

プラソイル工法の開発

— シールド坑内掘削残土改良システムの開発 —

竹中土木正会員 藤井義文
 竹中土木正会員○福本忠浩
 竹中技術研究所 正会員 斉藤 聡

1. はじめに

土圧式シールド工法では、添加材として、粘土・ベントナイト、気泡、高吸水性樹脂などが用いられている。中でも、高吸水性樹脂は中性で無害なもので、従来の粘土・ベントナイトに対し、作泥のためのプラント設備が小さくてすむことなどから、最近使用されるケースが多くなってきた。しかし、高吸水性樹脂を添加し流動化した掘削土砂は、一般残土としての処分が難しいため、何らかの改良が必要とされる。また、改良された残土は、埋戻し土などの用途に応じて十分な品質を確保することが求められる。

本報告は、土圧式シールド機により掘削され搬出される流動性の高い土砂を、スクリーコンベアに直結された改良装置を用いて改良する新しい掘削土改良システムを紹介する。また、開発に先立ち行った実験の概要と、改良対象となる掘削土砂および使用する高分子系改良材の組み合わせの違いが、改良効果に与える影響ならびに改良土の圧密特性についても述べる。

2. 改良システムと実験の概要

今回開発した改良システムを図-1に示す。改良装置は土圧式シールド機におけるスクリーコンベア後端に混合攪拌装置を直結し、掘削土を搬出中に連続的に改良するものである。改良装置は、図-2に示すように、①スクリーコンベアから排土された土砂を後方へ送る搬送用リボンスクリューコンベア装置、②リボンスクリューに対して逆回転をし、掘削土と改良土を混合攪拌する攪拌装置、③改良材をポンプで適量注入する注入装置の主に3つの装置からなる。この改良装置は、チャンバー内で高吸水性樹脂と混合攪拌された掘削土砂に高分子系改良材を添加攪拌するもので、土中の水分を凝集し掘削土砂を塑性化する。本システムの現場への適用に先立ち、同様の改良装置を用いて、地上における確認実験を行った。実験装置の概要を図-3に示す。使用する高分子系改良材は液体で、カチオン系、アニオン系およびノニオン系の3種類である。なお、これらの改良材は、中性で、動植物等に影響を与えないものである。

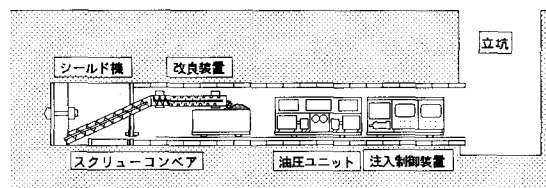


図-1 改良システム

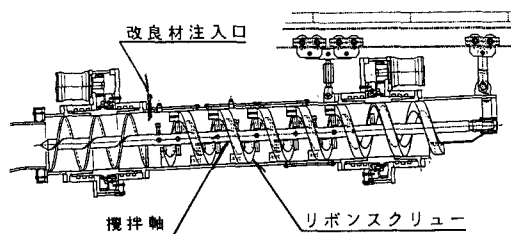


図-2 改良装置の構造

実験の対象となる掘削土砂は、改良システム設置予定の現場と同一の層から採取した粘性土および砂礫で、それぞれの粒度分布を図-4に示す。また、実現場では粘性土と砂礫の互層であることを考慮して、粘性土と砂礫を実質重量比1:1で混合したものも対象とした。これらの土砂にまず地下水位以下の地盤を想定して水を添加して飽和させ、実工事で使用される高吸水性樹脂を25 vol%混合攪拌した。砂礫はポットミキサーを用い、粘性土はモルタルミキサーを用いて混合攪拌し、土砂を想定されるチャンパー内と同じ状態にした。この土砂を改良装置に送り改良材を添加攪拌して改良効果を調べた。

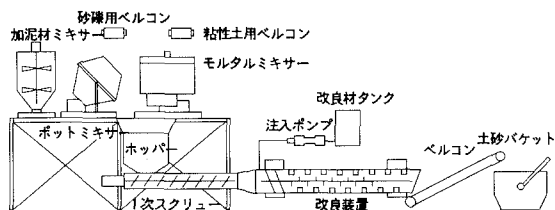


図-3 実験装置の概要

改良効果は、スランプ試験、コーン貫入試験、一軸圧縮試験、標準圧密試験、目視による高吸水性樹脂の改良材による減少量から、定性的、定量的に評価した。せん断強さは、ベーンせん断試験より求めた。表-1に、スランプ値(cm)、コーン指数 q_c (kgf/cm²)、せん断強さ τ (kgf/cm²)の結果を示す。改良材と土質の組み合わせでは、予備実験を行い、明らかに改良効果の期待できないものは、表中から除外している。また、圧密試験結果を図-5、図-6に示す。

