

高濃度泥水の浸透モデル実験

顧問組 技術研究所 正会員 大野睦雄

〃 〃 正会員OT.D.P.オアン

日本大学 理工学部 学生会員 齊藤直樹

1. まえがき

シールド工法が日本で実用化されてから約20年が経過したが、近年では加泥タイプの土圧系シールド工法などが開発され、適用範囲が拡大した。加泥タイプの土圧系シールド工法において、高濃度の泥水は、切羽の安定性および掘削土砂の流動性を改善する機能が要求される。今回の実験は滞水砂れき地盤を対象とする加泥タイプの土圧系シールド工法において、切羽の安定性から見た高濃度泥水の評価を目的として、高濃度泥水の室内加圧浸透実験を行ったものである。

なお、高濃度泥水の流動特性については、別報を参照されたい。

2. 実験方法

1) 模擬地盤：模擬地盤は図-1に示す粒度分布の混合材を、直径20cmの円筒に水中落下させて作成した。供試体は、高さ55cm、直径20cmである。作成した模擬地盤の湿潤密度は $1.85 \sim 1.95 \text{ g/cm}^3$ 、透水係数は $1 \sim 3 \times 10^{-1} \text{ cm/s}$ である。

2) 高濃度泥水の材料と配合：材料はクレイサンド、ベントナイトおよびCMCを使用した。高濃度泥水の密度は $1.2 \sim 1.4 \text{ g/cm}^3$ とした。表-1に配合を示す。混合は $\phi 18 \text{ cm}$ の3枚羽根攪はん翼を有する攪はん機を用いて、回転速度約1500rpmで15分間行った。また流動性の測定には、B型粘度計（東機産業B8M型）を使用した。

3) 実験装置と方法：実験装置は図-2に示すように次のものからなる。①模擬地盤円筒；高さ70cmの透明なアクリル製円筒、②高濃度泥水の貯留槽（容量15ℓ）、③コンプレッサ（最大加圧力 10 kgf/cm^2 ）、④加圧力制御装置、⑤間隙水压、流量の自動測定・記録システム。

実験は図-3のフローチャートのように行った。ただし、加圧力は $0.45 \sim 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ とした。間隙水压と流量の測定時間間隔は1分間とした。試験に要した時間は約30分であった。

3. 実験結果と考察

1) 泥膜深さ：泥膜の効果を評価するため、泥膜形成による圧力損失の程度を表わす有効泥水压百分率（ α ）が用いられる。有効泥水压百分率 α は次のように計算した。

$$\alpha = (P - \Delta U) / P \times 100 \quad (\%) \quad (1)$$

ここに、 P ：加圧力（ kgf/cm^2 ）、 ΔU ：過剰間隙水压（ kgf/cm^2 ）、である。

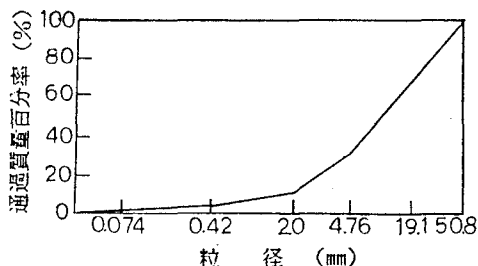


図-1 模擬地盤の粒度加積曲線

表-1 高濃度泥水の配合表
(水10ℓに対する)

密度 (g/cm^3)	クレイサンド (g)	ベントナイト (g)	CMC (g)
1.2	3450	345	40
	3450	345	85
	3450	345	115
	3450	345	145
1.3	6150	0	—
	2670	3480	—
	1640	4510	—
	1000	5150	—
1.4	8700	0	—
	8700	720	—
	8700	1220	—
	8700	1550	—

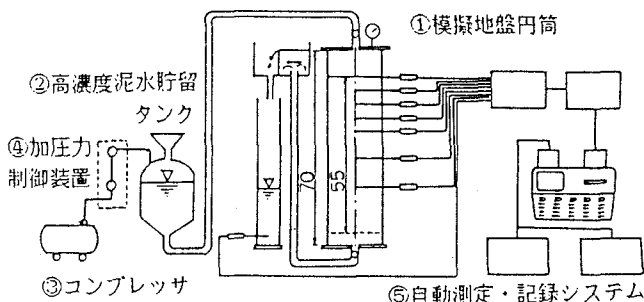


図-2 実験装置

高濃度泥水は加圧力によって地盤内に浸透し、過剰間隙水圧は浸透深さに応じて減少し、ある地点で過剰間隙水圧 ΔU は0となる。このとき有効泥水圧百分率は、式(1)より100%となり、泥膜が形成されたと考える。図-4は有効泥水圧百分率の深度分布の一例を示したものである。この図から $\alpha=100\%$ の深さを泥膜深さとした。泥膜深さは5~30cmであった。

