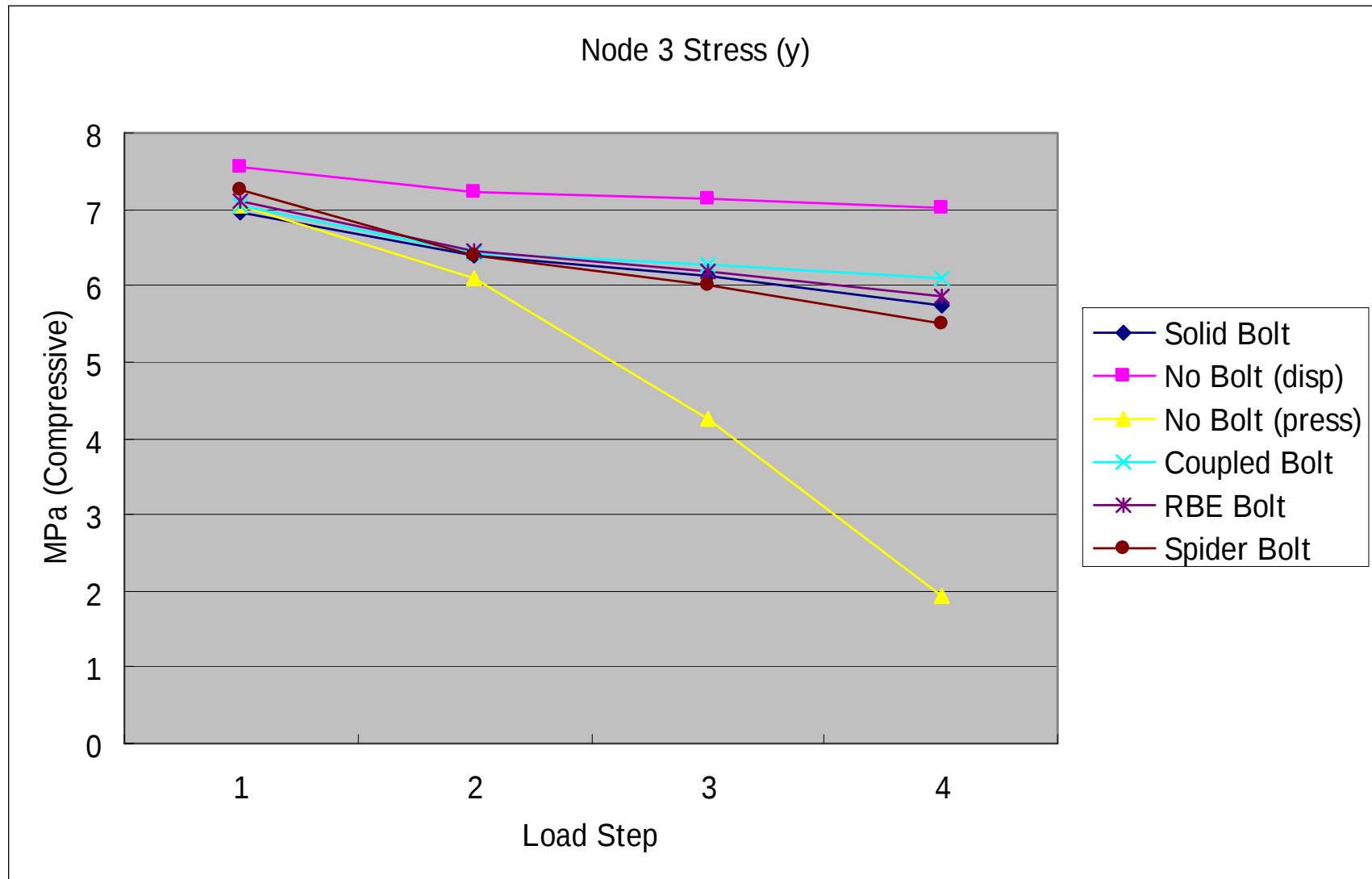
まとめ:接点1



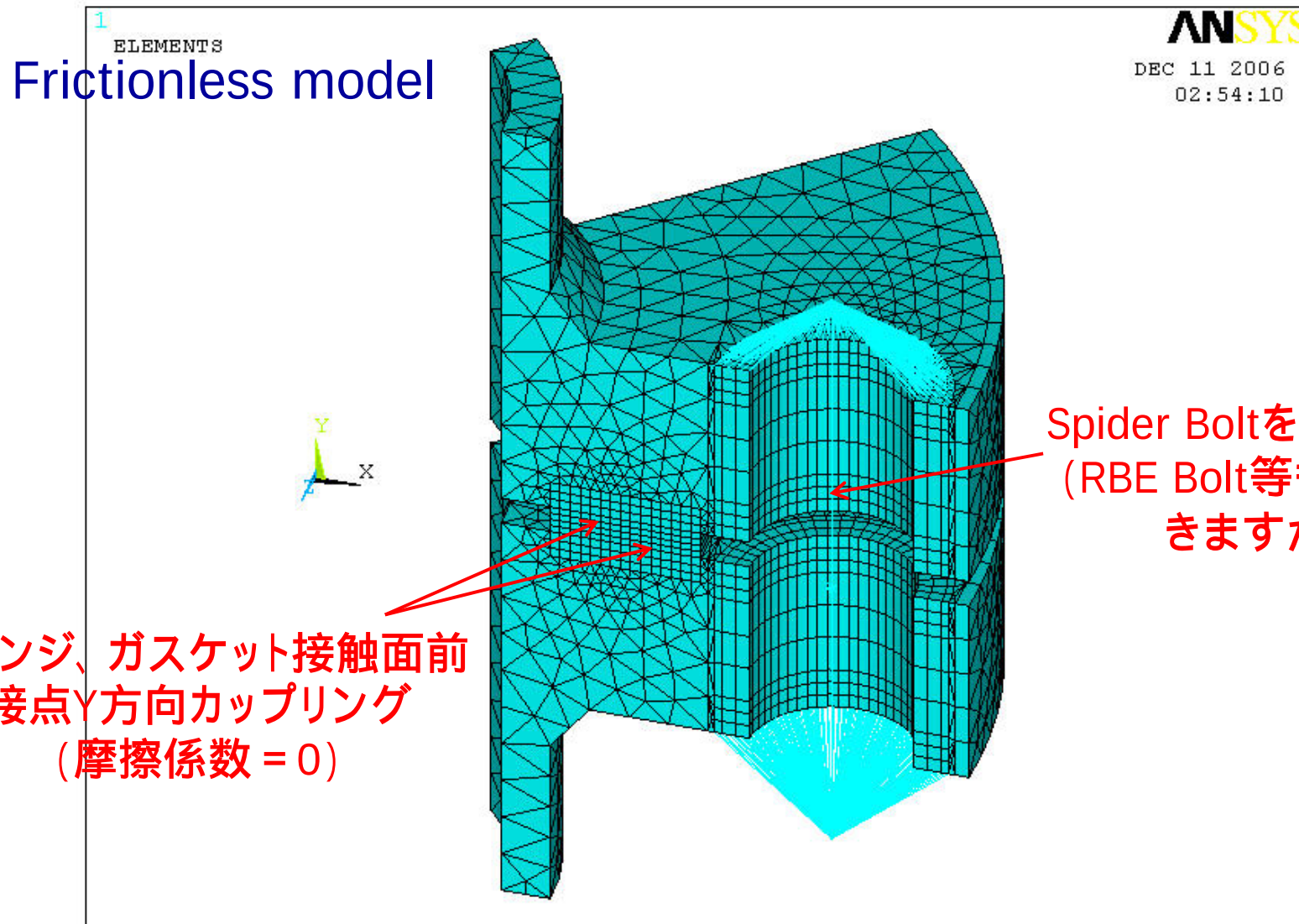
