

海面埋立処分場における鋼管矢板遮水壁に対する 環境適合性の評価ならびに向上技術の一提案

京都大学 稲積真哉*¹京都大学 木村 亮*²京都大学 嘉門雅史*³連結鋼管矢板工法研究会 西山嘉一*⁴

By Shinya INAZUMI, Makoto KIMURA, Masashi KAMON and Yoshikazu NISHIYAMA

海面埋立処分場において、継手を有する鋼管矢板遮水壁の環境適合性を確保する評価手法や施工技術、ならびに長期的な維持・管理補修手法は、実験的にも解析的にも非常に複雑である。そのため、未だ鋼管矢板遮水壁の技術開発から評価手法、さらに長期的な維持・管理補修に及ぶ総合的なマネジメントに関する体系的な見解が示されていない現状にある。

本研究では、海面埋立処分場における鋼管矢板遮水壁が有害物質の封じ込めに与える効果を浸透・移流分散解析によって評価することで、鋼管矢板遮水壁の性能および設置条件と環境適合性との関連性を検討している。さらに、独自に開発した鋼管矢板の一つである H-H 継手を施した連結鋼管矢板の適用による鋼管矢板遮水壁の施工技術ならびに環境適合性の向上を提案し、鋼管矢板遮水壁が発揮する遮水性の長期的な維持・管理補修手法を提案した。

一連の成果として、海面埋立処分場の環境保全に求められる鋼管矢板遮水壁の透水係数は 1×10^{-8} cm/s オーダーであることを浸透・移流分散解析から明らかにし、H-H 継手を施した連結鋼管矢板が 1×10^{-8} cm/s オーダーの透水係数を発揮できることを実験的に明らかにした。また、従来の鋼管矢板に対して H-H 継手を施した連結鋼管矢板の維持・管理補修における特徴を示した。

【キーワード】環境適合性、鋼管矢板遮水壁、技術開発

1. はじめに

従来、我が国では山間谷地部の水源地帯に廃棄物処分場(内陸埋立処分場)を求めることが多かった。しかしながら、近年では水源地の保全を図り、処分場からの浸出水による地下水環境への汚染リスク低減のため、比較的小規模にて建設される内陸埋立処分場から都市部の港湾域に大規模展開する海面埋立処分場へと立地条件の多様化が進められている。

平成 13 年度の全国統計では、全埋立処分場のうち海面埋立処分場が全体容量で 23.6%、特に大都市圏では 50%以上の容量を占めており¹⁾、これら

は都市部の港湾域に大規模展開する海面埋立処分場の果たす役割がますます大きくなっていることを示している。一方、海面埋立処分場を将来にわたって安定的かつ計画的に確保することは大都市圏を中心とする地域の大きな懸案事項である。

海面埋立処分場は図-1 に示されるように、静穏な海域にあって海上交通の便が得られる港湾において整備されることにより、資源循環型社会の一環を成すリサイクル拠点として機能することも期待されている²⁾。そのため、港湾整備事業の一環として実施されてきた海面埋立処分場の建設は、1998 年

*1 京都大学大学院 工学研究科 075-383-3262, inazumi@toshi.kuciv.kyoto-u.ac.jp

*2 京都大学 国際融合創造センター 075-383-3053, kimura@iic.kyoto-u.ac.jp

*3 京都大学大学院 地球環境学堂 075-753-5114, kamon@mbbox.kudpc.kyoto-u.ac.jp

*4 連結鋼管矢板工法研究会 03-3437-5448, yoshikazu64@data-too.com

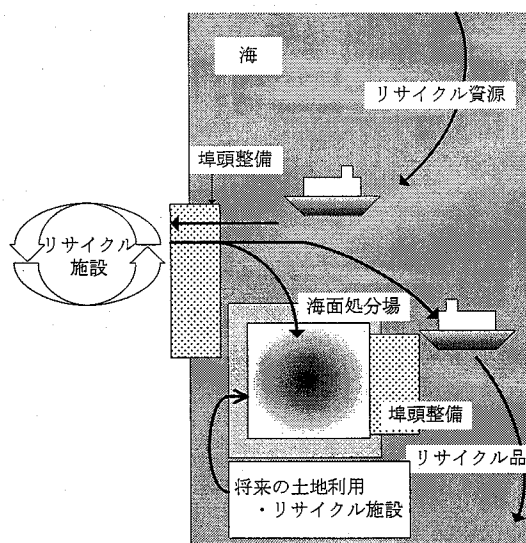


図-1 港湾におけるリサイクル拠点としての海面埋立処分場

に改正命令が示された総理府・厚生省令「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令」によって、安全性および信頼性の高い高度な構造と機能を有することが要請されている³⁾。

海面埋立処分場における埋立護岸は廃棄物、建設発生土、および浚渫土砂の海面埋立処分に対応して、港湾保全との整合を図りつつ、埋立処分する空間を確保するためのものである。さらに、廃棄物埋立護岸には地震や波浪、高潮、および津波等の海上特有の諸外力から埋立地を護る護岸機能とともに、廃棄物浸出水の周辺海域への流出を防止し、埋め立てられた廃棄物が海域周辺環境へ及ぼす影響を最小限に抑制するための機能(以下、環境適合性と称する)、すなわち廃棄物中に含まれ得る有害物質の漏出に対する高度な封じ込め性能が要求される。

近年では大水深施工が可能な鋼管矢板が、施工性および経済性の観点から廃棄物埋立護岸(以下、鋼管矢板遮水壁と称する)として管理型海面埋立処分場を中心に広く用いられている(図-2 参照)。しかしながら、海面埋立処分場において、継手を有する鋼管矢板遮水壁の環境適合性を確保する評価手法、施工技術ならびに長期的な維持・管理補修手法は、実験的にも解析的にも非常に複雑であり、未だ体系的な見解が示されていない現状にある。

