

自然由来重金属等を含む建設発生土の不溶化検討

株式会社キタック ○笹川 由夏

1. 背景

トンネルや切土から発生した土砂は、事業用地内で盛土として利用することが理想的で、土工収支のバランスを最適化することが課題である。重金属等に問題がある地質も、覆土などの対策を行ったうえで、事業用地の盛土に活用することが望ましいが、問題の地質が余剰となる場合も考えられる。このような時の対策として、地下への浸透防止、浸出水処理、不溶化、遮水シートによる遮水工封じ込め、場外処分等の方法がある¹⁾。本発表はこのうち「不溶化」について試験・考察した。

土壌に含まれる重金属等の不溶化技術は、混和材による解決策があるが、基準超過の程度が小さく、扱う土量が大量な場合、混和材が高価であるため、利用の判断が難しい。また、基準を超過して溶出する可能性がある地質は、泥岩やシルト岩で、トンネルや切土から発生したこれらの地質を盛土等で利用しようとする場合、スレーキング等で泥濁化してそのまま盛土材として利用に課題がある。今回このような条件（基準超過が小さい、扱う土量が大量、泥濁化する地質）の解決策として、まず盛土材として利用するために比較的安価なセメントを混合させて、強度を確保することを考えた。今回の発表では、セメント混合後の重金属等の溶出抑制への効果が得られるか確認した結果について報告する。

表-1 サンプルの土質試験値

番号	サンプル	自然含水比 %	土粒子の密度 g/cm ³	最大乾燥密度 g/cm ³	最適含水比 %
①	ふっ素サンプル	14.0	2.672	1.642	20.7
②	酸性化サンプル	62.9	2.408	0.925	58.5

表-2 セメントを混ぜる前の分析結果

番号	サンプル	岩質	カドミウム *1 mg/L	鉛 *2 mg/L	砒素 *3 mg/L	セレン *4 mg/L	ふっ素 *5 mg/L	酸性化 *6 mg/L
①	ふっ素サンプル	砂岩	0.001 未満	0.005 未満	0.001	対象外	1.1	11.2
②	酸性化サンプル	泥岩	0.001 未満	0.005 未満	0.012	0.010	0.85	3.0
基準値*7			0.01	0.01	0.01	0.01	0.80	3.5超
定量下限値			0.001	0.005	0.001	0.001	0.08	-

*1 JIS K 0102 55.3 ICP発光分光分析法
 *2 JIS K 0102 54.3 ICP発光分光分析法
 *3 JIS K 0102 61.3 水素化物発生ICP発光分光分析法
 *4 JIS K 0102 67.3 水素化物発生ICP発光分光分析法
 *5 JIS K 0102 34.4 流れ分析法
 *6 水素イオン濃度 [pH(H₂O)] JIS K 0102 12.1 ガラス電極法
 検液調整法は、2mm以下に粉砕後40℃で2時間乾燥した試料と、溶媒を重量体積比10%の割合で混合し、6時間振とうした後ろ過し作成した。
 検液調整法は、地盤工学会基準「過酸化水素水による土及び岩石の酸性化可能性試験方法」(JGS 0271-2020)による。
 *7 環境基本法 地下水環境基準

2. 試験に用いた地質

今回は次の2つの基準を超過する地質サンプルを用いた。

- ①ふっ素サンプル ふっ素が超過
- ②酸性化サンプル 砒素、ふっ素、酸性化が超過
セレンは超過しないが溶出あり

参考文献²⁾では、廃石こうボードの再資源化で問題となる「ふっ素」について取り扱っており、セメントの水和反応時に作られる「エトリンサイト」に重金属等が固定され、溶出量が低減するメカニズムがあるとされている。今回対象としたサンプルは両者ふっ素が基準を超えているため、この効果が狙えると考えた。他の砒素や酸性化についても同様に効果を期待した。