まとめ:接点2



まとめ:接点3

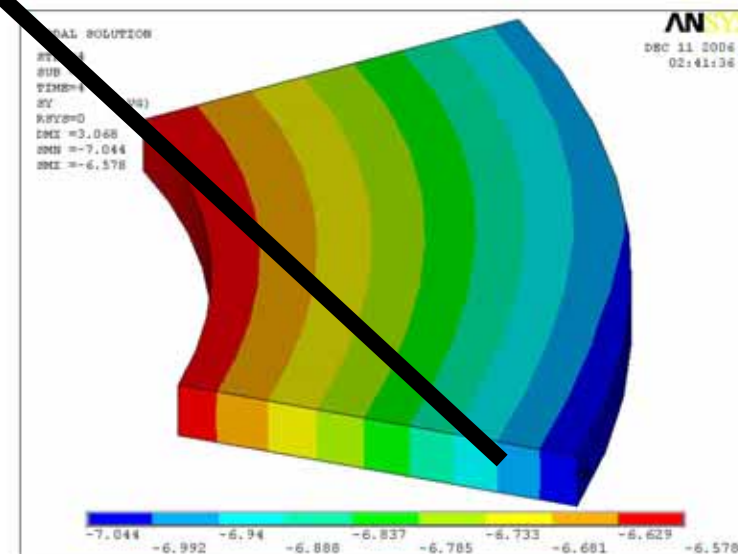
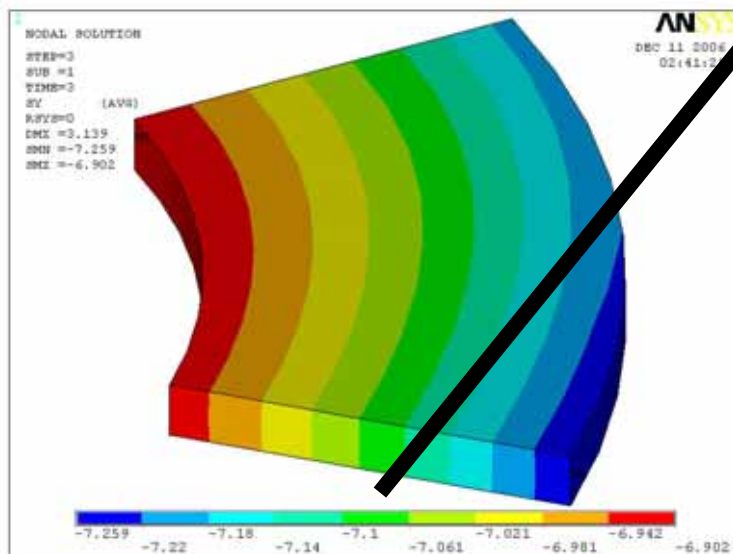
