

# 管フランジ締結体の有限要素解析と漏洩実験

## Finite Element Analysis and Sealing Test for Pipe Flange Connection

学 佐藤 広嗣 (神戸商船大院) 正 高木 知弘 (神戸大) 正 福岡 俊道 (神戸大)

Kouji SATOU, Kobe University of Mercantile Marine, 5-5-1, Fukaeminami, Higashinada-ku, Kobe

Tomohiro TAKAKI, Kobe University

Toshimichi FUKUOKA, Kobe University

**Key Words** : Pipe Flange Connection , Sealing Test , FEM

### 1. 緒言

今日の環境規制の強化のため、管フランジ締結体からの内部流体の漏洩量を精度よく算出する手順を確立することは重要である。本研究では、管フランジ締結体に内圧が作用する場合の有限要素解析と漏洩試験の結果を比較することにより、有限要素解析結果に基づき漏洩量を評価する手順を確立するための基礎データを蓄積することを目的としている。

### 2. 実験方法

管フランジ締結体に内圧が作用する場合の内部流体の漏洩試験を行う。同時に、初期締付け時および内圧負荷時のフランジローテーション角度、内圧負荷過程のボルト軸力変化を測定する。

対象とするのは JPI class 150lb 4inch の一体型管フランジである。図 1 にその寸法を示している。この管フランジをメートル並目ねじ M16 を有する 8 本のボルトで締付ける。ガスケットには石綿ジョイントシートガスケット (日本バルカー(株)製) を使用し、内径が 116.0mm (type1) と 136.6mm (type2)、厚さが 1.5mm と 3mm の計 4 種類を用いている。

図 2 に実験装置の概略図を示す。内部流体には窒素ガスを用い、2.5MPa と 5MPa の内圧において漏洩試験を行う。ボルト軸力はボルト円筒部に貼り付けたひずみゲージにより測定する。初期締付け時にはこの出力を指標として、全てのボルトの軸力を均一化している。フランジローテーションは図 2 に示すようにフランジ部に設置した 4 個の変位計の出力に基づき算出している。漏洩量の算出には圧力降下法を用いる<sup>(1)</sup>。

### 3. 解析方法

実験で使用した管フランジ締結体が内圧負荷を受ける場合の力学的特性を、軸対称問題として有限要素解析により評価する。

図 3 に本解析で使用する有限要素モデルを示す。解析には汎用解析ソフト ABAQUS を使用する。管フランジは長手方向の対称性を考慮し、上半分のモデルを使用している。ボルトは一次元線形ばねモデルとしている。また、ガスケットには一次元ガスケット要素を使用し、非線形およびヒステリシス特性を考慮している。管フランジとボルトのヤング率は 200GPa、ポアソン比は 0.3 一定とする。ガスケットは圧縮試験に基づき同定した応力-ひずみ関係の式を使用している<sup>(2)</sup>。

図 4 は境界条件を示している。ボルトモデルの下端部に接点力を与えることでボルト軸力を生じさせ、内圧負荷時には変位を拘束している。内部流体による内圧はフランジ内表面とフランジ座面のガスケットがない部分に面に垂直方向に分布荷重として与えている。また、内圧により生じる軸方向の引張り力は管フランジ上部に換算して分布荷重として与えている。

