

# 推進工法用における滑材のケーキの厚さと浸透性

国土大（院） 学生会員 山崎 淳  
国土大・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くな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、施工現場で用いられているベントナイト系の標準滑材（標準と表す）、裏込材としても兼用が可能な遅硬性滑剤《遅硬性滑材A（遅Aと表す）、遅硬性滑材C（遅Cと表す）》を用いて、滑材ケーキの厚さと地山への浸透性を中心に検討してみた。

## 2. 実験装置及び方法

浸透試験では、豊浦標準砂（平均粒径 0.28mm、均等係数 2.000）、硅砂6号（平均粒径 0.38mm、均等係数 1.482）、硅砂5号（平均粒径 0.60mm、均等係数 1.477）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て浸透量を導いた。

脱水試験では、ヌッチェテストによりケーキの比抵抗と厚さを導いた。

## 3. 実験結果

滑材は注入するとその圧力によって、滑材中の溶媒である水の一部分が浸透し、滑材懸濁液と地山との間に滑材ケーキが

形成する。このケーキが止水壁となり、滑材は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（表面濾過）であるので、ケーキの形成に関する Carman の理論に従う。濾過に影響する因子は、濾過圧力、濾過面積、滑材の固形物濃度及び濾液の粘性係数であり、濾過速度は式（1）で表せる。

$$\frac{dV}{dt} = \frac{P \cdot A}{m \cdot g \cdot C \cdot \frac{V}{A}} \dots\dots (1)$$

ここで、

A：濾過面積（m<sup>2</sup>） C：懸濁液の固形物濃度（kg/m<sup>3</sup>）  
P：濾過圧力（Pa） t：濾過時間（s）  
V：濾液量（m<sup>3</sup>） μ：濾液の粘性係数（kg/m/s）  
γ：ケーキの比抵抗（m/kg）

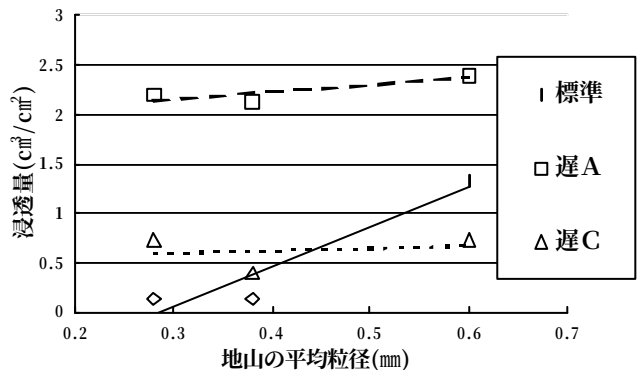
この式のC V/Aは単位濾過面積あたりの濾液中の固形物量、すなわちケーキの厚さ指数を示しており、γ C V/Aは濾液がその厚さのケーキを通過するときの濾液の通水抵抗を示している。また、以前の実験からケーキの比抵抗γは、それぞれが持つ透水係数に類似したものであり圧力に関係なく一定である事が分かっている。図－1は、モデル地山の平均粒径を変えた場合の浸透量を示している。

図－1から、モデル地山の平均粒径が大きくなるにつれて標準滑材の浸透量が大きくなるが、遅硬性滑材では大きな変化はみられないことがわかる。

脱水試験により導いた比抵抗とケーキの厚さを表－1に示す。また、浸透試験からの比抵抗と地山の平均粒径の関係を図－2に示す。

表－1 脱水試験による比抵抗とケーキの厚さ

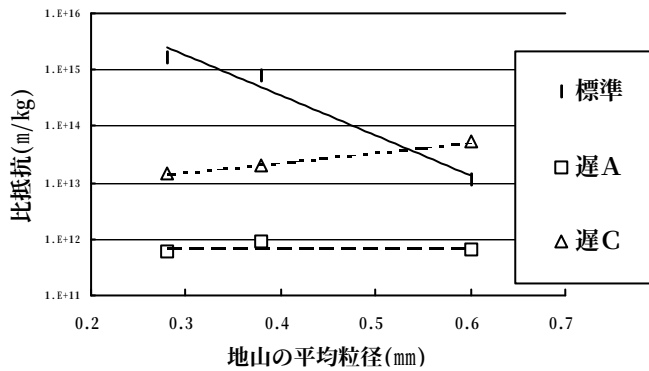
|        | 脱水試験の比抵抗<br>γ (m/kg) | 単位面積・濾過量当たりの<br>ケーキの厚さ(cm) |
|--------|----------------------|----------------------------|
| 標準滑材   | 1.643E+15            | 0.422                      |
| 遅硬性滑材A | 3.411E+12            | 0.257                      |
| 遅硬性滑材C | 9.370E+13            | 0.248                      |



図－1 地山の平均粒径と浸透量の関係

キーワード：推進工法、滑材、ケーキ、浸透性

連絡先：〒154－8515 東京都世田谷区世田谷4－28－1 国土舘大学衛生工学研究室 TEL03-5481-3261



図－２ 地山の平均粒径と比抵抗の関係

表－１と図－２の関係から、モデル地山を使った浸透試験の比抵抗は、脱水試験の比抵抗に比べ小さい値を示している。遅硬性滑材では粒径の変化に対して大きな変化は見られないが、標準滑材は粒径が大きくなるにつれての比抵抗の減少が見られる。

