

IV-8-2 建設資材の環境安全性に関する研究（2）

研究予算：運営費交付金（道路整備勘定）

研究期間：平14～平17

担当チーム：土質チーム

研究担当者：小橋 秀俊、森 啓年

榎谷 有吾

【要旨】

本研究は土質材料（セメント改良土や建設発生土）から溶出する可能性のある重金属類の環境影響を把握するとともに、土質材料の環境安全性を評価する技術を確立することを目的として実施するものである。

本研究の成果として、セメント改良土については、土質と固化材の種類による六価クロムの溶出傾向を把握するとともに、セメント改良土から溶出した六価クロムの周辺地盤における挙動を明らかにした。また、土質材料の環境安全性を評価する技術については、建設発生土中の鉛と砒素が環境基準を超過する可能性を短時間で判定する簡易分析技術の提案のため、土壌から重金属を溶出させる前処理法の検討を行い、短時間での重金属類の蒸留水への溶出特性を明らかにした。

キーワード：セメント改良土、簡易分析、六価クロム、鉛、ひ素、

1. 序論

1.1 背景

平成15年2月に「土壌汚染対策法」が施行されたことに伴い、国民の土壌・地下水汚染への関心が高まっている。そのような中、建設工事で使用する土質材料から溶出する可能性のある重金属類についても適切に対応することが求められている。

1.2 目的

本研究は土質材料から溶出する可能性のある重金属類の環境影響を把握するとともに、土質材料の環境安全性を評価する技術を確立することを目的として、以下の二課題について検討を実施した。

① セメント改良土から溶出する六価クロムの環境影響の把握

土質と固化材の組合せによってはセメント改良土から六価クロムが溶出する可能性がある。そのため、その溶出傾向と周辺地盤における六価クロムの挙動について検討を行った。

② 土質材料の環境安全性評価技術の開発

トンネルズリなどの建設発生土には自然由来の重金属類が含まれる可能性がある。そのため、自然由来の重金属類として比較的多く存在する鉛・ひ素¹⁾を対象として、簡易分析技術の提案のため、環境庁告示第46号法試験（以下、公定法）において、最も時間が必

要な土壌から重金属を溶出させる前処理の過程を短縮させる手法について検討を行った。

2 セメント改良土からの六価クロム溶出

2.1 背景

セメント改良土から溶出する六価クロムは、土が含有するものを除いて、セメントが含有しているものに由来する²⁾。これらの六価クロムの多くは、土と固化材を混合する過程でセメント水和物に固定されるが³⁾、固化材と混合される土の種類によっては、水和物の生成に必要なCaイオンを土に含有される粘土鉱物や有機物が吸着することなどにより水和反応を阻害する⁴⁾。このため、セメント水和物に固定されない一部の六価クロムがセメント改良土から溶出すると考えられている。

この問題については、平成11年12月に「セメント系固化処理土検討委員会」（委員長：嘉門京都大学大学院教授）が設置され、地盤改良材をはじめとするセメント全般について六価クロムに対する安全性が検証された。その結果、セメント改良土については適切な対応を取るよう、建設省（現国土交通省）から平成12年3月24日（平成13年4月20日見直し）に当面の措置を講ずる旨の通達「セメント及びセメント系固化材の地盤改良への使用及び改良土の再利用に関する当面の措置について」と同運用（以下、通達）が出された。

本研究は、通達の適切かつ円滑な運用を図るとともに、技術的な有効性を確認するため、セメント改良土から溶出する六価クロムの溶出傾向と周辺地盤における挙動について検討を行ったものである。

2. 2 土質と固化材の種類の影響

(1)方法

セメント改良土からの六価クロム溶出特性を把握するため、国土交通省直轄工事、農林水産省直轄工事及び日本道路公団工事において、平成12年4月～

平成14年4月の約2年間にわたりセメント改良土施工前の配合設計時に行った公定法の結果（1753試料）を収集・分析した。

(2)結果

①全体の傾向

1753試料のうち110試料(約6.3%)について土壌環境基準を超える六価クロムの溶出が見られた(図-1)。また、土と固化材の組合せによって溶出頻度に顕著な差が見られた(表-1)。以下に詳細を記す。