本研究は、鋼管矢板遮水壁の環境適合性を向上

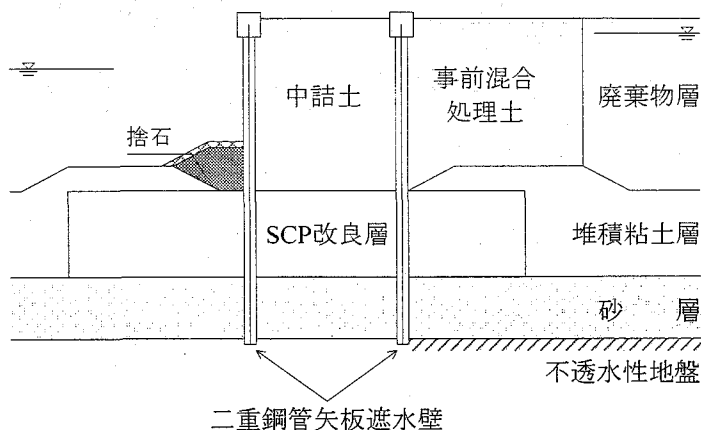


図-2 二重鋼管矢板遮水壁の概要

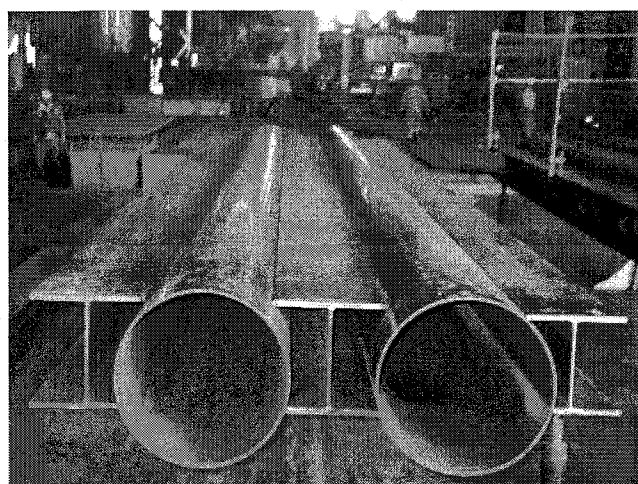


写真-1 連結鋼管矢板とH-H継手

させるための評価手法ならびに施工技術体系の確立を目的としている。鋼管矢板遮水壁の環境適合性に関する評価手法では、浸透・移流分散解析を用いて鋼管矢板遮水壁構造を採用した海面埋立処分場全体における有害物質の封じ込め性能を評価する。具体的には、廃棄物中の有害物質の封じ込めに対して効果的な鋼管矢板遮水壁の透水係数、鋼管矢板遮水壁の根入れ長さ、二重鋼管矢板遮水壁の壁体幅、および処分場内外水位差を検討している。さらに、鋼管矢板遮水壁の環境適合性を向上させるための施工技術では、独自に開発した鋼管矢板の一つである「H-H継手を施した連結鋼管矢板」^{4), 5)}(写真-1 参照)を適用した鋼管矢板遮水壁の可能性を示すとともに、H-H継手を施した連結鋼管矢板に対する遮水処理工法および遮水性能の特徴を述べる。さらに、H-H継手を施した連結鋼管矢板を適用した鋼管矢板遮水壁

が發揮する環境適合性を、長期にわたって維持するための遮水性に対する維持・管理補修手法を提案するものである。

2. 鋼管矢板遮水壁の環境適合性評価

(a) 評価方法

総理府・厚生省令「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令(以下、遮水工基準と略称する)」(1998年改正)では、廃棄物処分場における遮水工構造を、透水係数が 1×10^{-5} cm/s 以下で 5 m の層厚を有する地盤と同等以上の遮水性能を有した遮水層として規定している³⁾。これを継手を有する鋼管矢板遮水壁に換算した場合、鋼管矢板遮水壁には 1×10^{-6} cm/s 以下の透水係数が規定される。しかしながら、遮水工基準を満足する鋼管矢板遮水壁が遮水工として適用された海面埋立処分場が周囲の環境へ及ぼす負荷やその評価手法は定まっていない。そこで、本章では鋼管矢板遮水壁が海面埋立処分場の環境適合性に及ぼす効果を検討するため、浸透・移流分散解析を用いることによって鋼管矢板遮水壁が適用された海面埋立処分場全体における有害物質の封じ込め性能を評価する。

浸透・移流分散解析には、飽和・不飽和状態の浸透、移流分散に基づく地下水での水、溶質の移動を表現する有限要素解析コードである Dtransu-2D・EL⁶⁾を用いた。また、嘉門ら⁷⁾は Dtransu-2D・EL を用いた浸透流解析により、海面埋立処分場における有害物質の移流分散経路を検討し、廃棄物埋立護岸に必要とされる遮水性能を議論している。

本解析では、鋼管矢板遮水壁の透水係数、下部堆積粘土層における鋼管矢板の根入れ長さ、二重鋼管矢板遮水壁の壁体幅、および処分場内外の水位差(管理水位)が及ぼす有害物質の封じ込め効果を定量的に検討している。

(b) 解析断面と解析条件

解析対象の基本とした鋼管矢板遮水壁を有する海面埋立処分場断面の一例を図-3(鋼管矢板の設置条件によって解析断面は数パターンに及ぶ)に示す。なお、本解析において設定した鋼管矢板遮水壁を有する海面埋立処分場の断面の基本は、東京都港湾局・新海面埋立処分場におけるAブロック北側護岸標準断面⁸⁾を参考としている。対象とした処分場の海底地盤は上部堆積粘土層(透水係数 $k = 1 \times 10^{-5}$ cm/s)が 15 m、それぞれ自然堆積している。また、遮水壁が設けられる上部堆積粘土層周辺にはサ

