

要素実験によるワイヤブラシの止水性能に関する研究

長岡技術科学大学 地盤工学研究室 Israel Eduardo Rendón Villalón

指導教官 杉本 光隆

1. はじめに

ニューマチックケーソンの函内（作業室）は、地下水圧に対抗するため高い気圧状況となっている。そのため函内の有人作業では、減圧症の発生が最も注意すべき問題点として挙げられる。現在約 0.7MPa 以上の気圧下では減圧症の危険性が高まるとして有人作業が不可能となっている。函内 0.7MPa は単純に静水圧で考えると、地下水位の高さにもよるが約 70m の深度と同程度となる。これよりニューマチックケーソン工法は約 70m を越える深度条件下では施工が難しいとされている。

そこでケーソン躯体に止水装置を設けることで、函内にかかる水圧を抑制し、圧気の程度を下げることによって、70m を超える深度においても函内の気圧を 0.7MPa 以下に抑える工法が提案された。ケーソン躯体につける止水装置の概要図を図 1 に示す。止水装置は、ワイヤブラシ間にグリスを充填し、水圧に耐えられるような構造をとっている。

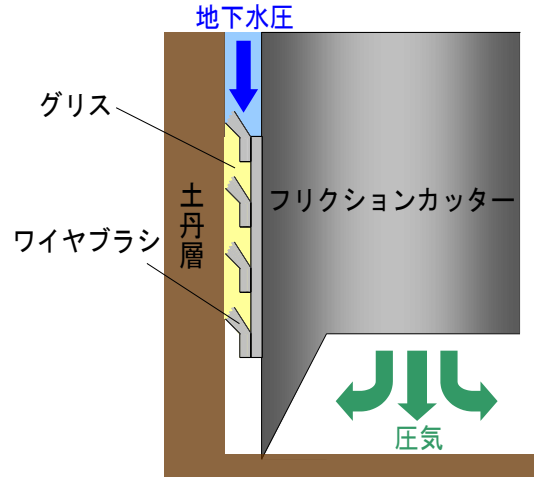


図 1 止水装置の概要図

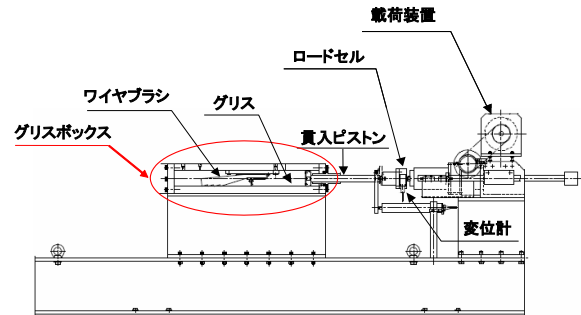


図 2 実験装置

2. 研究目的

上記で提案した止水装置が、実際に止水能力を有しているのか、どの因子が止水能力に影響を与えるかを要素実験により確認することを本研究の目的とする。実験結果を元に適正なワイヤブラシの選定、保持できる圧力の限界、および、そのメカニズムを把握し、実機へ適用するための基礎的情報を蓄積する。

3. 実験装置

実験装置を図 2 に示す。実験で使用するグリソボックス（ワイヤブラシとグリスを収めるボックスのこと）は完全密閉型の箱型試験機になっており、上板にワイヤブラシが設置されている。グリソを試験機のピストン側に詰め、グリソに対して

表 1 ワイヤブラシのタイプ

タイプ	スリット (レーザー加工)	中間のメッシュ	内バネ板		
			幅	長さ (概略)	板厚
1 標準品	なし	サイズ標準のまま	100mm ストレート	120mm	0.5mm
2 剛性低 スリット 入	前方バネのみ スリット間隔 10mm	サイズ標準のまま	100mm ストレート	120mm	0.5mm
3 剛性强 スリット 入	前方バネのみ スリット間隔 10mm	サイズ標準のまま	100mm ストレート	120mm	1.0mm

水平方向から一定速度でピストンを押し付けることで実現場にて発生する水圧を表現した。

4. 実験因子

1) ワイヤブラシのタイプ：タイプ 1~3

現場においてどのようなワイヤブラシが適切、有効であるかを判断するために、条件の異なるワイヤブラシを 3 つ用意した。3 つのワイヤブラシ

のタイプを表1に示す。

2) クリアランス : 50mm, 70mm

掘削面とワイヤブラシの間隔 (クリアランス) は、掘削精度によって変動が生じる。そこでグリスボックス内にスペーサーを置くことにより、クリアランス (ワイヤブラシ高さ) を変更できるようにした。