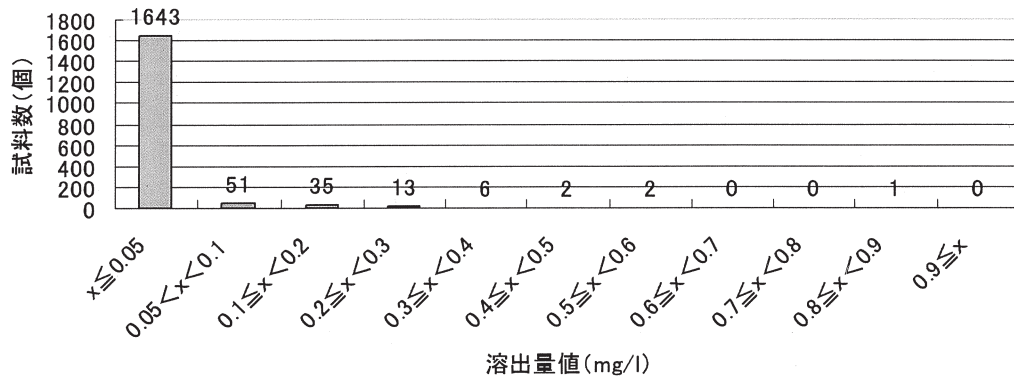


図-1 セメント改良土からの六価クロム溶出量値(公定法)

表-1 施工前の配合設計時に行われた六価クロムの溶出試験結果

土質の分類		普通ポルトランド'	セメント系固化材	高炉セメントB種	新型固化材
砕石等	岩	-	0 / 5	0 / 3	-
	砕石	0 / 4	2 / 10	0 / 41	0 / 6
	砕石+砂質土	-	-	0 / 6	-
	砕石+砂	0 / 2	-	0 / 17	0 / 1
礫	礫	0 / 7	0 / 11	0 / 19	0 / 5
	礫質土	0 / 23	3 / 25	0 / 45	2 / 18
	砂	6 / 22	0 / 87	2 / 85	0 / 26
	砂質土	4 / 20	5 / 147	4 / 111	2 / 28
粘性土～シルト	粘性土～砂質土	-	-	0 / 7	-
	シルト	3 / 23	5 / 71	2 / 129	0 / 39
	粘性土等	粘性土	6 / 38	8 / 218	5 / 158
粘性土等	有機質土	3 / 10	5 / 36	3 / 35	2 / 31
	高有機質土	-	0 / 25	1 / 2	-
	火山灰質土等	シラス+砕石	-	-	5 / 8
火山灰質土等	火山灰質砂	-	3 / 3	0 / 2	0 / 1
	火山灰質砂質土	-	-	0 / 1	0 / 1
	火山灰質粘性土	12 / 14	10 / 26	0 / 25	5 / 27
計		34 / 163	41 / 664	22 / 694	13 / 232

表-2 固化材の違いによる六価クロムの溶出状況

固化材	平均12年4月から平成14年4月		
	試料数	土壌環境基準超過試料数	土壌環境基準を超えた試料の溶出濃度平均値
普通ポルトランド'	163	34 (21%)	0.16mg/l
セメント系固化材	664	41 (6%)	0.19mg/l
高炉セメントB種	694	22 (3%)	0.08mg/l
新型固化材	232	13 (6%)	0.09mg/l
計	1753	110 (6%)	

表-3 土質の違いによる六価クロムの溶出状況

土質	平均12年4月から平成14年4月		
	試料数	土壌環境基準超過試料数	土壌環境基準を超えた試料の溶出濃度平均値
砕石等	137	2 (2%)	0.08mg/l
礫質土～シルト	906	38 (4%)	0.14mg/l
粘性土	600	33 (6%)	0.11mg/l
火山灰質土 [うち火山灰質粘性土]	110 [92]	37 (34%) [27(29%)]	0.18mg/l [0.21mg/l]
計	1753	110 (6%)	

②固化材の種類の影響

固化材による溶出傾向をみてみると、普通ポルトランドセメントを用いた場合、土壤環境基準を超える試料の割合が21%と最も高く、高炉セメントB種が3%と最も低い(表-2)。高炉セメントB種のように還元性物質を含む固化材では六価クロムの溶出が抑制されていることがわかる。

③土質の影響

土質による溶出傾向では、火山灰質土が土壤環境基準を超えて溶出する割合が高く、また溶出濃度も他の土質と比較して高くなっている(表-3)。これは、火山灰質土のCaイオン吸着能が高いためセメントの水和反応が阻害され、水和物に六価クロムが固定されないためと考えられる。

