

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 地盤工学研究室 小野塚 直統
指導教官 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。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(以後、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、水圧、貫入速度を実験因子とし、WB とグリスを用いた要素実験を行なった。

2. 試験方法

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 を用いることとした。実験規模の制約から、グリスと WB をボックス(以下グリスボックスと呼ぶ)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、恒温室内でグリス温度一定で測定をおこなった。したがって、本研究では、WB 幅、WB

単位幅当たりのグリス透過流量、WB 背面の水圧、WB の高さを実験因子とした。

2) グリスの流動抵抗実験

試験機装置の概要を図-1 に示す。グリスに対して水平方向から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) 試験結果の整理

ピストンの貫入力 F は、次式で表せる。

$$F = F_1 + F_2 + F_3 \quad (1)$$

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 : グリス - ワイヤブラシ = 流動抵抗

また、 F_2, F_3 は次式で表される。

$$F_2 = (\mu \sigma_g + c) \times A \quad (2)$$

$$A = 2(h + W) \times L$$

μ : グリスとグリスボックスの摩擦係数

σ_g : グリス圧

c : グリスとグリスボックスの付着力

A : グリスとグリスボックスの接触面積

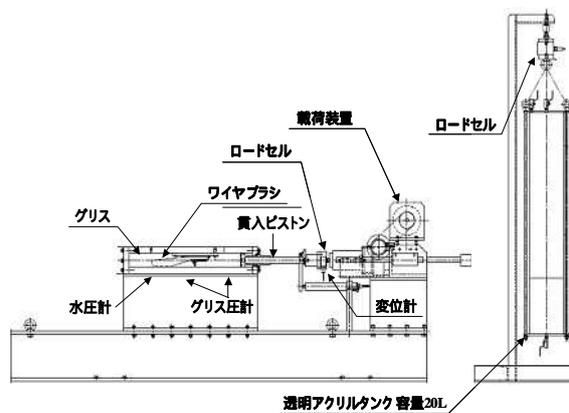


図-1 グリス流動抵抗試験装置

表-1 グリスと鉄の摩擦特 (Tc=25mm)

ピストン貫入速度 (mm/min)	強度特性	ピーク (kPa)	収束平均 (kPa)
10 ~ 50	c	1.208	1.482
10	c	0.142	0.120
30	c	0.902	0.978
50	c	0.915	1.009

h : グリスボックスの高さ

W : ワイヤブラシ幅 (10cm)

L : 充填されたグリスのピストン貫入方向長さ

$$F_3 = F_{31} + n F_{32} + (n-1) F_{33} \quad (3)$$

F_{31} : WB とグリスボックス間のグリスの流動抵抗

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

n : WB 個数

WB 幅 30cm の F_3 から WB 幅 10cm の F_3 を引くことにより, F_{31} を除いた F_{32} と F_{33} のグリスの流動抵抗 f が次式から求められる.

$$\Delta F_3 = 2 (F_{32} + F_{33}) = 2 f W \quad (4)$$

3. 試験結果

式(2)を用いて, グリス圧(切羽側, テール側)から得られたグリスと鉄の摩擦特性を表-1 に示す. この摩擦特性を用いて式(4)から得られた単位幅当たりの WB によるグリス流動抵抗 f と単位幅当たりグリス流量 q の関係を図-2 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 (ピーク値, 収束平均) は流量 q の増加とともに増加傾向にある. これは, ピーク時, 収束平均時ともに, 流量 q の増加とともに, グリスが急激に圧縮されて, グリスが WB と WB 保護板を上方に押し上げるための力が増大するためである.

2) グリス流動抵抗 f は, ピーク > 収束平均となった. これは, WB のグリスの流動抵抗 f へ

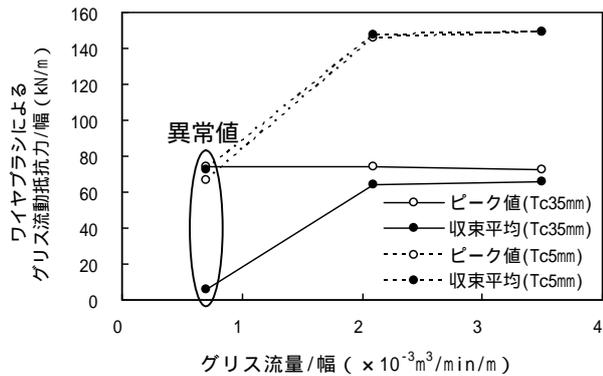


図-2 グリス流動抵抗と流量の関係

与える影響が, ピークの方が大きいことを示している. グリスが WB と WB 保護板を上方に押し上げるのに大きな力を必要とするためである.

3) グリス流動抵抗 f は, $Tc5mm > Tc35mm$ となった. $Tc5mm$ では, グリスが WB の下を通過せず, グリスが圧縮されたためである.

4) 最小二乗法をあてはめて得られた f (kN/m) と q ($10^{-3} m^3/min/m$) の関係は以下のようであった.

$f = -1.605q + 76.14$ (ピーク値 $Tc35mm$ c 表示)
 $f = 0.722q + 62.98$ (収束平均 $Tc35mm$ c 表示)
 $f = 1.951q + 142.05$ (ピーク値 $Tc5mm$ c 表示)
 $f = 1.339q + 144.52$ (収束平均 $Tc5mm$ c 表示)

4. 結論

1) グリスと鉄の摩擦力: ピーク < 収束平均となった. 収束平均の方が, グリスとグリスボックスの摩擦抵抗が発揮されていることから, グリスと鉄の動的摩擦係数としては, 収束平均の摩擦係数を用いた方がよい.

2) グリスの流動抵抗 f は, ピーク > 収束平均で, ピーク値は流量 q とともに増加し, $Tc5mm$ で急増する.

3) グリスの流動抵抗 f とグリスの流量 q の実験式を提案した.