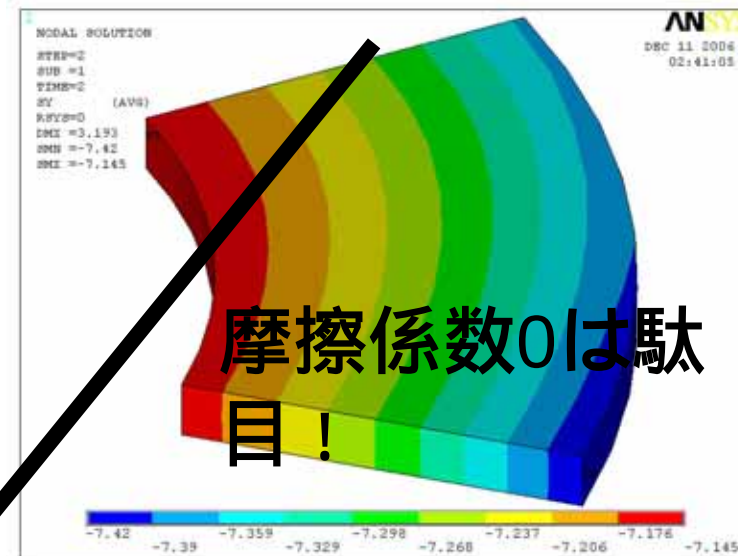
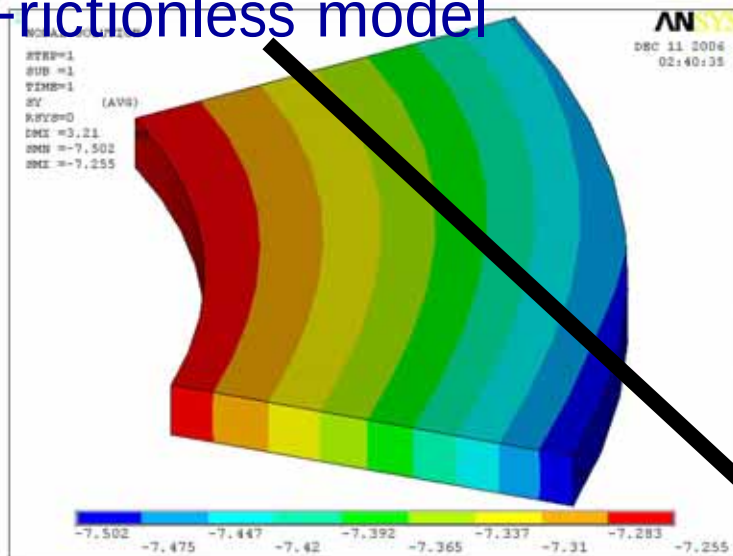


