

ガスケットの締付けトラブルとその対策

1. はじめに

現在、プラントの配管などの締結作業者の世代交代により締付け技能者の不足が懸念されている。

プラントにおけるガスケットのトラブルは多々あるが、施工不良によるものが全体の約2/3を占めるとの調査がある。施工不良によるトラブルは大きく以下の3点に大別することができる。

- ・締付け不足
- ・過剰締付け
- ・片締め

本報ではそれぞれのトラブルと対策について紹介する。

2. 施工不良によるトラブルの紹介

2-1) 締付け不足

締付け不足によるトラブルとしては、締付け直後に起こる初期漏れが挙げられる。それ以外に初期締付け時には漏れが発生していなくてもクリーブ緩和による締付面圧低下により運転中に漏れる場合も事例として挙げられる。また、漏れという状態ではなく締付面圧の低下によってフランジとガスケット間の摩擦力が低下し、内圧によってガスケットが押し出され、Figure1のように全周もしくは製品の一部分が変形・破断し漏れに至る事例もある。

2-2) 過剰締付け

過剰締付けによるトラブルとしては、主にガスケットの圧縮破壊(圧壊)が挙げられる。

圧壊によりFigure2¹⁾のような多数の周状の亀裂が生じ、締付面圧が低下することにより漏れに至る。

2-3) 片締め

片締めによるトラブルは、ガスケットに部分的な「締付け不足」、「過剰締付け」もしくは両方ある状態であり、上記の現象

(変形・破損、圧壊など)がFigure3のように製品の一部分的に生じる事例で、最もよくみられる現象である。



Figure1 締付け不足による変形



Figure2 過剰締付けによる圧壊¹⁾



Figure3 片締めによる変形

2-4) クリーブ緩和による漏れの発生メカニズム

2-1)でトラブルが起きる原因の一つとしてガスケットのクリーブ緩和の話挙げた。

ガスケットはクリーブ緩和によって締付面圧がFigure4のよ

うに徐々に低下する。

通常、ガスケットは締付力を負荷すると時間経過とともにクリープによって締付面圧が低下していき、Figure4のように気密限界面圧を下回ると漏れが発生する。締付け不足があると想定よりも早期に漏れが発生するため、初期の締付力を十分に確保することにより、漏れが発生する気密限界面圧に至るまでの時間を遅らせることができる。

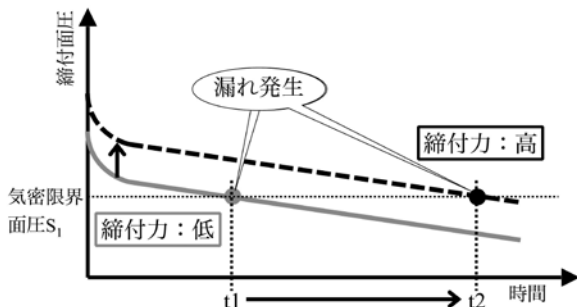


Figure4 クリープ緩和による締付面圧の低下

一方、ガスケットからのアプローチとして気密限界面圧の低い(=漏れにくい)ガスケットを使用することも効果的である。例えば、ジョイントシートガスケットとふっ素樹脂シートガスケットを比べた場合、ジョイントシートガスケットの方が気密限界面圧は高いため、少しでも面圧低下が起これば漏れが発生する。一方、ふっ素樹脂シートガスケットは気密限界面圧が低いため、多少面圧低下が起きたとしても漏れは発生しにくい。ただし、ふっ素樹脂シートガスケットはジョイントシートガスケットよりもクリープ緩和が大きいいため、ガスケットの特性(シール性能の優劣、クリープ緩和の大小など)を考慮した上で、総合的に選定することが重要となる。

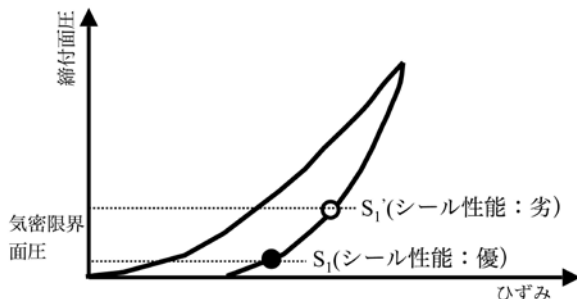


Figure5 気密限界点(S₁)とシール性の関係

3. トラブルの発生原因とその対策

3-1) 締付け不足

締付け不足が生じる原因と対策方法をTable1に示す。
例えば厳密な締付け管理がなされていない場合になぜ問

題になるかという、熟練技能者による締付けと新人による締付けではその結果に差が見られるからで、その差を埋めるためにトルクレンチなどの道具を使用することが考えられる。

