

グランドパッキンの圧縮方法によるシール性への影響評価

1. はじめに

グランドパッキンはパッキン押えをボルトで締付け、グランドパッキンを圧縮することで内部流体をシールさせる。そのためシール性は圧縮面圧に大きく依存していることが分かっているが、圧縮する手順の影響は分かっていない。圧縮手順には数リングを一回で圧縮する一括圧縮及び、2～3リング毎に分けて圧縮する分割圧縮がある。分割圧縮の方がグランドパッキンの密度が高くなりシール性が良いと考えられているが、定量的な効果は分かっていない。また手間がかかるため一括圧縮の方が一般的に使用されている。本研究では材質の異なるグランドパッキンを用いて、圧縮手順によるシール性への影響を応力緩和などの力学的挙動とともに評価した。また、圧縮手順ごとにかかる作業時間の測定を行い、シール性と作業効率の観点からも評価した。

2. 試験方法

2-1) 試験装置及び試験方法概略

圧縮試験機及び試験治具の概要図をFigure1に示す。

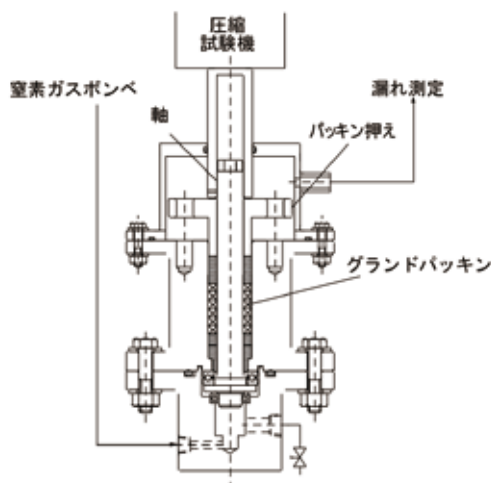


Figure1 圧縮試験機及び試験治具

この試験装置を用い一括圧縮及び分割圧縮での圧縮手順によるシール性能を比較した。更に一括圧縮又は分割圧縮した後、増締めと同じ効果が得られる再圧縮した時のシール性も測定した。グランドパッキンには炭素繊維グランドパッキン(No.6137)及びPTFEグランドパッキン(No.7233)、膨張黒鉛グランドパッキン(No.VF-10T)の3種を使用した。

2-2) 試験条件

圧縮面圧	: 19.6MPa
流体	: 窒素ガス
流体圧力	: 1、5、10MPa
パッキン数	: 6個

2-3) 試験手順

一括圧縮、一括圧縮+再圧縮(以下、一括+再圧縮)、分割圧縮、分割圧縮+再圧縮(以下、分割+再圧縮)の4種類の圧縮手順で行い、応力緩和が安定した後、シール試験を実施した。

一括圧縮

- ① グランドパッキンを試験治具に6個装着
- ② 圧縮試験機でグランドパッキンを19.6MPaで30秒圧縮後、圧縮試験機のヘッド位置固定
- ③ 応力緩和が安定するまで放置
- ④ 試験治具に窒素ガス(1、5、10MPa)を導入し漏れ測定
- ⑤ 窒素ガスを排出
- ⑥ ②と同条件で再圧縮(一括+再圧縮)
- ⑦ ③～④を実施

分割圧縮

- ① グランドパッキンを試験治具に2個装着
- ② 圧縮試験機でグランドパッキンを19.6MPaで30秒圧縮し圧縮開放
- ③ ①～②を2回繰り返し合計6個装着し圧縮した状態

で圧縮試験機のヘッド位置固定

- ④ 応力緩和が安定するまで放置
- ⑤ 試験治具に窒素ガス(1、5、10MPa)を導入し漏れ測定
- ⑥ 窒素ガスを排出
- ⑦ 圧縮試験機でグランドパッキンを19.6MPaで30秒再圧縮後、圧縮試験機のヘッド位置固定(分割+再圧縮)
- ⑧ ④~⑤を実施