非コンタクト要素ガスケットモデル1



非コンタクト要素ガセットモデル1

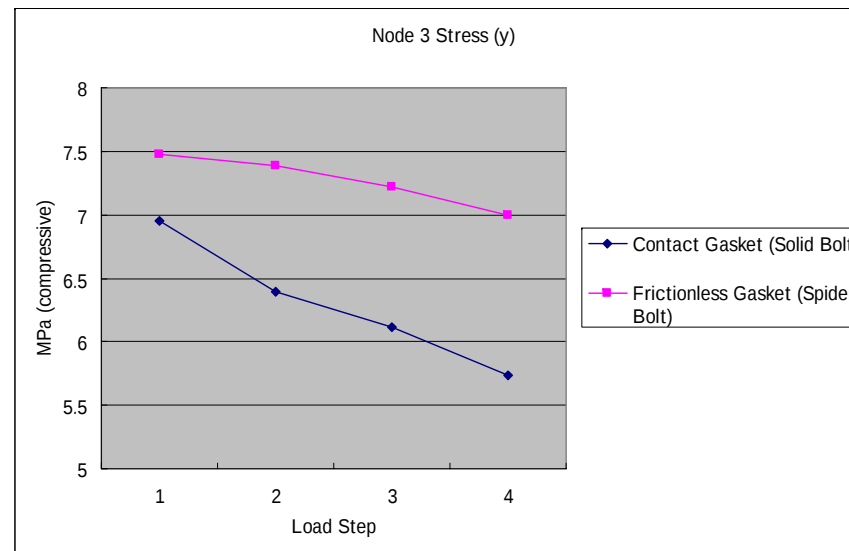
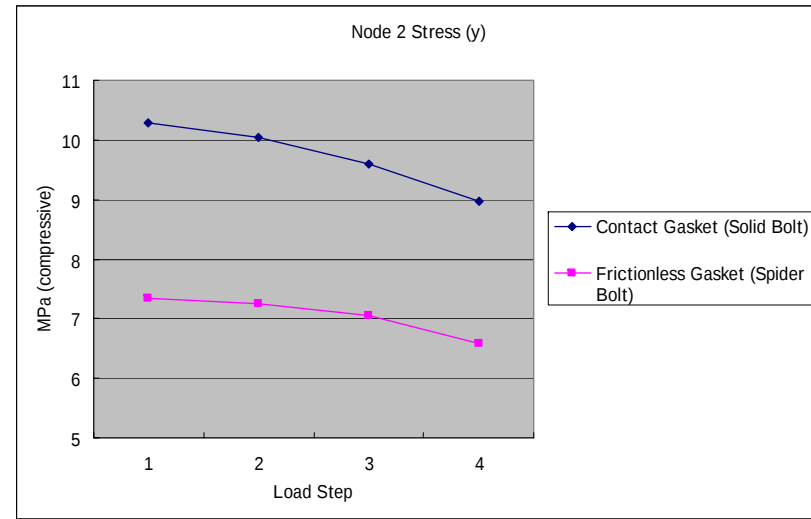
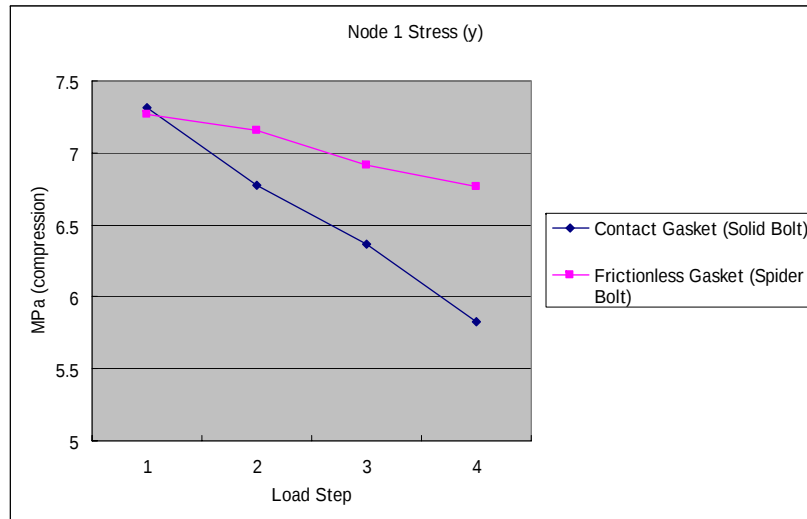
Frictionless model



