

ユニオン継手の締付面圧とシール性の評価

ニチアス株式会社 柴田秀史
 ニチアス株式会社 重留祥一
 三菱ケミカル株式会社 森本吏一

1. はじめに

石油精製・石油化学プラント、発電所、製鉄所等では多数の配管があるが、配管の接合には、管継手が用いられる。管継手の接合方式には、フランジ式、ねじ込み式などの接合方法があり、その1つにユニオン式がある¹⁾。

ユニオン式の継手（以下、ユニオン継手）は、主に水廻りの低温の設備で、小口径の配管同士の接続に使用される。このため、低い締付力でもシールできることや、漏れても被害が限定的な場合が多いこともあり、フランジ式の継手（以下、フランジ継手）と比較し、これまで十分な検証がなされていない。しかし、ユニオン継手の締結も、プラント・工場の安全操業を確保する上では重要な作業である。

フランジ継手は、ボルトに固定したひずみゲージや超音波ボルト軸力計によって、ボルトに実際に負荷される力（軸力）を測定することで、締付力を検証できる。これに対して、ユニオン継手では、その構造上、軸力を測定できないため、締付力の検証が難しかった。

そこで、感圧紙を用いることにより、ユニオン継手の締付力を検証し、締付トルクと締付面圧およびシール性の関係を明らかにした結果を本稿にて報告する²⁾。

2. ユニオン継手の構造

ユニオン継手の断面模式図を図1に、ユニオン継手と配管を図2に示す。ガスケット（赤）は、ユニオンねじ（緑）とユニオンつば（青）の間に保

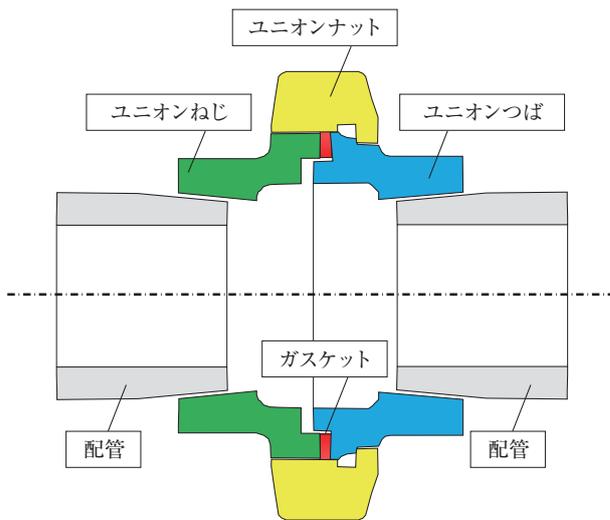


図1 ユニオン継手の断面模式図

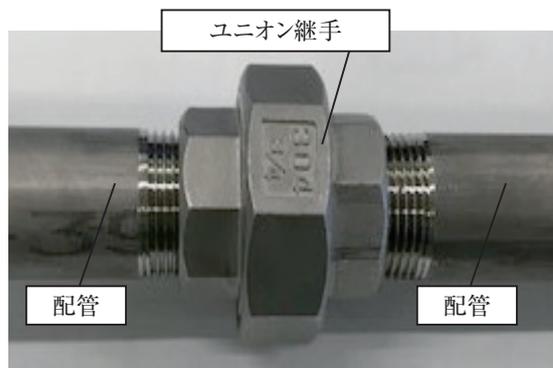


図2 ユニオン継手と配管

持される。ここで、ユニオンナット（黄）とユニオンねじ（緑）を締め付けることによって、ガスケットが圧縮され、シールする構造となっている³⁾。

3. 感圧紙による圧縮面圧の数値化

3.1 感圧紙

感圧紙とは、加えられた圧力の強弱に応じて、発色の濃淡が生じる試験シートである。発色の原理は、発色剤層のマイクロカプセルが圧力によって破壊され、その中の無色染料が顕色剤に吸着し、化学反応で赤く発色するというものである⁴⁾。この機能を利用し、自動車用機関シリンダヘッドガスケットの面圧分布試験に標準的に用いられている⁵⁾。なお、図3のように発色した感圧紙の色の濃淡を画像解析装置で読み取ることで、図4のように圧縮面圧を数値化することもできる⁴⁾。