3. 試験結果・考察

3-1) 炭素繊維グランドパッキン(No.6137)

Figure2は炭素繊維グランドパッキン(以下、炭素繊維)の応力緩和後の残留応力を示す。残留応力は低い順に、一括圧縮<分割圧縮<一括+再圧縮<分割+再圧縮となった。

Figure3は応力緩和後のシール試験結果を示す。漏れは多い順に、一括圧縮>分割圧縮>一括+再圧縮>分割+再圧縮となった。残留応力が高い圧縮手順ほど漏れが減少することから、残留応力と漏れに相関性があると考えられる。

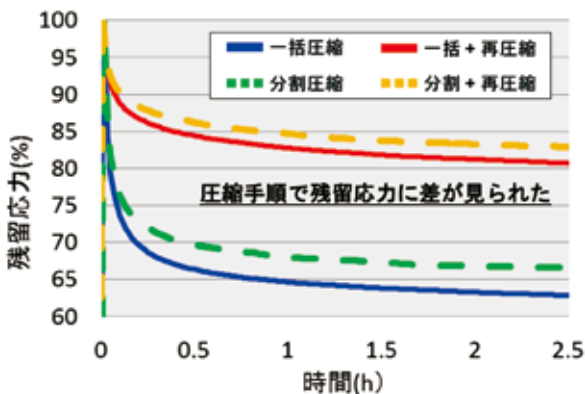


Figure2 炭素繊維(No.6137)の残留応力

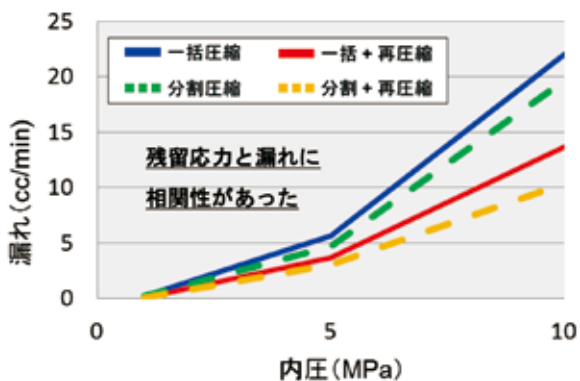


Figure3 炭素繊維(No.6137)の漏れ

3-2) PTFEグランドパッキン(No.7233)

Figure4はPTFEグランドパッキン(以下、PTFE)の応力緩和後の残留応力を示し、Figure5は応力緩和後のシール試験結果を示す。一括圧縮と分割圧縮の残留応力がほとんど同じになり、一括+再圧縮と分割+再圧縮もほとんど同じになった。しかし、それぞれのシール性には差が見られた。

これはFigure6に示すように一括圧縮は圧縮回数が1回だと圧縮によるシール面への押し付けられる回数が少ないため、シール面とグランドパッキンの隙間が大きくなることから漏れが多くなり、分割圧縮は3回圧縮したことでグランドパッキンとシール面の隙間が埋まり漏れが減少したと考えられる。

