

## 1.2 Wm2 (ガスケット締付に必要な最小のボルト荷重 (N)) の算出方法

$$Wm2 = \pi bGy$$

y : ガスケット又は継手接触面の最小設計締付面圧 (N/mm<sup>2</sup>)  
(ガスケットメーカーのカタログ値参照)

## 1.3 Wm3 (シールに必要な最小締付荷重 (N)) の算出方法

$$Wm3 = \sigma_3 Ag$$

$\sigma_3$  : 最小締付面圧 (N/mm<sup>2</sup>)  
Ag : ガスケット接触 (投影) 面積 (mm<sup>2</sup>)

## 2. 締付トルクの求め方

### 2.1 トルクレンチを使用する場合

JIS B 1083 (ねじの締付通則) や機械工学便覧などに掲載されている次式を用いてトルクを算出する。

$$T = K \cdot F_f \cdot d$$

ここに、

T : ボルトの締付トルク (N・m)  
K : トルク係数 (通常 0.20 としてよい)  
F<sub>f</sub> : 総締付力 (N)  
d : ボルトの呼び径 (mm)

※ うず巻き形ガスケットに変更する場合は、比較的大きな締付力を必要とするため、ボルト材質は SNB7 など以上の高張力ボルトの使用を推奨する。  
また使用しているフランジ強度の確認も必要である。

### 2.2 一般的な手締めの場合

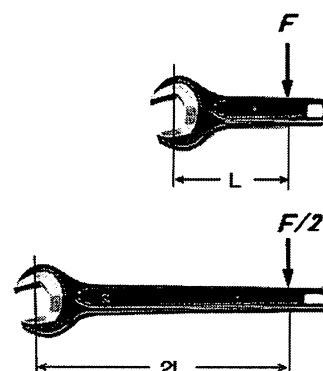
トルク管理を行わない場合、スパナの握り部に加える力を基に、次式により概略のトルクを求めることができる。

$$T = F \cdot L$$

ここに、

T : ボルトの締付トルク (N・m)  
F : スパナの握り部に加える力 (N)  
L : ボルトの中心からスパナの握り中心部までの長さ (m)

上記の式から、トルク＝力×長さ であり、  
 同じトルクで締付けるときスパナの長さが  
 2 倍の場合、締付ける力は 1/2 で良いこと  
 が解る。



<参考>

- ・スパナを締付ける力の目安  
 大人が手首の力だけで締付ける： 50～100 N  
 大人が片腕の力だけで締付ける： 100～200 N  
 大人が上半身の力で締付ける： 200～400 N

- ・規格スパナによる低炭素鋼（SS400）ボルト締付例

出典：バルカーハンドブック技術編

ねじの 呼 び	スパナ握り部に加える力 F h (N)	作業要領
M6	44.1	手首だけの力を加える
M 8	68.6	ひじから先の力を加える
M10	127.5	肩から先の力を加える
M12	176.5	上半身の力を加える
M16	313.8	全身の力を加える
M20	490.3	全体重を加える
M24	686.5	〃

手締めの場合は、個人の感覚により締付力が異なるため、トルクレンチを併  
 用し、締付力を習得しておくことを推奨する。

## 別紙-2

### 1. フランジ継手締付方法

必要な締付面圧で締付けられていないフランジ締結体は、決してシールできない。また、不適切な締付けは漏洩につながるため、適切な締付けを行う手順が提唱されている。代表的なものとして、アメリカ機械学会(ASME)の提唱する方法<sup>17)</sup>と日本高圧力技術協会(HPI)の提唱する方法<sup>18)</sup>がある。以下にその手順の概略を紹介する<sup>19)</sup>。

#### (1) ASME 法

**Install**： 締付準備としてガスケットおよびボルト・ナットを組み込み、最初に手で全てのボルトを対角(星型)(図 3.3<sup>20)</sup>)に軽く締付ける。次に、スナグトルク 15-30Nm で締付けを行う。ただし、スナグトルクは目標締付トルクの 20%を超えてはならない。これにより、ガスケットがフランジ面にある程度なじむ状態が得られる。

**Round 1 ~ Round 3**： 目標締付トルクの 20~30%、50~70%、100%とラウンドを重ねるに従い段階的に対角(星型)に締付け、締付トルクを増加させる。

**Round 4**： 目標締付トルクの 100%の締付トルクで時計回りの締付順序によりナットが回転しなくなるまで締付けを続ける。これにより、ボルト軸力の収束が得られる。

**Round5**： Round4 終了後、フランジとガスケットの接触面をなじませるために 4 時間以上のエージングを行う。その後、ガスケットのリラクゼーションによるボルト軸力の低下を補償するために Round4 と同様の締付けを行う。

#### (2) HPI 法、ボルト総数 8 本以上の場合

**締付準備**： ボルト・ナットをボルト穴に取付け、手でボルト・ナットを締付け、ねじ部品およびガスケットをフランジに軽く密着させる。

**ボルトの仮締付け(インストール)**： フランジのボルト総数が 12 本以上 24 本以下の場合には 4 本のボルト、ボルト総数が 24 本を超える場合には 8 本のボルトを仮締付けの対象とする。締付順序は対角(星形)(図 3.3)とする。締付トルクを段階的に増加させながら、均等に締付を行い、各段階でフランジ面間距離が均等になっていることを確認する。数段階で目標締付トルクの 100%に近い締付トルクを与え、同時にフランジ面間距離群が均等になっていることを確認して、仮締付け完了とする。フランジのボルト本数が 12 本未満の場合は、全てのボルトを仮締付けの対象とする。