図3 感圧紙外観

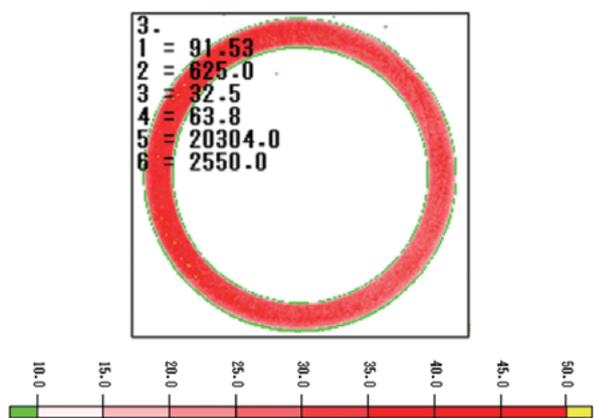


図4 画像解析装置での面圧解析例

3.2 圧縮面圧の数値化

ユニオン継手にガスケットと感圧紙を重ねて装着し締め付けを行い、画像解析で得られる圧縮面圧の確からしさの確認を行った。圧縮装置で所定の圧縮面圧を与えたときに、表1に示すように圧縮装置での実際の圧縮面圧と画像解析で得られた圧縮面圧には違いがあることが分かった。

表1 実際の圧縮面圧と画像解析の圧縮面圧の例

ガスケット呼び径	プレス機での実際の圧縮面圧 [N/mm ²]	画像解析で得られた圧縮面圧 [N/mm ²]
3/4B	34.3	44.5

圧縮面圧の違いは、感圧紙の精度だけでなく、試験時の温度・湿度、感圧紙の寸法等も影響したものと考えられる。しかし、試験環境を変更することが難しいことから、プレス機で複数の圧縮面圧を感圧紙に負荷し、画像解析による面圧と比較した。1/2B、3/4Bおよび1Bにおける実際の圧縮面圧と画像解析で得られた圧縮面圧の関係を図5に示す。この図から、実際の圧縮面圧と画像解析の圧縮面圧の関係を定量的に把握することができる。

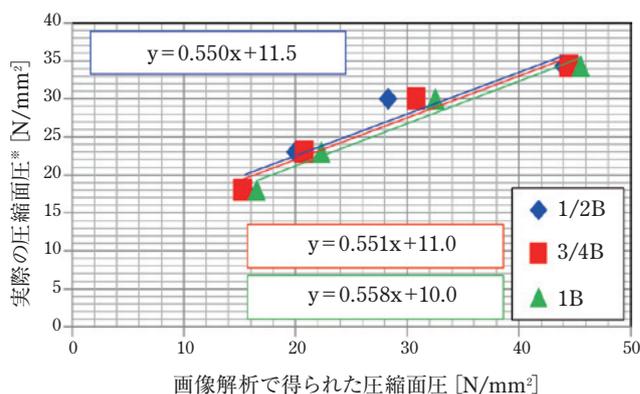


図5 実際の圧縮面圧と画像解析の圧縮面圧の関係
※：実際の圧縮荷重で計算した圧縮面圧

4. ユニオン継手での圧縮面圧

ユニオン継手を用いて、締付トルクと圧縮面圧の関係を評価した。

4.1 試験方法

ガス系流体がシール可能なガスケット面圧を目標面圧とし、トルクレンチを使用し、締め付けを行う。感圧紙は画像解析装置で圧縮面圧を数値化し、**図6**に示すように、そのサイズの検量線を用いて、実際の圧縮面圧に換算する。

