

## シールドテールにおけるグリスの流動抵抗の実験的検討とその適用

長岡技術科学大学 学 小野塚 直紘 後藤 健吾  
正 杉本 光隆 高田 晋

### 1. はじめに

近年，都市の地下構造物はますます輻輳し，それに伴ってシールドトンネルのさらなる大深度化，急曲線化が進んでいる．加えて，コスト縮減の流れを受け，セグメントの薄肉化および幅広化が進んでいる．これらのことから，施工時にセグメントに発生する応力は以前より増大する傾向にある．しかし，施工時にセグメントに作用する荷重については未解明な点が多く，定量的に把握されていないのが現状である．そこで本研究では，施工時荷重として影響がもっとも大きいと考えられているテール部での荷重に着目し，グリスがワイヤブラシ(以下，WB と記す)を通過する時のグリスの流動抵抗を定量的に求めることを目的として，テールクリアランス(以下， $T_c$  と記す)，水圧，貫入速度(以下， $V$  と記す)を実験因子とし，WB とグリスを用いた要素実験を行なった．

### 2. 実験方法

#### (1) 実験因子

グリスについては，現場で実績があるテールシーラー 8000N，8000NP<sup>1)</sup>を用いた．実験規模の制約から，グリスとWBを耐圧ボックスに入れて実験することにした．耐圧ボックス内に鉄板を置くことにより，WB高さを調整し，恒温室内でグリス温度一定で実験を行なった．したがって，本研究では，単位幅当たりのグリス透過流量 ( $V=10, 30, 50\text{mm/min}$ )，WB背面の水圧 ( $0, 100, 300, 500\text{kPa}$ )， $T_c$  ( $5, 15, 25, 35\text{mm}$ ) を実験因子とした．

#### (2) 実験方法

グリス流動抵抗試験装置の概要を図-1 に示す．グリスに対して水平方向から速度制御でピストンを押し付け，ピストンの変位，ピストンの貫入力，WB 背面の体積変化，グリス圧，水圧を 1 秒間隔で測定した．

### 3. 実験結果

#### (1) テールクリアランス，貫入速度(グリス透過流量)の影響

図-2 に，WB 幅 10cm，水圧 300kPa で， $V$  毎に  $T_c$  のピストン貫入圧 (= ピストン貫入力 / 断面積) への影響を示す．この図より以下のことがわかる．

- 1) ピストン貫入量が増加するとともに，ピストン貫入圧は増加し始め，ピークを示した後，一定値に収束していく．これは，グリスの充填が不十分なところがある場合には，グリスが均一に充填されるまで，グリス圧の上昇が抑制されること，グリス圧上昇に伴い，保護板が上方に押し上げられ，グリス圧がピークに達すること，WB の下をグリスが通過するようになると，グリス圧は低下し，グリス圧一定となることのためである．

- 2) ピストン貫入圧は， $T_c 35\text{mm} < T_c 25\text{mm} < T_c 15\text{mm} < T_c 5\text{mm}$  となった．特に， $T_c 5\text{mm}$  でピストン貫入圧は急増している．これは， $T_c$  が小さくなると，グリスが，WB と WB 保護板を上を押し

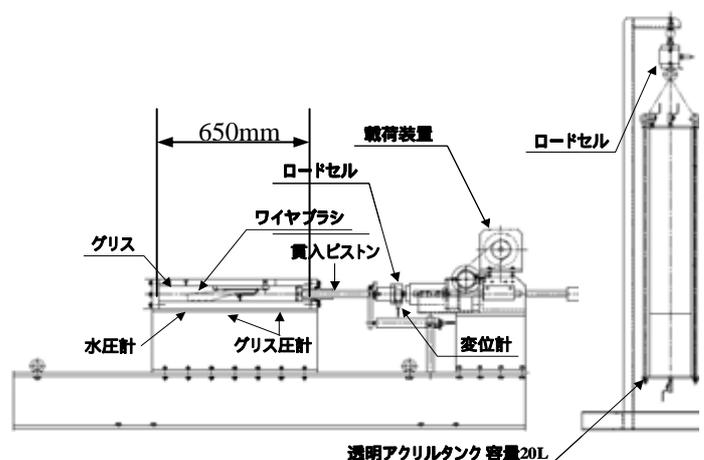


図-1 グリス流動抵抗試験装置

キーワード：シールド，動力学モデル，急曲線，施工時荷重，摩擦抵抗

連絡先：〒940-2188 新潟県長岡市上富岡 1603-1 長岡技術科学大学 TEL：0258-46-6000 (代表)

し上げるのに大きな力が必要になること,  $T_c$  が一定以下になると, グリスが WB 下部を通過しにくくなり, 圧縮されやすくなるためと考えられる.

3)ピストン貫入圧は  $V=10\text{mm/min} < V=30\text{mm/min} < V=50\text{mm/min}$  となった. また,  $T_c=25, 35\text{mm}$ ,  $V=10, 30\text{mm/min}$  では, ピークが明瞭ではない. これは, グリスの粘性のために,  $V$  が大きいと, グリスが圧縮されるためと考えられる.

(2)WB 背面水圧の影響

図-3 に WB 幅 10cm,  $V=30\text{mm/min}$ ,  $T_c=5\text{mm}$  で, WB 背面水圧のピストン有効貫入圧 (=ピストン貫入圧 - WB 背面水圧) への影響を示す. この図より以下のことが分かる.