2. 3 六価クロムの周辺地盤における挙動

(1)方法

大型土槽実験及びその解析を行い、セメント改良土(浅層改良)から溶出する六価クロムの周辺地盤への挙動についてシミュレーションを行った。

大型土槽実験では図-2に示すように、砂質地盤上にセメント改良土(六価クロムの溶出試験値が0.33mg/l)を設置し、一定の降雨(30mm/h)を43日間与えた。

(2)結果

図-2のようにセメント改良土の20cm下方では最大で0.26mg/lの六価クロムが検出されたが、40cm下方においては検出されなかった。これは砂質地盤に六価クロムの吸着及び還元能力があるためだと考えられる。

また、実験を実施したケースについて移流拡散解析を行った結果、図-3のようにセメント改良土から離れるにしたがって、実験結果と解析結果の乖離が大きくなり、数値シミュレーションの方が実験結果より六価クロムが拡散しているという結果が得られた。

これは、六価クロムは時間の経過とともに、比較的無害な三価クロムに還元もしくは周辺土壌により強く吸着し、再溶出しなくなるという現象が解析において考慮されていないことが主な原因として考え

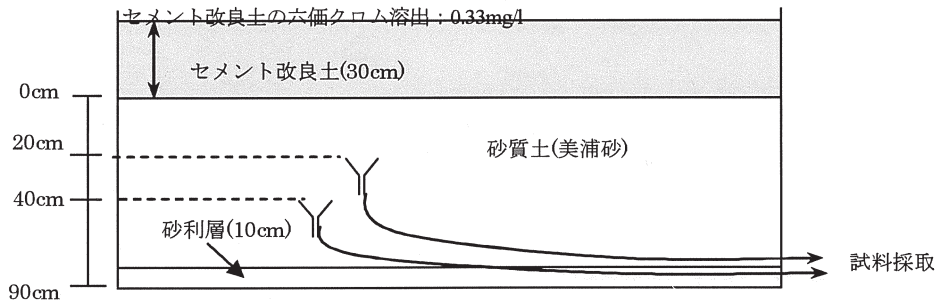


図-2 大型土槽実験概要

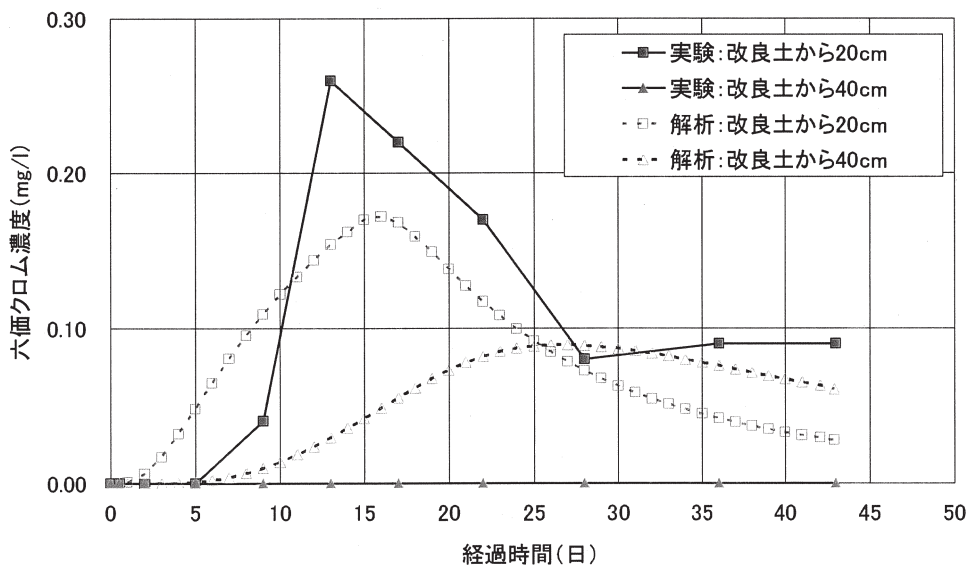


図-3 大型土槽実験結果及び解析結果

られる。さらに、解析では考慮されていないが、濃度が低下すると地盤中を六価クロムが移動する速度が遅くなる傾向があり、実験でも同様の現象が生じていることも考えられる。

2. 4 研究成果の活用

本研究成果は、セメント改良土からの六価クロム溶出を抑制するため手法を示した通達の有効性を確認するとともに、その技術的根拠となっている。また、「セメント系固化処理土検討委員会」の審議において活用されるとともに、平成 15 年 6 月にとりまとめられた最終報告書に反映された。

3 土質材料の環境安全性評価技術の開発

3. 1 背景

鉱脈が存在する山間部のトンネルズリや海岸沿いの扇状地などにおいては、自然由来の重金属類が土壌中に存在する場合がある。このような自然由来の重金属類は、一般的に低濃度で広範囲に分布することから、通常であれば汚染土壌として対策が求めら