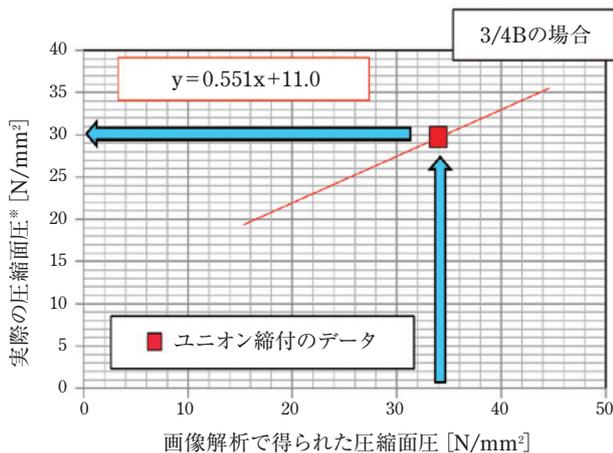


図6 検量線を用いた実際の圧縮面圧への換算
※：実際の圧縮荷重で計算した圧縮面圧

- ・ネジ部への潤滑剤塗布：なし
- ・ガスケット：
TOMBO™ No.1133 「クリンシル® クリーン」

また、締付トルクの計算式を以下に示す⁶⁾。

$$T = \frac{1}{1000} K \frac{\sigma_3 Ag}{n} D$$

T ：締付トルク [Nm]
 K ：トルク係数 (0.20)
 σ_3 ：最小締付面圧 [N/mm²]
 n ：ボルト数 (1本)
 D ：ボルト外径 [mm] (ネジ径)
 Ag ：接触面積 [mm²]

このとき、ガス系流体がシール可能となる圧縮面圧 34.3N/mm²を得るのに必要な締付トルクは、**表2**のように計算される。

表2 締付トルクの計算

呼び径	ガスケット			ボルト 外径 [mm]	締付 トルク [Nm]
	内径 [mm]	外径 [mm]	接触面積 [mm ²]		
1/2B	25	32	313	35	75
3/4B	31	39	440	42	127
1B	39	48	615	51	215

4.2 試験結果

圧縮試験の結果を**表3**に示す。目標面圧 34.3 N/mm²に対して、検量線から推定した圧縮面圧

表3 実際の圧縮面圧の推定 (結果のまとめ)

ガスケット 呼び径	試験数	試験時の締付トルク [Nm]	目標面圧 A [N/mm ²]	画像解析で得られた 圧縮面圧 B [N/mm ²]	実際の圧縮面圧 C [N/mm ²]	面圧低下率 (A - C)/A [%]
1/2B	n1	75	34.3	32.3	29.3	14.7
	n2	75	34.3	33.0	29.7	13.6
	n3	75	34.3	30.5	28.3	17.6
	平均	75	34.3	31.9	29.1	15.3
3/4B	n1	127	34.3	31.3	28.2	17.7
	n2	127	34.3	35.3	30.4	11.3
	n3	127	34.3	34.0	29.7	13.4
	平均	127	34.3	33.5	29.5	14.1
1B	n1	215	34.3	40.8	32.8	4.4
	n2	215	34.3	40.0	32.4	5.7
	n3	215	34.3	40.0	32.4	5.7
	平均	215	34.3	40.3	32.5	5.3

は、約30N/mm²と低くなっていた。これは、ネジ面に潤滑剤を塗布しなかったことで、ネジ面での摩擦力が大きくなったことが原因と考える。

5. ユニオン継手のシール試験

ユニオン継手を用いて、締付面圧とシール性の関係を評価した。

5.1 試験方法

締付トルクを段階的に高くしたときのシール性を、圧力降下法で評価した。試験装置の概略図を図7に示す。ユニオン継手にガスケットをセットし、締め付け後、試験装置内に窒素ガスを負荷する。このとき、封入したガスの圧力降下分から漏れ量を求める。ここで、漏れ量の計算式を以下に示す⁷⁾。

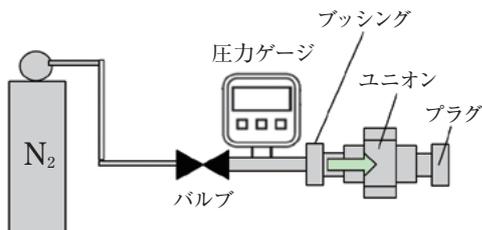


図7 試験装置の概略図

$$Q = \frac{V \cdot (P_2 - P_1)}{\Delta t}$$

Q：漏れ量 [Pa・m³/sec]

V：試験体の内容積 [m³]

P₁：試験開始時の試験体内の圧力 [Pa]

P₂：試験終了時の試験体内の圧力 [Pa]

Δt：試験開始から試験終了までの時間 [sec]

また、シール試験の条件を以下に示す。

- ・呼び寸法：1/2B, 3/4B, 1B
- ・ネジ部への潤滑剤塗布：なし
- ・漏れ量の測定方法：圧力降下法
- ・内部圧力：1MPa（窒素ガス）
- ・締付トルク，圧縮面圧：表4