セメントを混合させる前のサンプルの物性値を表-1に示す。重金属等の溶出特性を表-2に示す。今回の試験における効果確認は基準を超過した砒素、ふっ素、酸性化とセレンについて実施した。

3. 配合試験計画

「配合試験方法」と「配合したセメント」、「効果の確認方法」は次のとおりである。

(1) 配合試験の方法

配合試験の養生日数や配合量は次のとおりである。

- ・養生日数 7日と28日の2ケース
- ・配合量 50kg/m³、150kg/m³、250kg/m³の3水準

(2) 配合したセメント

配合に用いたセメントは表-3に示す特性の異なる3種類である。なお、「①ふっ素サンプル」については、含水量が少なく、水和反応が鈍い可能性を考え、含水比を+10%の24%となるように調整した配合も試験した。

表-3 試験に使用した固化材の特徴

固化材	特徴	短所
高炉セメント B種 (略)高炉B	最も安価で、一般的な軟弱な粘性土は固化する 六価クロムが溶出しにくい	配合量が多い
特殊土用セメント (略)特殊土	石こう成分が多くエトリンサイトを生成しやすい た、含水量が多い土でも少ない配合量で固化する 六価クロムが溶出しにくい	高価
高有機質土用セメント (略)高有機	石こう成分が大変多く最もエトリンサイトを生成しやすい ため、高有機質土や火山灰質土が比較的少ない配合量で固化する	最も高価

(3) 効果の確認方法

配合前に重金属等の溶出特性を、短期溶出試験を行い、配合後はトリータビリティ試験を行い、溶出の変化を確認した。試験方法を表-4に示す。

表-4 効果確認に用いた試験

確認する内容	方法	規格
配合前の重金属等の溶出特性	短期溶出試験	平成15年「環境省告示第18号」
	酸性化可能性試験	地盤工学会「過酸化水素水を用いるpH試験」
配合後の重金属等の溶出特性	トリータピリティ試験 *1	
	短期溶出試験	平成15年「環境省告示第18号」
	硫酸添加溶出試験	一般社団法人 土壤環境センター「GPEC技術標準 重金属等不溶化処理土壌のpH変化に対する安定性の相対的評価方法 GPEC・TS-02-S1～S2」
	消石灰添加溶出試験	同上

*1 硫酸添加溶出試験 酸性化での安定性を確認
消石灰添加溶出試験 アルカリ性化での安定性を確認

4. 試験結果

効果が確認されたものは、次の【効果あり】とした3つで、【効果なし】はセレンであった。

【効果あり】	・砒素 ・ふっ素 ・酸性化
【効果なし】	・セレン（対象外であるが評価）

①ふっ素サンプルでは、高炉 B と高有機で対象外であったセメント由来の六価クロムが基準を超過し、使えるものは「高炉 B+加水」のみで、100kg/m³程度以上の配合で効果があった（図-1）。なお、六価クロムの溶出が無ければ高有機が最も少ない配合で効果があった。

②酸性化サンプルでは、セメント由来の六価クロムの溶出は無かった。ふっ素で20kg/m³程度以上の配合で効果があり、①ふっ素サンプルよりも少ない配合で効果があった（図-2）。セレンは配合前の段階で、僅かに基準を下回っていたが、配合することによって、反対に基準を超過、配合が増加すると溶出は減少に転じるが、今回の試験の最大配合量である250kg/m³でも基準を満足することは無かった（図-3）。酸性化については、僅かな配合で効果があった（図-4）。

また、7日養生と28養生では、大きな差は無い。

5. まとめ

- ・「砒素」「ふっ素」や「酸性化」の基準超過の程度によっては、セメントを混合することによって、飛散防止対策を行えば、無対策土として扱える可能性がある。
- ・セレンが溶出する場所では、セメントの効果は期待できないと考えられる。

《参考文献》

- 1) 国土交通省-建設工事における自然由来重金属等含有土砂への対応マニュアル検討委員会「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（暫定版）」2010年3月
- 2) (公)地盤工学会関東支部「地盤改良材を中心とした廃石こうボードの再資源化」2013年2月