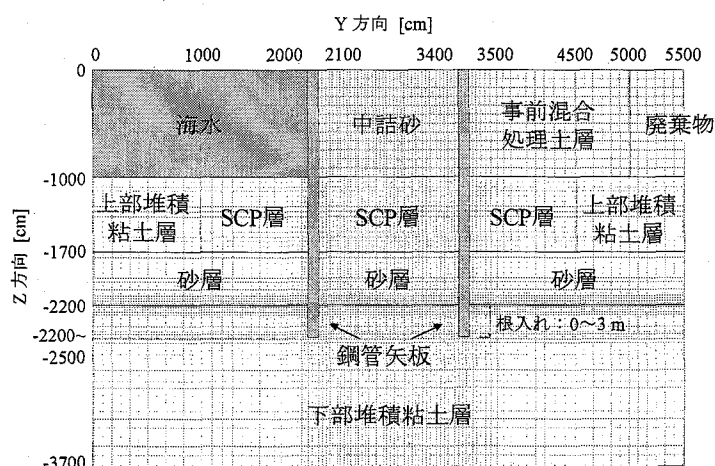


図-3 解析の対象とした処分場断面の一例

表-1 解析において設定した材料特性値

			鋼管矢板	SCP層	事前混合 処理土層	上部・下部 堆積粘土層	砂層	中詰砂層	廃棄物層
透水係数	k	cm/s	$1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-9}$	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-5}	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^0
有効間隙率	θ	-	0.1	0.45	0.4	0.65	0.4	0.4	1.0
縦分散長	α_L	cm	10	10	10	10	10	10	10
横分散長	α_T	cm	0.1	1	1	1	1	1	1
分子拡散係数	D_m	cm ² /s	1×10^{-5}	1×10^{-5}	1×10^{-5}	1×10^{-5}	1×10^{-5}	1×10^{-5}	1×10^{-5}
遅延係数	R_d	-	1	1	1	2	1	1	1

ンドコンパクションパイル(SCP)工法による地盤改良(透水係数 $k = 1 \times 10^{-3}$ cm/s)が施されており、13 m 間隔で二列の鋼管矢板(外径 = 1 m)(二重鋼管矢板遮水壁)の間に中詰砂が設けられている(以上は、数パターンに及ぶ解析断面の一例である)。さらに、処分場側鋼管矢板と廃棄物埋立区域内の廃棄物(透水係数 $k = 1 \times 10^0$ cm/s)との間は事前混合処理土が幅 15 m 埋め立てられ、鋼管矢板と廃棄物埋立区域とを隔離している。なお、表-1 には解析に用いた材料特性値を示しており、これらは文献⁷⁾にて報告された設定値を参考としている。

解析に際し、廃棄物は汚染物質とみなして濃度 $C = 100$ を固定条件で与えた。処分場は管理水位 2 m が規定されている³⁾ことから、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実施した(全水頭 $H = 1$ 、3、4、および 5 m でも解析を実施している)。なお、解析対象の土の構造骨格は変形しないものと仮定して解析を行った。

解析結果は海側鋼管矢板部を超えた有害物質の流出を、外海への汚染漏出と定義し、海側鋼管矢板部での有害物質の濃度に着目し、鋼管矢板遮水壁の遮水性を評価している。

(c) 鋼管矢板の透水係数が及ぼす封じ込め効果

海面埋立処分場における有害物質の封じ込め効果は、鋼管矢板遮水壁の透水係数によって異なることが考えられる。そこで、異なるレベルの透水係数を有する鋼管矢板を遮水壁として適用した海面埋立処分場の有害物質の封じ込め効果を評価した。

図-4 は、鋼管矢板の透水係数と海側鋼管矢板を通過する有害物質の濃度を表している。下部堆積粘土層内まで鋼管矢板が根入れされた図-4(a)では、鋼管矢板の透水係数が 5×10^{-7} cm/s $\sim$ 1×10^{-8} cm/s に変化する間でオーダー単位を伴う急激な有害物質の漏出抑制効果が発揮できる。一方、下部堆積粘土層内へ根入れを施していない鋼管矢板(図-4(b)参照)では、鋼管矢板の透水係数が有害物質の漏出抑制に対して大きな効果を発揮することができない。これは、難透水性の鋼管矢板を構築しても下部粘土層内まで根入れが実施されていないと、有害物質は容易に透水性の砂層と鋼管矢板下端の境界を移動

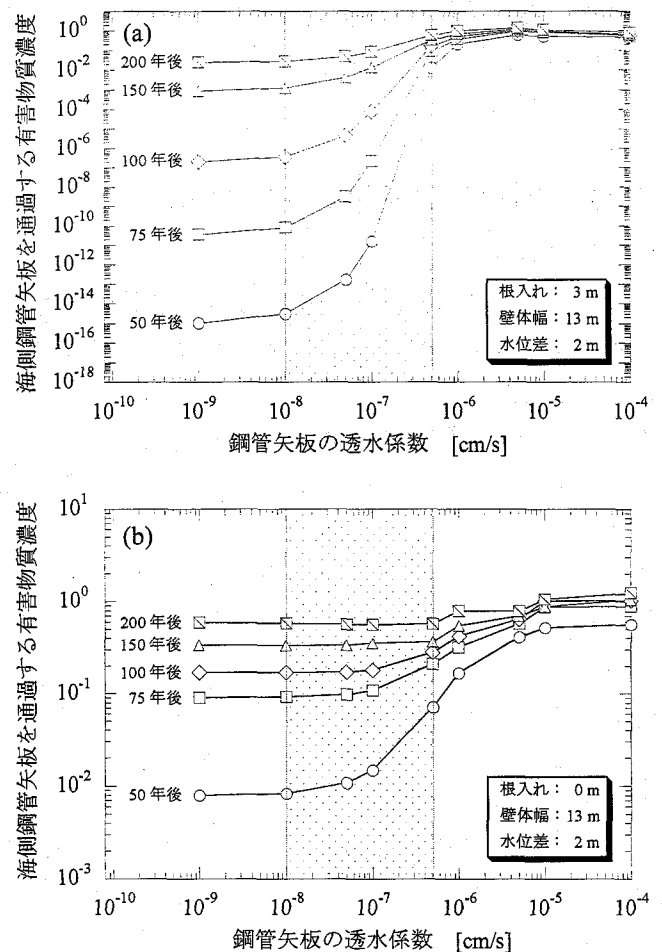


図-4 鋼管矢板埋立護岸の透水係数と場外へ漏出する有害物質濃度

することができるためである。よって、鋼管矢板遮水壁の有する透水係数を十分に発揮させるためには、鋼管矢板の下部堆積粘土層内への根入れは必要条件である。一方、下部堆積粘土層において鋼管矢板の根入れの長さが有害物質の封じ込めに与える効果は、次節において議論している。