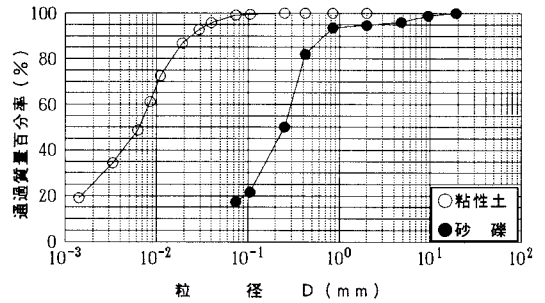


図-4 掘削土砂の粒度分布

3. 実験結果

実験の結果、以下のことが判明した。

- ①改良効果はスランプ試験において顕著に現れる。
- ②粘性土、砂礫とも、一般に言われている残土の基準 $q_c=2.0\text{kgf/cm}^2$ 、一軸圧縮強度 $q_u=0.5\text{kgf/cm}^2$ を確保できる場合とできない場合がある。(但し、 $q_u=2\tau$ と仮定した場合)
- ③圧密特性のうち、体積圧縮係数 m_v は、固結粘性土および砂礫とも改良前後に変化はなかった。
- ④改良土の圧密係数は、平均圧密圧力の低い範囲において、未改良土のものより1オーダー大きくなった。
- ⑤改良前、掘削土砂中に含まれていた高吸水性樹脂は、改良後その数が著しく減少することが確認できた。

表-1 試験結果一覧

試料	土質	粘性土		砂礫		粘性土+砂礫		
		添加後の含水比(%)						
改良材	種別	アニオン	カチオン	ノニオン	ノニオン	カチオン		
	添加量(kg/m ³)	2.9	4.8	4.2	5.4	4.0		
土質改良前後	スランプ(cm)	改良前	17	14	16	21	15	
		改良後	2	0	0	2	1	
	コーン指数(kgf/cm ²)	改良前	-	-	0.1	0.1	-	
		改良後	-	-	2.9	2.6	-	
	せん断強さ(kgf/cm ²)	改良前	0.01	0.04	-	0.01	0.01	
		改良後	0.07	0.26	-	0.07	0.80	

4. まとめ

以上の結果をまとめるとつぎのようである。

- (1)掘削土の流度特性、含水比、添加材の添加量など改良前の土質条件によっては $q_c=2.0\text{kgf/cm}^2$ 、 $q_u=0.5\text{kgf/cm}^2$ 確保できない場合もある。
- (2)改良された粘性土では圧密圧力が小さくても圧密係数が大きいため、盛土や埋戻し土の沈下には有利である。
- (3)添加材である高吸水性樹脂は、改良材によって大部分は消滅する。

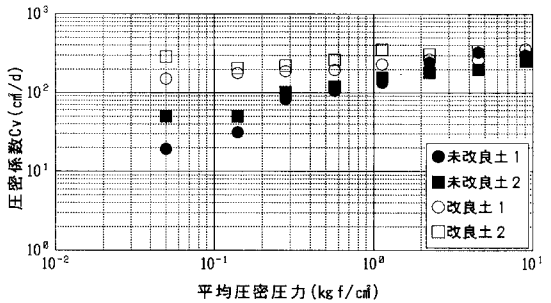


図-5 圧密係数(粘性土)

5. おわりに

今回の実験で本システムが、高吸水性樹脂を含む流動化された掘削土砂の改良に有効であることが判った。また、本報告以外にも本システムが実現現場での掘進速度4~6cm/分で排出される土砂を改良する能力を有することや直径20~30mm程度の礫なら破碎できることが実験より確認されている。

本システムは一現場の施工を終え、現在二つめの現場で順調に稼働している。

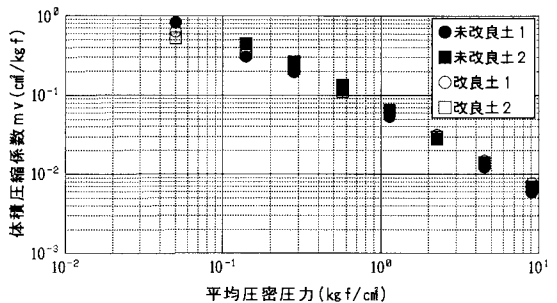


図-6 体積圧縮係数(粘性土)