3) 模擬棒タイプ: 模擬棒なし, W20×H10, W40×10, W40×H20

ワイヤブラシが接する掘削面の表面は、掘削によって凹凸を有している可能性が高い。そこでグリスボックスの底板に鉄板 (模擬棒) を3枚設置し、掘削面の凹凸を表現した。条件の W は設置間隔(mm), H は模擬棒の高さ(mm)を指している。また、模擬棒の幅は20mm, 長さ250mmとなっている。通称として、模擬棒なしがタイプ0, W20×H10がタイプ1, W40×H10がタイプ2, W40×H20がタイプ3とした。

5. 実験条件

ピストン貫入速度 3.0mm/分で固定して実験をおこなった。実験の開始から終わりまでのフローチャートを図3に示す。なお、実験ケースの番号は、以下のように設定した。

1~3 桁目 : WB タイプ

4~6 桁目 : クリアランス間隔

7~8 桁目 : 模擬棒タイプ。

(例. WB2C70M2 : ワイヤブラシタイプ2, クリアランス70mm1, 模擬棒タイプ2)

6. 計測項目

計測間隔は1秒で、計測期間は、ピストン貫入後のグリス圧の経時変化を把握するため、ピストン貫入開始時から、ピストン貫入後の時間までである。計測項目を以下に示す。

- ①ピストン水平変位 : ピストンの位置を把握するため、ピストン設置位置下部に変位計を配置した。
- ②ピストン貫入力 : グリスの流動抵抗を把握するため、ピストン後方にロードセルを配置した。
- ③グリス圧 : グリスボックス内のグリス圧分布を

把握するため、グリスボックス底板部に5ヶ所設置した。グリス圧計の設置位置を図4に示す。

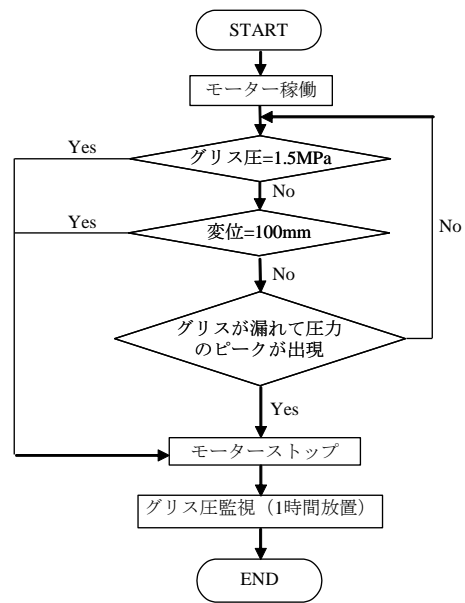


図3 実験のフローチャート

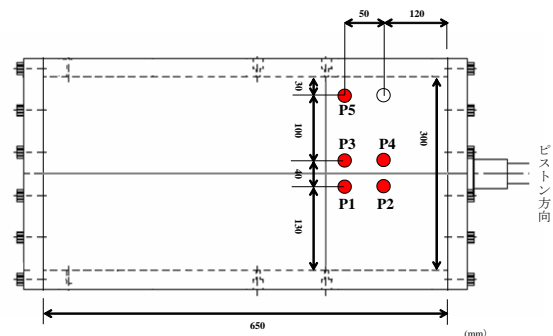


図4 グリス圧計の設置位置

表2 全条件の実験結果

クリアランス (mm)	WBタイプ	模擬棒タイプ	グリス圧(kPa)	
			代表データ Max	平均 Max
50	1	2	169	168
		1	524	501
		2	608	489
	2	3	257	249
		0	1690	1723
		1	527	581
	3	2	638	647
		3	238	236
		0	1623	1500
70	1	0	1570	1557
		1	189	201
		2	251	266
	2	3	114	104
		1	107	117
		2	381	413
	3	3	162	144

7. 実験結果と考察

実験結果はグリス圧のピークである「グリス最高圧」について見ていく。全条件の代表実験結果を表2に示す。

1 ワイヤブラシタイプによるグリス圧への影響 (模擬棒タイプ0)

図5に各ワイヤブラシの模擬棒タイプ0の試験結果を示す。WB3は内バネ板の剛性(弾性)が大きく、ブラシを換えたばかりの時ではクリアランス70mmのグリスボックスに入れることができなかった。よってWB3のみクリアランス50mmでの試験になっている。

