

鋼管矢板式廃棄物埋立護岸の打設工法が及ぼす遮水効果

京都大学大学院

○(正)稲積真哉・(正)木村 亮

(フ)嘉門雅史・(学)與北雅友

連結鋼管矢板工法研究会 (正)山村和弘・(正)田村博邦

1. はじめに

廃棄物の適切な処分技術の確立が要請されている現在、海面処分場では安全かつ信頼性の高い構築技術の開発が急がれる。そこで、筆者らは海面処分場において重要な遮水工の一つである廃棄物埋立護岸に対して、「H-H継手を施した連結鋼管矢板」を開発し、H-H継手を施した連結鋼管矢板の遮水性ならびに有害物質の封じ込め性能を実験・解析的に検討している¹⁾。さらに、廃棄物埋立護岸としてのH-H継手を施した連結鋼管矢板の施工方法について、鋼管矢板と周辺地盤との密実性を向上させ、力学的・水理学的に安定したH-H継手を施した連結鋼管矢板の打設施工を可能にするソイルセメントによる矢板周辺地盤の改良を伴う打設工法（SC改良工法）を提案している²⁾。本報告では、SC改良工法によって施工された鋼管矢板式廃棄物埋立護岸が、海面処分場全体における有害物質の漏出挙動に及ぼす影響を浸透・移流分散解析を用いて評価するものである。

2. H-H継手を施した連結鋼管矢板とSC改良工法

H-H継手を施した連結鋼管矢板とは、工場においてH鋼で溶接された2本の鋼管矢板（連結鋼管矢板）の両端部に異なる2つの大きさのH鋼によって継手(H-H継手)を施した鋼管矢板部材である（図-1参照）。H-H継手を施した連結鋼管矢板は、既製品であるH鋼を効果的に用いることで力学的・水理学的に安定した部材となり、鋼管矢板継手に内在した剛性、施工性および遮水性等の問題を根底から克服する革新的な技術として位置付けることができる。

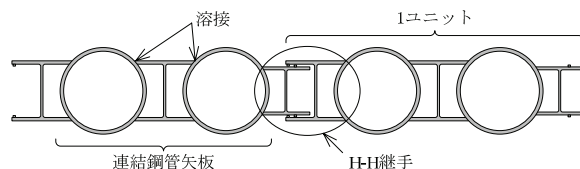


図-1 H-H継手を施した連結鋼管矢板の概略

H-H継手を施した連結鋼管矢板の力学的・水理学的特性

が十分に発揮し得る廃棄物埋立護岸を構築するためには、周辺地盤との密実性を保持した鋼管矢板の打設施工が必要である。一般的に、鋼管矢板を用いた廃棄物埋立護岸では鋼管矢板部材の遮水性とともに、鋼管矢板と周辺地盤との界面に沿う漏水が懸念される。ここで、図-2に概要を示したSC改良工法は、ソイルセメントが鋼管矢板と周辺地盤の接触面に充填されることで、打設した鋼管矢板と周辺地盤との界面で生じる漏水問題や支持力不足を効率的に克服できる²⁾。

3. 浸透・移流分散解析

浸透・移流分散解析では、飽和・不飽和状態の浸透、移流分散に基づく地下水での水、溶質の移動を表現

- (1) 鋼管矢板をパイプハンマにより水中に建て込み、自立する深さまで打設する。
- (2) 鋼管内に拡大ヘッド付攪拌掘削機を挿入し、鋼管矢板先端より以深の原地盤にセメントミルクを注入・混合させてソイルセメント壁体を造成する。
- (3) 連結鋼管矢板先端以深で造成されたソイルセメント壁体が固化する前に、連結鋼管矢板上杭を現場溶接して造成したソイルセメント壁体内に圧入する。
- (4) 連結鋼管矢板先端下部のソイルセメントによる地盤改良と連結鋼管矢板上杭の溶接の間隔、打設サイクルを検討し、矢板先端の地盤を先行改良し、(1)～(3)の打設工程を繰り返す。