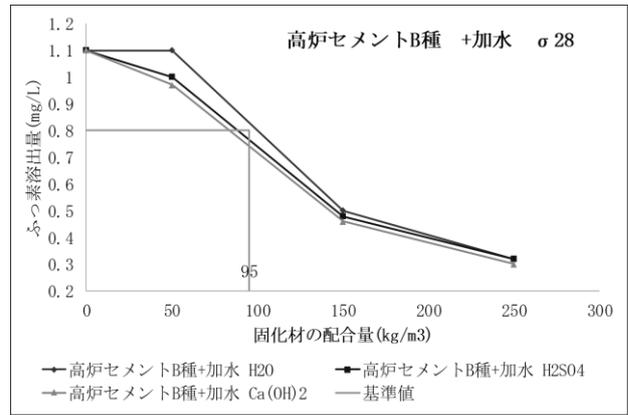


図-1 ふっ素サンプルのふっ素溶出と高炉 B+加水

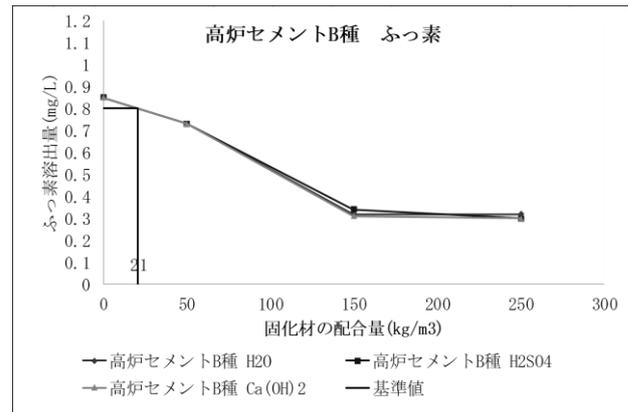


図-2 酸性化サンプルのふっ素と高炉 B

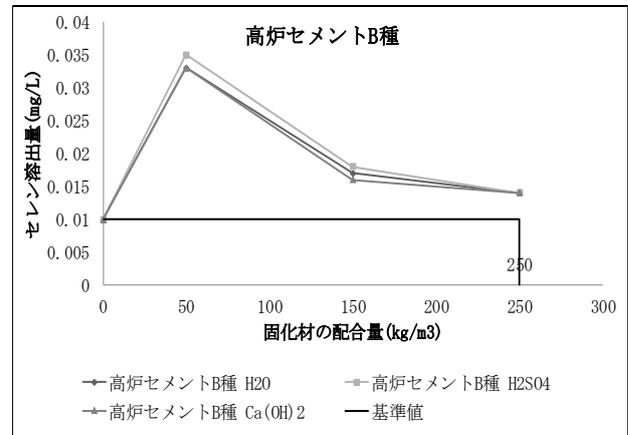


図-3 酸性化サンプルのセレンと高炉 B

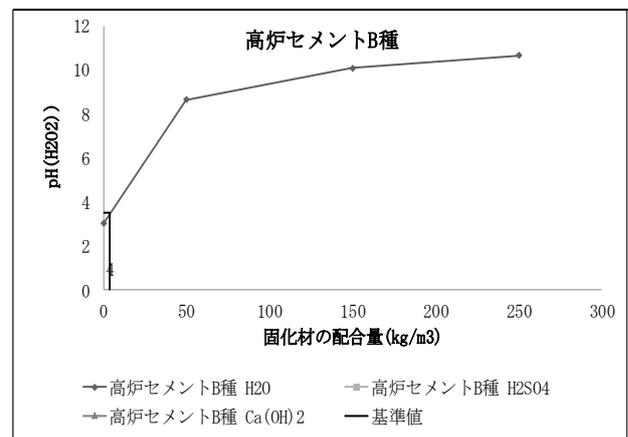


図-4 酸性化サンプルの酸性化と高炉 B