

III-415

加泥型土圧シールド工法における添加材の配合と効果 ーモデル実験による添加材の浸透特性についてー

（協） 組 正会員○トラン・ドュク・フィ・オアン
馬渡 裕二

1. まえがき

透水性の砂れき地盤の加泥型土圧シールド工法において、切羽の安定や掘削土砂の流動性の改善に添加材の役割が重要である。本報は透水係数 $k=10^{-2} \sim 10^0 \text{ cm/s}$ の滞水砂れき地盤を対象とする添加材による浸透層の形成に着目した室内実験結果を述べたものである。また、切羽の安定性を得るための添加材の適切なレオロジー特性を地盤の透水性との関連で表わした。

2. 実験方法

2.1 モデル地盤の作成

地盤材料の粒度分布曲線を図-1に示す。モデル地盤は透水係数を 10^{-2} 、 10^{-1} および 10^0 cm/s オーダの3種類とし、直径20cmの円筒に約20cmの水頭で水中落下させて作成した。供試体は高さ55cm、直径20cmである。

2.2 添加材の作成

材料は石英砂（クレイサンド）、ベントナイトで、増粘剤はカルボキシメチルセルロース（CMC）、ポリマー安定液および高吸水性樹脂を用いた。浸透層の形成に影響する因子のうち、増粘剤の種類、添加材の密度とレオロジー特性を取り上げた。各地盤での因子と水準は表-1のとおりである。

添加材の物性の測定は密度にマッド・バランスを、レオロジー特性にC型粘度計およびB型粘度計を用いた。

2.3 浸透実験

実験装置を図-2に示す。浸透流量および地盤内の間隙水圧を自動測定装置にて1分間隔で測定、加圧力は 0.5 kgf/cm^2 とした。

3. 実験結果および考察

3.1 添加材の粘性係数による浸透特性の変化

（1）添加材の粘性係数による浸透距離の変化：
粘性係数 K と浸透距離 L の関係を図-3に示す。地盤Aの場合、 $K = 29 \sim 81 \text{ dyn/cm}^2 \cdot \text{s}^{-n}$ において、 L は $1 \sim 3 \text{ cm}$ と小さく、添加材の浸透が困難であることを示した。地盤BとCとも K が大きいほど

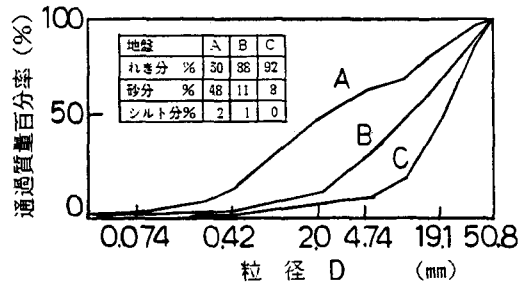


図-1 地盤材の粒度分布曲線

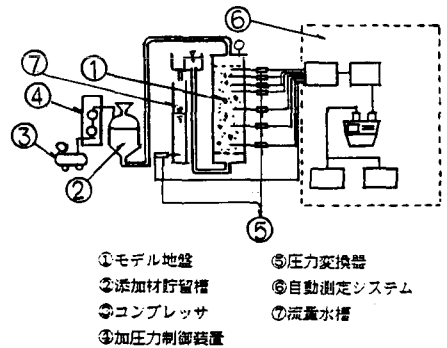


図-2 実験装置

表-1 各地盤の因子と水準

因子	水準		
	地盤 A	B	C
添加材の密度	(1.2, 1.3, 1.4) の 3 水準		(1.2, 1.4) の 2 水準
レオロジー特性 (粘性係数)	30, 60, 90 の 3 水準	100, 200, 300, 400 の 4 水準	300, 550, 900 の 3 水準
増粘剤の種類	ベントナイトとCMC	ベントナイトとCMC	ビスカ-イトとE-1020の 2 水準
実験数	3*	12	12

*) 地盤Aについて密度 P と粘性係数 K の組合せ ($P=1.2, K=30$), ($P=1.3, K=60$), ($P=1.4, K=90$) の3ケースを行ったが添加材がほとんど地盤内に浸透しなかったため実験を中止した。

Lは小さくなる。地盤Bの場合、 $K=100 \sim 500 \text{ dyn/cm}^2 \cdot \text{s}^{-n}$ では $L=15 \sim 5 \text{ cm}$ ，地盤Cの場合、 $K=400 \sim 900 \text{ dyn/cm}^2 \cdot \text{s}^{-n}$ において $L=50 \sim 30 \text{ cm}$ に変化する。

