

膨潤止水材による H-H 継手を施した連結鋼管矢板の遮水処理工法

京都大学大学院 (正) 稲積真哉・(非) 木村 亮・(正) 嘉門雅史
 連結鋼管矢板工法研究会 (非) 小林賢勝・(非) 坂之井秀輝・(非) 山村和弘

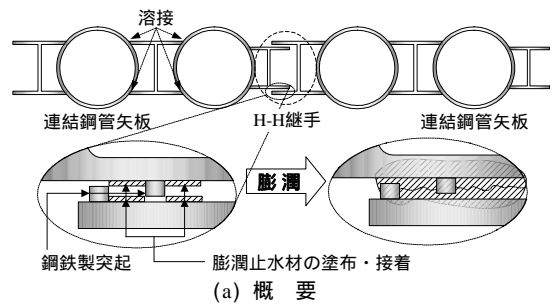
1. はじめに

鋼管矢板は、連続する土留め壁を構築する目的で鋼管に継手（P-P, P-T および L-T 継手、以後、従来型継手と略称）を設けた土留め用鋼材である。従来から鋼管矢板は、遮水機能を有する壁体として、構造物基礎・土留め壁として広く利用されている。近年では、海面処分場における廃棄物埋立護岸としての適用実績が報告されている。しかしながら、鋼管矢板の継手箇所における施工性、低剛性および低遮水性は、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り、筆者らは 2 本の鋼管が H 鋼であらかじめ溶接された部材である「連結鋼管矢板」を開発している^{1), 2)}。さらに、連結鋼管矢板の開発に係わる技術として、2 つの H 鋼を用いた「H-H 継手」による連結鋼管矢板端部の継手性能の向上を図るとともに、「H-H 継手を施した連結鋼管矢板（図-1 参照）」を用いた廃棄物埋立護岸の構築を検討している²⁾。

本報告では、廃棄物埋立護岸として H-H 継手を施した連結鋼管矢板の遮水処理に用いる膨潤止水材に着目し、淡水および海水環境における塗膜強度特性の経時変化および塗膜強度と耐圧力の関連性を検討する。さらに、H-H 継手を施した連結鋼管矢板に対して、淡水・海水環境における遮水性能（透水係数）を評価している。

2. H-H 継手を施した連結鋼管矢板工法

従来型継手を持つ鋼管矢板に対する遮水処理では、鋼管矢板の打設後に継手空間内へ低透水性の袋詰めモルタルやアスファルトを充填することで継手箇所の透水係数を低下させる工法が一般的である。しかしながら、遮水処理において充填した袋詰めモルタルと継手鋼材の接触界面に沿う水みちの発生や、モルタルの継手深部における不均一な充填性は顕在している。従来型継手における遮水処理の信頼性が低い原因は、主として従来型継手を持つ鋼管矢板の打設・嵌合性能に拠るものである。従来



(a) 概要



(b) 試作品

図-1 H-H 継手を施した連結鋼管矢板

表-1 H-H 継手を施した連結鋼管矢板工法の特徴

	従来型継手を持つ鋼管矢板	H-H 継手を施した連結鋼管矢板
鋼管矢板	(1) 1 本の鋼管に 2 箇所の従来型継手 (2) 継手箇所における低い剛性 (3) 鋼管矢板の傾斜・回転に伴う継手構造の破損 (4) 鋼管矢板護岸としての力学安定性	(1) 2 本の鋼管および中間 H 鋼に対して 2 箇所の継手 (2) 既製 H 鋼の効果的に溶接による高い剛性 ¹⁾ (3) 施工時の高い鉛直打設精度（健全な継手嵌合） ²⁾ (4) 鋼管矢板護岸としての高い水平抵抗特性 ²⁾
遮水処理	(1) 嵌合される全ての継手箇所に対する遮水処理 (2) 継手空間内における不完全な土砂洗浄 (3) 打設後における遮水処理材（モルタル等）の充填 (4) 継手内の狭い曲面空間へ遮水処理材の充填 (5) 遮水処理材の不均一な充填性 (6) 遮水処理材の海域流出 (7) 遮水処理作業の確認困難	(1) 嵌合される継手箇所の半減 (2) 継手空間内の土砂の撤去・洗浄作業が容易 (3) 打設前における膨潤止水材の塗布・接着 (4) 欠損を考慮した膨潤止水材の品質管理 (5) モルタルなど流動性の遮水材が不要（膨潤止水材で遮水） (6) H 鋼内の広い平面空間における遮水処理も可能 (7) 平面空間を活かした遮水処理の確認が容易
維持・管理	(1) 遮水処理材の充填に伴う継手空間内の封鎖 (2) 遮水処理材の充填性の確認が困難 (3) 遮水処理後の品質管理が不可能 (4) Fail-safe の設計理念への対応が困難	(1) 膨潤止水材を施しても継手空間は未封鎖 (2) 継手空間の利用による遮水処理作業の確認が容易 (3) 各種センサーによる膨潤止水材の打設後管理 (4) Fail-safe としての継手空間の有効活用が可能