摩擦係数0は駄目！

非コンタクト要素ガスケットモデル1:結果比較

Frictionless model

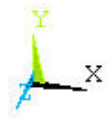


非コンタクト要素ガスケットモデル2

1
ELEMENTS
One piece model

ANSYS

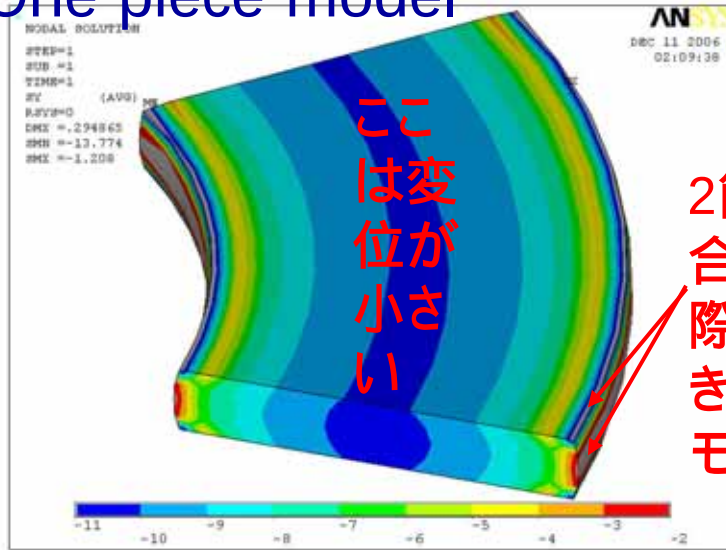
DEC 11 2006
02:54:10



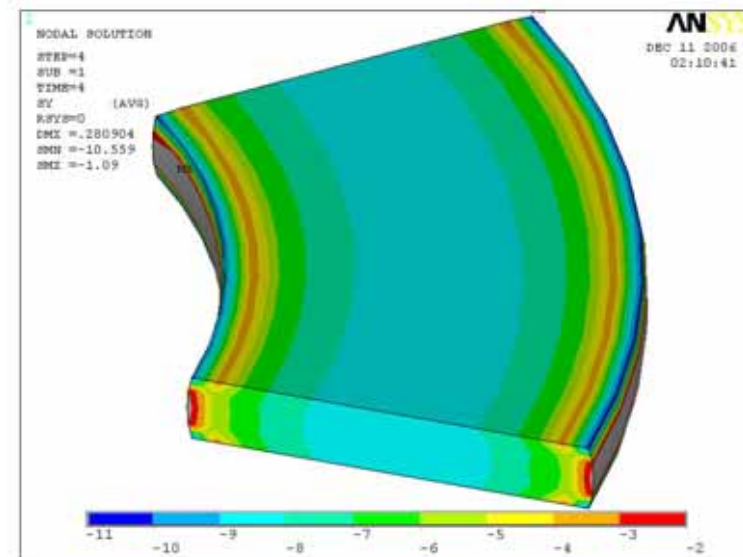
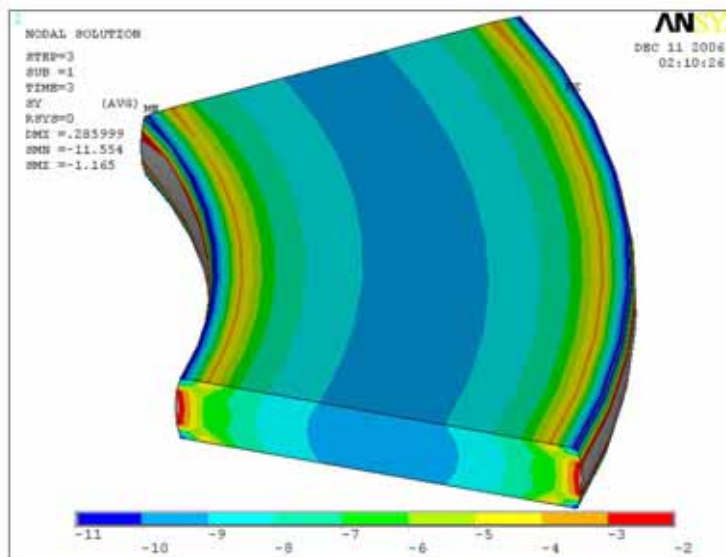
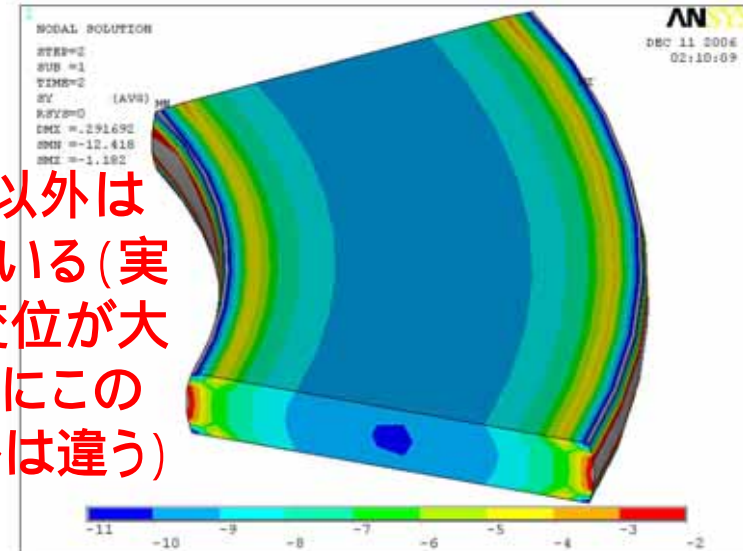
一体化モデル(全て一体物で
ガスケットとフランジの材料物
性値のみが違う)