前述したように、海面埋立処分場における遮水工基準を鋼管矢板遮水壁に換算した場合、鋼管矢板は 1×10^{-6} cm/s の透水係数を発揮しなければならない。しかしながら、遮水工基準で示された透水係数では、鋼管矢板遮水壁として十分な有害物質の封じ込め効果を発揮しているとは言い難く、鋼管矢板遮水壁の環境適合性を存分に発揮するためには 1×10^{-8} cm/s オーダーの透水係数を有する鋼管矢板を適用する必要がある。よって、環境適合性を考慮した鋼管矢板遮水壁の設計では、下部堆積粘土層内へ根入れを確実に実施した条件下で 1×10^{-8} cm/s オ

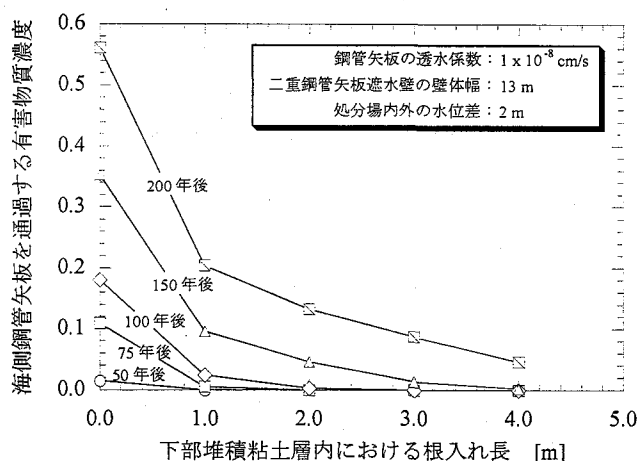


図-5 下部堆積粘土層内での鋼管矢板の根入れと場外へ漏出する有害物質濃度

ーダーの透水係数を確保することが望ましい。

(d) 鋼管矢板の根入れが及ぼす封じ込め効果

図-5 は、下部堆積粘土層内における鋼管矢板の根入れ長に対する海側鋼管矢板を通過する有害物質の濃度を示している。また、図-6 には下部堆積粘土層において根入れが 0 および 1 m 実施された鋼管矢板遮水壁に対する 100 年後の有害物質の濃度分布を示す。これらより、鋼管矢板を下部堆積粘土層内へ根入れすることは有害物質の封じ込めに対して効果的である。特に、鋼管矢板を下部堆積粘土層内へ 1 m 根入れした場合には、根入れしない場合と比較して有害物質の封じ込め効果が顕著に現れる。

鋼管矢板を下部堆積粘土層内へ根入れしない場合、透水性の砂層底面と鋼管矢板先端の境界で有害物質の移動が生じる(図-6 参照)。一方、鋼管矢板を下部堆積粘土層内へ根入れすることにより、有害物質は低透水性の下部堆積粘土層と鋼管矢板先端の境界で移動しなければならない。さらに、有害物質の封じ込めに対する鋼管矢板の根入れ効果は、下部堆積粘土層へ浸入した有害物質が鋼管矢板の先端を回り込むように移動するため、根入れされた鋼管矢板が下部堆積粘土層内における有害物質の漏出経路を延長するためである。

一般的には、下部堆積粘土層が不透水として見なされることにより鋼管矢板の根入れが遮水性に影響を与えることが軽視されている。しかしながら、鉛直遮水壁としての鋼管矢板の下部堆積粘土層にお

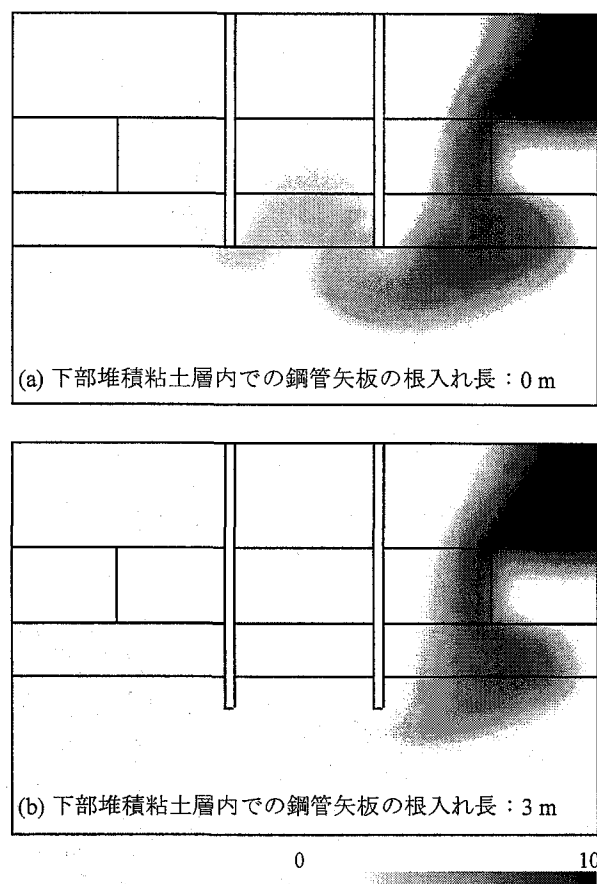
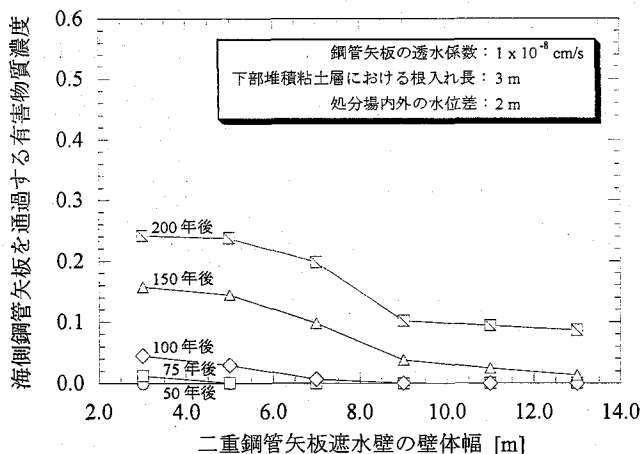