〔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 社会基盤マネジメント工学講座
 稲積真哉（いなづみしんや） Tel 075-753-5106 Fax 075-753-5104 E-mail inazumi@toshi.kuciv.kyoto-u.ac.jp
 キーワード：H-H 継手，遮水処理，廃棄物埋立護岸，膨潤止水材，連結鋼管矢板

型継手を持つ鋼管矢板の打設では、鋼管矢板の傾斜・回転に伴い、既に継手箇所においてせり合いや押し引きなどが発生し、深度方向に対して健全な状態の継手形状を維持していない¹⁾。一方、図-1 で示した H-H 継手を施した連結鋼管矢板は、従来型継手を持つ鋼管矢板で最大の弱点となる現場施工性を克服するために開発された経緯があり^{1), 2)}、遮水処理工法などに関して表-1 に示すとおりの特徴を有する。すなわち、H-H 継手を施した連結鋼管矢板は、従来から実施されている鋼管矢板継手の遮水処理法の不確実性を改良したのではなく、全く新しい視点で高い遮水性を発揮する廃棄物埋立護岸の構築が期待できる。

3. H-H 継手の遮水処理と膨潤止水材

H-H 継手を施した連結鋼管矢板における H-H 継手部の遮水性は、打設前にあらかじめ塗布もしくは接着された塗料もしくはシート状の膨潤止水材の膨潤効果によって発揮される。膨潤止水材は、合成樹脂エラストマーを止水材ベースとし、高吸水性ポリマー、充填剤および溶剤などを配合した流動性のある止水材である。また、膨潤止水材の乾燥塗膜から抽出された水は食品衛生法に基づく水質基準を満足し、環境に適合するものである。膨潤止水材は、淡水および海水に浸漬すると 24 時間後に、重量比でそれぞれ 15~20 倍および 5~7 倍に膨潤する。なお、膨潤止水材の実績に関して、鋼矢板における継手箇所の遮水処理では一般的に適用されている³⁾。

H-H 継手を施した連結鋼管矢板が発揮し得る遮水性は、H-H 継手内に塗布・接着した膨潤止水材の膨潤後における強度特性の評価によっても概略的に予測できる可能性がある。そこで、膨潤止水材に対する塗膜強度の経時変化および塗膜強度と耐圧力の関連性を明らかにすることを目的として、膨潤止水材の塗膜強度試験および耐圧試験を実施した。

膨潤止水材の塗膜強度試験では、図-2(a)に示す 2 枚の亚克力板に 2 mm 厚さの膨潤止水材を接着した供試体を作製し、淡水および人工海水(3%食塩水)で満たされた水槽内に水没させる。さらに、所定時間水没させた後、亚克力板から取り出した膨潤止水材(膨潤塗膜)へ図-2(b)で示す進入弾性治具(直径 3 mm)を徐々に進入させ、塗膜強度(進入弾性値)を計測した。一方、膨潤止水材の耐圧力と塗膜強度の関連性を評価する試験(図-3 参照)では、厚さ 2, 1.4, 1.2 および 1 mm の膨潤止水材を耐圧容器内のフランジ治具(間隔: 10 mm)の両面に接着し、耐圧容器を淡水で満たされた水槽内に水没させ、15~30 日経過後に水没した耐圧容器内へ段階的な加圧を実施し、空気漏出が確認された圧力を測定し、前段階の圧力を耐圧力とした。同時に、耐圧試験後の供試体に対して進入弾性治具を用いた塗膜強度試験を実施することで、膨潤止水材の耐圧力と塗膜強度の関連性を求めた。

