

しらすに関するシールド添加材の基礎的研究（その1）

(株)大林組 正会員○上田 潤 正会員 松原 健太
正会員 山田 祐樹 正会員 三浦 俊彦

1. はじめに

泥土圧シールドでは、掘削土砂を塑性流動化させ切羽の安定を図るため、地山に適した添加材を選定する必要がある。九州南部に分布する火砕流堆積物である「しらす」は、一般的な砂に比べ、土粒子密度が小さく、間隙比が大きいいため、水が加わると含水比が高くなり流動性が増加すると考えられる。そのため、しらす地盤を泥土圧シールドで掘進する場合、掘削土砂の流動性が増加するとスクリーコンベヤーからの噴発の原因となり、切羽の安定が難しくなる。そこで、「しらす」に適応できる添加材を検証するにあたり、基礎的な研究として、一般的な添加材を用いて流動性確認試験を行った。本稿ではそのうちの試験概要について報告する。

2. しらすの特性

しらすは、粒子が多孔質であり、一般的な砂に比べ土粒子密度が小さい。さらに、角が立った形状で間隙比が大きく、含水比も高いことが知られている。しらすの特性を確認するため、鹿児島市内で掘削採取したしらすを山にして、試験的に上から加水した。加水してもすぐには山から水が流出せず、山全体に水がしみている状態であった。加水後、振動を加えると山が崩れ、大量の水が分離して流出してきた。（写真-1）このことから、しらすは粘土のように間隙が大きく、含水比が高い性質を持つが、それは吸着水だけではなく自由水もあり、加振により土粒子のかみ合わせが乱されたため、水が流出したと考えられる。

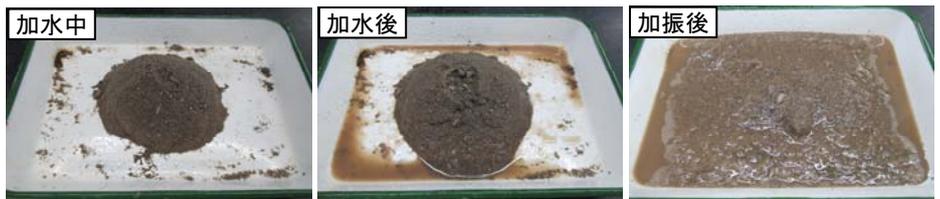


写真-1 加水・加振したしらす

3. 試験方法

(1) 目的

添加材を加えて攪拌混合したしらすの流動性を確認する。あわせて、シールド発生土の取扱いの観点から、「土砂」か「汚泥」かを判断する指標であるしらすの強度についても確認する。

(2) 試料土

採取したしらすを9.5mm以下の粒径に調整し試料土とした。試験では、一般的な砂と比較するため、しらすと同様の粒度分布を持つ砂（以下、模擬土）を作成した。しらすの粒度分布（図-1、表-1）からは、20%程度の細粒分を含むことから気泡や鉱物系添加材の添加により、比較的容易に泥土化できる土質と推察される。一方、試料土の物性値（表-1）より、しらすは模擬土に比べ、飽和含水比が高く、上記加水試験と同様に吸着水や自由水を多く含むことができる土質と考えられる。よって、このような特性が掘削土砂の流動性や強度に影響する可能性が考えられる。

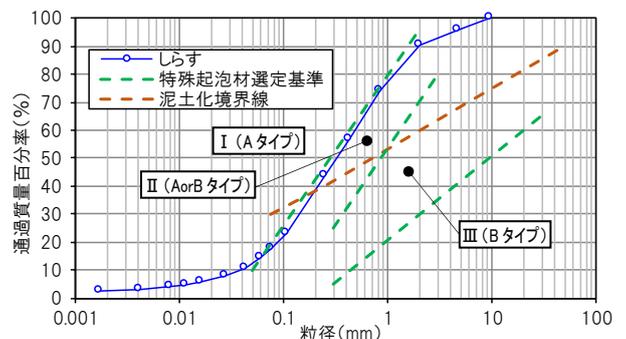


図-1 粒径加積曲線

表-1 試料土物性値

試料名称	しらす	模擬土	
土粒子密度(g/cm ³)	2.418	2.691	
粒度特性	礫分(%)	9.6	9.2
	砂分(%)	72.8	73.0
	シルト分(%)	14.0	11.9
	粘土分(%)	3.6	5.9
	均等係数	13	17
最大乾燥密度(g/cm ³)	1.222	1.921	
最適含水比(%)	31.3	10.2	
D95 乾燥密度(g/cm ³)	1.161	1.825	
D95 飽和含水比(%)	44.8	17.7	

キーワード 泥土圧シールド, しらす, 添加材, 切羽安定, 塑性流動性

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 株式会社大林組 TEL03-5769-1318

(3) 添加材と添加量

添加材は一般的に使用されている「気泡材 (Aタイプ)」と「鉱物系添加材」とし、添加量は各技術資料にもとづき、粒度分布から算出した (図-1, 表-2)。なお、試料土はそれぞれ同じ粒度分布のため、各添加材の添加量は同じとなる。