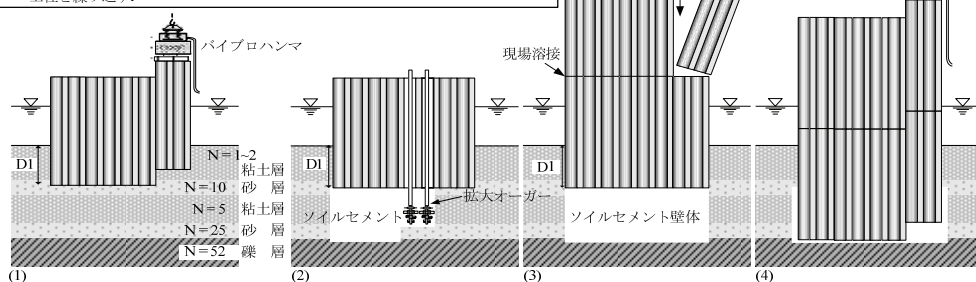
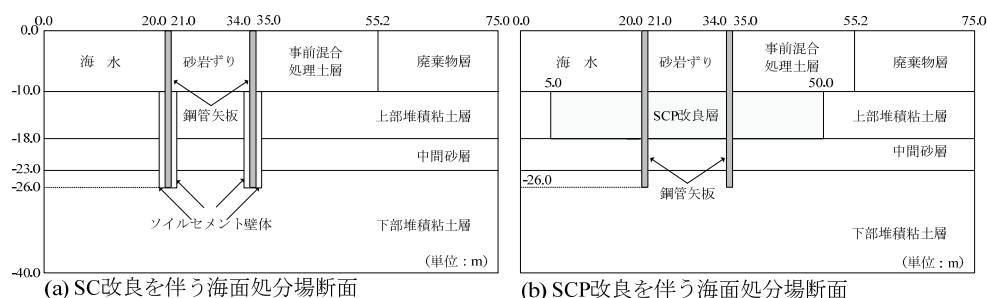
図-2 ソイルセメントによる地盤改良を伴う鋼管矢板の打設工法（SC改良工法）²⁾

図-3 解析断面例

キーワード 鋼管矢板、廃棄物埋立護岸、打設工法、遮蔽性能

連絡先 〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学大学院 工学研究科 都市社会工学専攻 TEL 075-753-5106

する有限要素解析法である Dtransu-2D・EL³⁾ を用いた。図-3 は解析に用いた構造断面の一例を示しており、各構成層に設定した材料特性は表-1 のとおりである。なお、本解析では鋼管径 100 cm に対してソイルセメント径を 140 cm と設定している。

解析に際しては、廃棄物層を有害物質とみなして濃度 $C = 100$ を固定条件で与えた。一般的に、海面処分場では管理水位が 2 m で設定されているため、処分場側の鋼管矢板から解析断面最右端部まで全水頭 $H = 2$ m を与え、定常浸透流にて解析を行った。

4. SC 改良工法が及ぼす有害物質の遮蔽効果

図-4 は、(1) SC 改良工法を用いた、および (2) 鋼管矢板の力学的安定性を増すためにサンドコンパクションパイル工法 (SCP 工法) を用いた鋼管矢板式廃棄物埋立護岸における、廃棄物層の濃度 $C = 100$ に対する廃棄物側鋼管矢板の直左での有害物質の濃度比率を表している。これより、SC 改良工法を用いることによって、廃棄物側鋼管矢板を通過する有害物質の漏出濃度は、SCP 工法を用いた場合に比べて 1 オーダー以上抑制できる。これは、SCP 工法を用いた廃棄物埋立護岸ならびに海面処分場では上部堆積粘土層が SCP 改良層で置換されるため、上部堆積粘土層の有する底部遮水基盤としての遮水性が損なわれた結果である。よって、SC 改良工法を用いた鋼管矢板式廃棄物埋立護岸の構築は、一般的に用いられてきた SCP 工法と比べて有害物質の封じ込めに効果的であり、さらに廃棄物埋立容量の合理的な増大に対しても貢献することができる。

図-5 は、SC 改良工法における改良深度を変化させた場合における廃棄物層の濃度 $C = 100$ に対する廃棄物側鋼管矢板の直左での有害物質の濃度比率を表している。これより、SC 改良が上部堆積粘土層まで造成されると、中間砂層以深のみで造成された場合と比べて劇的に有害物質の漏出抑制効果が向上している。この原因として、図-6 に示すように SC 改良が上部堆積粘性土層の下部に位置する中間砂層以深のみで実施された場合、廃棄物からの浸出水は鋼管矢板と上部粘性土層の界面から砂層へ漏出する可能性があり、結果的に上部堆積粘性土層の底部遮水基盤としての機能が損なわれるためである。よって、SC 改良工法が鋼管矢板式廃棄物埋立護岸の遮水性向上により貢献するためには、鋼管矢板を上部粘性土層内で一時的に自立させ、ソイルセメントによって底部遮水基盤でもある上部粘性土層以深の原地盤を改良することが重要である。これは、図-2(1)の工程において建て込む鋼管矢板下杭の矢板長を、上部堆積粘性土の層厚および支持力特性に対応して短く調節することで対応できる。