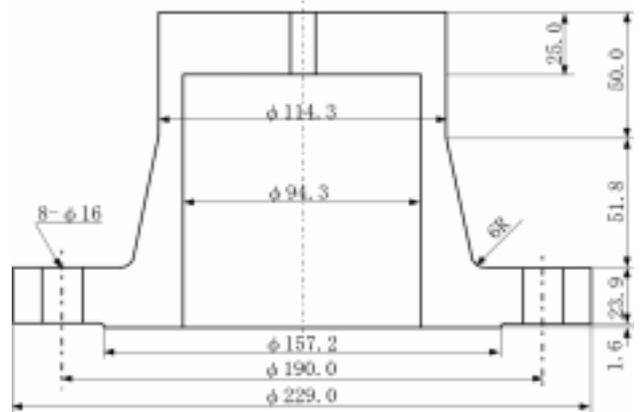


Fig.1 Dimensions of pipe flange

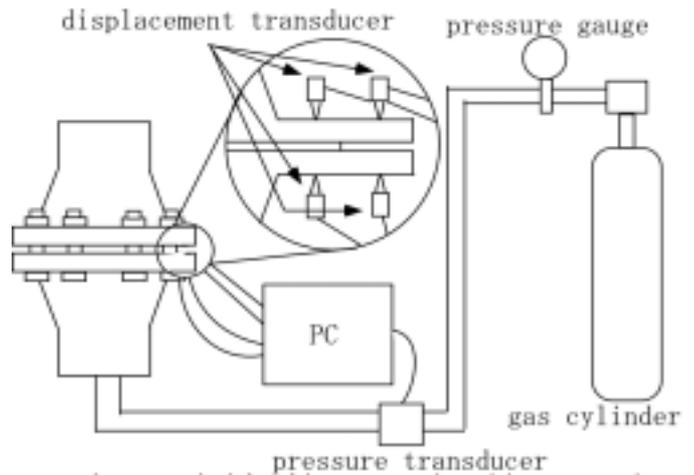


Fig.2 Test equipment

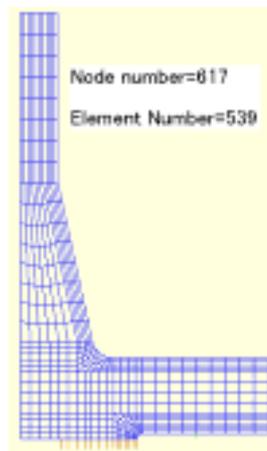


Fig.3 FE model

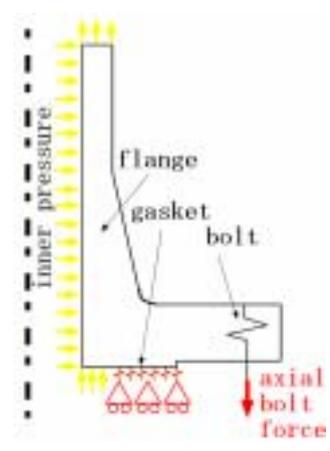


Fig.4 Boundary condition

#### 4. 結果

図5は漏洩実験から得られた漏洩速度と平均ガスケット応力との関係を示している。初期締付け力は平均ガスケット応力が18.2, 27.3, 36.4, 45.5MPaとなるように設定している。いずれの場合も、ガスケット応力が高いほど漏洩速度は低くなっており、その傾向は type1の方が顕著であることがわかる。

図6は厚さ1.5mmのガスケットを使用し、5MPaの内圧を作用させた場合のフランジローテーション角度を示している。フランジローテーション角度は上側の管フランジのフランジ部の上部の変位から算出している。実験と解析の結果はよく一致しており、解析手順の妥当性が確認できる。また、図5と図6を比較すると、フランジローテーション角度が大きくなるほど、漏洩速度は低くなることが確認される。

図7は厚さ3mm, type1のガスケットを使用し、平均ガスケット応力が36.4MPaになるようにボルト軸力を与えた場合の、初期締付け時と内圧5MPaを作用させた時の半径方向のガスケット応力分布である。ガスケットの外径側ほどガスケット圧力が高くなっていることがわかる。これはフランジローテーションの影響であると考えられる。