- 1)水圧 300, 500kPa では, 有効貫入圧は 0kPa 以下からスタートしている. これはグリスの粘性のために, 水圧がグリスに十分に伝わっていないためと考えられる
- 2)ピストン有効貫入圧は, 水圧 0kPa < 水圧 300kPa < 水圧 500kPa となった. これは, 水圧が大きくなると, グリスの粘性抵抗が相対的に小さくなるためと考えられる.

(3)グリスと鉄(ボックス)の摩擦特性

ピストン貫入方向に配置されているグリス圧計から得られたグリス圧を用いて鉄とグリスの摩擦力を求めた. 図-4 に, WB 幅 10cm,  $T_c=25\text{mm}$ , ピストン貫入圧が収束したときの, グリス圧と摩擦力/面積の関係を示す. この図より以下のことがわかる.

- 1)グリスと鉄の摩擦力は, 一定で拘束圧に依存せず, 付着力  $c$  で表せる. 付着力  $c$  の平均は 1.49kPa となった.
- 2) $V$  が増加するとともに, グリスと鉄の摩擦力は増加する傾向にある. これは, 流量が大きい方が, グリスと鉄の摩擦力が発揮されるためと考えられる.

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に列記する.

- 1) $T_c$  が減少し,  $V$  が大きくなると, ピストン貫入圧(グリス圧)は増加する. 特に,  $T_c=5\text{mm}$  の場合, ピストン貫入圧は著しく大きくなる.
- 2)WB 背面水圧が大きくなると, ピストン有効貫入圧は減少する.
- 3)グリスと鉄の摩擦特性は, WB 背面水圧(拘束圧)に依存せず, 付着力  $c$  で表せ, 1kPa 程度である.

謝辞: 松村石油(株)から, テールシーラーを提供していただいた. ここに, 感謝の意を表します.

参考文献

- 1)松村石油(株): シールド掘進機用テールシール部止水材, テールシーラー # 8000N, # 8000NP.

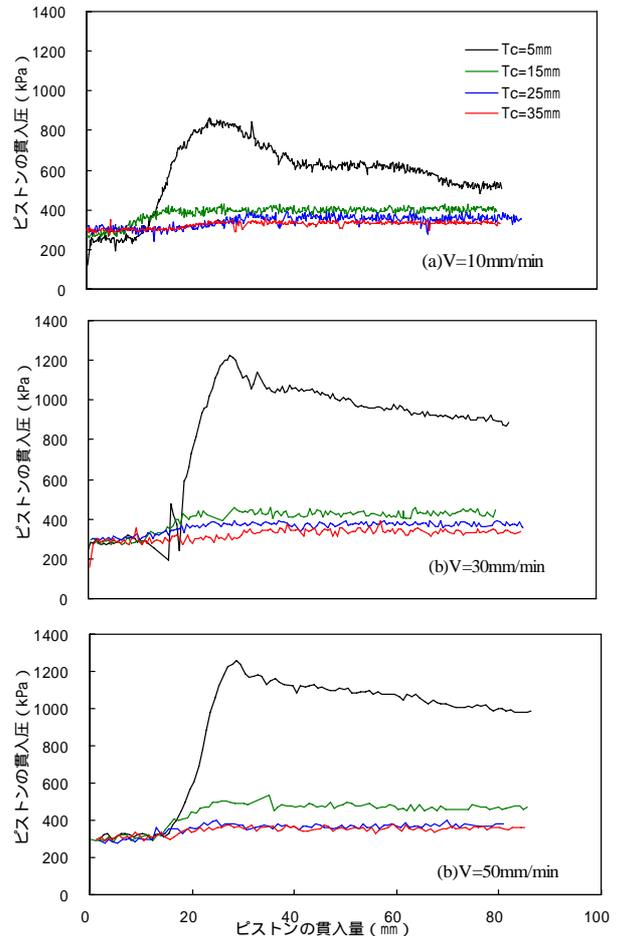


図-2  $T_c$  のピストン貫入圧への影響 (WB 幅 10cm, 水圧 300kPa)

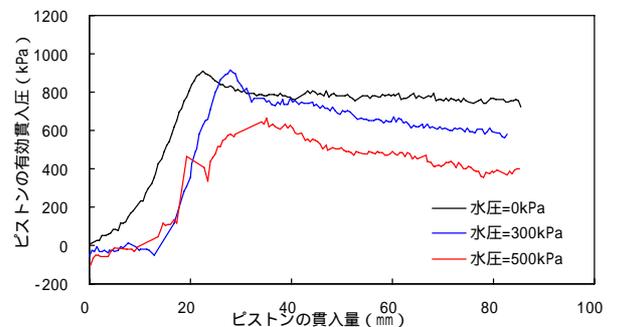


図-3 WB 背面水圧のピストン貫入圧への影響 (WB 幅 10cm,  $V=30\text{mm/min}$ ,  $T_c=5\text{mm}$ )

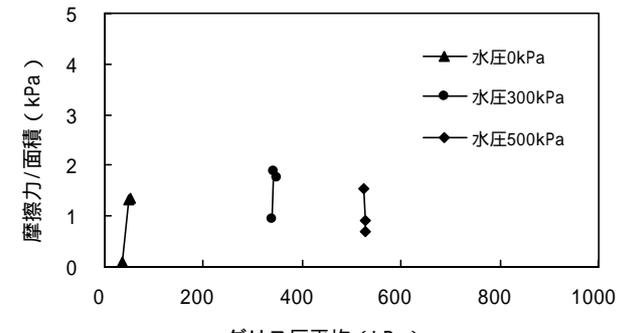


図-4 グリス圧と摩擦力の関係 ( $T_c=25\text{mm}$ , WB 幅 10cm)