(2) 添加材の粘性係数と浸透速度の関係：地盤B、CともKが大きいほどVは小さくなる傾向を示す（図-4）。地盤Bでは $V=0.5 \sim 17 \text{ cm/min}$ ，地盤Cでは $V=5 \sim 17 \text{ cm/min}$ となった。

3.2 添加材の密度による浸透特性の変化

(1) 添加材の密度による浸透距離の変化：地盤Bでは密度によるLの変化が見られない。地盤Cの場合は $\rho=1.2 \text{ g/cm}^3$ より $\rho=1.4 \text{ g/cm}^3$ のときのLが大きい。また図-3に示すように浸透層を形成した添加材のKは $\rho=1.2 \text{ g/cm}^3$ の場合 $K=700 \text{ dyn/cm}^2 \cdot \text{s}^{-n}$ 以上であるのに対して $\rho=1.4 \text{ g/cm}^3$ では $K=400 \text{ dyn/cm}^2 \cdot \text{s}^{-n}$ 以上となり、密度の大きい方が浸透層形成の効果は大きいことを示している。

(2) 添加材の密度による浸透速度の変化：地盤B、Cとも密度による浸透速度Vの変化が見られず、密度の影響はほとんどないと考えられる。

3.3 止水効果

地盤Cにおいて、添加材浸透後の透水係数は $k=2 \sim 7 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ で、浸透前のそれに比較して約 10^{-3} 倍と小さくなり、添加材の浸透は止水性の改善に効果がある。

3.4 添加材のレオロジー特性の管理

地盤の透水係数、添加材の粘性係数と浸透距離の関係を図-5に示す。この図は滞り砂れき地盤を対象とする場合の添加材のレオロジー特性の設計・管理に利用することができる。

4. まとめ

実験結果により次のことが判明した。①浸透距離は添加材の粘性係数と反比例な関係を示すが密度の影響は明らかではない。しかし $k=10^0 \text{ cm/s}$ の地盤においては密度が大きいほど浸透層の形成効果は大きい、②浸透速度は粘性係数が大きいほど小さくなり、 $V=0.5 \sim 17 \text{ cm/min}$ となった、③注入後の透水係数は注入前のその約 10^{-3} 倍となり、注入による止水性の改善が見られた、④砂れき地盤に対する添加材を設計および管理するために地盤に適したレオロジー特性を図で表わした。

5. あとがき

砂れき地盤に対する添加材の浸透層の形成性を調べ、添加材のレオロジー特性の管理図を提案した。しかし室内実験の制約、たとえば規模、注入方向、掘削状況が模擬されていないことなどのため、現場施工へ反映させるには今後、現場施工のデータの収集・分析を行い、実験結果を検討する必要がある。

参考文献：1)山崎，土木学会論文報告集第343号(1984)；2)喜田・他，第19回土質工学研究発表会(1984)。

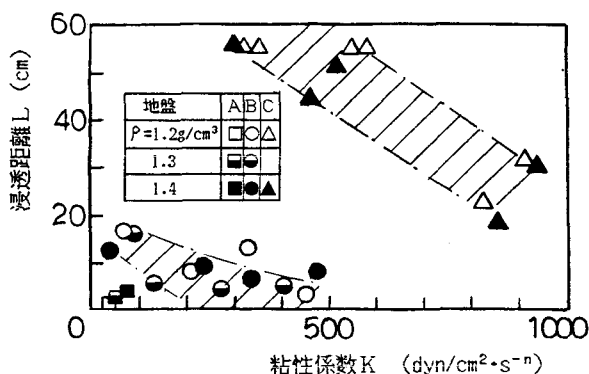


図-3 粘性係数と浸透距離の関係

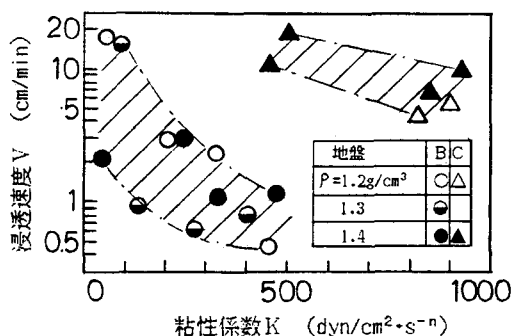


図-4 粘性係数と浸透速度の関係

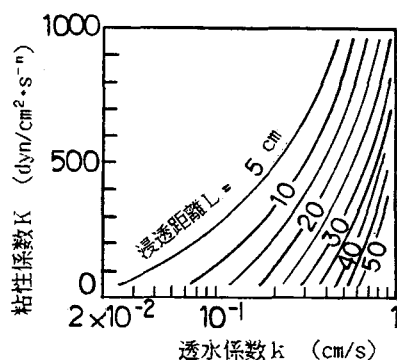


図-5 透水係数と粘性係数の関係