2) 泥膜形成速度；泥膜形成時間は、浸透水量の経時変化から求めた。時間と累加浸透水量を両対数グラフに表わし、勾配変化点の時間、すなわち浸透水量が急激に低下し始めた時点を、泥膜形成時間とした。泥膜形成時間は1~7分であった。

前項の泥膜深さと形成時間とから、泥膜形成速度を求めると50~1800 cm/minとなる。一方、実際の土圧系シールド工事において、掘進速度は3~5 cm/minである。すなわち、今回の実験による泥膜形成速度は掘進速度の約10~600倍である。

3) 高濃度泥水の性質による浸透性の違い；高濃度泥水の粘性係数と泥膜深さの関係を図-5に示す。粘性係数が大きいほど泥膜深さが小さいことがわかる。また、密度 1.2 g/cm^3 では他の二者に比較すると同じ粘性係数に対しても泥膜深さが大きいことがわかる。これはCMCの潤滑性によるものと思われる。

図-6は粘性係数と泥膜形成速度との関係を示したものである。粘性係数が大きいほど泥膜形成速度は小さくなっていることがわかる。これは擬塑性流体の円管内流れの解析からも明らかで、粘性係数が大ほど逸泥の危険性が小さいことを示すものである。しかし、高濃度泥水の良否を判定するにはパイプ圧送性など詳細な検討の必要があると思われる。

5. あとがき

砂れき地盤を対象とした高濃度泥水の室内浸透実験を行い、泥膜の形成性について検討を行った。しかし、①スケール効果（たとえば模擬地盤の最大粒径）の問題があること、②掘削状況が模擬されていないことなどがあり、現場での施工に反映するには、解決しなければならない問題は多い。

今後は、現場でのデータを収集するとともに、さらに研究を行う予定である。

参考文献：

- 1) 三木，斎藤，山崎：泥水シールド切羽の安定に影響する泥水の基本物性と口過特性，第11回土質工学研究発表会，pp.1133~1136, 1976.
- 2) 建設省土木研究所：泥水シールド工法に関する試験研究報告書-泥水の物性と安定性に関する試験-，土木研究所資料 第1953号，1983.

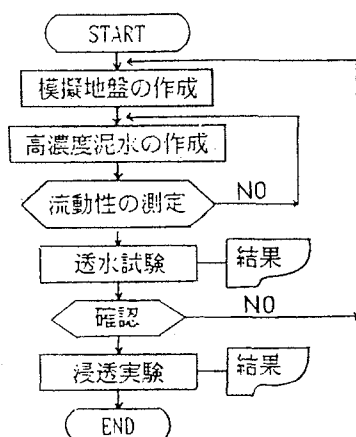


図-3 フローチャート

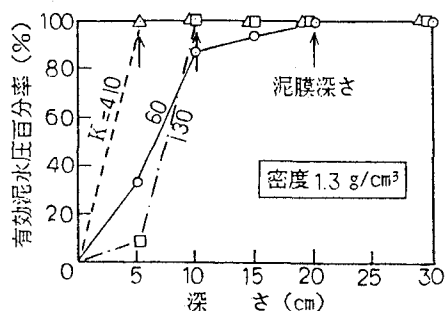


図-4 有効泥水圧百分率の深度分布
粘性係数 K ($\text{dyn/cm}^2\text{s}$)

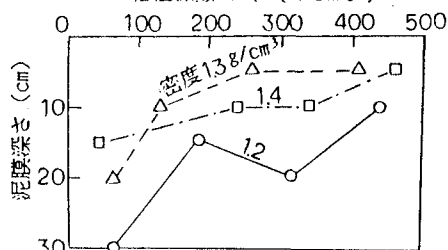


図-5 粘性係数と泥膜深さ

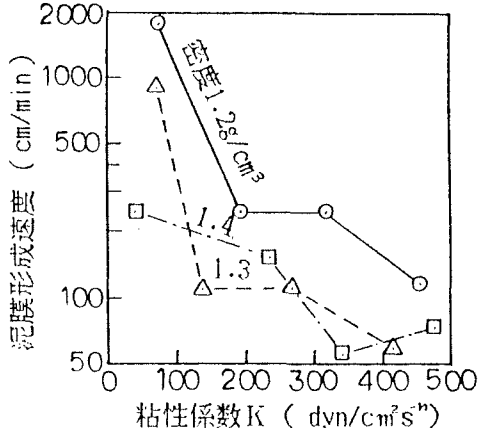


図-6 粘性係数と泥膜形成速度