

令和 5 年 5 月 10 日現在

機関番号：32619

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04686

研究課題名(和文)画期的な側面遮水技術による海面廃棄物処分場の安心・安全性能の向上に関する研究

研究課題名(英文) Research on improving the safety and security performance of offshore waste disposal sites through innovative lateral impermeable technology

研究代表者

稲積 真哉 (Inazumi, Shinya)

芝浦工業大学・工学部・教授

研究者番号：90362459

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では廃棄物処分場(特に、海面処分場)における側面遮水工(中でも、鋼製遮水壁に着目)を有効活用することで、廃棄物保有水の封じ込め効果に加え、保有水の浄化促進効果まで期待できる、遮水・保有水浄化促進型の鋼製遮水壁を提案・検討した。本遮水工では、遮水工内に形成される空洞空間へモルタル等の低透水性材料の充填を行わず、その空洞空間内に漏出(滞留)した廃棄物保有水を揚水作業によって集排水するものである。本研究により、H-H継手を施した連結鋼管矢板を用いた鋼製遮水壁、更には遮水・保有水浄化促進型の鋼製遮水壁が有する遮水性能および廃棄物保有水の浄化促進効果を、実験的・解析的に検証することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

新規に処分場を設置することがきわめて難しくなっている今日、より安全で信頼性の高い遮水工構造を有する廃棄物処分場の確立が望まれている。そのような社会的要請に対して、海面処分場における鋼製遮水壁の耐震性能と遮水・遮蔽性能の相関性の評価技術を確立し、環境に最も適合する鋼製遮水壁技術の高度化を目指した本研究は、実際問題に深く関連している。一方、地震外力等により変形した鋼製遮水壁が維持できる遮水・遮蔽性能の追従性を解明する点においては基礎的研究であり、学術的な独自性がみられる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we proposed and investigated a steel impervious wall for waste disposal sites (especially, sea-level disposal sites) that can not only contain waste water but also promote water purification by effectively utilizing lateral impervious wall (especially, focusing on steel impervious wall). In this barrier wall, the cavity formed in the barrier wall is not filled with low permeability materials such as mortar, and the water leaking (stagnating) in the cavity is collected and drained by pumping. In this study, we experimentally and analytically verified the impervious performance of a steel impervious wall using steel pipe sheet piles with H-H joints and a steel impervious wall that promotes imperviousness and purification of retained water.

研究分野：土木工学

キーワード：廃棄物処分場 鋼製遮水壁

1. 研究開始当初の背景

廃棄物処分場の深刻な問題として、有害物質の封じ込めを半永久的に担保しなければならないこと、周辺住民や社会が「有害物質が何時か漏れるのではないかと」と言った、周辺環境の汚染リスクを半永久的に残すこと、このようなリスクの存在が原因で、新しい廃棄物処分場建設に対する住民の同意を得難いことが挙げられる。廃棄物処分場の安心・安全性能を持続ならびに保障するためには、建設時から将来にわたるライフサイクルを通して側面・底面遮水工に保有水の浄化促進機能を担わせることが有効である。

本研究では、申請者が開発・検討を進めている「H-H継手を施した連結鋼管矢板(図-1参照)¹⁻³⁾」を用いた側面遮水工に関して、浄化促進効果をも発揮しうる側面遮水工の高度化(図-2参照)を図るとともに、大規模模擬打設・遮水試験等の地盤環境工学的なアプローチにより実用化に向けて推進する。新規に処分場を設置することがきわめて難しくなっている今日、本研究はより安全で信頼性の高い遮水工構造を有する廃棄物処分場の確立に寄与する。

海面廃棄物処分場における鋼管矢板遮水壁の一部材である H-H 継手は、フランジ部に膨潤性止水材を接着・塗布することで遮水性能が担保され、その継手の内部には空洞空間が形成される(図 1(a),(b)参照)¹⁻³⁾。すなわち、