図-4 は、2 mm 厚さの膨潤止水材における塗膜強度の経時変化を示している。水没初期の膨潤止水材は水没前の塗膜強度を保持し、時間の経過とともに水分が膨潤止水材全体に浸透することにより塗膜強度は低下傾向を示す。塗膜強度の低下は、水分が膨潤止水材へ浸透する過程において膨潤止水材を形成している高吸水性ポリマーが吸水膨潤し、膨潤止水材内の密度(架橋密度)が膨潤に伴い低下することに拠るものである。一方、人工海水に水没した膨潤止水材は、淡水と比較して塗膜強度の値は大きい。これは、電解質を含んだ海水環境では膨潤止水材の膨潤量が淡水環境と比較して小さいため、結果的に膨潤止水材の密度が淡水環境下よりも高くなるためである。

図-5 は、膨潤止水材に対する塗膜強度と耐圧力と関係を示している。これより、膨潤止水材の塗膜強度の増大に伴い耐圧力も増大しており、膨潤止水材の塗膜

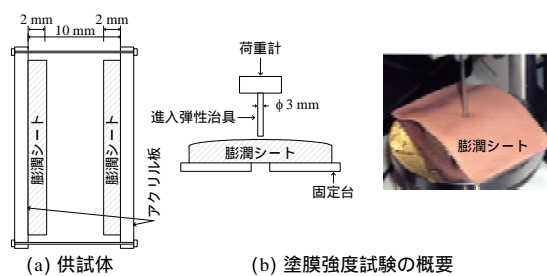


図-2 膨潤止水材の塗膜強度試験の概要

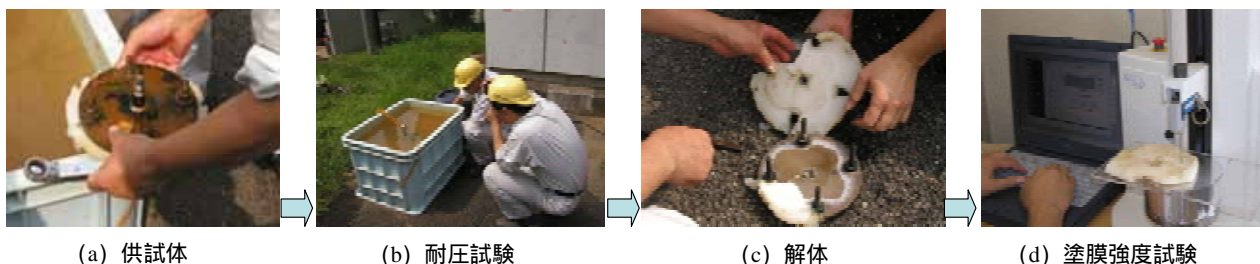


図-3 膨潤止水材の耐圧試験ならびに塗膜試験の流れ

強度が 1.0 N 以上では 0.5 MPa 以上の耐圧力，塗膜強度が 0.2 N 以下になると 0.1 MPa まで耐圧力が低下する．すなわち，膨潤止水材の塗膜強度が 0.2 N 以上を維持できれば，膨潤止水材は作用水圧 0.05 MPa（海面処分場における管理水位に相当）に対して十分な遮水効果を維持できると予測できる．また，実施した膨潤止水材の塗膜強度試験では，1 年に及ぶ計測期間において膨潤止水材の塗膜強度が，海水・淡水環境において 1.7 および 1.0 N 付近に漸近する傾向を示しており（図-4 参照），長期的にも安定した進入弾性値および耐圧力を発揮できるものと推測される．ただし，膨潤止水材の長期的な耐久性をより詳細に評価するためには本試験を継続的に実施することが必要である．

4. H-H 継手を施した連結鋼管矢板の遮水性能

膨潤止水材を接着した H-H 継手を施した連結鋼管矢板に対する淡水・海水環境下での遮水性能を評価するため，水道水および人工海水（3%食塩水）を用いた透水試験を実施した⁵⁾．

