

第VI部門

自然由来砒素を含む掘削ずりの不溶化処理事例と長期不溶化効果

(株) Lien du coeur 正会員 ○椎谷祐貴
 (株) Lien du coeur 岩田崇子
 大阪大学 正会員 乾 徹

1. はじめに

2019年4月の改正土壌汚染対策法の施行、ならびに2023年3月の「建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル」の改訂においては、自然由来の重金属等を含む掘削物に対して適切な措置を行った上で有効利用することが推奨されている。重金属等の溶出濃度が基準超過する場合の措置としては、遮水封じ込め工法、吸着層工法、不溶化処理工法等があるが、コストおよび将来的な盛土崩壊による汚染物質の流出リスクを勘案すると、不溶化処理工法は発生土の有効利用促進にあたり有効で安全かつ経済的な工法であると考えられる。

本報告は、著者らが新たに開発した破碎混合過程を主とする不溶化処理工法 Perfect Phenix YT 工法® (NETIS 登録番号 KT-210042-A。以下、本工法) の実証試験結果と処理土の長期的安定性を評価した。

2. 工法の概要と特徴

本工法に用いる不溶化材は、独自に開発したカルシウム・マグネシウム・鉄分を主成分とした無機鉱物複合系不溶化材である。要対策土と本不溶化材を混合攪拌することで、対策土からの重金属等の溶出を抑制する。



写真-1 本工法で使用する不溶化材の外観

本工法では、特殊改良された自走式の破碎機と土質改良混合機により連続施工をする。はじめに大塊を破碎機の特種破碎刃により0~50mmに破碎する。破碎処理することにより不溶化材の混合性と化学反

応を促進する。破碎過程においては、ソイルカッターによる破碎混合、三軸ロータリーハンマーによる衝撃破碎混合、特殊ハンマーによる二次衝撃破碎混合を行う。三段階の破碎混合でより細かく混合攪拌することにより、混合性のさらなる向上と盛土材としての締固め性の向上を図る。

3. 実証試験

2022年4月19日、20日の2日間で実証実験を実施した。延べ4時間で300m³の掘削ずりを本工法で処理した。

3.1 試料

東海環状自動車道 岐阜山県第一トンネル工事から発生した掘削岩石ずりを試料とした。試料からは土壌環境基準不適合の濃度で砒素の溶出が確認されている。試料の基本物性を表-1に示す。

表-1 試料の試験結果

項目	単位	値
自然含水比	%	3.9
湿潤密度	g/cm ³	1.93
乾燥密度	g/cm ³	1.86
土壌溶出量(砒素)	mg/L	0.031

なお、土壌溶出量試験は試料全量を粒径2mm以下に破碎して実施した。

3.2 トリータビリティ試験

図-2の手順でトリータビリティ試験を行った。

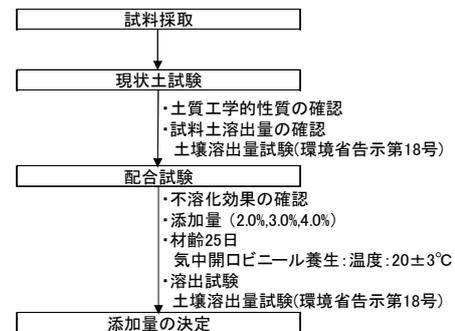


図-2 トリータビリティ試験の手順

トリータビリティ試験の結果を表-2 に示す。不溶化材添加量 2.0% (38.6 kg/m³) で砒素溶出濃度が土壤溶出量基準に適合する結果となった。実施工においては、施工精度と安全率を考慮し 50 kg/m³ で実施することとした。

表-2 不溶化材添加量と砒素溶出濃度

分析項目	添加量	0%	2.0%	3.0%	4.0%
		砒素	mg/L	0.031	0.005未満
環境基準	mg/L	0.01以下			

3.3 処理後の砒素溶出濃度

5 地点で採取した処理土 (写真-3) を密閉養生し、5 地点採取の等量混合後、所定期間経過後に土壤溶出量試験を実施した。



写真-3 試料 (左) ・処理土 (右) の外観と採取状況

結果を図-3 に示す。施工後から 24 時間後の砒素溶出濃度は土壤環境基準に適合した 0.005mg/L であった。また、長期溶出特性を確認するため継続的に土壤溶出量試験を実施し、現時点で不溶化効果が 14 か月継続していることを確認している。

さらに、不溶化処理効果の pH 変化に対する安定性を評価するために、土壤環境センターが規定する硫酸添加溶出試験と消石灰添加溶出試験も同様に実施した。結果を図-4、5 に示す。

施工から 24 時間経過時点では、0.005 mg/L の溶出



図-3 砒素の溶出量試験 (環境省告示第 18 号) 結果

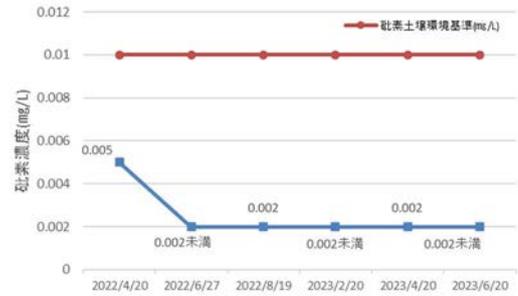


図-4 重金属等不溶化処理土の pH 変化に対する安定性の相対的評価方法 (硫酸添加溶出試験)

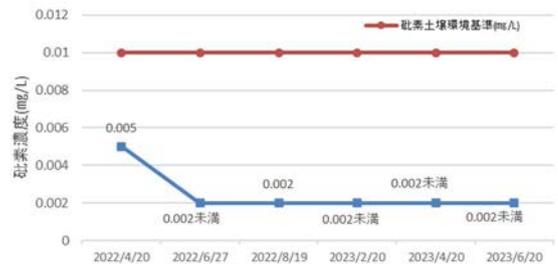


図-5 重金属等不溶化処理土の pH 変化に対する安定性の相対的評価方法 (消石灰添加溶出試験)

が確認されたものの、その後は 0.002 mg/L ~ 検出限界以下の濃度で推移しており、14 か月経過後も pH 変化に対する安定性を維持していることを確認することができた。

4. おわりに

本報告では、自然由来砒素を含む掘削ずりの不溶化処理の実証試験を実施し、破砕混合処理を適切に実施することにより砒素の不溶化効果を確認することができた。また、不溶化処理の懸念事項の一つである長期的安定性も確認することができた。今後も、様々な有害物質等に対して長期に渡る土壤溶出量試験や硫酸添加溶出試験、消石灰添加溶出試験を継続し、長期的安定性に関するデータを蓄積する必要がある。

謝辞 本試験施工にあたり、国土交通省 中部地方整備局 岐阜国道事務所・西松建設株式会社の皆様に多大なご協力を頂いた。記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壤への対応マニュアル改訂委員会 (2023): 建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壤への対応マニュアル (2023 年版)
- 2) 一般社団法人土壤環境センター (2008): 重金属等不溶化処理土の pH 変化に対する安定性の相対的評価方法、GEPC・TS-02.