鋼管矢板遮水壁の継手箇所にて H-H 継手を適用した場合、有害物質を含んだ浸出水が処分場内から処分場外へ流出するためには、H-H 継手内部に形成された空洞空間を必ず通過しなければならない。よって、H-H 継手内部の空洞空間内において廃棄物由来の浸出水を排除あるいは遮水することが可能となれば、鋼管矢板遮水壁を通過する浸出水の流出経路を完全に遮断することができる。また、廃棄物由来の浸出水には焼却残渣に含有される水溶性の重金属類が含まれていることも考えられる。そのため、H-H 継手内部の空洞空間において廃棄物からの浸出水を取り除くことができれば、処分場内の有害物質の浄化をも促すことが可能となるといえる。

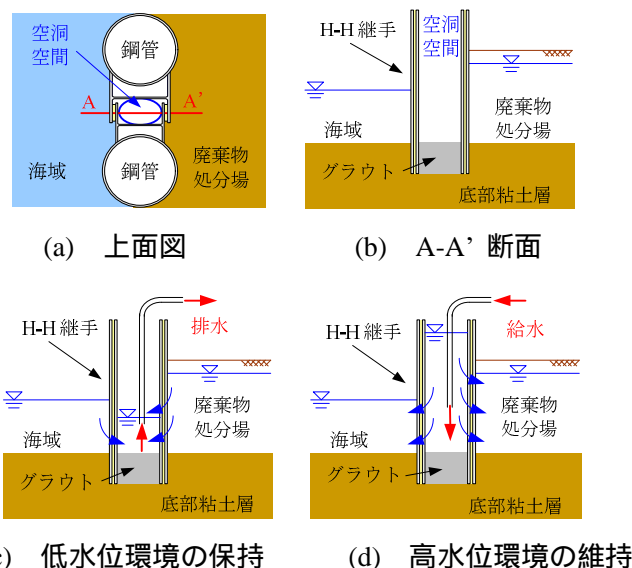


図 1 遮水・浄化促進技術

2. 研究の目的

本研究では、遮水・浄化促進機能を有する鋼管矢板遮水壁を構築することを目的として、H-H 継手内部の空洞空間を有効活用した諸技術を提案している。

H-H 継手内部の空洞空間を有効活用した遮水・浄化促進技術として、低水位環境を保持する(図 1(c)参照)技術および高水位環境を維持する(図 1(d)参照)が考えられる。低水位環境を保持する技術は、H-H 継手内部の空洞空間に低水位環境を形成することで、継手内部の空洞空間へ外部から水が流入する環境となり、流入した水をポンプ等で集排水することで遮水する工法である。また、低水位環境を保持する技術では、水溶性有害物質を含有し得る廃棄物

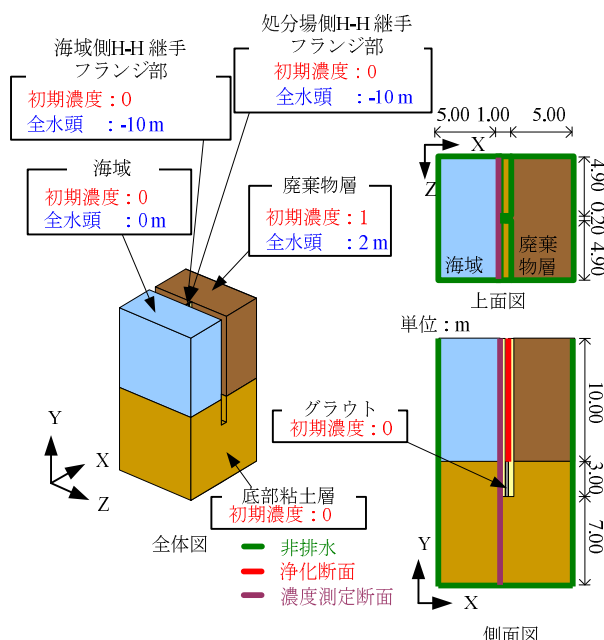


図 2 浄化モデル

からの浸出水を揚水装置により排水するため、廃棄物の浄化を図ることも期待できる。一方、高水位環境維持する技術では、H-H 継手内部の空洞空間の水位を予め周囲より高めておくことで、継手内部の空洞空間から外部へ流出する動水勾配を形成する遮水技術である。

