658 管フランジ締結体のガスケット面圧挙動に対する内部流体作動の影響

Influence of internal fluid action on gasket stress behavior of pipe flange conclusion

○正 佐藤 広嗣 (バルカー) 正 野々垣 肇 (バルカー)

Koji SATO, Nippon Valqua Industries, LTD., 5-2, Technopark Nara, Sugawa-cho, Gojo-city, Nara

Hajime NONOGAKI, Nippon Valqua Industries, LTD., 5-2, Technopark Nara, Sugawa-cho, Gojo-city, Nara

Key Words : Gasketed Joint, FEM, Temperature Dependency, Life estimation

1. 緒言

ガスケットは主に高温で高圧流体が作用するフランジ締結部のシールの為に用いられる。これまでの多くの研究でシール性にはボルト軸力挙動の影響が大きく、また、流体作動直後にボルト軸力が大きく低下することがわかっている⁽¹⁾。現場ではコストや効率の観点から、本番流体作動前に蒸気で加熱するなどの流体作動にも様々な方法がある。しかしながら、ボルト軸力に対する流体の作動条件の影響は明らかとなっていない。

本研究では有限要素解析を用いてボルト軸力挙動に対する流体の昇温速度、昇圧速度、昇温と昇圧の順序の影響を評価する。対象条件は寸法を JIS 10K200A RF フランジ締結体、ガスケットに V#GF300 #1.5 を用い、ガスケット面圧 35MPa 相当の締付けを行った後に温度 200℃ 内圧 3MPa の流体を作動させることとする。有限要素解析には汎用コード ABAQUS を用いる。

2. 解析条件

図 1 に有限要素モデルを示す。寸法は JIS 10K200A RF を対象とし、軸対称伝熱応力解析を行う。ボルトは頭を省略し、ボルト胴部が直接フランジ部に接触するとしている。このモデルではボルトが周方向に連続的に存在することとなり、実際とは異なる。そのため、ボルトのヤング率には実機とモデルの断面積の割合から算出した値を入力し、軸方向の剛性を実機と同様にしている。図 2 に境界条件を示す。締付けステップにおいてはボルト端部にボルト応力を与えることで締付けを行い、加熱ステップにおいてはボルト端部を拘束し、流体接触面に 200℃ 温度と圧力を与えることで流体作動を再現している。また、モデルの管端部には管断面積に作用するスラスト力の影響を負荷している。ここで、昇温と昇圧については値と時間の関係を表形式で入力し、速度を制御している。締付けステップは定常問題として扱い、加熱後のステップは非定常問題として扱うことで伝熱速度の影響も考慮している。

表 1 は解析に用いた材料特性値を示している。フランジ、ボルトの材質は SS400、ガスケットは V#GF300 を想定している。ガスケット特性は実験により測定した（比熱、粘性はここでは説明割愛）。図 4 は室温、50、100、200、300℃ におけるガスケットの応力-ひずみ特性を示している。ガスケットは温度が高くなるほどひずみが大きくなるという特性を有しており、解析にはこの温度依存性を考慮して入力している。図 5 にはガスケットの線膨張係数を示す。線膨張係数においても温度依存性を考慮して入力している。ガスケット粘性は応力と温度の影響の考慮した特性をクリープ試験結果より式化して入力している。

ガスケットは V#GF300 #1.5 とし、締付け面圧、内部圧力、内部温度条件については表 2 に示す。内圧ゼロで昇温速度は 200℃ までを 1、3、10 時間かけた場合、昇温なしで昇圧速度は内圧 3MPa までを 1、3、10 時間かけた場合の評価を行う。また、昇温してから昇圧する条件、昇温と昇圧を同

時に行う条件を行い、昇温・昇圧の順序の影響も検討する。表 2 の条件で 12 ヶ月運転した場合の軸力挙動を評価する。

Fig.1 FE model

Fig.2 Boundary condition

Fig.3 Stress-strain curves of gasket

Fig.4 Expansion thermal coefficient of gasket

Table 1 Material properties used in FE simulations

parameter	flange	bolt	gasket
Young's modulus [GPa]	200	200	Fig.4
Poisson's rate	0.3	0.3	0.45
Expansion thermal coefficient [1/K]	17.3×10^{-6}	10.9×10^{-6}	Fig.5
Thermal conductivity [W/m·K]	16	13	25
Specific heat [J/kg·K]	500	500	1000
Density [kg/m ³]	8030	7850	2300

Table 2 connection conditions

connection size	JIS 10K200A
initial gasket stress	35 MPa
inner pressure	200 °C
heating rate	1, 3, 10 [200°C/h]
pressurize rate	1, 3, 10 [3MPa/h]
turn of heat & pressurize	・heat → pressurize ・heat & pressurize

4. 結果

図5は昇温速度の影響、図6は昇圧速度の影響、図7は昇温・昇圧の順序の影響評価結果を示している。縦軸に初期軸力に対する割合、横軸に時間としている。図5、6より、昇温速度と昇圧速度が軸力挙動に与える影響は軽微であると言える。図7では昇温・昇圧の順番によって軸力挙動が変化していることがわかる。一般的に流体作動の本運転の前に蒸気等で容器（配管）内を昇温する方法が用いられていることがあるが、軸力の観点からすると軸力が低下しやすい条件ということがわかった。

5. 考察

流体作動時の昇温と昇圧の順番によって軸力挙動が変化することがわかった。軸力挙動は各部の熱膨張、ガスケットクリープ、ガスケット圧縮特性の温度依存性、内圧スラストの影響を受ける。クリープと圧縮特性は応力依存性も有しており、昇温と昇圧の順番がことなるためにガスケット応力挙動も変わり、その際のクリープや圧縮特性の影響も変わったものと考えられる。

Fig.5 Influence of heating rate

Fig.6 Influence of pressurize rate

Fig.7 Influence of turn of heating and pressurizing

6. 結言

締結体の軸力挙動に対する流体作用における昇温と昇圧の影響について有限要素解析を用いて評価した結果、以下の結論を得た。

- ・ 締結体軸力挙動に対して、流体作動の昇温、昇圧速度の影響は小さい
- ・ 昇温・昇圧の順番によって軸力挙動は変化し、先に昇温してから昇圧するよりも、昇温と昇圧を同時に行った方が高い軸力を保持する

参考文献

- (1) 佐藤広嗣, 野々垣肇, 黒河真也, 出口聡美, “ガスケット締結体の長期特性予測手法の構築”, Valqua Technology News Vol.17, 2009, pp2-7