図-6 鋼管矢板の根入れの有無における有害物質の濃度分布(100 年経過後)

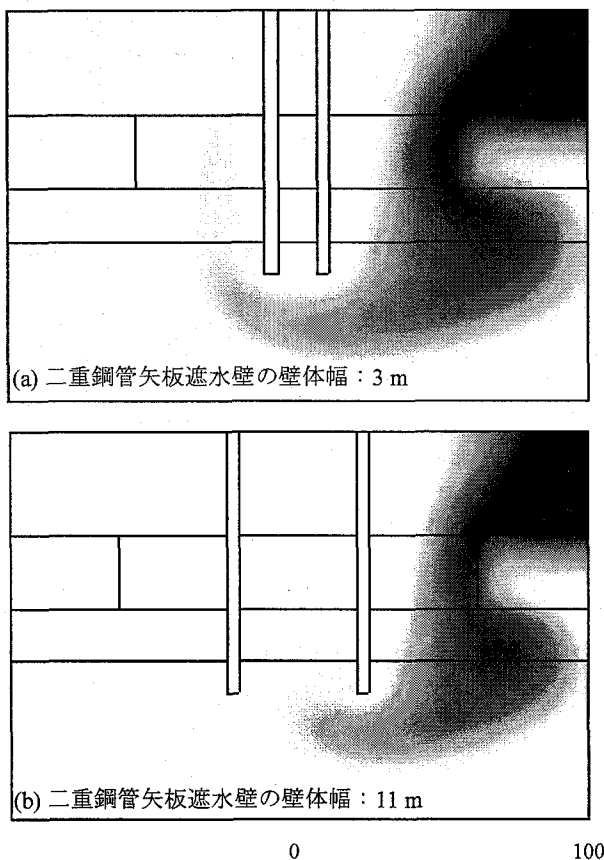
ける根入れは、鋼管矢板遮水壁の構造安定性(自立性)のみならず、有害物質の漏出抑制の観点からも不可欠である。

(e) 鋼管矢板の壁体幅が及ぼす封じ込め効果

図-7 は、二重鋼管矢板遮水壁の壁体幅と海側鋼管矢板を通過する有害物質の濃度の関係を示している。また、図-8 は壁体幅が 3 および 11 m の鉛直遮水壁に対する 150 年後の有害物質の濃度分布を示している。図-7 より二重鋼管矢板遮水壁の壁体幅の増大は、有害物質の封じ込め効果に対して多大に貢献するものではない。これは、下部堆積粘土層において鋼管矢板先端を回り込んだ有害物質が、再度、二重鋼管矢板遮水壁間の砂層内へ浸入して海側鋼管矢板へ到達するためである(図-8 参照)。言い換えれば、二重鋼管矢板遮水壁の壁体幅の増大は同時に透水性の砂層の間隔も増大することになり、有害物質は透水性の高い砂層内を移動する。すなわち、二



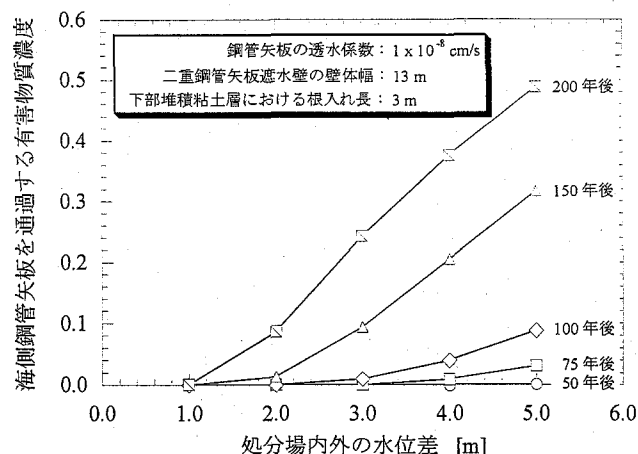
図一七 二重鋼管矢板遮水壁の壁体幅と
場外へ漏出する有害物質濃度



図一八 鋼管矢板遮水壁の壁体幅の違いにおける
有害物質の濃度分布 (150 年経過後)

重鋼管矢板遮水壁の壁体幅は、有害物質の封じ込め効果を期待する以上に遮水壁の構造安定性を確保するように設計することが望ましい。

しかしながら、二重鋼管矢板遮水壁の壁体幅の



図一九 処分場内外の水位差と
場外へ漏出する有害物質濃度

縮小は処分場容量の増大に対して大きく貢献するため、力学的に安定を保持できる限り壁体幅を狭めた二重鋼管矢板遮水壁の構築が重要である。

(f) 処分場内外の水位差が及ぼす封じ込め効果

海面埋立処分場では処分場内外の水位差が 2 m 程度で管理されているものの、遮水性の鋼管矢板遮水壁で囲まれた処分場内では外海よりも 5 m 程度の水位が上昇する場合⁹⁾がある。図一九は、処分場内外の水位差と海側鋼管矢板を通過する有害物質の濃度の関係を示している。これより、鋼管矢板遮水壁の有害物質の封じ込め効果は、水位差の増大に伴い低下することが明らかである。1 m の水位差では、鋼管矢板遮水壁を含む遮水工の遮水性能により有害物質の漏出が長期に及んで皆無となる。一方、水位差 2、3、4、および 5 m では、それぞれ 150、100、75、および 50 年後に処分場外への有害物質の漏出が確認される。したがって、鋼管矢板遮水壁を含む遮水工の長期に及ぶ延命化には、廃棄物層内の水位を低下させることが重要である。

しかしながら、管理水位の基準は設けられているものの、廃棄物処分場には防止策として廃棄物層内への降雨の浸透抑制が明確に規定されていない。よって、遮水性覆土の役割を明確にし、降雨等の廃棄物層内への浸透を抑制することが鋼管矢板遮水壁を含む遮水工の延命化に多大に貢献するものと考えられる。