3. 研究の方法

本研究では、低水位環境を維持した場合の有害物質の封じ込め性能および浄化促進性能について3次元浸透・移流分散解析を実施することにより検討を行う。

本検討では、「浄化促進モデル」(図2参照)を用いることにより検討している。「浄化促進モデル」(図2参照)は、海域、廃棄物層、海域側および処分場側H-H継手フランジ部(以後、両方をまとめて「H-H継手フランジ部」と称する)および底部粘土層から構成されている。「浄化促進モデル」では、H-H継手内部の空洞空間に保持される水位は海域側および処分場側H-H継手フランジ部の空洞空間側端に全水頭を設定することで表現している。また、なお、H-H継手内部の空洞空間の最深部から3mの深度まではグラウト遮水処理が施されているものとしている。また、各構成層に与えた材料特性は表1に示すとおりである。

4. 研究成果

本解析では、処分場側H-H継手フランジ部の空洞空間側端(浄化断面)を通過する有害物質(重金属類)の質量フラックス(単位面積および単位時間当りに通過する物質質量)によってH-H継手の浄化促進性能を評価している(図2参照)。また、有害物質の封じ込め性能については、海域側H-H継手フランジ部の海域側端断面(濃度測定断面)における有害物質の濃度によって評価を実施している(図2参照)。なお、H-H継手の浄化促進性能、ならびに有害物質の封じ込め性能はいずれも定常状態によって評価を行っている。

図3によると、H-H継手に遮水・浄化促進機能を有する場合、H-H継手を中心に放射状に浄化が進展する。一方、図4から、底部粘土層の透水係数が変化しても、H-H継手の浄化促進性能に影響を及ぼさない。具体的には、底部粘土層の透水係数が $k=1.0 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$ 、 $k=1.0 \times 10^{-8} \text{ cm/s}$ および $k=1.0 \times 10^{-10} \text{ cm/s}$ のいずれの場合でも約 $0.121/\text{m}^2 \cdot \text{year}$ であり、同等の浄化促進性能を示しているといえる。これは、底部粘土層の透水係数に関わらずH-H継手内部の空洞空間に流入する廃棄物層からの浸出水量は同じであるため、浸出水に含有される有害物質質量も同じとなっているからである。

有害物質の封じ込めについて考慮すると、H-H継手に遮水・浄化促進機能を適用することで有

表1 材料定数

材料	単位	廃棄物層	海域	底部粘土層	H-H 継手フランジ部	グラウト
透水係数 (水平方向)	cm/s	1.0×10^{-3}	1.0×10^0	1.0×10^{-6} or 1.0×10^{-8} or 1.0×10^{-10}	1.0×10^{-7}	1.0×10^{-9}
透水係数 (鉛直方向)	cm/s	1.0×10^{-3}	1.0×10^0	1.0×10^{-6} or 1.0×10^{-8} or 1.0×10^{-10}	1.0×10^{-7}	1.0×10^{-9}
有効間隙率		1	0.1	0.1	0.1	0.1
縦分散長	cm	10	10	10	10	10
横分散長	cm	1	0.1	0.1	0.1	0.1
分子拡散係数	cm^2/s	1.0×10^{-5}	1.0×10^{-5}	1.0×10^{-5}	1.0×10^{-5}	1.0×10^{-5}
遅延係数		1	1	2	1	1

