

## 第 III 部門

## 40 メートル長のソイルベントナイト鉛直遮水壁の均質性と遮水性の評価

京都大学大学院 学生員 ○西村和基 田 彦  
 京都大学大学院 正会員 高井敦史 勝見 武  
 ライト工業 正会員 荒木 豪

## 1. はじめに

低透水性材料の一種であるソイルベントナイト混合土 (SBM) は、原位置封じ込め工法の遮水工として広く用いられている。SBM は、変形追従性や自己修復性などの遮水工としての利点を有しているが<sup>1)</sup>、原位置土とベントナイトを原位置で直接混合攪拌するため、施工後の品質を確認することが重要である<sup>2)</sup>。しかし、施工後も柔軟な SBM 遮水壁は不攪乱のコアサンプルを採取することが難しく、施工後の品質を明らかにした事例は世界的にも少ないのが現状である。本研究では、40 m 長の SBM 鉛直遮水壁から採取されたコアサンプルを対象に各種物理試験、透水試験を行い、SBM 鉛直遮水壁の材料特性の鉛直均質性および原地盤へのベントナイト添加による材料特性の変化を考察した。

## 2. 実験方法

**2.1 試料採取地点と原地盤の地盤構造** 試料採取地点は関東地方の河川整備事業工事敷地内であり、2019 年 3 月に SBM 遮水壁の施工を行った場所である。試料採取地点の原地盤の地盤構造は図-1 のとおりであり、2018 年 12 月頃の孔

内水位は G.L.-1.86 m であった。試料採取は、半自動落下式のハンマーを用いた機械ボーリングにより行い、試料は乾燥を防ぐため試料採取時のナイロンバッグ内で、湿らせた布を覆った状態で保存した。本研究で対象とした SBM 鉛直遮水壁の施工に使用された等厚式施工機は一般に TRD 工法等に用いられ、カッターチェーンで地盤を掘削しながら、スラリーまたは粉体の添加材を地盤に噴出して原位置土と混合攪拌することにより、鉛直方向に均質性の等高壁体を構築できるという利点がある。SBM 遮水壁の施工にあたり、平均自然含水比が約 24.7%の原地盤の土 1981 kg/m<sup>3</sup>に対し、3.25 kg/m<sup>3</sup>の 5%濃度のベントナイトスラリー、125 kg/m<sup>3</sup>の粉体のベントナイトを添加しており、SBM に対するベントナイトの質量比は約 6.5%であった。ベントナイトには国内産の Na 型ベントナイトを使用した。

**2.2 試験項目** 本研究では、土粒子の密度試験、含水比試験、粒度試験、液性限界・塑性限界試験、湿潤密度試験等の各種物理試験および柔壁型変水位透水試験を実施した。物理試験に関しては原則 JIS 規格に準拠して実施した。

**2.3 柔壁型透水試験** トリマーとワイヤソーを用いて直径 60 mm の円柱形に成形した試料土を、圧密セル内 (内径 60 mm、高さ 70 mm) に充填し、余剰試料を直ナイフで削り、滑らかな平端面に仕上げた。これを脱気水に浸した状態で約 48 時間減圧脱気し、飽和度を高めた。乱さない試料を対象としているため、予備圧密は行わなかった。その後、供試体を柔壁型透水試験装置に設置し、動水勾配は約 15、拘束圧は 40 kPa で透水溶液には蒸留水を用い、試験を実施した。

## 3. 結果と考察

**3.1 粒度分布** 図-2 に原地盤と SBM の各深度の粒度分布を、図-3 に原地盤と SBM それぞれの細粒分、砂分、礫分の含有率の変動係数の変化の様子を示す。図-3 には、約 10 m 長の SBM 遮水壁を対象として均質性の評価を行った既往の研究<sup>3)</sup>の結果も併記している。図-2 をみると、原地盤では細粒分 8.5~78.2%、砂分が 20.6~89%、礫分が 0~59.3%

-0.00 m		
-1.10 m	黒ボク	▽
-1.80 m	有機質シルト	
-2.50 m	凝灰質粘土	
	粘土混じり砂礫	
-14.55 m		
-17.80 m	礫混じり細砂	
-19.85 m	細砂	
-20.90 m	貝殻混じりシルト	
-21.80 m	細砂	
-24.10 m	シルト混じり細砂	
-26.10 m	シルト質細砂	
-27.00 m	砂質シルト	
-28.20 m	シルト混じり細砂	
-33.40 m	細砂	
	シルト	
-39.35 m		
-40.25 m	砂礫	
-41.85 m	凝灰質シルト	

図-1 原地盤の土質

であったのに対し、SBM では細粒分 20.1～42.6%、砂分が 27.7～43.4%、礫分が 19.9～52.2%の範囲に収まっており、SBM は原地盤に比べ深度方向に均等になっていることがわかる。同様に図-3の原地盤と SBM の変動係数の変化からも、鉛直均質性の改善が読み取れる。図-3 によると、既往研究<sup>2)</sup>に比べ本研究の変動係数の低下が総じて大きい。これは、本研究の対象現場の地盤構造が、既往研究と比べ多様な土質が混在しており、攪拌しやすい状態であったからだと考えられる。これより、地盤によらず等厚式施工機により鉛直均質性は改善されるが、原地盤の地盤構造の影響を受ける可能性が示唆された。