実験開始後、ケースによってグリス圧上昇にかかる時間に差が生じている。これはグリスの充填が手作業によって行われているため、グリスの充填が不均一で、グリスボックス内においてグリスが均一に充填されるまでの時間にばらつきが発生しているからである(クリアランスが小さいWB3では上昇にかかる時間が小さい)。グリス圧が上昇してからのグラフ形状を見ると、グラフの傾きはどのケースも同程度のものであり、グリス圧の上昇傾向は、ワイヤブラシによって変化しないものと判断できる。

どのケースにおいてもグリス圧は1.5MPaに到達しており、凸凹のない面であれば、どのタイプのワイヤブラシでも、1.5MPaに耐えうる止水能力を持っていることがわかる。この際グリスの漏れは発生しなかった。

7.2 模擬棒タイプによるグリス圧への影響

図6に、クリアランス50mmと70mmにおけるワイヤブラシ2,3の模擬棒パターン1~3の結果を示す。なお、ワイヤブラシ1についてはクリアランス50mmの模擬棒パターン2のみを実施したので、この実験因子の検討については除外するものとする。

(1) WB2について

C50, C70の両方において、最高グリス圧の大きさはM2>M1>M3の順になっている。M2とM1については、M2の圧力の方が大きいですが、圧力差自体はそこまで差はない。しかしM3については他の2条件に比べ圧力差が大きくなっている。その傾向はC50の方が顕著となっている。

M3のグリス圧が最も小さいということは、グ

リスの漏れやすさ(最高圧の大きさ)の最大の要因は模擬棒の高さ(凸凹の高さ)であると考えられる。模擬棒の高さが大きくなるということは、#8000N未保護であるブラシの模擬棒に接している面積が大きくなるということであり、この面積が大きいくほど漏れる量は増えるということになる。

(2) WB3について

傾向としてはWB3C70M1を除けば、基本的にWB2と同様。

WB3C70M1のグリス圧は、他の傾向を考えると明らかに小さい(本来はM2>M1>M3になるはず)。この原因として、WB3ではC50, C70の順に実験を行ったことが挙げられる。WB3のスリットは先に行ったC50M3の形に塑性変形してしまい、W40の模擬棒の位置に大きなへこみを生じてしまった。その後C70M1を行った場合、へこみの部分が模擬棒側面にきてしまう。このことにより、模擬棒側面への追従がうまくいかず、グリスが漏れて圧があがらなかったのではないかと考えられる。このことから、ブラシと模擬棒側面との接触がグリス圧に大きく関係していることがわかる。そしてこれは実現場でも起こりうる問題であり、なんらかの対処が必要とされる。

8. まとめ

本研究により、底板に凸凹がない場合、提案した止水装置は1.5MPaの水圧に耐えられることがわかった。凸凹がある場合は、グリス圧に一番影響してくる因子は高さにあることがわかり、今後のブラシを改良していく上では、凸凹の側面にあたる部分に工夫が必要であると考えられる。また、他の実験因子については、「クリアランスが小さいほどグリス圧が上がる」、「スリット(内バネ)が厚いほどグリス圧が上がる」という傾向が見られた。

