

研究助成実施報告書

助成実施年度	2019 年度
研究課題（タイトル）	海面処分場における安全で信頼性の高い遮水工構造の提案に関する研究
研究者名※	稲積 真哉
所属組織※	芝浦工業大学 工学部土木工学科 教授
研究種別	研究助成
研究分野	都市環境工学
助成金額	150 万円
発表論文等	

※研究者名、所属組織は申請当時の名称となります。

() は、報告書提出時所属先。

大林財団2019年度研究助成実施報告書

所属機関名

芝浦工業大学

申請者氏名

稲積真哉

研究課題	海面処分場における安全で信頼性の高い遮水工構造の提案に関する研究
<p>(概要) ※最大10行まで</p> <p>海面廃棄物最終処分場の環境安全性を建設段階から将来にわたって維持・保障した上で跡地利用を促すためには、水溶性廃棄物を含む保有水等の浸出を防止するとともに、廃棄物を効果的に浄化するシステムを構築することが重要である。</p> <p>本研究は、H-H継手の内部空間に種々の技術を適用した集排水機能を有する鋼管矢板部材を提案し、その実現性ならびに継手箇所における集排水特性を空間活用実証試験により追究する。その結果として、集排水機能を有する鋼管矢板部材としてH-H継手の内部空間を活用した諸技術は導入可能であること、また、接着・塗布する膨潤性止水材の厚さを調整することでH-H継手のフランジ嵌合部における遮水性能（集排水特性）をコントロールできることが明らかとなった。</p>	

1. 研究の目的	(注) 必要なページ数をご使用ください。
<p>海面廃棄物最終処分場では、港湾の開発、利用および保全との整合を図りつつ廃棄物を埋立処分する空間を確保するため廃棄物埋立護岸が建設される。この廃棄物埋立護岸には地震、波浪、高潮および津波等の海域特有の諸外力から埋立地を護る護岸機能とともに、処分場内の保有水が海域へ浸出することを防ぐ遮水壁としての機能が要求される。近年では、大水深施工が可能な継手を有する鋼管矢板が、その施工性および経済性の観点から廃棄物埋立護岸として海面廃棄物最終処分場を中心に広く用いられている。以後では、鋼管矢板によって構築される廃棄物埋立護岸を「鋼管矢板遮水壁」と称する。</p> <p>鋼管矢板が初めて矢板式岸壁に用いられた1960年代以来、処分場内に存在する水溶性廃棄物を含む保有水等の浸出防止に多大な影響を及ぼす継手箇所の遮水性能については意欲的な取り組み2, 3)がなされてきたものの、廃棄物の埋立終了後の処分場の長期的な遮水性能ならびに跡地利用を考慮した鋼管矢板遮水壁の構築に関する議論は途上である。そこで、海面廃棄物最終処分場の建設から将来にわたる遮水性能および処分場の跡地利用までを考慮した場合には、処分場内に存在する水溶性廃棄物を含む保有水等の浸出を防止することに加え、埋め立てられた廃棄物の浄化についても検討する必要があると考えられる。</p> <p>H-H継手を施した連結鋼管矢板は、継手を介して嵌合する鋼管矢板であり、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、大きさの異なる2つのH鋼を用いた継手（H-H継手）を施した鋼管矢板部材である。また、H-H継手を施した連結鋼管矢板におけるH-H継手（図1参照）は、種々の技術を導入することで集排水機能を有する鋼管矢板部材となり、処分場内の保有</p>	

