

(VI-31) 推進工法におけるスラリー系滑材の地山への浸透性

国士大(院) 学生会員 山崎 淳
国士大・工 フェロー 金成 英夫

1 はじめに

我が国では、下水管渠は後発の都市施設として施工されたため、交通量の多い道路など施工条件の良いところで管を敷設せざるを得ない。更に最近では建設工費縮減の社会的要求もあり、立坑の数を減らした長距離推進や曲線推進の要求が高まってきており、地山との摩擦力を低減するために用いられる滑材が注目されている。本研究では、滑材の地山への浸透性を中心に検討してみた。

2 試験方法

浸透試験では、砂をフルイ(呼び寸法 0.3mm、0.5mm、0.85mm、1.0mm、1.18mm、1.4mm)によりふるい分けしたものを加圧浸透試験装置に敷き詰めモデル地山とし、その上に滑材を流し込み、下に空気穴を設けながら上から 0.05MPa の圧力をかけ、滑材の体積変化を測定した。モデル地山は、各ふるいに残留したものを使用したため、均等係数は 1 に近いものとする。

粘性試験はブルックフィールド型回転粘度計を用いて測定し、せん断速度とせん断応力を導いた。

脱水試験はヌッチェテストにより測定し、比抵抗を導いた。

3 滑材の浸透

滑材は、注入されるとその圧力によって地盤の隙間に浸透していく。滑材の拡散過程を図解するには、土壌を小さな毛細管が無数に集合したものだと仮定することができる。図-1 は断面が円柱の毛細管の流動状態を示している。

この毛細管内の滑材には、次のような流動抵抗が生ずる。

$$W = \tau \cdot 2 \cdot r \cdot \pi \cdot L \quad \dots\dots (1)$$

W : 壁面抵抗力 (N)

τ : 壁面せん断応力 (Pa)

r : 半径 (m)

L : 侵入した長さ (m)

この壁面抵抗力 W は、滑材が侵入した長さが長くなるにつれて大きくなり、滑材を浸透させようとする力 P と同じになったときに滑材の浸透が停止する。

図-2 は、せん断速度とせん断応力の関係を示している。

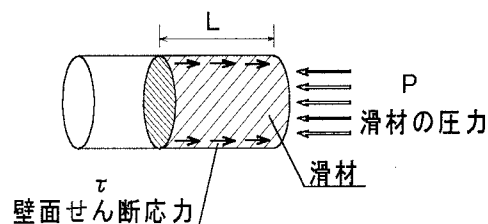


図-1 浸透モデル図

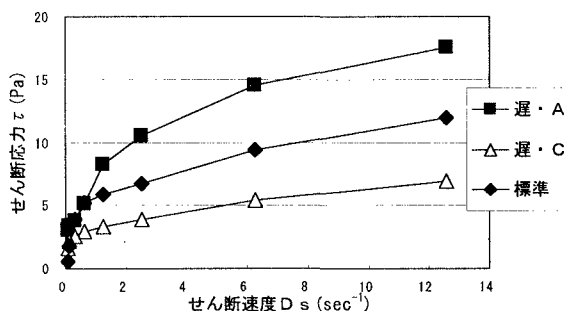


図-2 せん断速度とせん断応力の関係

図-2 から、遅硬性滑材は Y 軸との切片である降伏応力をもち塑性流体として取り扱うことができ、標準滑材は降伏応力が小さく擬塑性流体に近いものである事が分かる。降伏応力が大きければ、静止状態での壁面せん断応力が大きいと言える。

4 滑材ケーキ

4.1 滑材ケーキの形成

滑材は、目詰まりなどをきっかけにして滑材中の溶媒である水の一部が分離し、固形分の多い層、すなわち滑材ケーキが形成する。滑材ケーキの壁面せん断応力は、滑材自体のそれに比べ非常に大きいことが予想される。それによりケーキは浸透せず、厚さが水分の濾過された分だけ徐々に厚くなり、強固な止水壁となる。そのことから滑材懸濁はケーキにより体積が余り減少せず、地山と管との間に残り、滑材としての効果を発揮する。この状態はケーキ濾過であるので、ケーキの形成に関する Carman の理論に従う。それにより、濾過速度は式- (2) で表せる。

キーワード : 推進工法 滑材 ケーキ

連絡先 : 〒154-8515 東京都世田谷区世田谷 4-28-1 国士舘大学衛生工学研究室 Tel03-5481-3261

$$\frac{dV}{dt} = \frac{P \cdot A}{\mu \cdot \gamma \cdot C} \frac{V}{A} \quad \dots\dots (2)$$

A : 濾過面積 (m²) C : 固形物濃度 (kg/m³)
P : 濾過圧力 (Pa) t : 濾過時間 (s)
V : 濾液量 (m³) μ : 濾液の粘性係数 (kg/m/s)
γ : ケーキの比抵抗 (m/kg)

