

ニューマチックケーソン工法を超大深度立坑へ適用するための ワイヤブラシによる止水法の研究

長岡技術科学大学 学生会員 ○真鍋晃一 吉崎健司 正会員 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は、作業室内を高気圧にすることで地下水の流入を抑えながら掘削沈下作業を行う工法であるが、現在、0.7MPa（地下水水面下 70m）が有人作業の可能限界気圧とされている。その理由はそれ以上の気圧になると、作業員の減圧に必要な時間が大幅に長くなり、実質の作業が極端に短くなってしまうからである。

そこで、大深度領域の地盤が難透水層であることを前提として、シールド機のテール部の止水システムを応用して、ケーソン周辺からの地下水の流入を抑えることで作業気圧を低減す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、どの程度の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。

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（以下グリスボックスと呼ぶ）、水平方向から変位制御または圧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

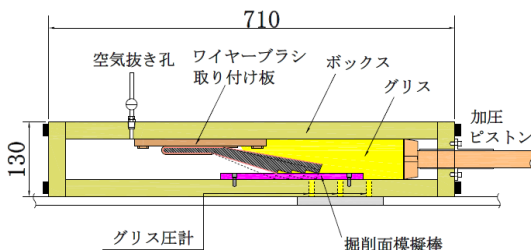


図-1 実験装置

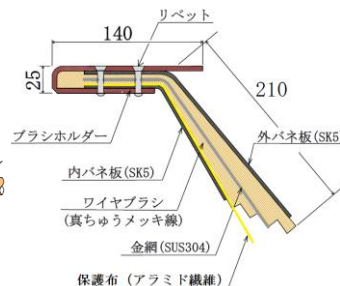


図-2 ワイヤブラシ (S)

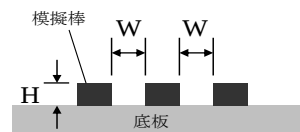
表-1 ワイヤブラシのタイプ (単位: mm)

タイプ	スリット (間隔)	保護布	前方パネ板		後方パネ板	
			長さ	板厚	長さ	板厚
WB2	前方パネ のみ*1(10mm)	なし	120	0.5	175	0.5
WB3			120	1.0	175	
WB(S)		アラミド 繊維	120		200	1.0
WB(M)			140	0.5	220	
WB(L)			160		240	

*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



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) 制御方法と目標性能

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、設定した圧力値で 1 時間载荷を行う圧力制御の 2 パターンとした。なお、圧力制御の値は変位制御の結果を参考にグリス圧 1.0MPa とした。すなわち、目標性能は「グリス圧 1.0MPa を 1 時間保持できること」とした。

(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している。そこで、掘削面の凹凸を表現するため、グ

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, 要素試験, 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 TEL 0258-46-6000 (代表) FAX 0258-47-9600

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

各 WB、各制御方法、各模擬棒タイプで 2 回ずつ実験を行い、グリス圧が低い方を代表ケースとした。なお、変位制御で最大グリス圧が 1.0MPa 未満のケースは、圧力制御を省略した。

(1) 変位制御

既往研究¹⁾のワイヤブラシタイプ 2 と 3、および本研究のワイヤブラシタイプ S、M、L における変位制御結果を図-3 に示す。この図より、今回の WB(S)と WB(M) のケースでは、模擬棒タイプ M3 で最大グリス圧が非常に低かったが、WB(L)では 1.5MPa を満足できた。このことから、凹凸の間隔が狭いよりも、凹凸が高い方が、発生する最大グリス圧に影響を与えること、ブラシの接地長を長くすればその影響を抑えられることがわかる。また、既往の研究結果と比較すると、今回のブラシの改良により止水性能を大幅に改善できたことがわかる。

(2) 圧力制御

各 WB における圧力制御結果を図-4 に示す。グリス注入量は、WB 幅 1m あたり 1 分間のグリス注入量である。この図より、WB(S)の M1 を除いたすべてのケースで、グリス圧 1.0MPa を 1 時間保持できたこと、また、グリス圧 1.0MPa で制御している間、グリス注入流量はほぼゼロで、本 WB は高い止水性を有すること、が確認できた。