3. 鋼管矢板遮水壁の性能向上技術

(a) H-H 継手を施した連結鋼管矢板

海面埋立処分場における鋼管矢板遮水壁の施工に際しては、想定される海上特有の諸条件に対して鋼管矢板ならびに継手箇所の力学・水理学特性を定量的に検討する必要がある。特に、継手箇所における低い剛性、施工性、および遮水性の問題は、鋼管矢板を適用する上で解決しなければならない急務の課題である。

筆者らは上記した課題に対して鋼管矢板遮水壁の力学・水理学的性能の向上させるため、2本の鋼管がH鋼であらかじめ溶接された建材である連結鋼管矢板を開発している(図-10 参照)^{4), 5)}。さらに、2つの異なる規格サイズのH鋼を用いたH-H継手を開発することで、連結鋼管矢板端部の継手性能の向上を図っている。一連の研究開発では、施工性ならびに経済性に優れ、かつ高度な環境適合性を有する鋼管矢板遮水壁の構築を目的として、写真-1および図-10に概略を示したH-H継手を施した連結鋼管矢板の適用性を検討している^{10), 11)}。

(b) 遮水性能の向上

2章における鋼管矢板遮水壁の環境適合性評価を考慮して、H-H継手を施した連結鋼管矢板による鋼管矢板遮水壁の構築では遮水工基準を満足するのみに留まらず、 1×10^{-8} cm/s オーダーの透水係数を確保できることを目標にしている。

H-H継手を施した連結鋼管矢板に対する遮水性の実験的評価では、遮水処理を施す必要があるH-H継手箇所の実規模大モデルを作製(図-11 参照)し、室内透水試験を実施した⁹⁾。ここで、H-H継手を施した連結鋼管矢板において、連結鋼管矢板箇所は不透水として取り扱うことができる。一方、H-H継手には、打設前にあらかじめ塗料もしくはシート状の膨潤止水材を接触面に塗布・接着し、H-H継手の平面空間は膨張止水材が鋼管矢板施工時に水中で膨潤することにより閉鎖する(図-10 参照)。膨潤止水材の基礎的な物性ならびに長期的な耐久性予測は、文献¹⁰⁾にて報告している。

図-12は、シート状の膨潤止水材を接着したH-H継手を施した連結鋼管矢板の人工海水および淡水

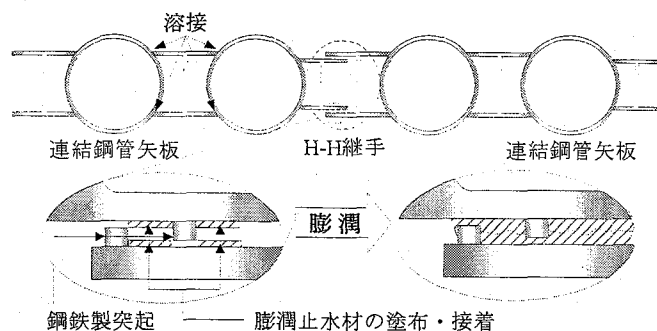


図-10 H-H継手を連結鋼管矢板と膨潤止水材による遮水処理

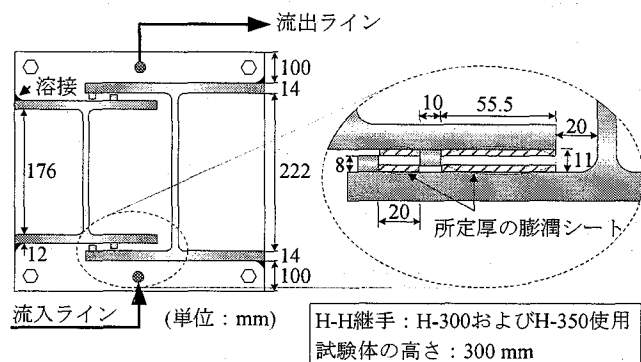


図-11 実規模室内透水試験におけるH-H継手の詳細(平面図)と膨潤シートの接着位置

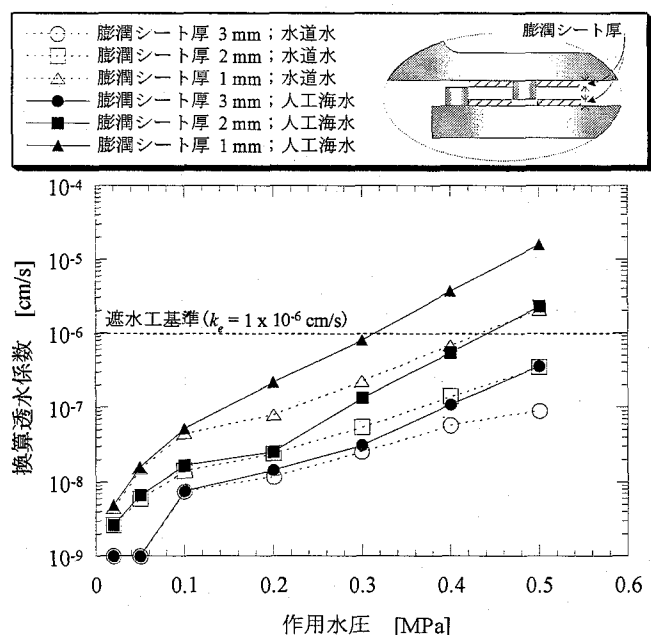


図-12 H-H継手を施した連結鋼管矢板に関する作用水圧と透水係数の関係

環境における作用水圧と透水係数の関係を示している。H-H 継手を施した連結鋼管矢板の透水係数は、暴露される水質、接着する膨潤シートの厚薄および作用する水圧差に依存して変化する。一方、2 mm 以上の厚さを持つ膨潤シートを H-H 継手に接着した連結鋼管矢板は、淡水および海水環境において 0.4 MPa 以下の水圧差で遮水工基準を満足する。さらに、海面埋立処分場で想定される作用水圧 0.05 MPa (水位差 5 m) 以下では、いずれのシート厚で膨潤止水材を接着した H-H 継手を施した連結鋼管矢板とも、人工海水および淡水を用いた環境で同程度の透水係数を発揮し、1 および 2 mm のシート厚さで、それぞれ 1×10^{-8} および 1×10^{-9} cm/s オーダーの低透水性を示す。なお、3 mm のシート厚さでは流入・流出水量が確認できず、 1×10^{-9} cm/s 以下の透水係数である。すなわち、海面埋立処分場における H-H 継手を施した連結鋼管矢板は、 1×10^{-8} cm/s オーダーの遮水性を有する鋼管矢板遮水壁の構築を可能にする。