非コンタクト要素ガセットモデル2

One piece model

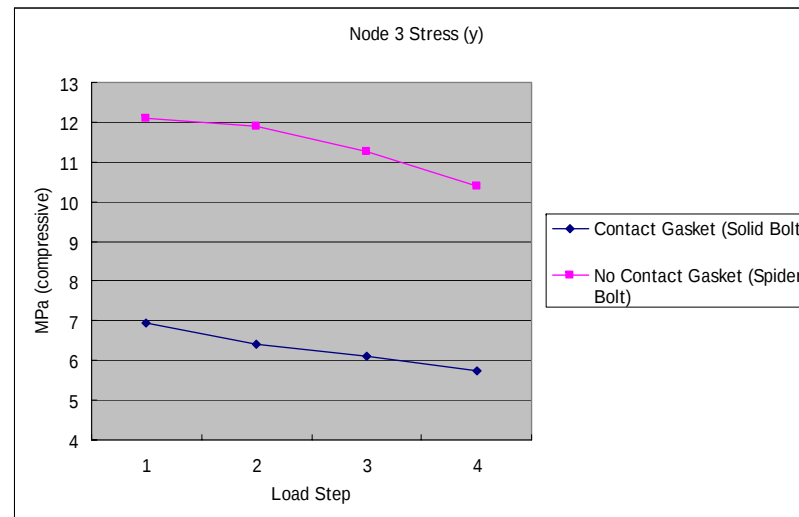
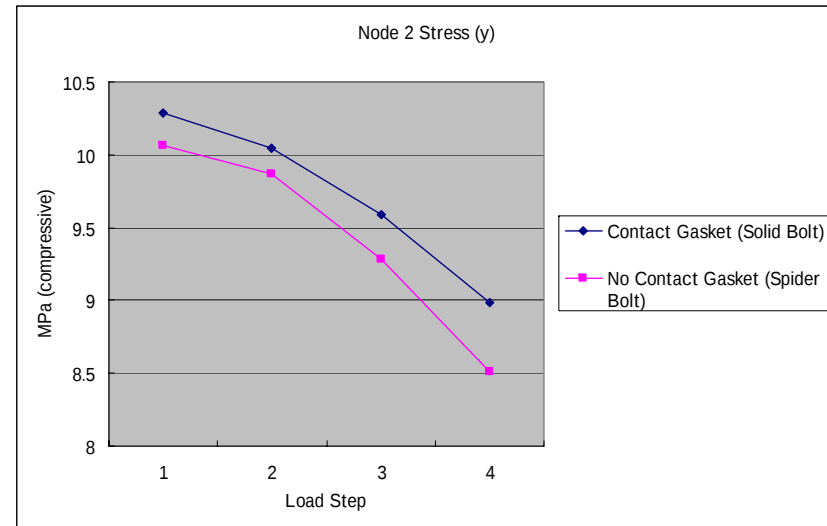
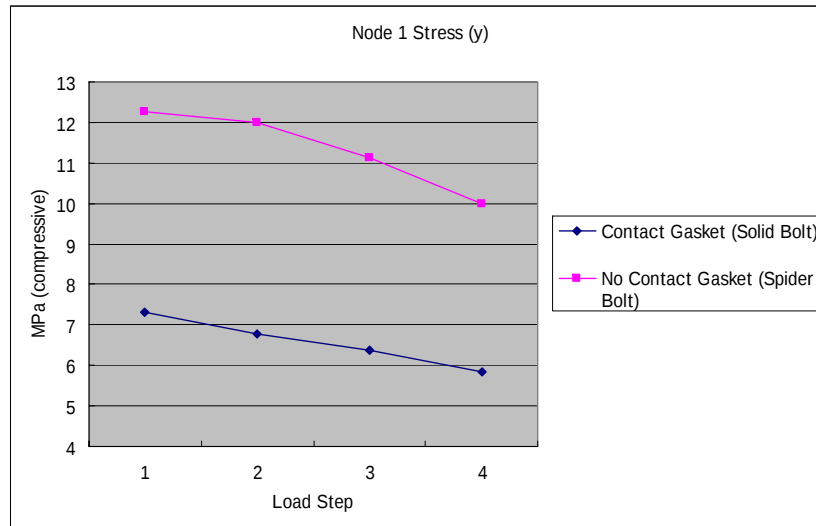


2箇所以外は合っている(実際は変位が大きいのにこのモデルは違う)