5. まとめ

本研究で得られた結論を列挙する。

- 1) ワイヤブラシに取付けた保護布によって、大幅に止水性能が向上する。
- 2) ワイヤブラシの長さが長い方が、止水性能は高い。
- 3) グリス圧への影響は、地盤の凹凸間隔より高さの方が大きい。
- 4) 変位制御ではグリス圧 1.5MPa、圧力制御では 1 時間 1.0MPa を保持できたケースが多く、提案した止水装置には高い止水性能を有する。

6. 今後の課題

地盤表面の凹凸に保護布が追従できないケースがあったため、保護布の形状を検討する必要がある。また、実現場では、保護布やワイヤーが地盤表面と接触するため、実地盤での耐久性を確認する必要がある。

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。

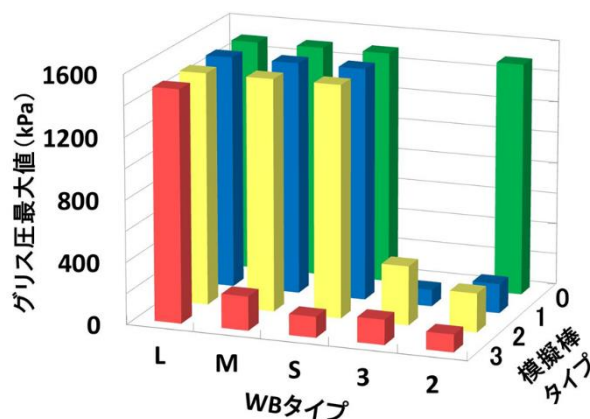


図-3 変位制御結果（代表ケース）

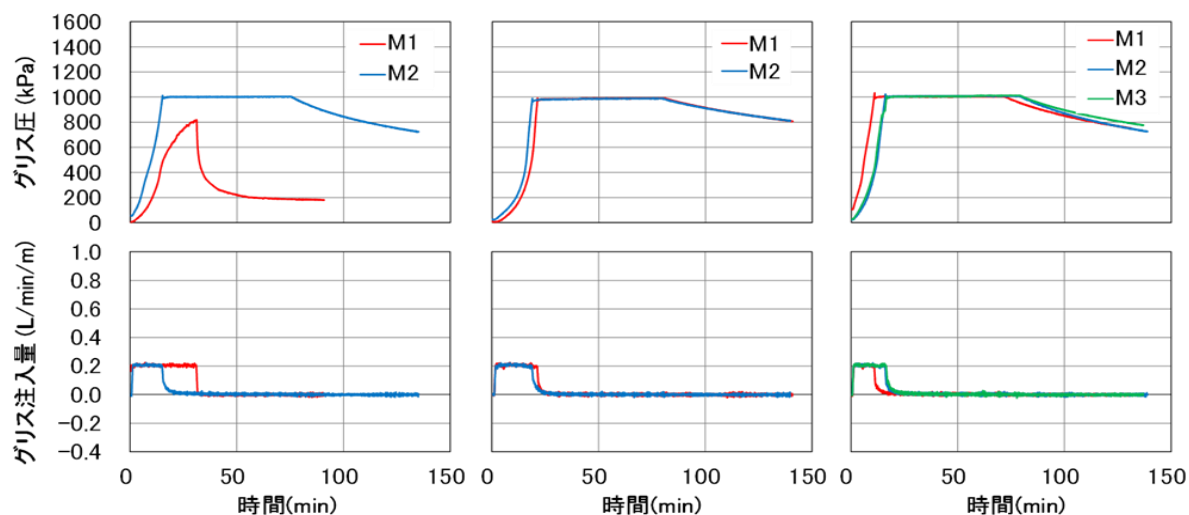


図-4 圧力制御結果（代表ケース）左から WB(S)、WB(M)、WB(L)