なお、H-H 継手を施した連結鋼管矢板の遮水性能に対して、打設時における接着した膨潤シートの欠損が及ぼす影響ならびに波浪等の海域特有の外力が及ぼす影響に関しては、せん断透水試験等を用いた実験的な検証を実施している^{10), 12), 13)}。ここで、膨潤シートが欠損した場合における H-H 継手を施した連結鋼管矢板は、膨潤シートが打設等に伴い 75% 欠損した場合を想定しても、遮水工基準を満足する遮水性能を発揮することができる¹⁰⁾。さらに、H-H 継手箇所にて繰返しせん断変形が作用した場合では、3 mm シート厚の膨潤止水材を接着することで 100 回程度の繰返しせん断変形を想定しても、遮水工基準を満足する高い遮水性能を保持できる。この要因には、H-H 継手の変形に伴う膨潤境界面の空隙が膨潤シートの再膨潤特性によって閉塞するためである^{12), 13)}。

(c) 維持・管理補修手法

連結鋼管矢板における H-H 継手の断面(図-11 参照)は、図-13 で示した P-P、P-T、ならびに L-T 継手に対して大きく単純な形状である。そのため、長期的な H-H 継手のメンテナンスは比較的容易に計画できる。そこで、以下に示した維持・管

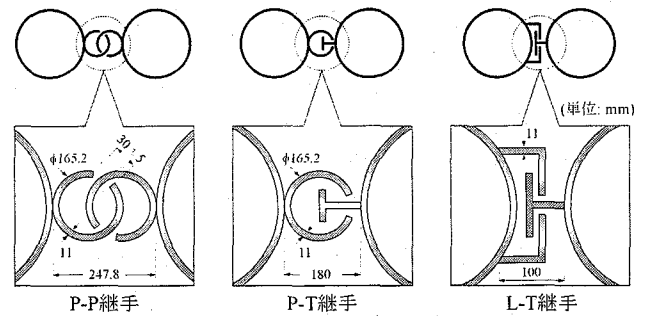


図-13 鋼管矢板における継手形式

理補修に関する特徴によって、H-H 継手を施した連結鋼管矢板を適用した鋼管矢板遮水壁が発揮する遮水性は長期にわたって維持・管理補修することができる。

- 1) 継手空間の土砂の撤去・洗浄作業が容易で、ボアホールカメラを挿入すれば、作業状況の確認が容易に行なえる。
- 2) 継手空間に各種センサーを挿入することにより、施工後の膨潤止水材の流出状況などに対する維持管理が実施できる。
- 3) H-H 継手内に形成される平面空間の両側 2 箇所における接触面で膨潤止水材があらかじめ塗布もしくは接着されているため、本質的に Fail-safe の遮水設計理念³⁾を満たした二重の遮水構造を有することになる。
- 4) 膨潤止水材による遮水性の耐久性が懸念される場合、もしくは遮水性が遮水工構造基準に近づいた時、継手空間にモルタルもしくは変形追随性遮水材を新たに充填することで、二段階の遮水処理が実施できる。
- 5) H-H 継手を施した連結鋼管矢板は、施工性・遮水処理に優位な特徴を持つため、遮水性が長期的に劣化した時点においては新たに三重打設することも可能である。

H-H 継手を施した連結鋼管矢板は、P-P、P-T、ならびに L-T 型等で代表される継手を持つ鋼管矢板で最大の弱点となる現場施工性ならびに継手メンテナンスを克服するために開発された。そこで、表-2 は鋼管矢板遮水壁として H-H 継手を施した連結鋼管矢板の遮水処理工法等に関する諸特性を表している。これより、実規模室内透水試験で得られた H-H 継手を施した連結鋼管矢板の遮水性能は、表-2 で示し

表－2 H-H 継手を施した連結鋼管矢板の諸特性

H-H 継手を施した連結鋼管矢板	
鋼管矢板	✓ 2本の鋼管および中間H鋼に対して2箇所の継手(継手箇所の減少) ✓ 既製H鋼の効果的に溶接による高い剛性 ✓ 施工時における高い鉛直打設精度の確保(健全な継手嵌合)⁵⁾ ✓ 構造物としての高い水平抵抗特性⁵⁾
遮水処理	✓ 嵌合される継手箇所の半減 ✓ 継手内の土砂の撤去・洗浄作業が容易 ✓ 打設前における膨潤止水材の塗布・接着 ✓ 欠損を考慮した膨潤止水材の品質管理 ✓ モルタルなど流動性の遮水材が不要(膨潤止水材で遮水可能) ✓ H鋼内の広い平面空間での遮水処理も可能 ✓ 平面空間を活かした遮水処理の確認が容易
維持・管理	✓ 膨潤止水材を施しても継手空間は未封鎖 ✓ 継手空間の利用による遮水処理作業の確認が容易 ✓ 各センサーによる膨潤止水材の打設後管理 ✓ Fail-safe への継手空間の有効活用が可能

ている施工時の高い鉛直打設精度⁵⁾ならびに鋼管矢板遮水壁としての高い水平抵抗特性⁵⁾を考慮すれば、実現場においても十分に発揮されるものと推測できる。さらに、鋼管矢板遮水壁としてH-H継手を施した連結鋼管矢板の適用は、曲げ剛性、打設精度、継手嵌合、および継手遮水処理等に優れており、これらの特徴は鋼管矢板遮水壁における壁体規模の縮小を可能とし、海面埋立処分場建設における埋立空間の合理的確保ならびに建設コスト削減に効果的である。

4. おわりに

本研究では、海面埋立処分場において構築される継手を有する鋼管矢板遮水壁に関して、環境適合性の評価手法、施工技術ならびに長期的な維持・管理補修手法を言及した。具体的な手法としては、鋼管矢板遮水壁による有害物質の封じ込め効果を浸透・移流分散解析によって評価することで、鋼管矢板遮水壁の性能および設置条件と環境適合性とを関連付けた後、開発したH-H継手を施した連結鋼管矢板の適用による鋼管矢板遮水壁の施工技術および環境適合性の向上を報告した。また、鋼管矢板遮水壁が発揮する遮水性の維持・管理補修手法についても言及した。以下に得られた成果を示す。