れることはない。ただし、自然由来の重金属類が含まれる土壌を建設発生土として、重金属類が土壌中に含まれていない地域に持ち出すと、その地域で土壌・地下水汚染を引き起こす可能性があることから、注意が必要である。そのため、建設発生土の搬出時と受入時に、公定法を実施して環境安全性に関する確認することが望ましいが、建設発生土は年間 2 億 4,500 万 m³(平成 14 年度)と大量に発生することや、公定法の実施には一週間程度が必要なことから、環境安全性の評価の実施は困難であるのが現状である。

本研究では、建設発生土の環境安全性を確保するため、建設現場において利用可能な簡易な分析技術の提案を目的として、自然由来の重金属類として比較的多く存在する鉛・ひ素を対象に、公定法において最も時間が必要な土壌から重金属を溶出させる前処理の時間を短縮させる手法について検討を行った。

3. 2 簡易な前処理方法の検討

(1)方法

前処理の時間短縮のため、土壌からの重金属類

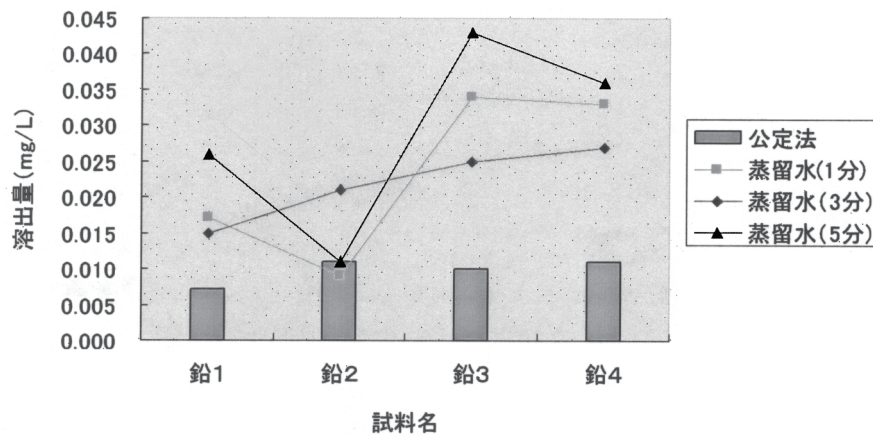


図-4 鉛の溶出量

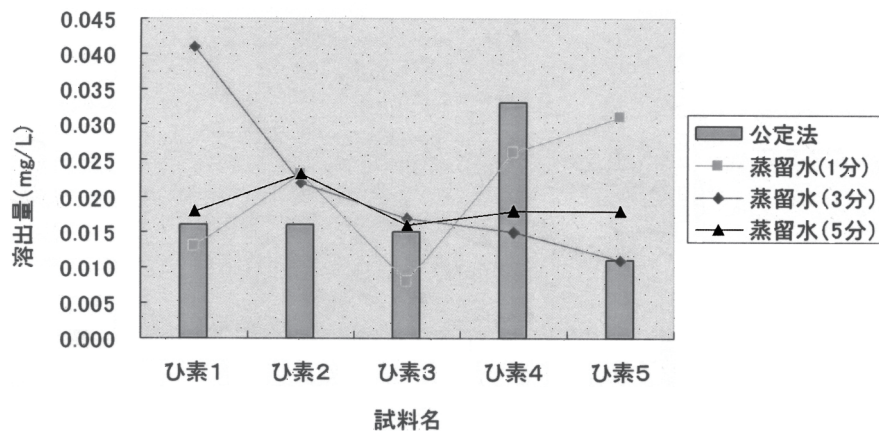


図-5 ひ素の溶出量値

(鉛・ひ素)の溶出手法の検討を行った。実験では、振とう時間を1, 3, 5分と公定法の6時間から大幅に短縮するため、自然的原因により特定有害物質が環境基準を超えている土壌(鉛4試料、ひ素5試料)と蒸留水を固液比1:4(公定法では1:10)の割合でシリンジに入れ、3,000rpmの回転数で振とう(公定法では200rpm)する。振とう後、シリンジに0.45 μ mのろ過フィルターを取り付け、溶液をろ過し、公定法に定められた手法により鉛とひ素の測定を実施した。

