

要素実験によるグリスの流動抵抗特性の把握

長岡技術科学大学 学生会員 ○平井 祐貴
熊谷組 正会員 山内 郁人
長岡技術科学大学 正会員 杉本 光隆

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、コスト削減の流れを受け、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り、施工中のトンネルに発生する不具合が顕在化してきている。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。

2. 研究目的

シールド機動力学モデルのシールドに作用する力の内、テール作用力に含まれるグリスの流動抵抗は定式化しているが、その流動抵抗係数が未知なため、シミュレーションでは未使用となっている。そこで本研究では、グリスがワイヤブラシ(以下 WB)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、WB とグリスを用いた要素実験を行なった。また、同時にグリスと鉄との摩擦抵抗を求める。

3. 実験方法

3.1 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 を用いることとした。実験規模の制約から、グリスと WB を箱型実験機(以下グリスボックス)に入れて実験することにした。こうした場合には、グリスとグリスボックスの摩擦抵抗を考慮する必要がある。このため、グリスボックスの幅を実験因子とすることにした。また、グリスボックス内に鉄板を置くことにより、WB 高さの変更する。したがって、本研究では、WB 幅、ピストンの貫入速度、WB 背面の水圧、テールクリアランス(グリスボックス底板から上板の高さ、以下 Tc)を実験因子とした。

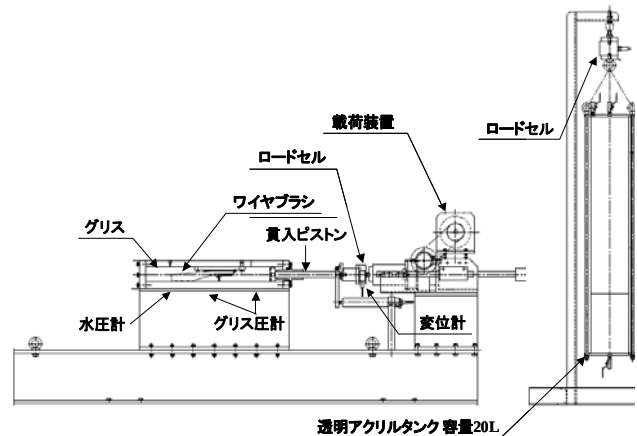


図-1 グリス流動抵抗実験装置

3.2 グリスの流動抵抗実験

実験機装置の概要を図-1 に示す。グリスボックスは完全密閉型の箱型実験機で、上板に WB が設置されている。グリスを実験機のピストン側に詰め、グリスに対して水平方向から一定速度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、グリス圧、WB 背面水の体積変化、WB 背面の水圧を 1 秒間隔で測定した。ここで WB の背面は蒸留水で満たし、一定圧力下で実験を行った。

4. 実験結果の整理

グリスが WB を透過する時の、WB 単位幅あたりのグリス流動抵抗 f の算出式を以下に示す。

ピストンの貫入力 F は、次式で表せる。

$$F = F_1 + F_2 + F_3$$

ここで、

F : ピストンの貫入力

F_1 : ピストンとボックスの摩擦力

F_2 : グリスとボックスの摩擦力

F_3 : 流動抵抗力

F_1 と F_2 は実験結果から与えられ、WB 幅 30cm と WB 幅 10cm¹⁾ の F_3 の差を ΔF_3 とすると、グリスの流動抵抗 f が次式から求められる。

$$\Delta F_3 = 2 (F_{32} + F_{33}) = 2fW$$

キーワード シールド工法、テール作用力、グリス、要素実験

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 TEL 0258-47-6309

$$f = \Delta F_3 / 2W$$

ここで、

W : WB 幅 (10cm=0.1m)

F_{32} : WB 単体 (幅 10cm) のグリスの流動抵抗

F_{33} : WB 間 (幅 10cm) のグリスの流動抵抗

5. 実験結果

5.1 単位幅当たりのグリス流量とグリス圧の関係

単位幅当たりのグリス流量とグリス圧の関係を図-2に示す。これより、グリス圧 (テール側平均, 切羽側平均, ピーク) は, Tc35mm, 25mm ではグリス流量 q によらずほぼ一定であるが, Tc15mm, Tc5mm では q の増加とともに増加することがわかる。

5.2 グリスとグリスボックスの摩擦抵抗

グリス圧平均と単位面積の摩擦力の関係を図-3に示す。これより以下のことがわかる。

- 1) 単位面積あたりの摩擦力は、計測誤差以下で、数 kPa 程度の非常に小さい値である。
- 2) グリス圧平均に関わらず単位面積あたりの摩擦力は一定で、グリスと鉄の摩擦力は、拘束圧に依存せず、付着力 c で表せる。