この式のケーキの比抵抗γは以前の実験から、それぞれが持つ透水抵抗に類似したものであり圧力に関係なく一定である事が分かっている。

表－1 滑材の比抵抗と固形物濃度

	標準	遅・A	遅・C
比抵抗 (m/kg)	3.7E+15	1.5E+13	2.7E+14
固形物濃度 (kg/m ³)	140	500	300

4. 2 滑材ケーキの形成されやすさ

滑材ケーキの形成に関する要素は、地山の間隙の大きさ、滑材中の固形物の大きさとその含有量が大きな部分を占めていると思われるが、比抵抗も要素の1つであると考えられる。

滑材中の固形物が目詰まりを起こし、ケーキの形成のきっかけが現れた場合

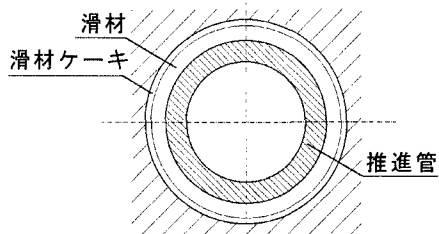
・比抵抗が小さく、固形物量の多い滑材

比抵抗が小さいために濾液量が多くなりケーキの厚さが増し、ケーキの強度が大きくなる。そのため、固形物の目詰まりというケーキ形成のきっかけを生かすことができる。

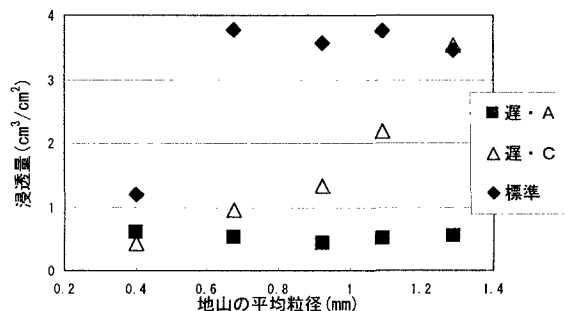
・比抵抗が大きく、固形物量が少ない滑材

濾液が少ないため、ケーキの厚さが厚くならない。固形物量も少ないために、より厚くならにくくケーキの強度が小さい。そのため、ケーキが圧力に耐えられず破壊してしまい、固形物の目詰まりというケーキ形成のきっかけを生かすことができない。

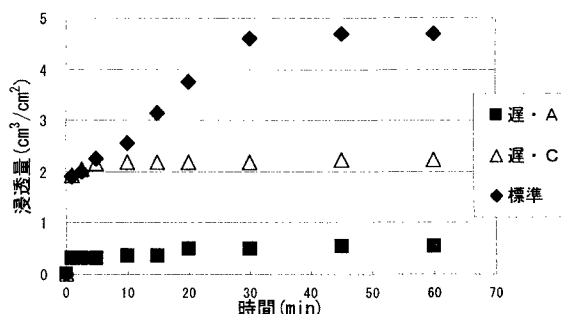
図－4から、モデル地山の平均粒径が小さくても標準滑材の浸透量は他に比べ大きくなる。標準滑材は、比抵抗が大きいために滑材ケーキが形成されずに、滑材自体の壁面せん断応力により浸透量が増えたと考えられる。遅硬性滑材Aでは粒径の変化に対して大きな変化はみられない。比抵抗が低くケーキ濾過の状態であると考えられる。遅硬性滑材Cでは、平均粒径が1mmを越えたところで急激に浸透量が増えていることが分かる、遅硬性滑材Cは、比抵抗・固形物濃度が標準滑材と遅硬性滑材Aの中間であり、地山が大きくなるにつれケーキ濾過からケーキ形成の限界の境目が現れたものと思われる。



図－3 滑材ケーキモデル図



図－4 浸透量と地山の平均粒径の関係



図－5 浸透量と時間の関係

図－5は、平均粒径1.09mmの時の浸透を示しているが、ケーキ濾過と考えられる遅硬性滑材Aは、時間と共に徐々に浸透していることが分かる。滑材ケーキは、きめの細かい濾紙が出来たものと考えられるのでそれが厚くなることで徐々に時間的浸透量も0に近くなると考えられる。遅硬性滑材Cと標準滑材は滑材自体の浸透であると考えられるが、標準滑材は、降伏応力が小さく静止状態での壁面せん断応力が小さいために地山の間隙での流動が止まらない。遅硬性滑材Cでは滑材ケーキが出来ずにある程度まで浸透してしまっても、降伏応力があるために滑材自体の壁面せん断力でそれ以上浸透しない。

5 まとめ

推進工法における滑材の浸透性について実験を行った結果をまとめると次のようになる。

- (1) 滑材の浸透は、ケーキの形成により大きく変化する。
- (2) 滑材ケーキによる浸透防止は、時間が関係してくる。
- (3) 降伏応力のない滑材は、浸透が止まらない。