

六価クロム溶出量を抑える還元材料の新たな提案（2）

—火山灰質粘性土における有効性の検証—

（株）加藤建設 正会員 ○桑原 崇詞 正会員 平山 千恵子

1. はじめに

セメントおよびセメント系固化材による地盤改良を行う場合、施工前に対象となる土と固化材を混合した試料にて、六価クロム溶出試験が義務付けられており、土壤環境基準（0.05mg/L）を満足する適切な配合を選定することとされている。一方で、火山灰質粘性土については、他の土質と比較しても、その溶出傾向および溶出した際の濃度が高く、国土交通省より施工後の溶出試験を実施することが通達されている。このような、溶出原因のひとつとして、火山灰質粘性土では、水和に必要なカルシウムを吸着し、水和物の生成を著しく阻害する非晶質粘土鉱物アロフェンが多く含まれることが報告されている¹⁾。よって、改良の対象となる土の粘土鉱物や有機成分の要因に左右されることなく、土壤環境基準を満足し、また限りなく少量化することは環境配慮への重要な課題であると考えられる。本報では、六価クロム還元材 EC²⁾ を併用することで、セメント改良体からの六価溶出量を抑制し、かつ強度発現を損なわない効果が示されたので、ここに報告する。

2. 試験概要

2.1 試験材料

使用した試料土と物理特性を表-1 に示す。各物理特性は JIS 規格に準拠し測定した。また、アロフェンの抽出は、8N HCl-0.5N NaOH 交互溶解法³⁾ を用いて、質量減少率が安定した部分の回帰直線から求めた。本報で使用了固化材は、高炉セメント B 種、一般軟弱土用固化材、特殊土用固化材、高有機質土用固化材の 4 種類とした。また、各固化材における強度差（物理的要因）を除外するため、材齢 7 日において一軸圧縮強度が 300kN/m² となる添加量にて、六価クロム還元材（以下、EC と略）を添加した。

2.2 供試体の作製方法

供試体の作製は、各セメント系固化材を 70～340kg/m³ の間で 4 水準に変化させ、スラリー添加にて混合を行った。このとき、各水セメント比は、テーブルフロー試験にて、流動値が 130mm を満足するものとした。供試体（φ5cm×H10cm）は、「安定処理土の締固めをしない供試体作製方法（JIS 0821-2000）」に準拠した。供試体作製後、ラップで密栓して 20±3℃の恒温恒湿機内にて所定の期間まで養生を行った。

2.3 還元材料の添加方法

2.2 供試体作製方法より、材齢 7 日における供試体の一軸圧縮強度結果を図-1 に示す。これより、各固化材が目標強度（300kN/m²）近傍の添加量にて、EC をセメント添加量に対する 0, 0.3, 0.5, 1.0% を混合し、再度供試体を作製、各試験項目にて評価を行った。

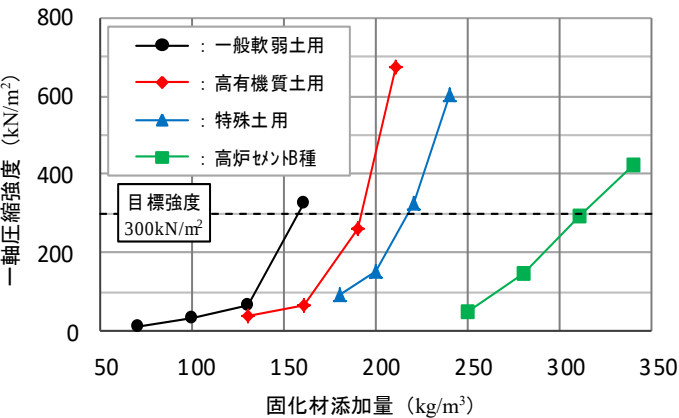


図-1 各固化材の添加量と強度の関係

2.4 試験項目

試験項目は、改良体の強度試験および溶出量の測定を行った。強度試験は、土の一軸圧縮強さ試験（JIS A 1216）に準拠し、六価溶出量の測定は、環境庁告示第 46 号試験を用いて、直ちに溶出させ、JIS K 0102.65.2.1 「ジフェニルカルバジド吸光光度法」を規範とした。

表-1 試料土の物性値

分類記号	産地	含水比 (%)	土粒子の密度 (g/cm3)	湿潤密度 (g/cm3)	粒度 (%)				コンシステンシー		強熱減量 (%)	アロフェン量 (%)
					礫	砂	シルト	粘土	液性限界	塑性限界		
VH ₂ S	千葉県	73.8	2.736	1.511	1.1	23.7	47.6	27.6	103.7	59.5	11.5	48.2

キーワード 地盤改良工，火山灰質粘性土，六価クロム溶出量，酸化還元電位，還元材料

連絡先 〒136-0072 東京都江東区大島 3-19-2 （株）加藤建設ジオテクノロジー事業部企画開発部 TEL：(03)3637-5341

3. 試験結果

3.1 EC 添加による強度発現

図-3 に、EC 添加量と各固化材の一軸圧縮強度との関係性を示す。本試験では、火山灰質粘性土を用いたため、目標強度が低強度 (300kN/m^2) にも関わらず、各々が高添加量になる傾向にあった。また、各固化材において、若干のバラツキが生じているものの、EC を添加することにおける強度発現への影響は見られなかった。これは、EC 添加量が 0.1% と少量でも高い還元性を示す²⁾ ことに起因するためと考えられる。