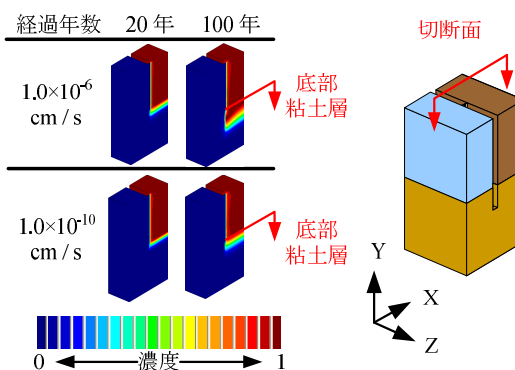


図3 経過年数に伴う有害物質の濃度分布時刻歴

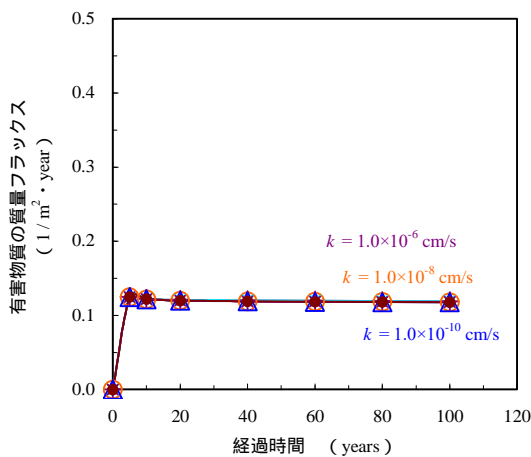


図4 浄化断面を通過する有害物質の質量フラックス

害物質の流出量を低減できる。特に、H-H 継手を通して海域へ流出する有害物質は継手内部の空洞空間において排除されるため、側面からの流出する可能性は限りなく低いと考えられる。一方、底部粘土層からの流出に関して考えると、底部粘土層の透水係数は低い方が望ましい(図5参照)。底部粘土層の透水係数が $k=1.0 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$ の場合、100年経過後の濃度測定断面における有害物質の濃度は約18%である。一方、底部粘土層が $k=1.0 \times 10^{-10} \text{ cm/s}$ の透水係数を有する場合、濃度測定断面における有害物質の濃度は約1.8%である。これは、底部粘土層の透水係数の上昇に従って移流に伴う有害物質の流出が促進されるためである。

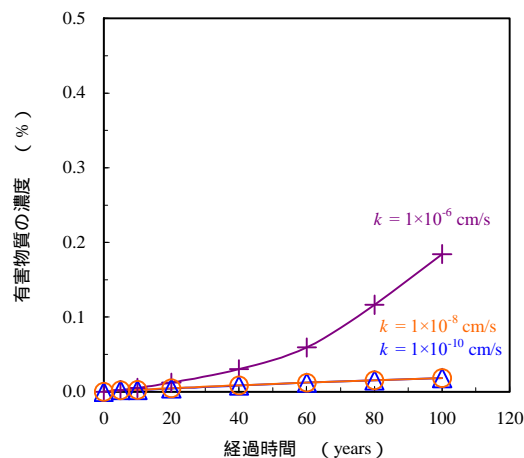


図5 濃度測定断面における有害物質の濃度

本研究では、遮水・浄化促進機能を有する H-H 継手の有害物質の封じ込め性能および浄化促進性能について検討を行った。結果として、H-H 継手に遮水・浄化促進技術を適用することで、処分場の有害物質の封じ込めおよび浄化促進を図ることができることが明らかとなった。

【参考文献】

- 1) Inazumi, S. et al. (2017): Evaluation of containment performance from the viewpoints of diffusion and dispersion for impervious structures at coastal landfill sites, *Geotechnical and Geological Engineering*, 35(5), 2191-2203.
- 2) Inazumi, S. et al. (2017): Evaluation of maintenance strategies based on leakage risk assessment on side impervious walls at coastal landfill sites, *Materials Sciences and Applications*, 8(6), 448-475, 2017-6.
- 3) Inazumi, S. et al. (2021): Possibility of impervious coating for the geotechnical reuse of soil and solid waste, *Environmental Geotechnics*, 8(5), 324-333.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Inazumi, S., Shishido, K. and Soralump, S.	4. 巻 8 (5)
2. 論文標題 Possibility of impervious coating for the geotechnical reuse of soil and solid waste	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Environmental Geotechnics	6. 最初と最後の頁 324-333
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Inazumi, S., Hashimoto, R., Shinsaka, T., Nontananandh, S. and Chaiprakaikeow, S.	4. 巻 14 (18)
2. 論文標題 Applicability of additives for ground improvement utilizing fine powder of waste glass	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 5169
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Inazumi Shinya, Tanaka Shigeaki, Komaki Takahiro, Kuwahara Shuichi	4. 巻 8
2. 論文標題 Evaluation of effect of insertion of casing by rotation on existing piles	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geotechnical Research	6. 最初と最後の頁 25 ~ 37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1680/jgere.20.00042	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Inazumi Shinya, Kuwahara Shuichi, Jotisankasa Apiniti, Chaiprakaikeow Susit	4. 巻 38
2. 論文標題 Construction Method for Pulling Out Existing Piles and Influence of Pulling-Out Holes on the Surrounding Ground	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geotechnical and Geological Engineering	6. 最初と最後の頁 6107 ~ 6123
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10706-020-01418-y	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------