

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

地盤工学研究室 ○吉崎健司
指導教員 杉本光隆

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0.7MPa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0.7MPa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0.70MPa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、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(以後、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、ピストンの荷重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上に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。

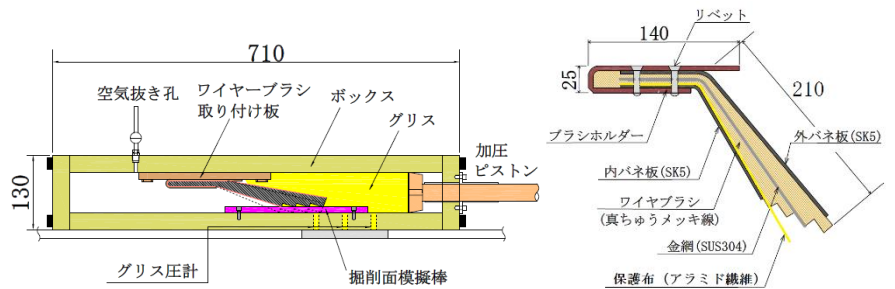


図-1 実験装置

図-2 ワイヤブラシ(S)

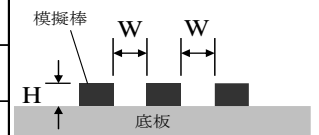
表-1 ワイヤブラシのタイプ

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



(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で荷重を行う変位制御と、設定した圧力値で1時間荷重を行う圧力制御の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。

(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、グリスボックスの底板上に幅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

既往の研究^リ (2, 3) と本研究 (S, M, L) の WB における変位制御結果を図-3 に示す. この図より, WB(S)と WB(M)の模擬棒タイプ M3 を除いたすべてのケースにおいて, 最大グリス圧が 1.5MPa に達していること, 模擬棒タイプ M3 は凹凸高さが 20mm であるため, グリス圧への影響は, 地盤の凹凸間隔より凹凸高さの方が大きいこと, WB のサイズが大きいほど, 保護布が凹凸に追従しやすく, 高い止水性能を有すること, 既往の研究結果と比較すると, どの WB タイプにおいても, 最大グリス圧が大きくなっていることから, WB に取付けた保護布によって, 大幅に止水性能が向上すること, 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. グリス注入流量は, 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) ワイヤブラシのサイズの大きい方が, 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, 実地盤での耐久力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.

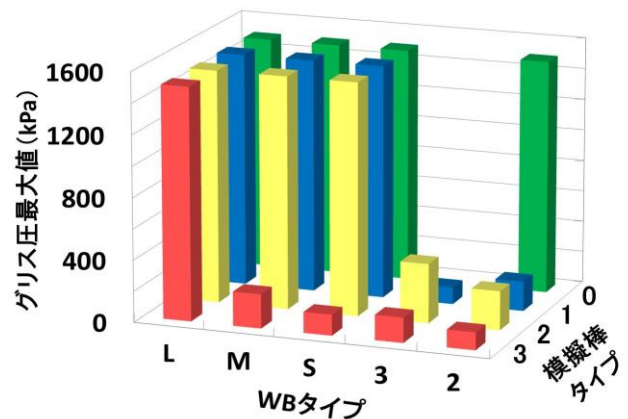


図-3 変位制御結果 (代表ケース)

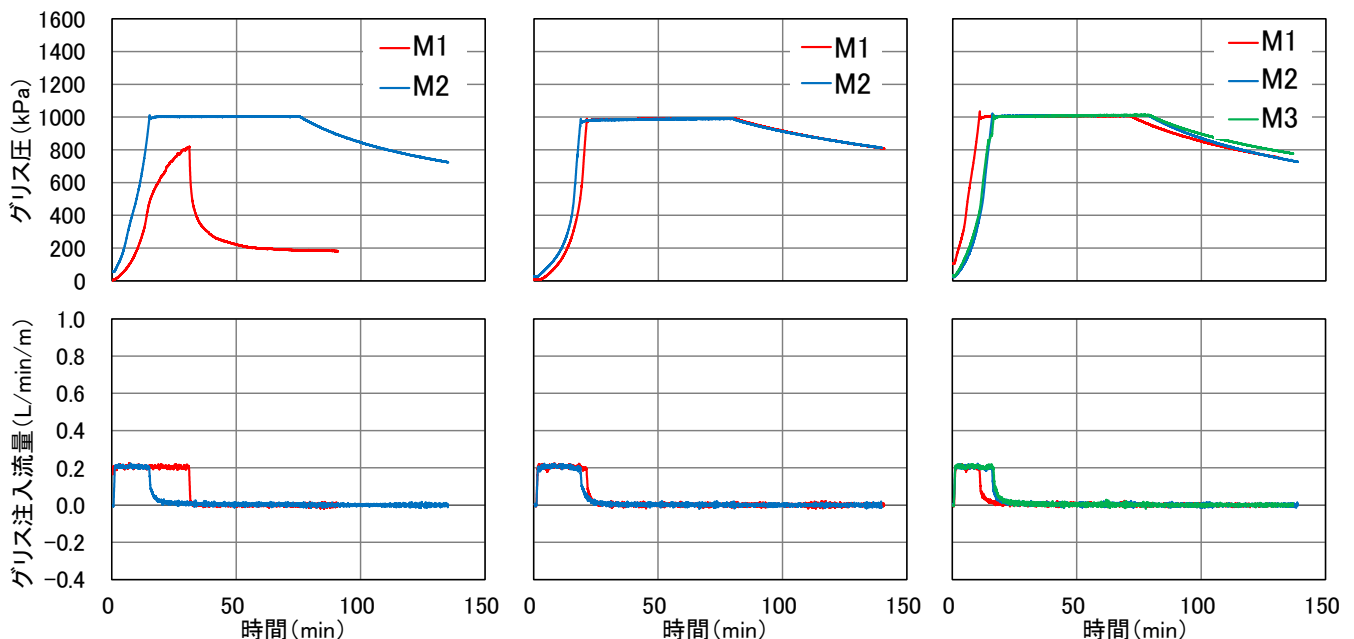


図-4 圧力制御結果 (代表ケース) 左から WB(S), WB(M), WB(L)