水等浸出防止に加え、埋め立てられた廃棄物の浄化をも期待できる鋼管矢板遮水壁の構築が期待できる。

本研究では、集排水機能を有する鋼管矢板遮水壁（部材）としての H-H 継手の有効性ならびに実現性を空間活用実証試験により評価する。

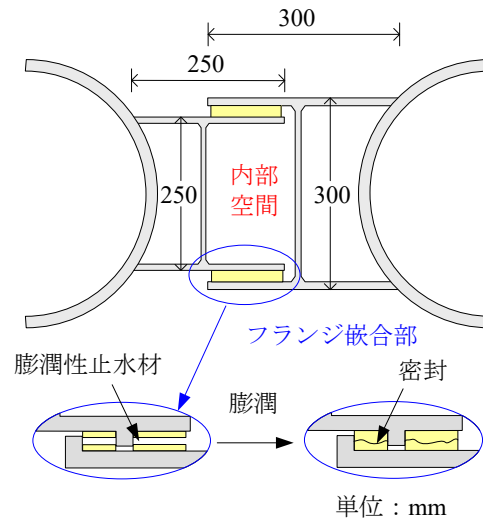


図1 H-H継手と膨潤性止水材を用いた遮水処理

2. 研究の経過

(注) 必要なページ数をご使用ください。

膨潤性止水材を接着した H-H 継手に対する室内ならびに現場透水試験は、膨潤性止水材の接着方法や養生水の水質等を変化させた条件下において実施されている。ただし、これまでに実施された試験は H-H 継手フランジ嵌合部の遮水性能を追究してはいるものの、継手内部の空洞空間を有効活用した集排水技術については検証されていない。そこで、本研究で実施する空間活用実証試験では、H-H 継手内部の空洞空間を活用した諸技術の有効性および実現性を確認する。

本研究で実施する集排水機能に関する H-H 継手の空間活用実証試験は既往の室内透水試験方法を踏襲するものの、H-H 継手模型の規模を高さ 560mm（通水箇所の高さ：500mm）としており、より現実に即した試験となっている（図2参照）。さらに、透明アクリル製プレートを用いて H-H 継手模型ならびに水槽を製作しており、H-H 継手の内部から外部への水の移流現象を視覚的に確認することができる。なお、海面廃棄物最終処分場では、常時における保有水等の漏出や異常時における保有水等の流出を防止するため管理水位が設けられている。既存の海面廃棄物最終処分場における事例では、管理水位は L.W.L（朔望平均干潮位）に対して最大でも 2m の水位差に設定されるが、干潮と大雨が重なる等の異常時において処分場内の残留水位が一時的に 5m 程度 L.W.L を上回る事例もあったことが経験的に知られている。よって、海面廃棄物最終処分場における鋼管矢板遮水壁の一部材である H-H 継手の遮水性能は、5m の水頭差に対して有効とされる透水係数で評価しなければならないと考えられる。

本研究では、H-H 継手内部の空洞空間を有効活用した諸技術の有効性、実現性を検討するため、アクリル製の H-H 継手模型ならびに水槽を用いて集排水機能に関する H-H 継手の空間活用実証試

験を実施する。

図2は空間活用実証試験装置の概要を示しており、試験方法は以下のとおりである。なお、本試験では漏水量の計測時間を1時間に設定している。これは、1時間経過後の累積漏水量が確認されない場合は透水係数 $k \leq 7.8 \times 10^{-10} \text{ cm/s}$ と考えられるためである。また、透水係数は式(1)より求めている。

$$k = \frac{a \cdot D}{B \cdot L \cdot t} \cdot \ln \left(\frac{h_1}{h_2} \right) \quad \text{式(1)}$$

ここで、 a ：上流側タンクの断面積（78.5cm²）、 D ：透水長（7cm）、 B ：H-H継手フランジ嵌合部の幅（1cm）、 L ：H-H継手フランジ嵌合部の長さ（50cm）、 t ：測定時間（1hour）、 h_1 および h_2 ：試験開始時および試験終了時の上流側タンクの水頭（cm）である。

集排水機能に関するH-H継手の空間活用実証試験の手順は以下のとおりである。

- (1) H-H継手模型においてフランジ嵌合部を模擬した箇所へ所定厚さの膨潤性止水材を接着する。
- (2) アクリル製プレートおよびゴムパッキンによりH-H継手模型（高さ500mm）を完全に密封する。
- (3) H-H継手模型を水道水で満たした水槽内（φ390mm，H=900mm）へ設置する。
- (4) 恒温で24時間養生する（接着した膨潤性止水材を膨潤させる）。
- (5) 膨潤性止水材の膨潤を確認後、H-H継手模型の内部空間の水道水に着色剤（ウラニン）を混入する。
- (6) H-H継手の内部空間と外部の水槽を所定の水頭差に設定し、空間活用実証試験を実施する。
- (7) 空間活用実証試験を開始してから1時間経過後の流出量を電子天秤を用いて測定する。

H-H継手内部の空洞空間を有効活用した集排水技術に関しては、H-H継手内部の空洞空間に低水位あるいは高水位環境を形成した場合の遮水機能（集排水機能）について議論を行う。また、接着する膨潤性止水材の厚みを1、2および3mmとした場合の遮水性能から、H-H継手内部の空洞空間における低水位および高水位環境形成の実現性について述べる。