5. おわりに

本報告では、ソイルセメントによる鋼管矢板周辺の地盤改良 (SC 改良工法) を伴う鋼管矢板の打設工法が有害物質の漏出抑制に効果的であることを示した。なお、SC 改良によって上部堆積粘土層内から鋼管矢板先端まで改良することで、SC 改良工法が鋼管矢板式廃棄物埋立護岸の遮水性能向上により貢献する。

【参考文献】 1) 稲積ら：廃棄物埋立護岸における H-H 継手を施した連結鋼管矢板の開発と適用性評価, 土木学会論文集 C, 62, 2, 2006, (印刷中)。2) 稲積ら：連結鋼管矢板による鉛直遮水壁の施工技術, 材料, 日本材料学会, 54, 11, pp.1105-1110, 2005。3) 西垣ら：飽和・不飽和領域における物質移動を伴う密度依存地下水流の数値解析的手法に関する研究, 土木学会論文集, Vol.511/III-30, pp.135-144, 1995。

表-1 各層に与えた材料特性²⁾

材料	透水係数 (水平方向) k_{Hf} (cm/s)	透水係数 (鉛直方向) k_{Vf} (cm/s)	有効間隙率 θ	縦分散長 α_L (cm)	横分散長 α_T (cm)	分子拡散係数 D_m (cm ² /s)	遅延係数 R_d
鋼管矢板	1×10^{-7}	1×10^{-7}	0.1	10	0.1	1×10^{-5}	1
粘土層	7×10^{-7}	5×10^{-7}	0.65	10	1	1×10^{-5}	2
砂層	1×10^{-3}	1×10^{-3}	0.4	10	1	1×10^{-5}	1
SCP改良層	1×10^{-6}	6×10^{-4}	0.45	10	1	1×10^{-5}	1
砂岩ざり	1×10^{-2}	1×10^{-2}	0.4	10	1	1×10^{-5}	1
事前混合 処理土層	1×10^{-6}	1×10^{-6}	0.4	10	1	1×10^{-5}	1
廃棄物層	1×10^{-9}	1×10^{-9}	1.0	10	1	1×10^{-5}	1
海 水	1×10^{-9}	1×10^{-9}	1.0	10	1	1×10^{-5}	1
ソイルセメント壁	1×10^{-6}	1×10^{-6}	0.65	10	1	1×10^{-5}	2

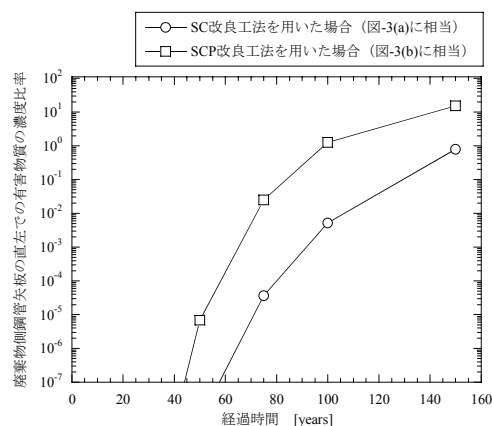


図-4 改良工法の違いによる有害物質の漏出抑制効果

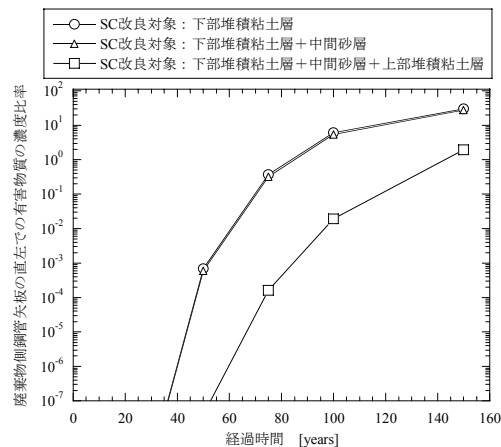


図-5 SC 改良工法における改良深度が及ぼす有害物質の漏出抑制効果

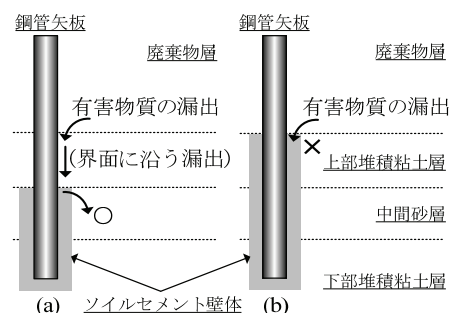


図-6 有害物質の漏出経路