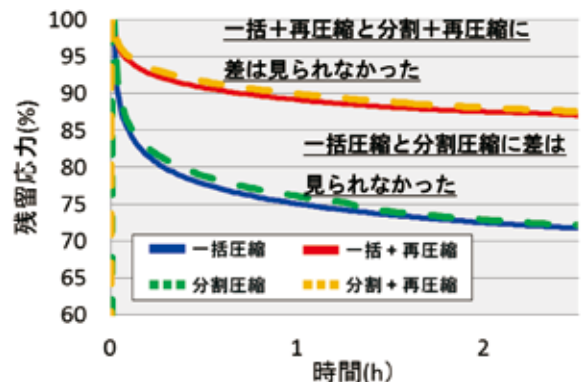


Figure4 PTFE(No.7233)の残留応力

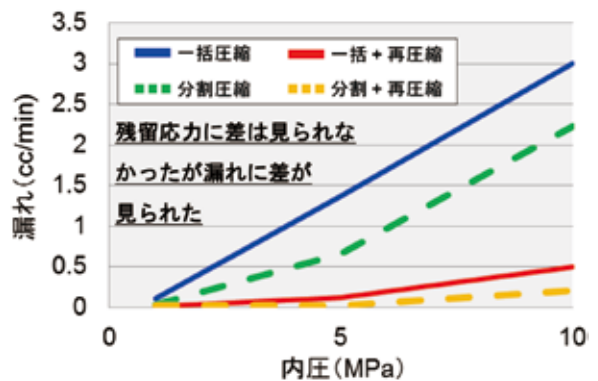


Figure5 PTFE(No.7233)の漏れ

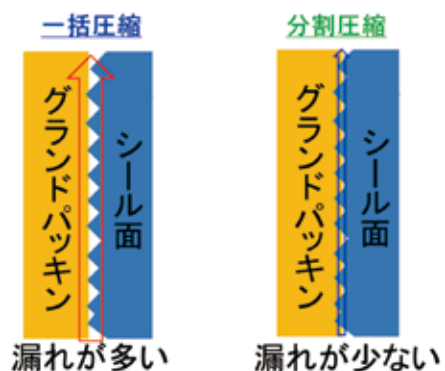


Figure6 シール面の状態と漏れ量

3-3) 膨張黒鉛グランドパッキン (No.VF-10T)

Figure7は膨張黒鉛グランドパッキン(以下、膨張黒鉛)の応力緩和後の残留応力を示す。膨張黒鉛は元々空隙が小さく密度が高いため応力緩和が小さく全ての圧縮手順で残留応力が95%以上と高くなり、差も小さかった。圧縮手順での残留応力に差はほとんどなかったが、シール性に差が出た。

Figure8は応力緩和後のシール試験結果を示す。炭素繊維及びPTFEは一括+再圧縮の漏れの方が分割圧縮よりも少なかったが、膨張黒鉛は逆に分割圧縮の漏れの方が一括+再圧縮よりも少なくなった。分割圧縮は次のグランドパッキンを入れるために一旦圧縮を開放する。膨張黒鉛は粉を押し固めたものであるため、分割圧縮で圧縮が開放されても復元しにくく、密度低下やシール面への馴染みの悪化が起りにくくなり分割圧縮の漏れの方が一括+再圧縮よりも小さくなったと考えられる。

繊維状である炭素繊維及びPTFEは復元しやすいため、グランドパッキンの密度低下及びシール面への馴染みの悪化が起りやすく、膨張黒鉛と比較すると分割圧縮の効果が小さかったと考えられる。

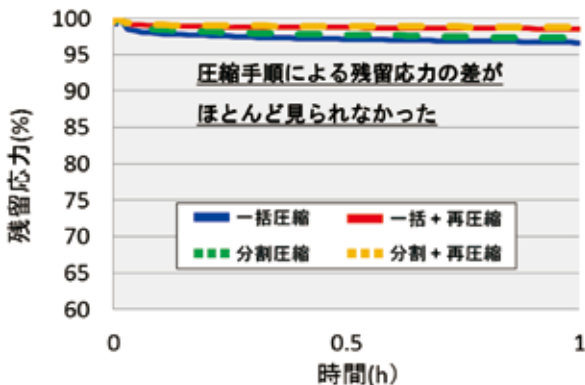


Figure7 膨張黒鉛 (No.VF-10T) の残留応力

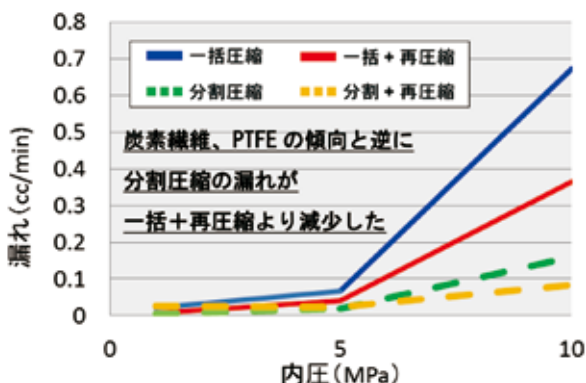


Figure8 膨張黒鉛 (No.VF-10T) の漏れ

3-4) パッキン種類ごとの圧縮手順の効果

Figure9に圧縮手順の効果のパッキンの材質ごとに比較したグラフを示す。グラフの縦軸は青色の一括圧縮の漏れを100%としたとき、その他の圧縮方法の漏れの変化率を表している。全ての種類のパッキンで分割+再圧縮が最も漏れが少ない圧縮手順だった。