比抵抗は、ケーキが持つ透水係数に類似であるので減少する事はないはずである。それにより浸透試験での比抵抗が、見かけの比抵抗であることが分かる。この場合、式－（１）で濾液量に対して滑剤ケーキが徐々に厚くなることを想定していたのに対して、ケーキの厚さが減少する事（ケーキの崩壊）が考えられる。そのことより式－２が仮定される。

$$\frac{dV}{dt} = \frac{P \cdot A}{m \cdot g \cdot C \cdot \frac{1}{A} (V - V_B)} \quad \dots\dots (2)$$

$V_B$ ：崩壊したケーキの厚さに相当する濾液量

この式によりケーキの厚さ指数としては、

$$C \frac{V - V_B}{A}$$

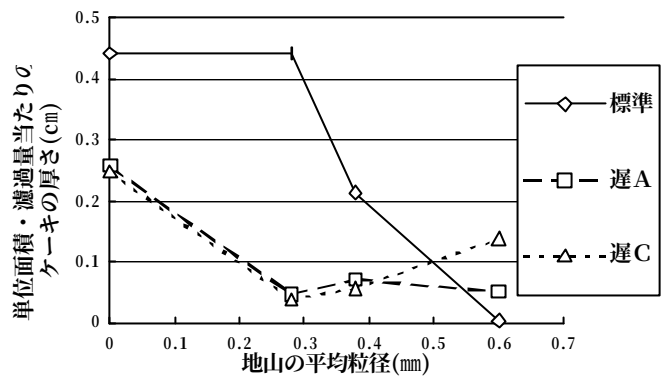
となり、浸透試験での比抵抗が小さくなった要因として $V_B$ が考えられる。

脱水試験でのケーキの厚さを用いて、浸透試験での単位面積・浸透量 1 ml 当たりのケーキの厚さを比抵抗の減少量から導くと図－３のようになる。また、脱水試験の結果は、濾紙を用いているので粒径 0 として示す。

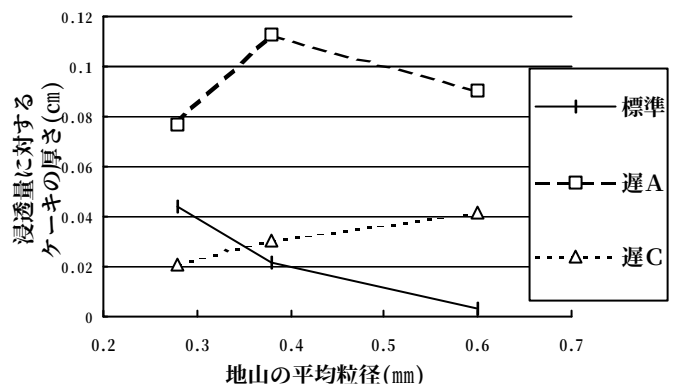
図－３から、標準滑材は粒径が小さい場合、脱水試験と同様のケーキ厚を持っているが、粒径が大きくなるにつれケーキ厚さが減少していくことが分かる。遅硬性滑材では、脱水試験でのケーキ厚さに比べ小さい値ではあるが粒径の変化に、あまり左右されないことが分かる。

また、図－３の結果に実際の単位面積浸透量をかけて浸透試験時のケーキの厚さを導いた物が図－４である。

図－４から、標準滑材のケーキ厚さは地山の粒径が大き



図－３ 平均粒径と単位面積・濾過量のケーキの厚さとの関係



図－４ 平均粒径と滑材ケーキの厚さの関係

なるにつれて減少している。標準滑材は脱水試験での比抵抗が大きいためにケーキの厚さの減少が大きく反映してしまい通水抵抗が小さくなり地山への浸透が防げないことが分かる。遅硬性滑材Aでのケーキの厚さは山のようになっているが比抵抗が小さいために誤差範囲内であると考えられる。遅硬性滑材Cは地山の粒径が変化してもケーキの厚さは安定している。その為に滑材ケーキの崩壊は起きづらいと考えられる。

#### ４．まとめ

推進工法用滑材におけるケーキの厚さと浸透性を中心に実験を行った結果をまとめると次のようになる。

- (1) 滑材の地山への浸透性は、ケーキの厚さと比抵抗に左右される。
- (2) 標準滑材は比抵抗が大きいために、地山の粒径が大きくなりケーキの厚さが減ることで、通水抵抗は影響されやすく地山への浸透を防げない。
- (3) 今回の試験では、ケーキの崩壊しやすさなどの要素が入っていないので、その部分を今後の課題としたい。

#### 『参考文献』

- 1) 金成英夫：推進工法用遅硬性滑材に関する研究，月刊推進技術，pp84－98，Vol.11，No4，1997
- 2) 永田伸之：推進工法に用いる滑剤の基礎知識(2)，月刊推進技術，pp1－8，Vol.11，No4，1997