図-6 は，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環境における作用水圧と透水係数の関係を示している．これより，作用水圧が 0.1 MPa 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する．一方，人工海水を用いた場合の H-H 継手を施した連結鋼管矢板の透水係数は，作用水圧の上昇に伴い淡水を用いた透水係数と比較して増大する傾向にある．これは，水質に応じた膨潤止水材の膨潤倍率の差異による膨潤界面圧力の大小関係に起因し，人工海水を用いた環境では淡水を用いるよりも膨潤界面における圧力が小さいためである．

海水環境に曝された H-H 継手を施した連結鋼管矢板の遮水性能は，比較的高い水圧が作用する下で淡水環境に比べ透水係数が高くなる．しかしながら，管理水位が設定された海面処分場⁴⁾において廃棄物埋立護岸が受ける水圧は，危険側を評価しても 0.05 MPa 程度以下である．よって，H-H 継手を施した連結鋼管矢板に関する廃棄物埋立護岸としての遮水性能は，水質（海水および淡水）に依存することなく，遮水工基準を 2 オーダー程度下回る高い遮水性を発揮できる．

5. おわりに

本報告では，H-H 継手を施した連結鋼管矢板の遮水処理で用いられる膨潤止水材の塗膜強度特性ならびに塗膜強度と耐圧力の関連性を把握するとともに，淡水・海水環境における H-H 継手を施した連結鋼管矢板の遮水性能を評価した．その結果，膨潤止水材の塗膜強度は，淡水環境に比べ海水環境に曝された方が大きく，また時間の経過に伴い塗膜強度は安定傾向を示す．さらに，安定傾向を示した塗膜強度では，海面処分場において十分な耐圧力を有していることを示した．鉛直遮水壁としての H-H 継手を施した連結鋼管矢板の遮水性能は，海水および淡水環境に差異がなく，遮水工基準を 2 オーダー程度下回る高い遮水性を発揮できることが明らかになった．

【参考文献】

- 1) 西山嘉一：鋼管と H 鋼のハーモニー，土木学会誌，Vol.89，pp.54-55，2004．
- 2) 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．
- 3) 沖 健・他：鋼矢板，鋼管矢板を用いた鉛直遮水壁の遮水性能の評価，第 5 回環境地盤工学シンポジウム論文集，地盤工学会，pp.53-58，2003．
- 4) 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．
- 5) 稻積真哉・他：海面処分場における鋼管矢板遮水の遮水処理問題と遮水性向上技術，第 15 回廃棄物学会研究発表会講演論文集，pp.1154-1156，2004．

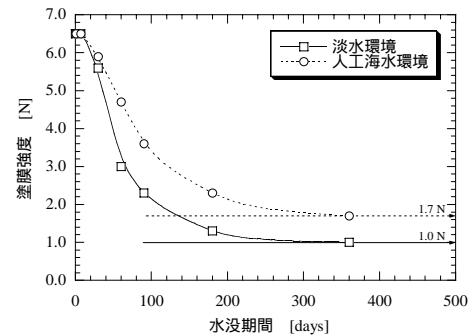


図-4 塗膜強度の経時変化

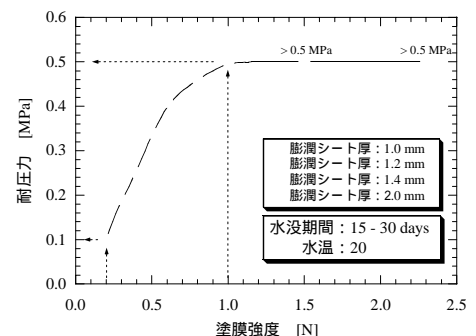


図-5 塗膜強度と耐圧力の関係

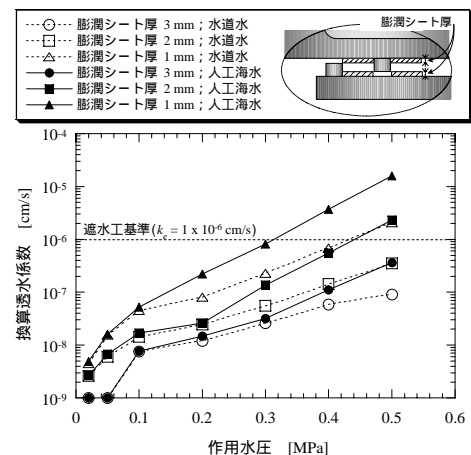


図-6 H-H 継手を施した連結鋼管矢板に対する作用水圧と透水係数の関係