うず巻形ガスケットを用いる場合、片締め防止のために次の手順を加える。全てのボルトに対し、目標締付トルクの 50%により、時計回りに 1 周の締付けを行う。

フランジ面間の平行度の確認： 仮締付け中の各段階、および終了後、フランジ面間をノギス等で対角に4ヶ所測定し、片締め防止を図る。

ボルトの本締付け： 全てのボルトを対象として、目標締付トルクの100%による締付けを行う。締付順序は時計回りとする。フランジボルトの本数が8本未満の場合は対角に締付ける。締付周回数はフランジ呼び径が10インチ以上の場合は6周、10インチ未満の場合は4周とする。本締付け終了後、フランジ面間をノギス等で対角に4ヶ所測定し、片締めが生じていないことを確認する。

ボルトの増締め： ガasketのリラクゼーションによる軸力低下を補償する必要がある場合は、本締付け終了から4時間以上経過してから本締付けと同じ工程を繰り返す。ただし締付けの周回数は1回ないし2回とする。

漏れの止まらないフランジは、ガasketの性能が原因ではなく、片締めなどの締付けの問題か、フランジ表面の傷やゆがみ、ボルトの強度不足などが原因であることが多い。漏れの止まらない場合は、設計者、施工管理者などに速やかに連絡し、適切な対策を相談すること。

- 
- 17) ASME PCC-1 - 2000 “Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly”
  - 18) 日本高圧力技術協会 規格基準 HPIS Z103TR-2004 「フランジ継手締付け指針」。JIS B2251 「フランジ継手締付け方法」としての制定作業が進んでおり、経済産業省の審議で承認された段階である。
  - 19) 辻、HPI 技術セミナー「第4回圧力機器および配管におけるガasketフランジ締結体のシーリングテクノロジー」、pp.168～173 (2005)
  - 20) 日本バルカー工業カタログ「ノンアス<sup>®</sup>製品」、カタログ No. YC06 0702 05 SEN
-

### 別紙-3 ガasketとフランジの摩擦力とペーストの関係

フランジ継手のガスケットによる密封は、一対のフランジ間にガスケットを挟みボルトで締結することで実現している。ガスケットはフランジ表面に存在する凹凸を埋め、内部流体の漏洩流路を遮断し、漏洩を防止する機能を持っている。一般的に用いられるジョイントシートやうず巻形ガスケットにおいて、このような機能を達成するためには次のような特性が必要とされている<sup>21)</sup>。

- 1) 変形能の高いこと
- 2) ボルトによる圧縮荷重と内圧に耐えること。このためには、フランジとガスケットの接合面の摩擦力が大きいことが必要である。
- 3) 締付け後のクリープ緩和特性が適当であること。
- 4) 使用条件に耐える、耐熱性と耐薬品性を有すること。

摩擦力が必要なことについて、もう少し詳しく説明する。ボルトによりガスケットに圧縮力が与えられると、この力はガスケットを外側へ押し出そうとする。しかし、フランジとの接合面摩擦力があると、外側への拡張を抑えるので、ガスケットには大きな周方向の引張り応力は発生しない。このため、ジョイントシートのように材料自体の引張強さが低くても問題とならない。したがって、ペーストや油が表面に付着していると摩擦力が低下して周方向への引張り応力が発生し、しかもガスケットは引張への強度を持つようには作られていないので、低い圧縮荷重で圧潰してしまう。そのため、ペーストの過剰な塗布やフランジ面の油や潤滑剤の塗布は避けなければならない。

---

21) 小林隆志、「ガスケットの密封メカニズムと漏洩特性表示」、「第3回圧力機器および配管におけるガスケットフランジ締結体のシーリングテクノロジー」予稿集、p.79、日本高圧力技術協会 (2004)

---

## 第4章 非石綿シール材の取付け時の不具合要因と防止

### 1. 不具合の要因

シール材を接合部に装着した時の接合部からの漏洩、噴出などの不具合は、しばしば発生するものであるが、これらの原因は、接続部を構成するフランジ、ガスケット及びボルト・ナット類のいずれかに異常がある場合に起こることが多い。通常の不具合は、接続部からのガス、液体などの漏洩であるが、装着時に異常が認められなくても、時間が経過したのちに突然ガスなどの噴出する場合もある。特に突然にガス・液体が噴出する原因の多くは、ボルト・ナット類の締付け時に、過剰な力をかけたときや、締付力が弱すぎた場合に発生しやすい。

第3章において、個別のガスケットの取付け時の留意事項について、一部記述されているが、接合部を構成するフランジ、ガスケット及びボルト・ナット類に関する共通的な不具合要因について、ESA (European Sealing Association) のガイドライン (Guidelines for Safe Seal Usage — Flanges and Gaskets —1998) の内容を次に掲げる。

#### 1.1 フランジの不具合

フランジの不具合による接合部からのガスなどの漏洩・噴出は、次のような場合に発生する。

- (1) フランジ表面が損傷している。
- (2) フランジ表面が歪んでいる。
- (3) フランジ表面が平行でない。
- (4) フランジ表面が腐食している。
- (5) フランジ組立て時にごみなどが付着している。

#### 1.2 ガスケットの不具合

ガスケットの不具合による接合部からのガスなどの漏洩・噴出は、次のような場合に発生する。

- (1) 温度、腐食などに対して十分な耐力がない。
- (2) ソフトガスケットの場合のようにガスケットの厚さが不適當である。
- (3) 通常時の操作時のたわみ又は配管作業での曲げ応力が生じる。
- (4) 保管、取扱い又は取付け時に損傷を受ける。
- (5) 組立て時に過大な負荷によって押しつぶされる。
- (6) 長期間のうちに劣化している。
- (7) 再利用される。
- (8) より高温になった時に再締付けする。