表-2 添加材配合

添加材	種類	配合	添加量
気泡材	Aタイプ	3%溶液・8倍発泡	20%
鉱物系	ベントナイト	濃度:27%	16.2%

(4) 試料土の含水比設定

土砂の含水状態が流動性や強度に大きく影響するため、掘削時の地山の含水状態を想定し、試料土の含水比を設定した。シールド工法では、地下水位以深を掘削することが多く、土は飽和状態であると考えられる。しかし、掘削時には土水圧よりも高い切羽圧を作用させるため、掘削土砂の間隙水は地山側へ排出され、間隙水が占めていた部分を添加材が占めると考えられている。そのため、事前に各試料土 (飽和状態) に対する添加材の加圧試験を実施したところ、いずれも間隙水の排水をとめないながら、添加材が土の間隙へ加圧浸透し、試料土上面から 40 mm 付近 (おおよそ 1 分あたりの掘進長に相当) までの含水比が 90% 程度まで低下することが確認できた (図-2)。そのため、今回の試験では①飽和状態の含水比 (飽和度 100%)、②飽和度 90% の含水比、③しらすの湿潤密度相当の含水比 (飽和度 75%) の 3 ケースを設定した (図-3)。①は地下水位以深の掘削土砂の状態、②は切羽圧の作用により掘削土砂の間隙水の一部が地山へ排出された状態を想定している。

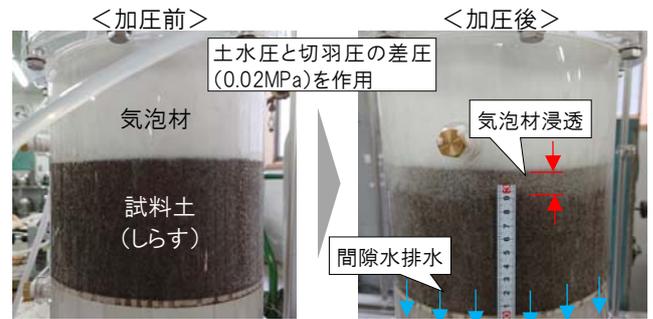
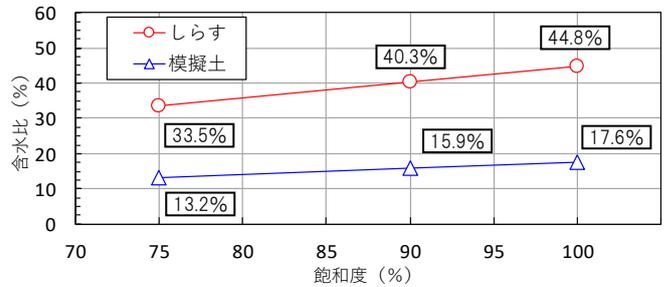


図-2 加圧試験 (しらす, 気泡材)



※模擬土の湿潤密度相当の飽和度はしらすと同じ値に設定

図-3 含水比の設定

(5) 改質材の添加

近年、気泡材を採用したシールド工事では、スクリーコンベヤーから排土された時点で、掘削土砂のコーン指数が 200kN/m² 以上の強度があれば、「土砂」として搬出することが認められる場合がある。そのため、スクリーコンベヤー内の掘削土砂に改質材 (高分子凝集剤等) を添加し、性状を改善することがある。そこで、添加材を気泡としたケースについては、改質材として高分子凝集剤を添加し、強度を確認することとした。添加量については、200kN/m² 以上の強度を目標に 3kg/m³, 5kg/m³ の配合とした。

(6) 試験ケース

添加材、試料土、飽和度 (含水比) をパラメータに試験ケースを設定した。流動性の確認のため、流動性の一指標であるスランプ試験を実施した。また、強度の確認のためコーン指数を計測した。(表-3)

表-3 試験ケース

No.	添加材		試料土	飽和度 (%)	含水比 (%)	改質材	計測方法
	種類	添加量					
1	気泡	20%	しらす	75	33.5	高分子凝集剤	スランプ値 コーン指数
2				90	40.3		
3				100	44.8		
4			模擬土	75	13.2		
5				90	15.9		
6				100	17.6		
7	鉱物系添加材	16.2%	しらす	75	33.5	添加なし	
8				90	40.3		
9				100	44.8		
10			模擬土	75	13.2		
11				90	15.9		
12				100	17.6		

4. おわりに

砂ではあるが粘土のような物性値を有するしらすに添加材を攪拌混合し、流動性と強度を確認した。試験結果については、「しらすに関するシールド添加材の基礎的研究 (その2)」で報告する。今後は、基礎的研究の結果を踏まえ、添加材の種類や添加量など、しらすに適した添加材を検証していく予定である。