

ニューマチックケーソン工法の超大深度施工を目的とした 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 学生会員 ○吉崎健司 白井隆文 正会員 高田晋 杉本光隆
株式会社大本組 正会員 川崎元

1. はじめに

ニューマチックケーソン工法の作業室内は、地下水圧に対抗するため高い気圧となっている。現在、圧気圧約 0.69MPa までは、ヘリウム混合ガス呼吸システム等を併用することにより、作業室内での有人作業が可能となっているが、それ以上の圧気下では、減圧症の危険性が高まるため作業できない。気圧約 0.69MPa 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 の深度となる。

ニューマチックケーソン工法の圧気は、作業室内に水が浸入することを防ぐためのもので、水の浸入を抑えることができれば圧気圧を下げられる。そこで、大深度領域の地盤が不透水な地層であることを前提として、シールド機のシールドテール部で使用されているシステムを参考に、地下水面下 70m を超える深度において、作業室内の圧気圧を 0.69MPa 以下に抑える工法が提案された。

本研究では、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目的とする。すなわち、実験結果を元に、保持できる圧力の限界、そのメカニズムを解明するとともに、効果的なワイヤブラシ（以後、WB と呼ぶ）の条件を把握することにより、提案する止水装置を実施工へ適用するための基礎的情報を蓄積するものである。ここでは、実験結果の一部を報告する。

2. 実験装置

実験装置の概観を図-1 に示す。実験装置は、WB を設置する上板、その WB とグリスを収納するボックス（以後、グリスボックスと呼ぶ）、水平方向から変位制御または応力制御でグリスを圧縮するピストンで構成されている。ピストンの上限速度は、実施工のグリス供給能力に相当する 3.0mm/min とした。また、ピストンの载荷によって発生するグリス圧の最大値を、WB が止水できる水圧とみなした。なお、グリス圧計は、グリスボックスの

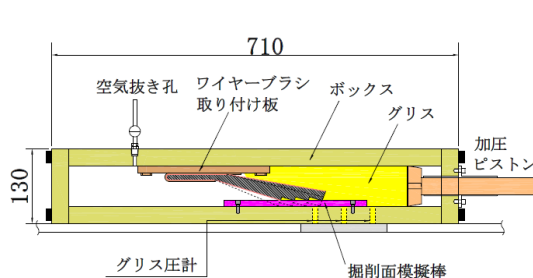


図-1 実験装置

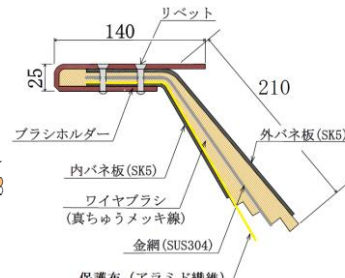


図-2 ワイヤブラシ S

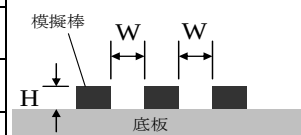
表-1 ワイヤブラシのタイプ

タイプ	スリット (スリット間隔)	保護布	中間 メッシュ	前方 バネ板	後方 バネ板
WB(S)	前方バネのみ*1 (10mm)	アラミド 繊維	標準	120mm	200mm
WB(M)			標準	140mm	220mm
WB(L)			標準	160mm	240mm

*1: 端部4cmスリット無し

表-2 模擬棒タイプ

タイプ	模擬棒間隔 (W)	模擬棒高さ (H)
M0 模擬棒なし	-	-
M1 W20×H10	20mm	10mm
M2 W40×H10	40mm	10mm
M3 W40×H20	40mm	20mm



底板に2点設置した。

3. 実験因子

地盤とケーソンの間隔であるクリアランスは、どのケースにおいても 70mm に設定した。

(1) WB の形状

WB の形状がその止水性能に及ぼす影響を把握するため、表-1 に示す 3 タイプの WB を用いた。なお、今回は、既往の研究¹⁾にはないアラミド繊維の保護布を図-2 に示すように取付けた。

(2) 制御方法

制御方法は、ピストンの速度を 3.0mm/min で载荷を行う変位制御と、設定した応力値で 1 時間载荷を行う応力制御の 2 パターンとした。なお、応力制御の値は変位制御の結果を参考に決めた。

(3) 地盤表面の形状（底板の凹凸）

WB が接する地盤の表面は、掘削によって凹凸を有

キーワード ニューマチックケーソン, ワイヤブラシ, グリス, 要素実験, 止水性能

連絡先 〒940-2188 長岡市上富岡 1603-1 長岡技術科学大学 TEL0258-46-6000(代表)FAX0258-47-9600

している。そこで、掘削面の凹凸を表現するため、グリスボックスの底板に幅 20mm, 長さ 250mm の矩形断面の鉄板（以後、模擬棒と呼ぶ）を 3 枚設置した。地盤の凹凸の度合いが WB の止水性能に及ぼす影響を把握するため、表-2 に示す 4 タイプの模擬棒を用いた。