図3は、水頭差を5mとした場合の試験開始から1時間経過後の試験装置の様子を示している。これより、膨潤性止水材の厚さを2mmとした場合、試験開始から1時間経過後において、継手模型外部の水は染色されておらず、継手内部空間の着色水の外部への流出は発生していないことがわかる。この傾向は、膨潤性止水材の厚さを3mmとした場合でも同様である。一方、膨潤性止水材の厚さを1mmとした場合、試験開始から1時間経過後において継手模型内部の着色水の流出が発生し、それに伴って継手模型外部の水が染色されている。すなわち、水頭の高い方から低い方への水の流れが生じており、継手内部空間において低水位環境を保った場合には外部から内部へ、高水位環境を維持した場合には内部から外部への流れ場が形成される。よって、低水位および高水位環境を保持するいずれの方法においても、継手の内部空間を適切に管理することで、継手箇所からの水溶性廃棄物を含む保有水等の浸出を防止することができるといえる。

図4は膨潤性止水材の厚さを1～3mm、水頭差を2mおよび5mとした場合の空間活用実証試験結果を示している。これより、膨潤性止水材の厚さが2mmあるいは3mmの場合、水頭差が2mおよび5mのいずれにおいてもH-H継手を施した連結鋼管矢板は遮水工基準である $k_e \leq 1 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$ を満足する。具体的には、膨潤性止水材の厚さが2mmおよび3mmの場合、水頭差が2mおよび5mでは試験開始から1時間経過後において試験体内部からの流出は発生せず、高い遮水性能を有すると

いえる。一方、膨潤性止水材の厚さを1mmとした場合には試験体内部からの流出が生じ、2mならびに5mの水頭差で $k=1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 程度と透水性が比較的高い。よって、2mmおよび3mmの厚さを有する膨潤性止水材を接着・塗布することで、継手の内部空間に低水位あるいは高水位環境を形成・維持することが可能である。さらに、接着・塗布する膨潤性止水材の厚さを調整することによってフランジ嵌合部の遮水性能をコントロールすることもできるため、低水位もしくは高水位環境を形成した場合の集排水または給水頻度を管理することができる。

以上のことから、2mmおよび3mmの厚さを有する膨潤性止水材を接着・塗布することで、低水位あるいは高水位環境を形成するために必要なフランジ嵌合部での遮水性能が確保される。また、継手の内部空間を適正に維持管理することで継手箇所における遮水機能が確保される。さらに、接着・塗布する膨潤性止水材の厚さを調節することで、低水位環境を維持した場合の継手の内部空間における集水量、あるいは高水位環境を形成した場合の継手の内部空間から外部への流出量を管理できることが明らかとなった。

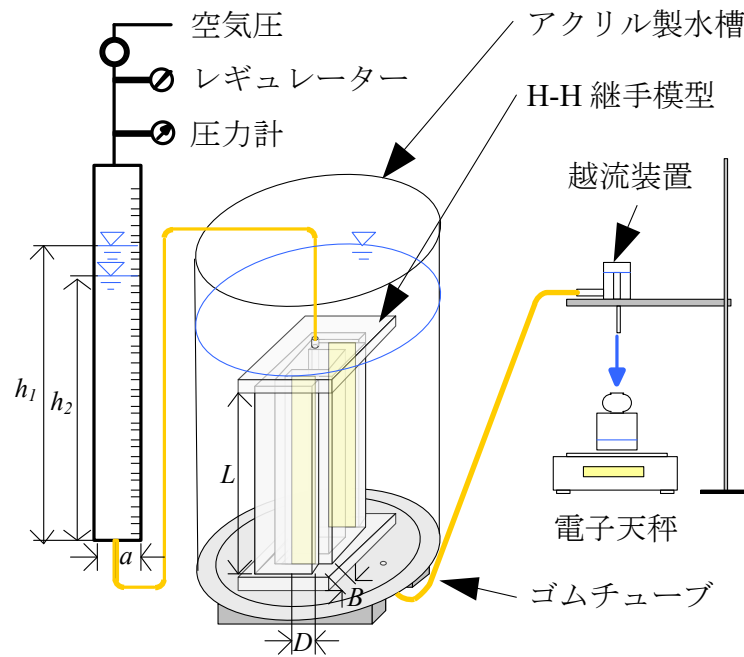
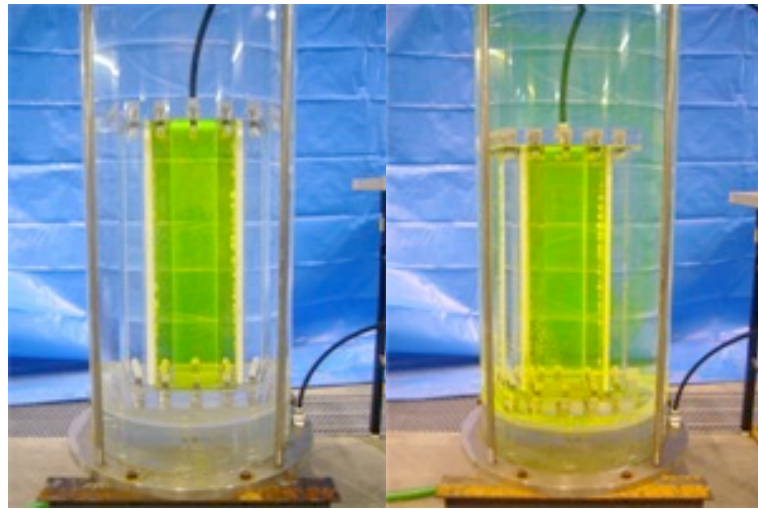


