

VI-100

泥土圧シールド工法における礫質土の土砂圧送に関する一考察

— 実用化に関する実験的研究（その1） —

（株） 銭 高 組 技術本部 正員 斎藤 優
前田建設工業（株） 土木設計部 正員 野田 賢治
日本国土開発（株） 機電センター 小坂 文夫

1. はじめに

泥土圧シールド工法における掘削土砂の坑外への搬出は、粘性土についてはポンプ圧送が行われる場合も多いが、滞水砂層や砂礫層ではズリトロ鋼車による土砂搬出が一般的である。

しかし、鋼車による土砂搬出は小口径シールドでの狭隘な環境での危険性の増加や、急曲線施工部での転倒防止、さらに長距離搬送等に関して課題が多くその対策が望まれている。

本研究は、従来土砂圧送が不適とされている砂や礫質土を対象に、土砂の土性改良に着目して圧送技術の評価と開発を目的とするもので、本報は要素実験を踏まえ礫質土の圧送性について報告するものである。

2. 実験概要

2.1 モデル地盤

実験は、添加材による土性改良が必要な地盤を想定して、図-1に示す礫率52, 60, 70%の3種類のモデル地盤を作成した。また、施工難易性の境界¹⁾の判断として礫率70%の地盤を圧送条件の上限とした。

各モデルは川砂利、粗砂、細砂、土木用粘土を採用して、掘削土砂の自由水を除去した状態を想定して、モデル地盤の含水比を5%に調整した。

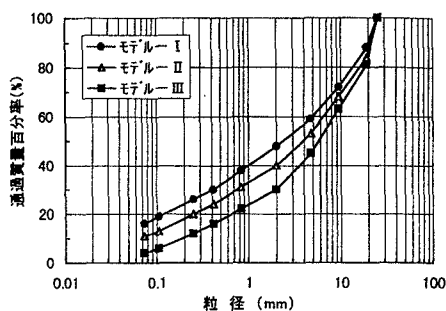


図-1 モデル地盤

2.2 実験方法

実験は、圧送可能な土砂の「塑性流動性」の把握方法としてスランプ試験とベーン試験を行った。

また、圧送の可能性の判定と圧送距離の推定を目的として図-2に示す圧送実験を行い、ベーン試験との整合性を検証した。表-1に測定項目を示す。

表-2 添加材特性

No.	添加材	標準配合	目的	比重	粘性
1	鉱物系 加泥材	ベトナイト(250# 様名) 粉末粘土 (スミレイ) 水	141kg/m ³ 343kg/m ³ 806kg/m ³	細粒分の増加	1.29 ビスコシティ 1750cp
2	無機系 シリカ	コロイダルシリカ 助剤 水	47 1/m ³ 105 1/m ³ 848 1/m ³	礫質土の 一体化	1.02 500cp
3	天然 高分子系	セルロース系 水	13kg/m ³ 993kg/m ³	粘性の 増加	1.01 2200cp
4	合成 高分子系	ポリアクリルアミド系 水	13kg/m ³ 993kg/m ³	細粒分の 凝集	1.01 1800cp

2.3 添加材

添加材は、目的・用途別に表-2に示す添加材を採用し、添加率はモデル別の無添加時の湿潤密度から体積換算して10~25%程度迄とした。

表-1 試験・計測項目

No.	試験名	試験目的	試験結果
1	スランプ試験	混合土の塑性流動性	スランプ (cm) (JISA1115準拠)
2	ベーンせん断試験	混合土のせん断抵抗	回転トルク (kgf・cm) $S=6Mf/7\pi B^3$
3	管内圧力測定	圧送圧力の距離変化	圧送圧力 P_0 管圧 P_1, P_2 (kgf/cm ²)
4	管内流量測定	管内流量の経時変化	圧送流量 Q (m ³ /min)
5	配管抵抗測定試験	管内抵抗の測定	配管抵抗 τ (kgf/cm ²)

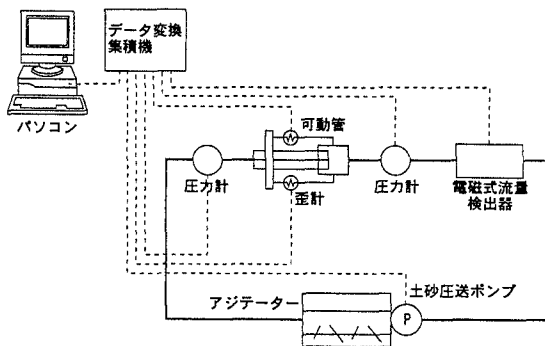


図-2 圧送実験の概要

3. 実験結果

3.1 ベーン試験結果と圧送の判定

試料は、各モデルの湿潤密度から体積換算して突固めた。ベーンの回転速度は、通常のベーン試験にならい6度/分²⁾を基本に端面でのせん断強度が一樣と仮定して $S(\text{vane})=6M/7\pi B^3$ とした。