一括+再圧縮と分割+再圧縮を比較すると炭素繊維とPTFEの漏れの差は10~14%と圧縮手順による差が小さかった。これに対し膨張黒鉛は漏れの差が43%と圧縮手順による差が大きくなった。これは3-3)で述べたように炭素繊維及びPTFEは繊維状で復元しやすい性質に対し、膨張黒鉛は粉を固めた物で復元しにくい。これにより密度低下やシール面への馴染み悪化が起りにくいため、膨張黒鉛では分割圧縮による効果が顕著に出たと考えられる。

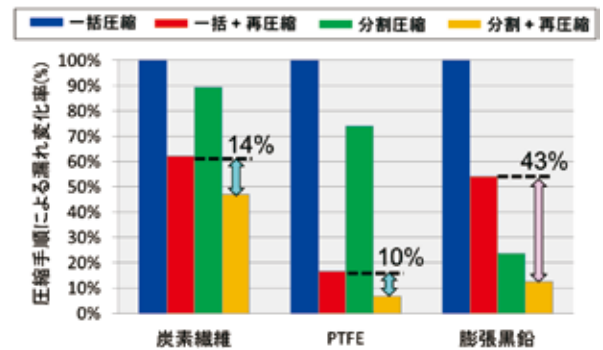


Figure9 圧縮手順による漏れ量の違い

3-5) 圧縮手順ごとの作業時間

Figure10に圧縮手順ごとの作業時間を示す。分割+再圧縮にかかる作業時間は一括+再圧縮の3.6倍かかった。漏れの差が10~14%の炭素繊維及びPTFEで分割+再圧縮を実施するのは非効率であると考えられる。

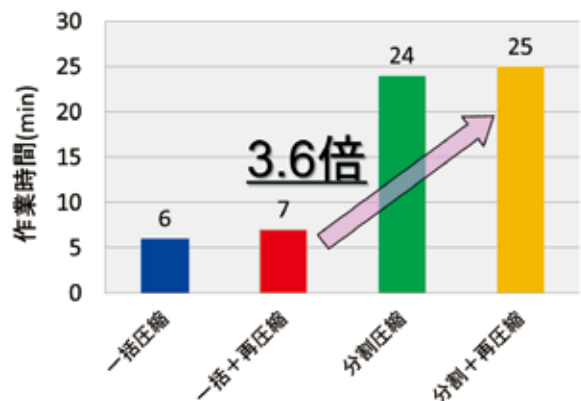


Figure10 圧縮手順ごとの作業時間

膨張黒鉛は分割+再圧縮が一括+再圧縮より43%シール性が改善した。分割+再圧縮は3.6倍作業時間がかかるので高いシール性が求められる用途で推奨する。

4. おわりに

本研究により圧縮手順の違いによるシール性と作業時間の関係の評価することが出来た。本試験条件において炭素繊維及びPTFEの場合、一括+再圧縮及び分割+再圧縮

の漏れに大きな差がなかったことから作業効率の観点から一括締め後増締めを行うことが推奨される。膨張黒鉛の場合、作業効率を優先する場合は一括締め後増締めを実施し、シール性を優先する場合は分割締め後増締めを使用するなど、用途にあった圧縮手順を使用することで求める効果を選択可能であることが分かった。

プラントなどの現場においてグランドパッキンの脱着や締付けなどの作業は非常に多くの時間が掛かっている。本研究が作業の効率化の一助になれば幸いである。



濱出 真人
研究開発本部
商品開発部