また、フランジ面間が離れている場合、ボルト軸力がフランジを引き寄せる力に使われてしまい、ボルト軸力がガスケット締付力として伝達されにくくなるため、十分な締付力が得られずに漏れることがある。そのため、フランジ面間の是正が必要となる。

Table1 締付け不足の原因と対策方法

| 締付け不足の原因 | 対策方法 |
|-------------------------------|--|
| 厳密な締付力管理(トルク管理、軸力管理等)がなされていない | ・トルクレンチなどを用いてトルクを管理 |
| 適切な工具の不使用 | ・トルクレンチの使用 ・締付力に応じた長さのレンチの使用 |
| ボルトの摩擦(錆や潤滑剤の不使用) | ・錆の除去 ・潤滑剤の塗布 |
| ボルトの強度不足(塑性変形の発生) | ・高強度ボルトの使用 |
| フランジ面間が離れている | ・フランジ面間の是正(ASME PCC-1 ²⁾ ではガスケット厚さの2倍までとしている) |

3-2) 過剰締付け

過剰締付けが生じる原因と対策方法をTable2に示す。

摩擦係数の小さい素材を使用する場合、フランジとの摩擦係数が小さく滑りやすくなるため、より圧壊しやすくなるため注意を要する。ジョイントシートガスケットのような一般的なガスケットよりも膨張黒鉛シートやふっ素樹脂ジャケットガスケットなどの摩擦係数が低い素材を用いたガスケットで発生しやすい。

Table2 過剰締付けの原因と対策方法

| 過剰締付けの原因 | 対策方法 |
|----------------------------------|----------------------------------|
| 締付け管理がなされていない | ・トルクレンチなどを用いてトルクを管理 |
| 摩擦係数の小さい素材(膨張黒鉛、ふっ素樹脂ジャケットなど)の使用 | ・トルク管理の実施 |
| ペーストの過剰塗布 | ・塗布量の管理(ペーストの厚みは数十μmで十分) |
| フランジの表面粗さが合っていない | ・使用するガスケットの最適な粗さに仕上げる(Table3, 4) |

また、ペーストの過剰塗布やフランジの表面粗さが細かすぎる場合、フランジとガスケットとの摩擦力が小さくなり圧縮破壊を起こす可能性もあり、ペースト塗布量の管理やフランジメンテナンス時の過剰な磨きに注意が必要である。ガスケットの当たり面を現場で修正する場合は、Table3を目安とし、手仕上げによる。手仕上げによる修正が不可のものについては、Table4を参考にして機械加工により修正する³⁾。

Table3 手仕上げの目安³⁾

| ガスケットの種類 | 仕上げの目安 |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| ジョイントシート うず巻形ガスケット またはPTFEガスケット | 中目のヤスリ仕上げ |
| 平形金属被覆ガスケット | 中目のサンドペーパー仕上げ |
| リングジョイント | 細かいサンドペーパー及び コンパウンド磨き仕上げ |

Table4 フランジのガスケット接触部の表面粗さ³⁾

| 名称 | 表面粗さの呼び値 (Ra) | |
|-----------------------------|---------------|-------|
| | 水系流体 油系流体 | ガス系流体 |
| ゴムシートガスケット 布入りゴムシートガスケット | 12.5 | |
| ジョイントシートガスケット | 6.3 | 3.2 |
| PTFEソリッドガスケット | | |
| PTFE被覆ガスケット | | |
| 膨張黒鉛シートガスケット | | |
| うず巻形ガスケット | 1.6 | |
| リングジョイントガスケット | 1.6 | |