4. 実験結果と考察

(1) WB(L)について

WB(L)の各条件におけるグリス圧最大値等の実験結果を表-3 に示す。残留率とは、停止 1 時間後の圧力を最大圧力で除した値である。表-3 より、変位制御では、どの模擬棒タイプにおいても、グリス圧は実験打ち切り条件の 1.5MPa に達しており、高い止水性能を持っていること、残留率は、凹凸が無い M0 が最も高く、M2 が最も低いことがわかる。これは、WB のスリットと模擬棒のかみ合わせが原因と考えられ、残留率は変動しやすい値だといえる。

応力制御を見ると、M3 の 1 回目は、グリス圧 1.0MPa に達した後、グリスが漏出してしまい、グリス圧を 1 時間保持できず、途中で実験を打ち切ったが、それ以外のケースでは、1 時間 1.0MPa で保持できた。したがって、凹凸の大きい場合には、保護布が凹凸に十分追従すれば高い止水性能を発揮するが、隙間ができるとグリスが漏出しやすいことがわかった。WB(S)の変位制御と応力制御の結果の例を図-3、図-4 に示す。

(2) 既往研究との比較

保護布の止水効果を把握するため、WB(S)と既往の研究結果¹⁾を表-4 に示す。既往の研究と比較すると、本実験の模擬棒タイプ M1, M2 では、グリス圧 1.5MPa に達したことから、大幅に止水性能が高くなっていることがわかる。しかし、本実験の模擬棒タイプ M3 は、既往の研究より最大グリス圧が大きくなっているが、グリスの漏出が見られた。これより、WB に保護布を付けることで、止水性能が高まるが、凹凸が高い地盤に対しては、注意が必要だと考えられる。

5. まとめ

本研究で得られた結論を列挙する。

1) WB(L)では、地盤表面の凹凸に関わらず、1.5MPa 以上の止水能力を有する。また、応力制御をすれば 1.0MPa を 1 時間保持する能力も有するが、凹凸の大きいケースでは、保護布が追従しないとグリスの漏出が発生する。

2) 残留率は、地盤に凹凸が無いケースが最も大きいが、

表-3 ワイヤブラシ L のグリス圧最大値

WB	制御方法	模擬棒タイプ	グリス圧 (kPa)		残留率
			最大	停止1h後	
WB(L)	変位	M0	1500	983	66
		M1	1500	810	54
		M2	1500	287	15
		M3	1500	774	52
	応力	M1	1000	763	76
			1000	752	75
		M2	1000	726	73
			1000	750	75
		M3	1000		
			1000	235	24

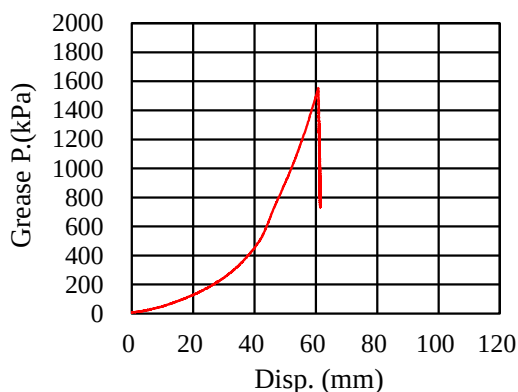


図-3 WB(L)の変位制御結果（変位－グリス圧）

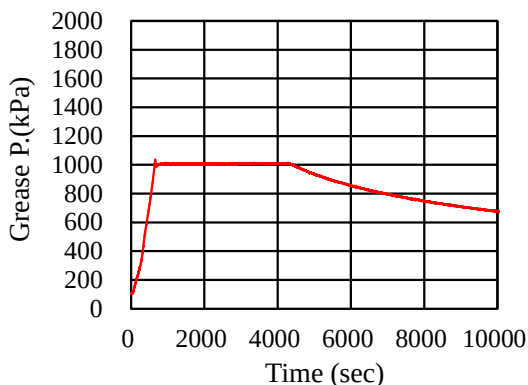


図-4 WB(L)の応力制御結果（時間－グリス圧）

表-4 ワイヤブラシ S の既往研究結果との比較

WB	制御方法	模擬棒タイプ	グリス圧 (kPa)		残留率
			最大	停止1h後	
WB(S)	変位	M1	1500	843	56
		M2	1500	721	48
		M3	329	82	25
既往研究		M1	107	41	38
		M2	381	72	19
		M3	162	52	32

凹凸がある場合、実験毎にばらつきがある。

3) WB に保護布を付けると、止水能力が大幅に向上するが、凹凸の大きいケースでは、保護布が地盤の凹凸に追従できるようにする必要がある。

参考文献

1) 矢澤修一他, 要素実験によるワイヤブラシの止水性能に関する研究, 第 68 回土木学会年次学術講演会講演概要集 VI, 土木学会, VI-226, 2013.9.