3.2 六価クロムの減衰

図-4 に、EC 添加量と各固化材の六価クロム溶出量の測定値を示す。尚、定量下限値は 0.005mg/L とした。一般軟弱土用固化材を除く 3 種類の固化材については、未処理でも土壤環境基準値 (0.05mg/L) 近傍にあり、一方で一般軟弱土用固化材のみ、大幅な溶出値を示した。しかし、EC を 0.3% 添加することで、すべての固化材において、環境基準値を満足し、さらに 0.5% 添加した場合は、六価クロムの溶出量が限りなくゼロに近い値 (定量下限値以下) となることを確認した。

3.3 酸化還元電位と pH の関係

図-4 に示した検体の pH と酸化還元電位を測定し、その結果を Eh-pH 関係図⁴⁾ にプロットしたものを図-5 に示す。測定方法については、Eh が直接法⁵⁾ にて、pH が JGS 0211-2000「土懸濁液の pH 試験方法」にて実施した。これにより、環境基準値を超える検体は、六価クロム安定領域に存在し、環境基準値を下回る検体は、三価クロムの安定領域に存在しており、測定結果が Eh-pH 関係図と合致している事を確認した。

4. まとめ

以上の結果より、次の知見が得られた。

- ・本還元材 EC は、強度発現に影響を及ぼさないことが示された。
- ・火山灰質粘性土であっても 0.3% 程度の添加量で高い還元性を示した、
- ・0.5% 以上を添加した場合、定量下限値 (0.005mg/L) を下回る結果となった。
- ・今回の溶出傾向は、Eh-pH 関係図と合致した。
- ・今後、早期的な六価クロムの溶出判定を視野に入れ、Eh-pH の経時的な関係性を検討しつつ、地盤改良へのニーズに合った EC の有効活用を考えている。

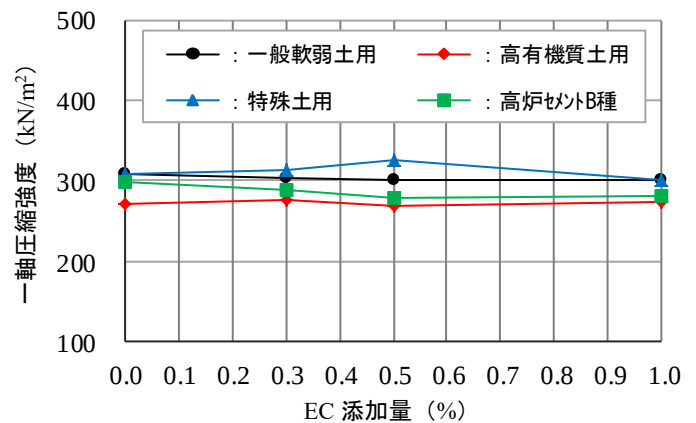


図-3 EC 添加量と一軸圧縮強度 (材齢 7 日)

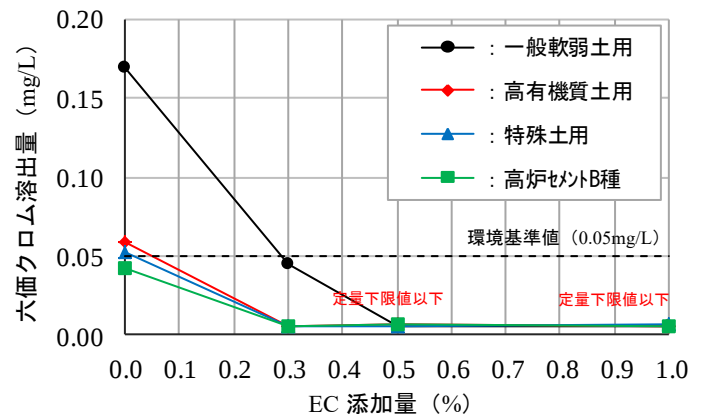


図-4 EC 添加量と六価クロム溶出量

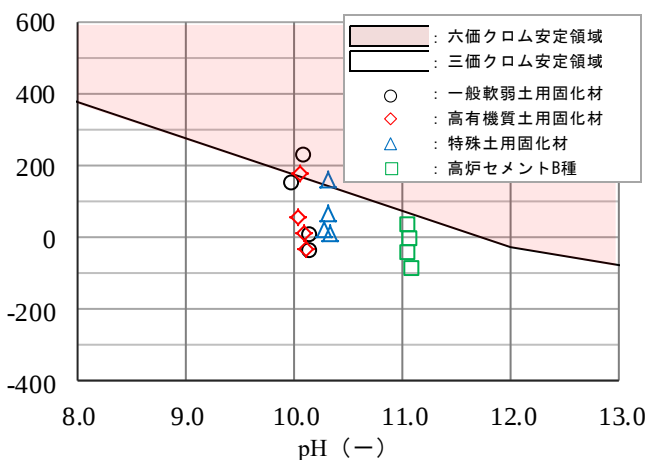


図-5 酸化還元電位と pH の関係性

参考文献

- 1) セメント系固化処理土検討委員会：セメント系固化処理土に関する最終報告書 (案)，2003
- 2) 平山千恵子ら：六価クロム溶出量を抑える還元材料の新たな提案 (1)，土木学会全国大会第 73 回年次学術講演会，2018
- 3) 北川靖夫ら：土壌中のアロフェンおよび非晶質無機成分の定量に関する研究，農技研報告，No.29，pp1-48，1977
- 4) European Commission-Joint Research Centre：European Union Risk Assessment Report，Vol. 53，pp 70-75，2005
- 5) 土壌養分測定法委員会編：土壌養分分析法，第 14 版，養賢堂，pp58-63，1997