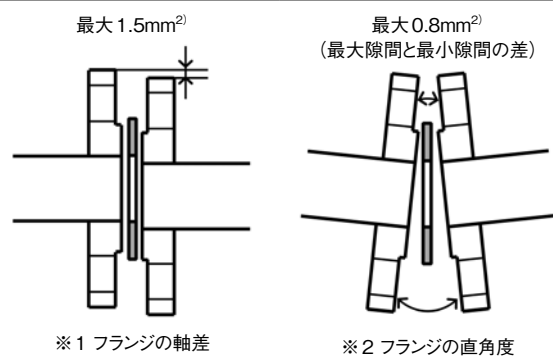
3-3) 片締め

片締めが生じる原因と対策方法を Table5 に示す。

このトラブルも熟練技能者と新人で差が出るが、締付け方法や手順で解消できる。締付けの際には、フランジの状態は ASME PCC-1 に、締付けは JIS B2251 に準拠することで、効率かつ適正に締付けができる。ぜひ参考にしてください。

Table5 片締めの原因と対策方法

| 片締めの原因 | 対策方法 |
|--|--|
| 最初から大きな締付力で締付ける | ・ JIS B2251 ⁴⁾ に準拠 (対角かつ段階的な締付け) |
| ボルトの締め忘れ 弾性相互作用による緩み | ・ JIS B2251 ⁴⁾ に準拠 (周回で複数回の締付け) |
| 狭所や無理な体勢での締付け | ・ 無理なく力をかけられる作業環境 を確保 |
| ボルトの不統一 (無潤滑ボルトや低強度ボルトの 混在) | ・ 事前にボルトをチェック |
| フランジの軸差 ^{*1} 、直角度 ^{*2} | ・ フランジの是正 (ASME PCC-1 ²⁾ では 軸差：最大 1.5mm 直角度：最大 0.8mm としている) |



4. まとめ

本報にて施工不良によるトラブルの紹介とその対策を紹介した。

配管施工時には以下の項目に注意して締付けることによりトラブルを起こさず、長年に健全にガスケットを使用することができる。

- 配管アライメント(直角度、軸差、面間)に注意する。
(ASME PCC-1を参考)
- ボルトは適正な強度のものを使用、錆を落とし、潤滑剤を塗布する。
- 締付けるのに適切な工具を選定する。
- 適切な締付け方法(JIS B2251)で締付ける。
- ペースト塗布量や滑りやすい環境にならないように注意する。

また、締付けの際には締付け不足、過剰締付けにならないよう当社ガスケットの推奨締付面圧で締付けて頂くよう推奨する。参考として、当社ガスケットの推奨締付面圧の一覧を Table6 に示す。

Table6 推奨締付面圧 単位: MPa

| ガスケット | 液体系 | ガス系 |
|--------------------|------|------|
| ジョイントシートガスケット | 25.5 | 40.0 |
| 高性能シートガスケット | 25.5 | 35.0 |
| ふっ素樹脂シートガスケット | 10.0 | 15.0 |
| 充填材入りふっ素樹脂シートガスケット | 20.0 | 24.5 |
| ふっ素樹脂ジャケットガスケット | | |
| N7030シリーズ | 15.0 | 20.0 |
| N7031シリーズ | 20.0 | 24.5 |
| N7035シリーズ | 15.0 | 20.0 |
| 膨張黒鉛シート | | |
| 膨張黒鉛 | 26.0 | 40.0 |
| 膨張黒鉛+SUS鋼板 | 30.0 | 40.0 |
| うず巻形ガスケット | | |
| 6590シリーズ | 35.0 | 50.0 |
| 7590シリーズ | 35.0 | 35.0 |
| 8590シリーズ | 35.0 | 70.0 |
| M596シリーズ | 35.0 | 70.0 |

5. 参考文献

- 1) 西田 隆仁：現代ガスケット概論. 84 (2015)
- 2) ASME PCC-1, Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly (2010)
- 3) JPI-8R-15, フランジ・ボルト締付管理(2013)
- 4) JIS B2251, フランジ継手締付け方法(2008)

(Abstract)

Recently, leak accidents which are occurring due to lack of skilled flange tightening operators are becoming major concern for plant owners. This report explains the leak mechanism which is caused by insufficient tightening, over tightening and uneven tightening. ASME PCC-1 and JIS B2251 are introduced as a solution of the leak trouble.

Keywords:

insufficient tightening, over tightening, uneven tightening, ASME PCC-1, JIS B2251

(摘要)

由于法兰紧固人员的换代，紧固技术下降可能引发泄漏。

本文中说明了施工故障中因紧固不足、紧固过度、紧固不均而引发泄漏的机理，并且作为对策介绍了ASME PCC-1和JIS B2251。

关键词:

紧固不足、紧固过度、紧固不均、ASME PCC-1、JIS B2251



藤原 隆寛
研究開発本部 開発部