考察および結言は省略

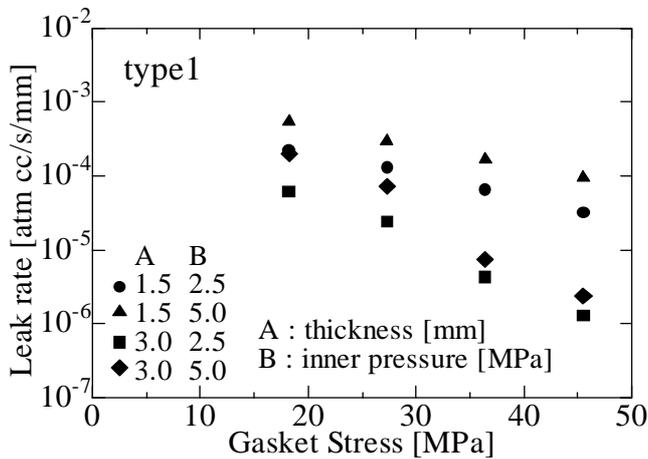


Fig.5 Leak rate

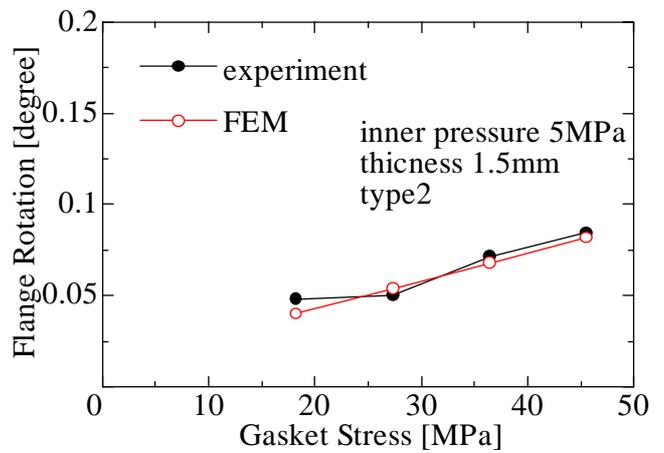
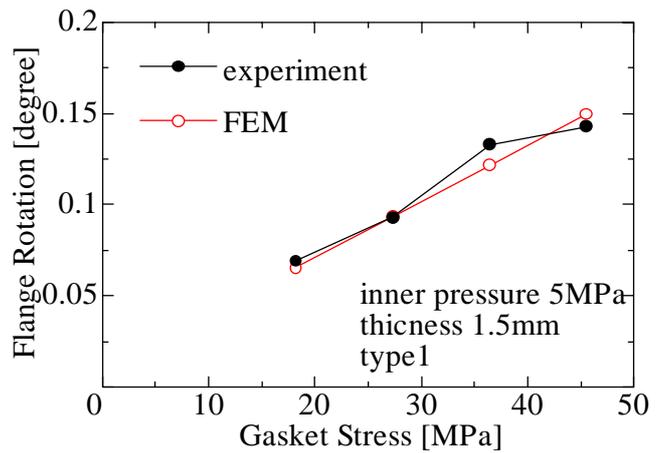
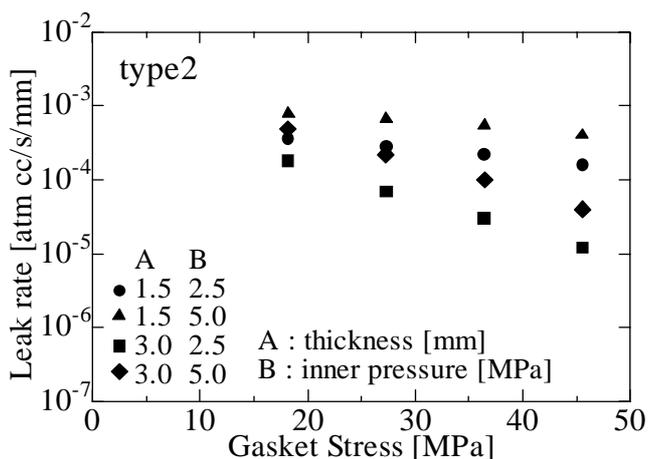


Fig.6 Flange rotation angle

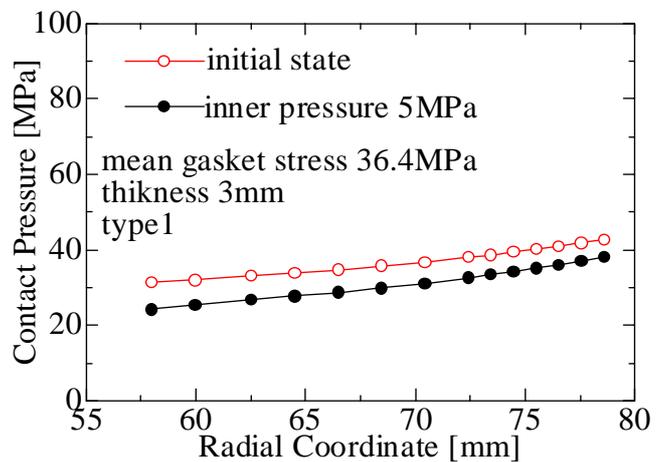


Fig.7 Gasket stress distribution

#### 参考文献

- (1) John H. Bickfort : Gaskets and Gasketed Joints , 1997 , P137
- (2) 高木知弘・福岡俊道, 管フランジ締結体の三次元有限要素解析 (石綿ジョイントシートガスケットを用いた場合), 機論, 68-665, A (2002), 8 - 14 .