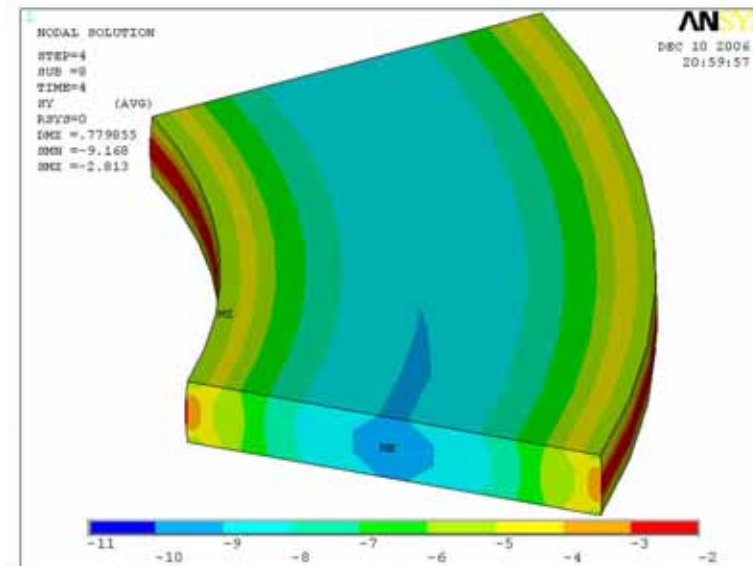
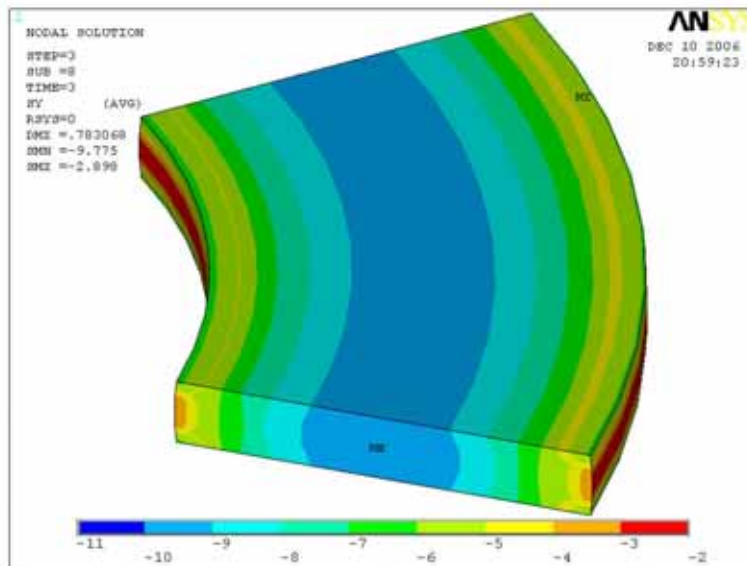
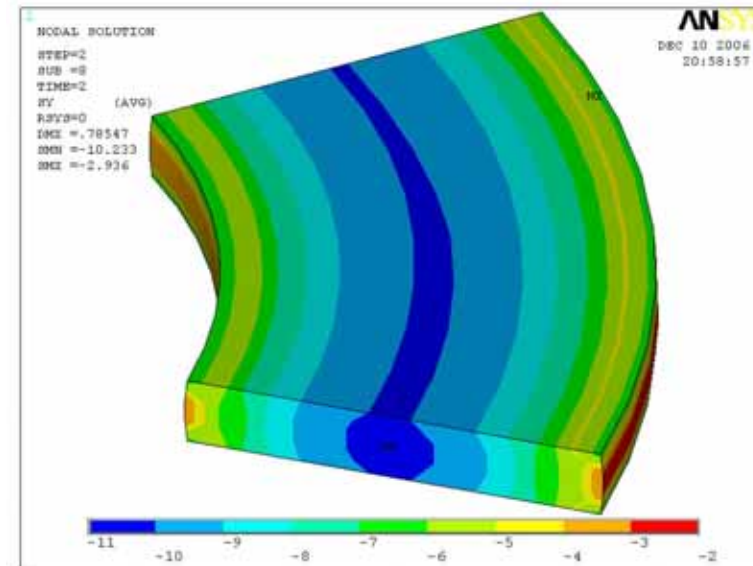
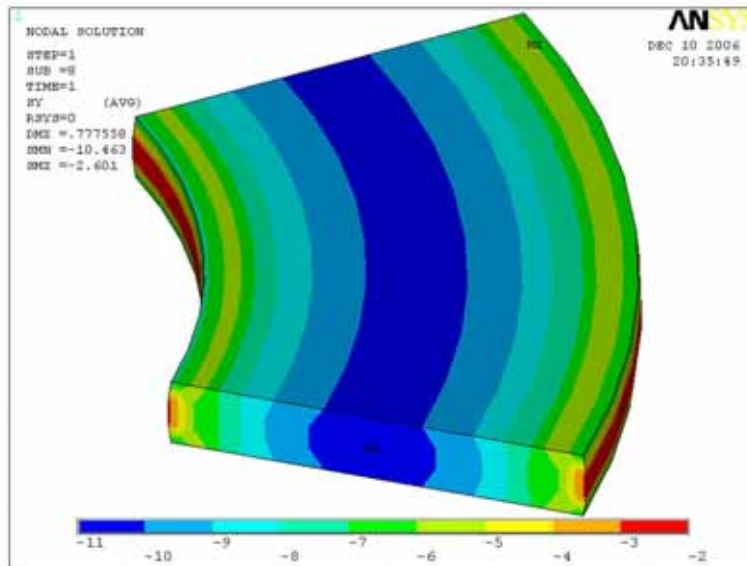