(2)結果

簡易な前処理方法と公定法に定められた前処理方法を用いた場合の測定結果を比較した(図-4, 5)。その結果、数分という短時間の振とう操作にも関わらず、公定法と同程度の値を得ることができた。なお、一部の試料については公定法の値を下回る結果となったが、溶出量を大きくするため使用するフィルター径等の検討を行い対応したい。

また、振とう時間の違いによる溶出傾向を見てみると、1, 3, 5分という短時間の振とう操作では、溶出量の統一的な傾向はみられなかった。

3.3 研究成果の活用

本研究により開発に着手した簡易分析技術は、建設工事現場、ストックヤード等において、作業員・ドライバー・施設管理者等が容易に実施できるものを目指して(図-6)、民間会社との民提案型共同研究を実施している。

4 結論

本研究では、セメント改良土から溶出する可能性がある六価クロムの特性と、土質材料の簡易分析技術の提案に寄与する前処理方法に関する検討を行った。その結果、以下の成果が得られた。

- ① セメント改良土から溶出する六価クロムの環境影響に関する研究成果
 - ・ 固化材では普通ポルトランドセメント、セメント系固化材が、土質では火山灰質粘性土を用いたセメント改良土からの六価クロム溶出頻度が高い傾向がある。
 - ・ セメント改良土から溶出する六価クロムは、周辺地盤においては拡散しにくい傾向がある。これは主に土壌の六価クロムの吸着効果や還元効果によるものと考えられる。
 - ・ これらの結果から、セメント改良土からの六価クロムの溶出抑制手法を示した通達の有効性を確認した。
- ② 土質材料の環境安全性評価技術に関する研究成果
 - ・ 固液比を小さく、振とうの回転数を大きくすることで、例えば1分程度の非常に短時間でも土壌中の重金属類(鉛・ひ素)を蒸留水へ溶出させることが可能である。ただ、土壌によって溶出量が前後するため、簡易な前処理方法の精度向上のためには、今後さらなる検討が必要である。

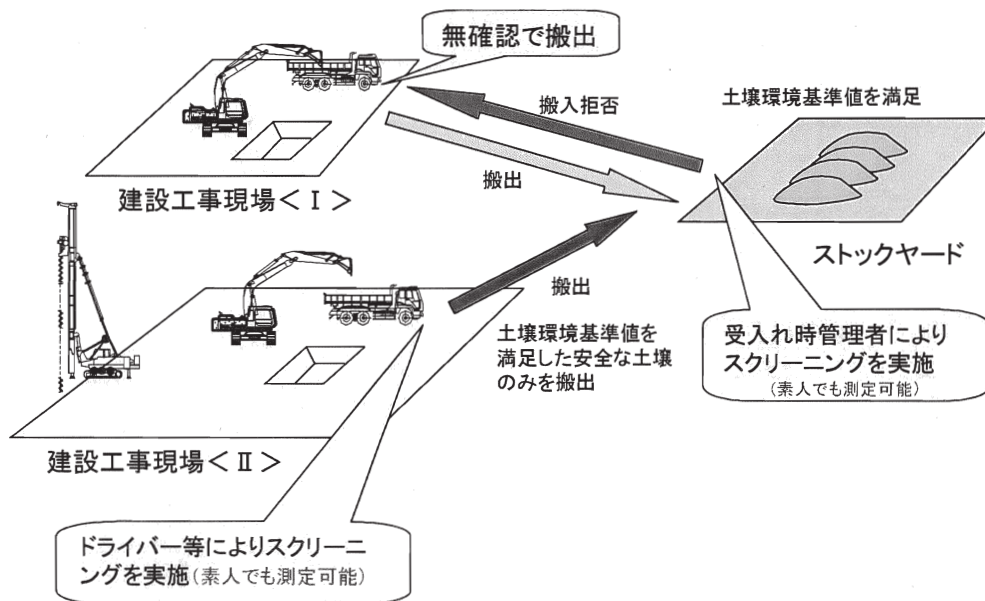


図-6 簡易分析技術の開発イメージ

参考文献

- 1) 環境省：土壤中の特定有害物質が自然的原因によるものかどうかの判定方法、環水土第20号、平成15年2月4日
- 2) 高橋 茂：セメントに含まれる微量成分の環境への影響、セメント・コンクリート、No. 640、pp. 20～29、2000.
- 3) 内川 浩：セメントによる廃棄物、汚泥中の有害物質の固定、セラミックス、12、No. 2、pp. 103～117、1977.
- 4) (社)セメント協会：セメント系固化材による地盤改良マニュアル〔第二版〕、pp. 24～26、1994.