1) 環境適合性を考慮した鋼管矢板遮水壁の設計で

は、下部堆積粘土層内へ根入れを確実に実施した条件下で 1×10^{-8} cm/s オーダーの透水係数を確保することが望ましい。

- 2) 鋼管矢板遮水壁としての鋼管矢板の下部堆積粘土層における根入れは、鋼管矢板遮水壁の構造安定性のみならず、有害物質の封じ込めの観点からも不可欠である。
- 3) 二重鋼管矢板遮水壁の壁体幅は有害物質の封じ込め効果を期待するよりも、遮水壁の構造安定性を確保する上で可能な限り壁体幅を狭めることが可能である。
- 4) 海面埋立処分場における鋼管矢板遮水壁を含む遮水工の長期に及ぶ封じ込め性能の確保には、遮水性覆土等によって廃棄物層内の水位を低下させることが重要である。
- 5) 開発した H-H 継手を施した連結鋼管矢板は、 1×10^{-8} cm/s オーダーの透水係数を確保する鋼管矢板遮水壁の構築を可能にする。
- 6) 連結鋼管矢板における H-H 継手の断面積は大きく単純な形状であるため、長期的な H-H 継手の維持・管理補修を比較的容易に計画できる。
- 7) 鋼管矢板遮水壁としての H-H 継手を施した連結鋼管矢板の適用は、曲げ剛性、打設精度、継手嵌合、および継手遮水処理等に優れており、これらの特徴は鋼管矢板遮水壁における壁体規模の縮小を可能とし、海面埋立処分場建設における埋立空間の合理的確保ならびに建設コスト削減に効果的である。

【参考文献】

- 1) 環境省総合環境政策局：平成 17 年度環境統計集，ぎょうせい，2005。
- 2) 小田勝也：海面廃棄物処分場の信頼性向上，ベース設計資料，建設工業調査会，No. 126(土木編)，pp. 36-41，2005。
- 3) 運輸省港湾局：管理型廃棄物埋立護岸設計・施工・管理マニュアル，財団法人 港湾空間高度化センター，2000。
- 4) 西山嘉一，木村 亮：鋼管と H 鋼をつなげた連結鋼管矢板の開発と適用，未来材料，エヌ・ティー・エス，Vol. 5，No. 6，pp. 34-40，2005。
- 5) 木村 亮：連結鋼管矢板の有効性と適用性，橋

- 梁と基礎, 建設図書, Vol. 38, pp. 107-108, 2004.
- 6) 西垣 誠, 菱谷智幸, 橋本 学, 河野伊一郎: 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, No. 511/III-30, pp. 135-144, 1995.
 - 7) 嘉門雅史, 勝見 武, 遠藤和人, 伊藤圭二郎, 土居 亮: 矢板式遮水構造を有する海面埋立処分場の性能評価, 第4回環境地盤工学シンポジウム論文集, 地盤工学会, pp. 279-284, 2001.
 - 8) 東京港建設事務所 沖合埋立工事課: 新海面埋立処分場建設工事(パンフレット), 東京都港湾局, 2002.
 - 9) 嘉門雅史, 乾 徹: 管理型廃棄物処分場の地盤工学的問題と対策, 土木学会論文集, 土木学会, No. 701/III-58, pp. 1-15, 2002.
 - 10) 稲積真哉, 木村 亮, 三津田祐基, 山村和弘, 西山嘉一, 嘉門雅史: 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, 土木学会, Vol. 62, No. 2, pp. 390-403, 2006.
 - 11) 稲積真哉, 木村 亮, 山村和弘, 西山嘉一, 嘉門雅史: 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, Vol. 54, No. 11, pp. 1105-1110, 2005.
 - 12) 稲積真哉, 木村 亮, 嘉門雅史, 吉田悦朗, 山村和弘, 坂之井秀輝: せん断透水試験によるH-H継手を施した連結鋼管矢板の変形追随遮水性能, 第41回地盤工学研究発表会講演集, 地盤工学会, pp. 2463-2464, 2006.
 - 13) 稲積真哉, 木村 亮, 嘉門雅史, 西山嘉一: 鋼管矢板遮水壁における連結鋼管矢板の変形場遮水特性と矢板打設が遮水性能へ及ぼす影響, 第7回地盤改良シンポジウム論文集, 日本材料学会, pp. 153-158, 2006.

Evaluation and improvement technology of environmental feasibility for cutoff walls using steel pipe sheet piles in coastal landfill sites

By Shinya INAZUMI, Makoto KIMURA, Masashi KAMON and Yoshikazu NISHIYAMA

In the coastal landfill sites, the evaluation methods, construction technologies and long-term maintenance which ensure environmental feasibility of cutoff wall using steel pipe sheet piles with the jointed sections (SPSPs cutoff wall) are complicated both experimentally and analytically. In this study, the effect of SPSPs cutoff walls in coastal landfill site on the containment of toxic substance was evaluated by seepage and advection/dispersion analysis, and the relevance was examined with respect to performance and installation condition of SPSPs cutoff walls and environmental feasibility. In addition, the improvement of environmental feasibility and construction technology for SPSPs cutoff walls was proposed by the application of the H-jointed SPSPs with H-H joints which is one of the originally developed SPSPs. Furthermore, the long-term maintenance of water interception performance of H-jointed SPSPs with H-H joints cutoff walls demonstrate was proposed with the management repair technique. From a series of result, the hydraulic conductivity of SPSPs cutoff walls required for environmental preservation of coastal landfill sites of 1×10^{-8} cm/s order is clarified from infiltration and advection variance analysis. In addition, it is also clarified experimentally that H-jointed SPSPs with H-H joints can demonstrate the hydraulic conductivity of the 1×10^{-8} cm/s order. The features in maintenance and management repair of the H-jointed SPSPs with H-H joints for the conventional steel pipe sheet pile are shown.