非コンタクト要素ガスケットモデル2:結果比較

One piece model

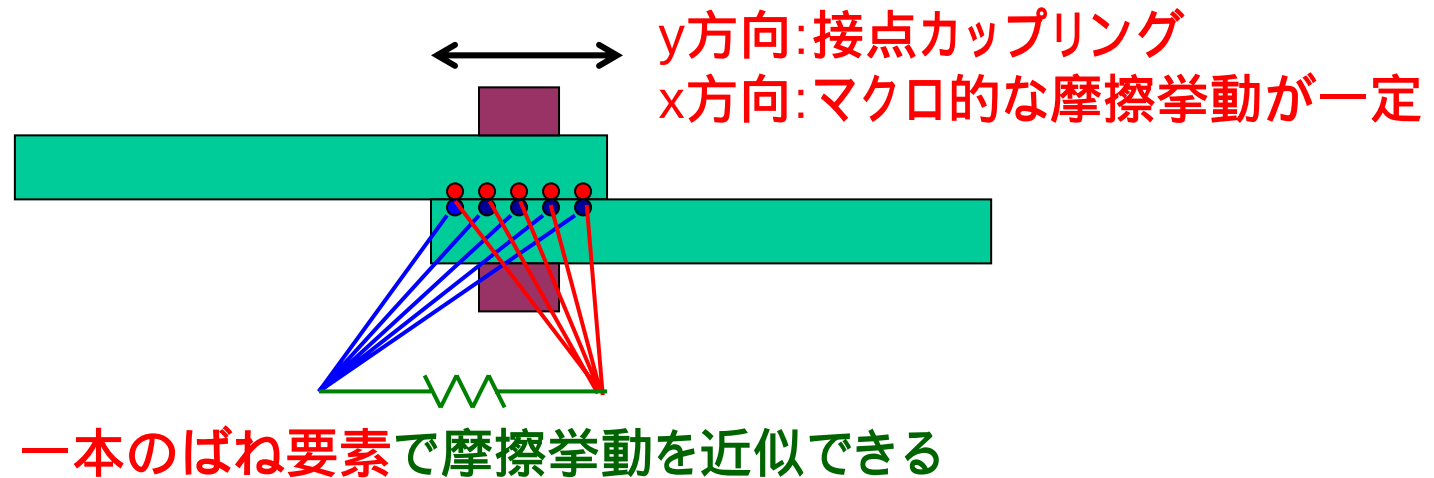


Solid Bolt: σ (y)[再度、参照用]

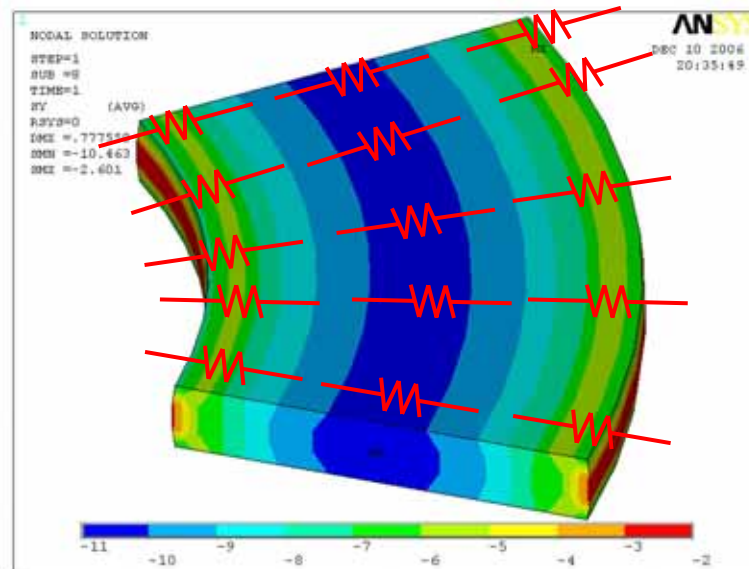


非コンタクト要素ガスケットモデル:まとめ

2枚板:
ボルト軸に
直角な荷重
(中嶋担当)



ガスケット:
ボルト軸に
平行な荷重
(プラスゴム
変形)



上記と同じようなことが可能ですが、場所によって摩擦挙動が異なる(両端へ行けば行くほどx方向変位が大きい)し方向的にも円筒座標的な問題なので:沢山のばね要素を使わない限り正解と全く合わせることは出来ない。しかし、その作業は現実的じゃない(ANSYSのコンタクト要素は同じことを自動的にやってくれる)

Thank you!