表4 締付トルクと圧縮面圧

サイズ	締付トルク [Nm]	圧縮面圧 [N/mm ²]
1/2B	22	9.2
	43	18.0
	65	27.1
	86	35.9
3/4B	40	9.6
	73	17.5
	110	26.4
	146	35.0
1B	62	9.4
	124	18.7
	185	28.1
	247	37.4

表3において、検量線から求めた面圧の低下率は最大15%であったため、その分を補正し、試験で負荷する締付トルクの値を約15%上げた。締付トルクは、25%→50%→75%→100%と、面圧が徐々に高くなるようにした。

5.2 試験結果

圧縮面圧と漏れ量の関係を図8に示す。赤の点線が石けん水法で漏れなしとなる漏れ量である。呼び寸法の違いによって、若干の違いはあるが、圧縮面圧18N/mm²程度から石けん水法で漏れなしになり、圧縮面圧25N/mm²では確実に漏れなしの領域となっている。ここで、同じ材質のガスケットを用い、JIS 10K 50Aのフランジ継手で圧力降下法による試験を実施したものを比較したところ、ユニオン継手の結果と近い傾向が確認され

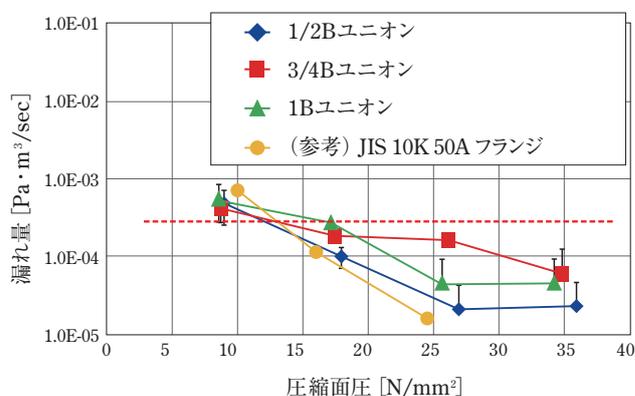


図8 ユニオン継手のシール試験結果

た。ユニオン継手用のガスケットにおいても、フランジ継手用ガスケットと同様な圧縮面圧と漏れ量の関係であることが分かった。

6. おわりに

本稿では、ガスケットとユニオンの接触部分に発生する締付面圧を感圧紙で評価し、締付トルクと締付面圧、およびシール性の関係を明らかにした。ユニオン継手のシールに必要な締付面圧は、フランジ継手とほぼ同等と考えられる。他のガスケットでの傾向を確認する必要があるが、過去に実施したフランジ継手のシール試験の結果を転用できる可能性がある点で、有用な知見が得られた。

これからもユーザー各位の要求に対応し、シール材製品の各種評価方法の開発を通じて、安全操業に貢献していく所存である。

※本稿は山梨講演会2020で発表した内容をまとめたものである。

引用・参考文献

- 1) JIS B 0151：2018, 鉄鋼製管継手用語.
- 2) 柴田秀史, 重留祥一, 森本吏一：ユニオン継手の締付面圧とシール性の評価, 山梨講演会2020講演論文集, [B33] (2020).
- 3) JIS B 2301：2013, ねじ込み式可鍛铸铁製管継手.
- 4) 富士フイルム株式会社「圧力測定フィルムプレスケール」富士フイルム (最終閲覧日：2021年2月1日).
<https://www.fujifilm.com/jp/ja/business/inspection/measurement-film/prescale/feature>
- 5) JIS D 3105：1992, 自動車用機関のシリンダヘッドガスケット.
- 6) JIS B 1083：2008, ねじの締付け通則.
- 7) JIS Z 2332：2012, 圧力変化による漏れ試験方法.

*「TOMBO」はニチアス(株)の登録商標または商標です。

*「クリンシル」はニチアス(株)の登録商標です。

筆者紹介



柴田 秀史

ニチアス株式会社 基幹産業事業本部
基幹製品事業部 技術サービス課



重留 祥一

(執筆時) ニチアス株式会社
基幹産業事業本部 基幹製品事業部
技術サービス課 課長
(現職) 株式会社ニチアスメカテクノ



森本 吏一

三菱ケミカル株式会社 岡山事業所
設備技術部 機械1グループ
グループマネジャー