5.3 単位幅当たりのワイヤブラシによるグリスの流動抵抗

グリス流量と流動抵抗 (ピーク値) の関係を図-4に示す。これより以下のことがわかる。

- 1) グリス流動抵抗 f は Tc35mm, Tc25mm < Tc15mm < Tc5mm となる。
- 2) Tc35, 25mm の場合、グリス流動抵抗 f は、流量 q に関わらずほぼ一定である。一方、Tc15mm, 5mm の場合、 f は流量 q の増加とともに増加する。
- 3) q ($10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}/\text{m}$) と f (kN/m) の関係は以下で表せる。

Tc35mm	$f =$	6.71
Tc25mm	$f =$	1.65
Tc15mm	$f = 4.58 q$	+ 50.6
Tc5mm	$f = 0.000411 e^{3.44q}$	+ 193

6. まとめ

本研究で得られた知見を以下に列記する。

- 1) 単位幅あたりの WB を透過するグリスの流動抵抗を、実験により定量的に求めた。
- 2) Tc5mm, 特にグリス流量 $q \geq 2.1 \text{ m}^3/\text{min}/\text{m}$ の場合、グリス流動抵抗が推力に与える影響は大きい。
- 3) グリスと鉄の摩擦特性は、数 kPa 程度の非常に小さい値で、WB 背面水圧 (拘束圧) に依存せず、付着

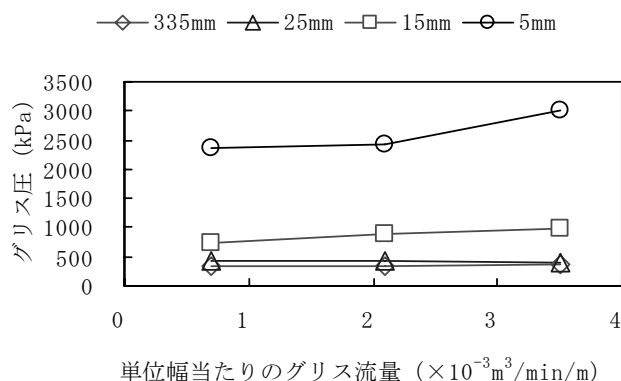


図-2 グリスの流量とグリス圧平均の関係

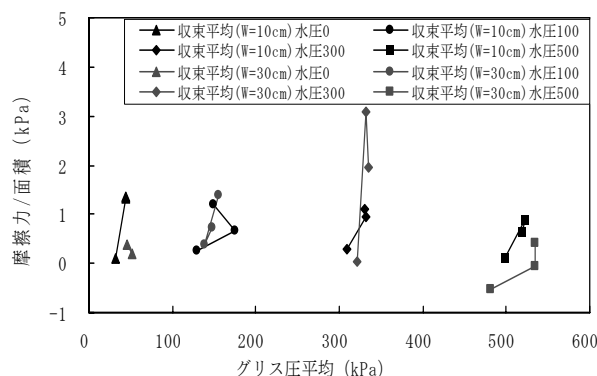


図-3 グリス圧平均と単位面積の摩擦力

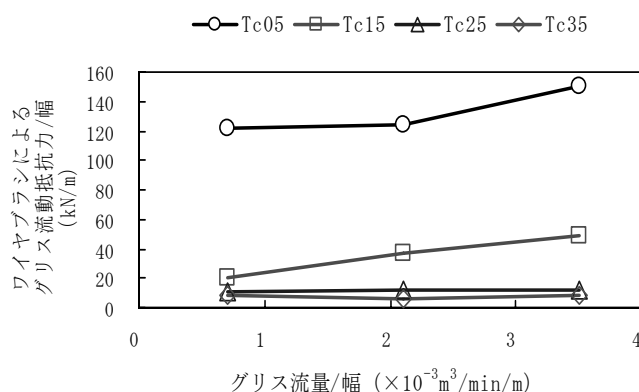


図-4 グリス流量と流動抵抗

力 c で表せる。

謝辞: 本研究は、JST の H21 年度「シーズ発掘調査」の一部として行ったものである。また、松村石油化成(株)から、テールシーラーを提供していただいた。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 小野塚直紘, 後藤健吾, 杉本光隆, 高田晋: 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, 第 64 回土木学会年次学術講演会講演概要集Ⅲ,Ⅲ-420.