図2 空間活用実証試験の装置概要



(a) 止水材厚：2mm

(b) 止水材厚：1 mm

図 3 空間活用実証試験開始から 1 時間経過後の流出状況

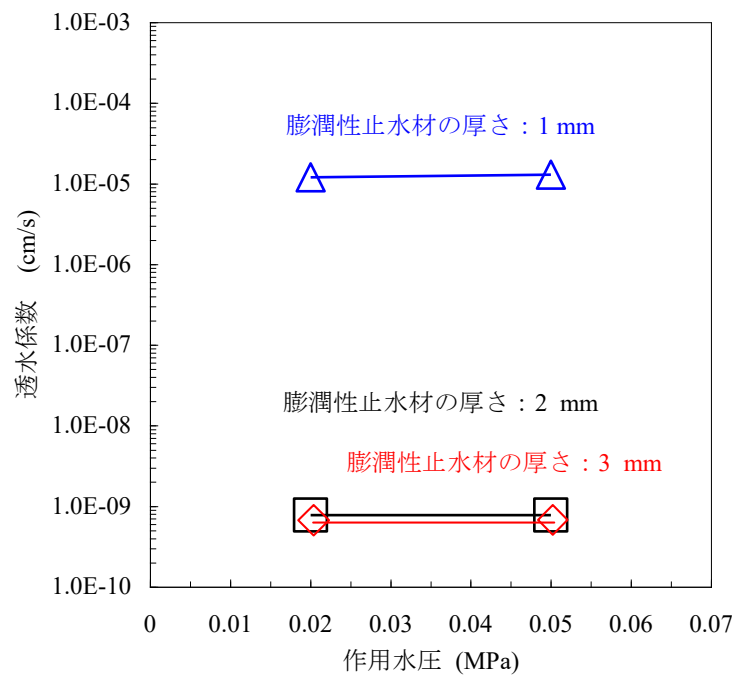


図 4 空間活用実証試験における作用水圧と透水係数の関係

3. 研究の成果

(注) 必要なページ数をご使用ください。

本研究では、H-H 継手内部の空洞空間を活用した集排水機能の有効性ならびにその実現性を、アクリル製の H-H 継手模型および水槽を用いた H-H 継手の空間活用実証試験によって証明した。得られた知見は以下のとおりである。

(1) H-H 継手内部の空洞空間に低水位および高水位環境を維持することによって、継手箇所からの

水溶性廃棄物を含む保有水等の浸出を防止することができるといえる。これは、移流が水頭の高い方から低い方へと発生するメカニズムを利用したものであり、H-H継手内部の空洞空間に低水位環境を維持した場合には継手外部から内部へ、高水位環境を形成した場合は継手内部から外部へ移流が発生するためである。

(2) 2mm および 3mm の厚さを有する膨潤性止水材を H-H 継手フランジ嵌合部に接着・塗布することで、低水位あるいは高水位環境を維持するために必要なフランジ嵌合部での遮水性能が確保される。

(3) 接着・塗布する膨潤性止水材の厚さを調節することで、低水位環境を保持した場合の継手内部の空洞空間への流入量、あるいは高水位環境を維持した場合の継手内部の空洞空間から外部への流出量を管理できる。

4. 今後の課題

(注) 必要なページ数をご使用ください。

本研究では、H-H継手を活用した集排水機能を有する鋼管矢板遮水壁を提案・紹介した。ただし、海面廃棄物最終処分場の浄化性能に多大な影響を及ぼすと考えられる集排水機能を有する鋼管矢板部材の配置については未だ検討されていない。よって、今後は集排水機能を導入した鋼管矢板部材の効果的な設置について追究することが重要である。