**3.2 間隙比** 図-4 に間隙比の深度分布を示す。変動係数は原地盤の 0.59 から SBM の 0.15 へと低下しており、鉛直均質性の改善がみられた。表層付近の間隙比は変化せず、G.L.-8 m 以深の間隙比が原地盤と比較して増加した。これは、隣接地盤から受ける摩擦抵抗によりアーチ作用が働き、SBM 遮水壁内の鉛直方向の圧密応力が軽減されたことと、ベントナイトの水和膨潤により吸着水が層間に取り込まれたためであると考えられる。

**3.3 透水係数** 図-5 に SBM の透水係数の経時変化を示す。すべての深度で 2 週間経過時点では  $10^{-11}$  m/s のオーダーであったが、6 週間経過時点では  $10^{-12}$  m/s のオーダーと減少傾向がみられた。この減少傾向は拘束圧による間隙の閉塞によると考えられる。8 週間経過時点では全深度で遮水性能に関する性能基準の目安である  $1.0 \times 10^{-9}$  m/s 以下を達成しており、 $1.0 \times 10^{-11}$  m/s 以下の透水係数を示していることから、深度によらず SBM 遮水壁は高い遮水性能を發揮しうるといえる。

**4. おわりに**

本研究では 40 m 長のボーリングコアから採取した SBM を対象に、SBM 遮水壁の材料特性およびベントナイト添加による材料特性の変化を考察した。その結果、多くの諸物性値で等厚式施工機による鉛直均質性の改善がみられ、いずれの深度も性能基準である  $1.0 \times 10^{-9}$  m/s を下回り、 $10^{-12}$  m/s のオーダーの高い遮水性能を有していることを確認した。

本研究の実施に際し、乾徹先生（大阪大学）、宇梶伸氏（ライト工業）にご尽力いただいた。記して謝意を表す。  
**参考文献** 1) 高井ら（2012）：土木学会論文集 C（地圏工学）、68(1), 1-14. 2) Takai et al. (2016): Soils and Foundations, 56(2), 277-290. 3) 魏ら（2019）：第 54 回地盤工学研究発表会発表論文集, 2091-2092.

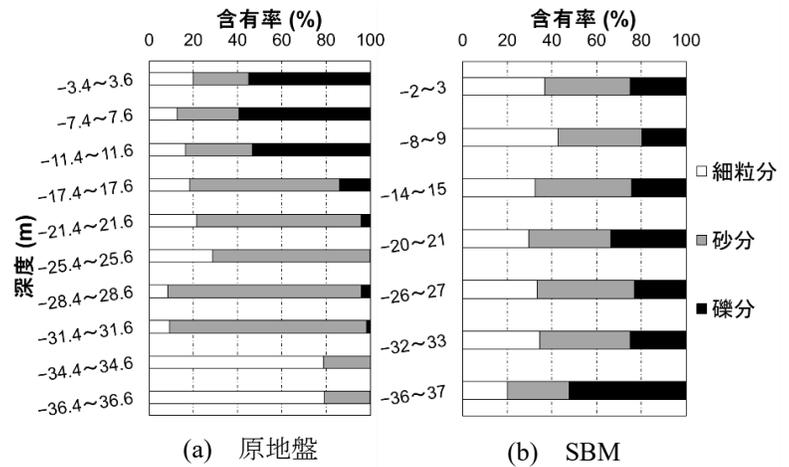


図-2 原地盤と SBM の各深度の粒度分布

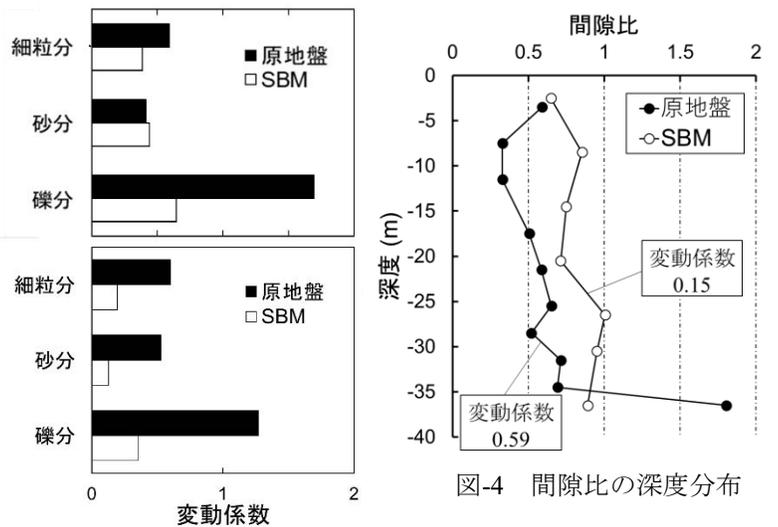


図-3 各粒径の含有率の変動係数の変化（上：魏ら<sup>3)</sup>、下：本研究）

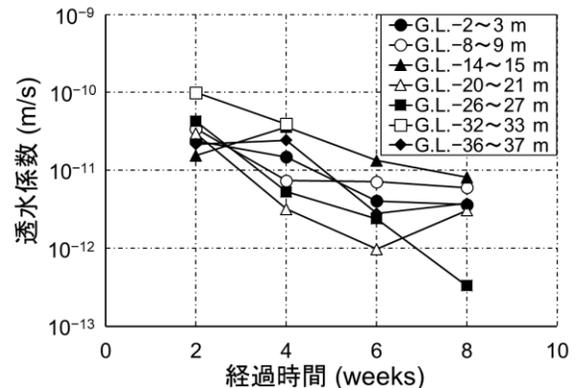


図-5 SBM の透水係数の経時変化