モデル地盤Ⅰのベーン試験結果例を図-3に示し、計測トルクの最大値と圧送の可否判定を図-4に示す。

3.2 ピストンポンプ圧力（元圧）と添加率

添加材による土性改良効果と圧送能力との関係について、添加率の増加と元圧低減の関係を図-5に示す。

図-4に示すモデル地盤Ⅰ及びⅡで圧送不可能な土砂は、流動性が乏しくピストンへの取込みが不可能なものであった。また、モデル地盤Ⅲでは土砂のピストンへの取込みは可能なものの、管路中途で土砂が分離・閉塞してポンプ能力（41.7kgf/cm²）を越え圧力異常が発生した。

3.3 添加材の種別と圧送流量

図-6に、モデル地盤Ⅱにおける各添加材の添加率20%時の元圧と圧送流量の関係を示す。

4. 考察

- ①細粒分を10%以上含有する礫質土のベーン試験は、回転速度によって計測トルクの最大値に差異はなく、添加率の増加で泥土のせん断抵抗の低減が可能である。
- ②図-4から、土砂圧送の可能性は計測トルクが250kgf・cm程度以下で、かつ分離しないことが条件となる。
- ③図-5では、添加率の増加に伴い元圧が30～40%程度低下する。これは圧送距離の増加につながるもので、シリカの場合は図-7に示す現状の管内圧力との関係で、約4.4倍の圧送距離が推定できる。
- ④図-6に示す元圧と流量の関係で、0.3 m³/min圧送時の元圧は天然高分子が最も低く鉍物系の79%であった。

しかし、土砂は分離気味のスラリー状態で、圧送後のスランプ値は23.0cmであった。

5. おわりに

礫質土の土砂圧送は添加材の種類・量による対応が重要となり、地盤に対する圧送性の評価としてベーンせん断試験が効果的であることが判明した。

今後は、土砂の分離に対する評価方法を確立するとともに、圧送中の土砂の分離状態に応じて対策を講じ、各種地盤に対応できる圧送技術を実用化したい。

〔参考文献〕1)気泡シールド工法協会：気泡シールド工法技術・積算資料第2版，1991.8

2)杉江他：粘土地盤におけるベーンせん断強度の発現メカニズム，土木学会論文集No.487Ⅲ，1969.7

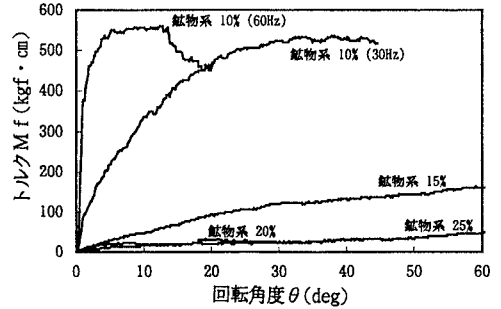


図-3 ベーン試験結果

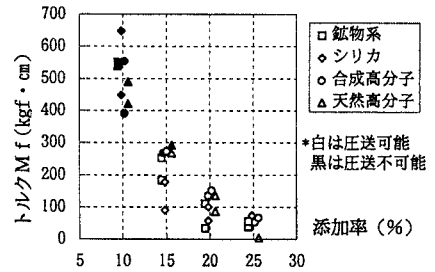


図-4 圧送判定の可否（モデル地盤Ⅰ、Ⅱ）

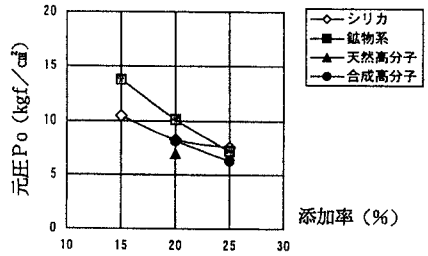


図-5 添加率と元圧（モデル地盤Ⅰ）

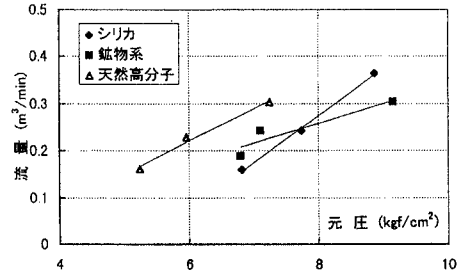


図-6 元圧と流量の関係（モデル地盤Ⅱ）

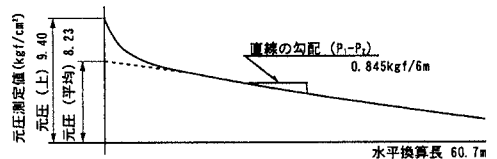


図-7 推定管路延長模式図（水平距離換算）