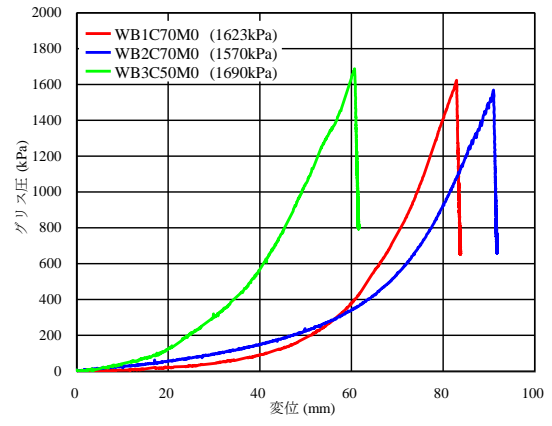
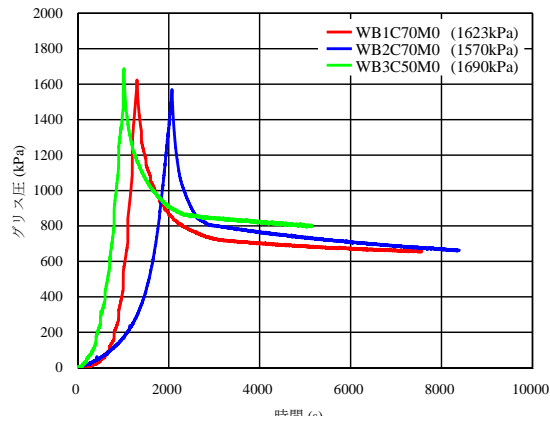
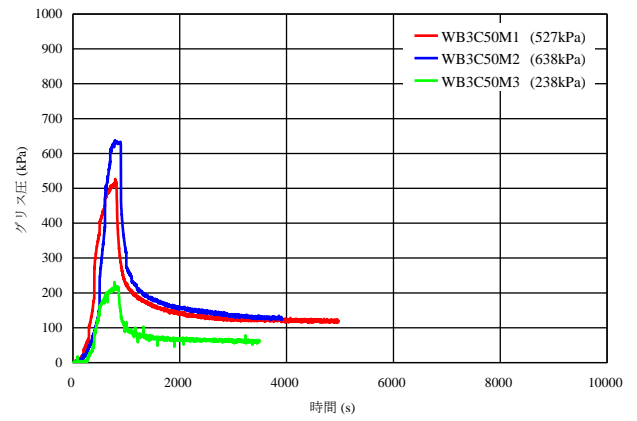
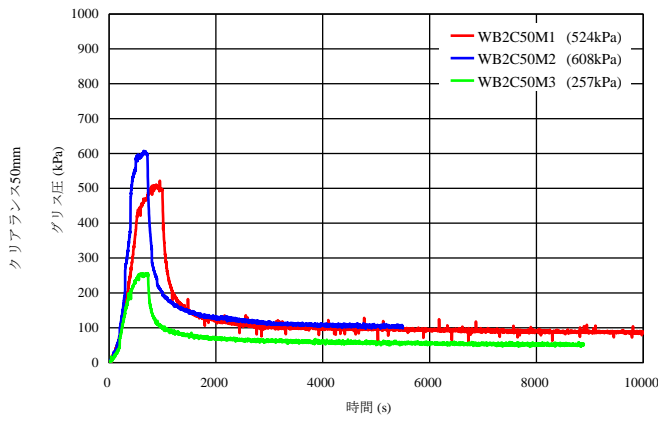
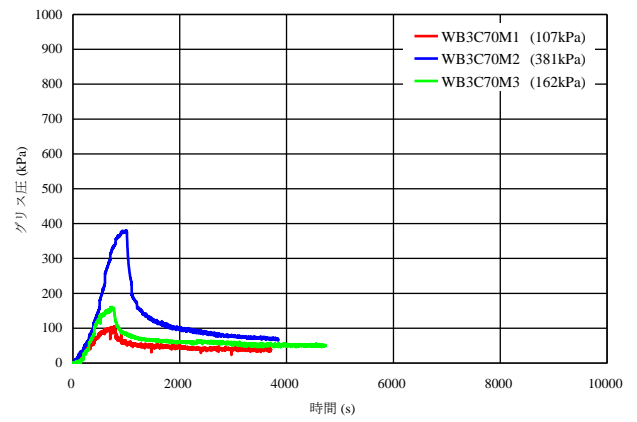
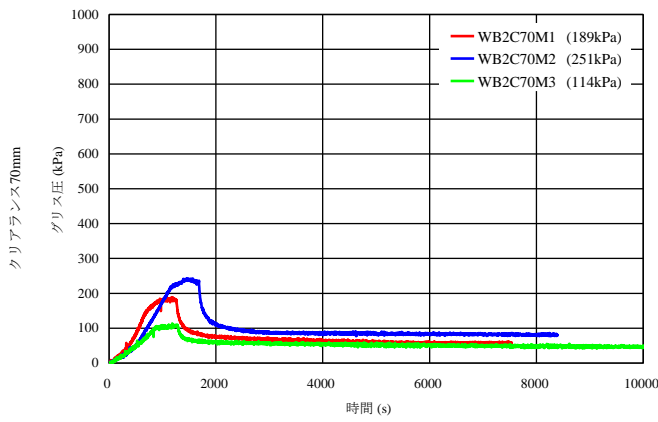


図5 ワイヤブラシタイプによるグリス圧への影響 (M0)



ワイヤブラシタイプ2 ワイヤブラシタイプ3

図6 模擬棒タイプによるグリス圧への影響(横軸：時間)