

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 地盤工学研究室 山内 郁人
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。

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

(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 T_c)を実験因子とした。

(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になっており、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う。

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。

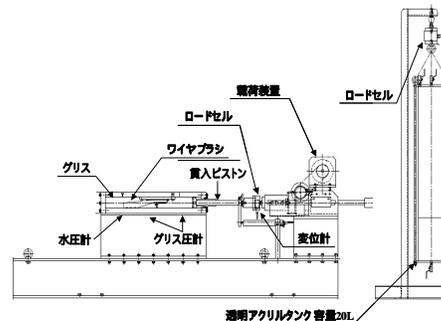


図-1 グリス流動抵抗実験装置

$$F = F_1 + F_2 + F_3$$

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 の F_3 と WB 幅 10cm 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。

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

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

ここで、

W : WB 幅 (10cm)

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

(1) グリスの流動抵抗特性

図-2 に水圧 0kPa , 300kPa , 500kPa での単位幅あたりの WB によるグリス流動抵抗 f の平均と、単位幅あたりのグリス流量 q の関係を示す。流量 q の増加とともにグリス流動抵抗 f は増加傾向にあることがわかる。また、それぞれの Tc に着目してみるとをみてみると、 $Tc5 > Tc15 > Tc25 > Tc35$ で、Tc の減少に伴い流動抵抗 f は急激に増加する。Tc25mm と Tc35mm では、流動抵抗はあまり流量 q に依存することがない。Tc15mm ではグリス流量の増加に伴い線形に増加した。Tc5mm では単位長さあたりのグリス流量 $q=2.1m^3/min/m$ 以上において、流動抵抗 f が増加している。

(2) グリスと鉄(グリスボックス)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-3 に Tc35mm で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、グリスと鉄の摩擦力は一定で拘束圧に依存しないこと、流動抵抗と比較して摩擦力は小さいことがわかる。

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ることができた。
- 2) Tc5mm , 特にグリス流量 $q=2.1m^3/min/m$ 以上の場合、グリス流動抵抗が推力に与える影響が大きいことが確認できた。
- 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 で表せる。

7 . 今後の予定

- 1) 施工時荷重の解析への実験結果の適用の検討。
- 2) 本研究から求められた結果を基に実際の施工への適用について検討する。

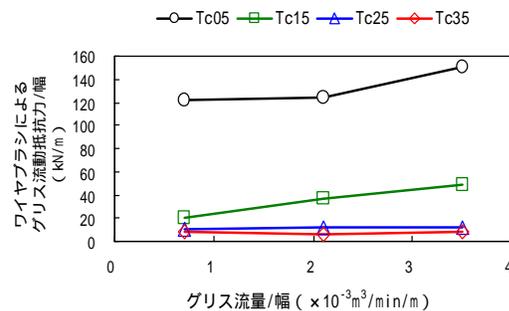


図-2 グリス流量と流動抵抗

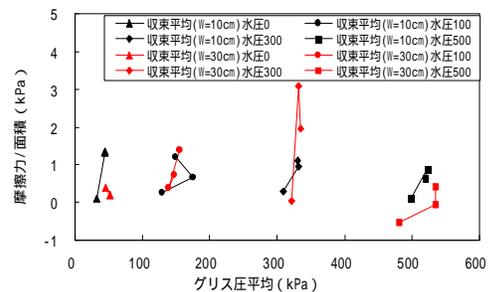


図-3 グリス圧平均と単位面積の摩擦力