

# 六価クロム溶出基準を超過するセメント改良土について

㈱イーエス総合研究所 ○田中 隆志, 植松 えり子, 小口 智久, 常松 哲

## 1. はじめに

セメントによる軟弱地盤改良の際、公共工事では六価クロム(以下 Cr(VI))溶出試験が義務付けられている<sup>1)</sup>。溶出試験の結果が環境基準の 0.05mg/l を超過する場合には適切な処置をすることとされている。公共工事での Cr(VI)溶出試験の全国集計によると、基準超過事例は火山灰質粘性土が多い。その原因は、火山灰質粘性土にはアロフェンが多く含まれるため、アロフェンがカルシウムを吸着しセメントの固化を阻害する影響と報告されている<sup>2)</sup>。

火山灰質粘性土について、Cr(VI)溶出基準を超過しない改良方法を確立することは資源の有効利用の観点から有益である。そこで、火山灰質粘性土からの Cr(VI)溶出を抑制するため、アロフェンに着目し、アロフェン含有量が改良土の Cr(VI)溶出に与える影響について検討した。その結果、カルシウムを添加するという簡便な方法で極めて大きな効果を得ることができたので報告する。

## 2. 実験概要

### 2-1 材料および測定方法

実験に用いた材料は以下の①～⑤である。アロフェンの影響度合いを確認するため、母材に対してアロフェンを混合し、アロフェン含有量が異なる改良用試料を用意した。アロフェンの吸着能力は高いので、母材には吸着能力が低い砂を用いた。

- ①改良用試料: 母材に対してアロフェンを重量比で 0～20% 混合して用いた。
- ②母材: 砂 1(栗丘産)と砂 2(新十津川産)の 2 種類を、0.3～2mm に粒径調整して用いた。
- ③アロフェン: 粉末状の非晶質アロフェンであるセカード P-1(美浜㈱)を用いた(これ自体から Cr(VI)は溶出しない)。
- ④セメント: Cr(VI)溶出基準超過の報告が多い普通ポルトランドセメントを用いた。
- ⑤カルシウム: セメント中の形態に近い酸化カルシウム(和光純薬㈱製一級 CaO)を用いた。

以下の実験において、溶出液作成は環境庁告示第 46 号によって行い、Cr(VI)濃度測定は JIS K 0102 65.2.1 フェニルカルバジド吸光光度法によって行った。

### 2-2 アロフェン含有量がセメント改良土の Cr(VI)溶出に与える影響について

アロフェン含有量が Cr(VI)に与える影響を把握するため、以下の実験を行った。

- ①アロフェン含有量と Cr(VI)溶出量の関係: 砂 1、砂 2 に対して乾燥重量比でアロフェンを 0～20% 混合し、100kg/m<sup>3</sup>でセメント改良した。7 日間養生後に Cr(VI)溶出試験を行った。
- ②セメント添加量と Cr(VI)溶出量の関係: 砂 1 と、砂 1+アロフェン 6%(重量比)に対して、セメント添加量を変えて改良を行い、7 日間養生後に Cr(VI)溶出試験を行った。

### 2-3 セメント改良土へのカルシウム添加の影響について

セメント改良土において Cr(VI)溶出基準を超過する原因がアロフェンによるカルシウムの吸着<sup>2)</sup>である場合は、カルシウムを添加することで Cr(VI)溶出を抑制できると考えた。セメント改良土へのカルシウム添加の影響を評価するため、以下の実験を行った。

- ①カルシウム添加の効果: 砂 1+アロフェン 6%、砂 2+アロフェン 6%の改良用試料を 100kg/m<sup>3</sup>でセメント改良した。その際カルシウムを 0～3% 添加し、7 日間養生後 Cr(VI)溶出試験を行った。
- ②カルシウム添加時期と Cr(VI)溶出量の関係: 砂 2+アロフェン 6%の改良用試料を 100kg/m<sup>3</sup>でセメント改良した。その際、測定までの各段階でカルシウムを 3% 添加し、Cr(VI)溶出試験を行った。

## 3. 実験結果及び考察

### 3-1 アロフェン含有量と Cr(VI)溶出量

アロフェン含有量が改良土の Cr(VI)溶出に与える影響を確認するため、アロフェン含有量を変化させてセメント改良し、Cr(VI)溶出試験を行った。その結果を図 1 に示す。

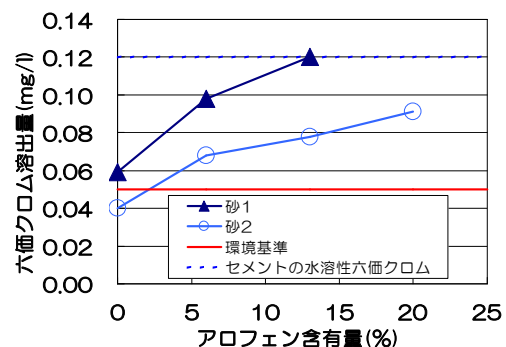


図 1 アロフェン含有量と Cr(VI)溶出量

砂 1、砂 2 の両方の母材で、アロフェン含有量の増加に伴い Cr(VI)溶出量が増加する傾向を示した。両方の母材で、6%程度のアロフェン含有によって Cr(VI)溶出量は大きく増加しており、アロフェンの存在は Cr(VI)溶出に大きな影響を与え、基準超過の原因になっていると考えられる。

### 3-2 セメント添加量と Cr(VI)溶出量の関係

3-1 で、同じ母材に対してセメント添加量が変わらない場合、アロフェン含有量の増加に伴い Cr(VI)溶出量も増加することを示した。セメント添加量を増やせば固化が進むため、Cr(VI)溶出量は下がる可能性がある。その影響を見るため、セメント添加量に対する Cr(VI)溶出量の変化を確認した。その結果を図 2 に示す。

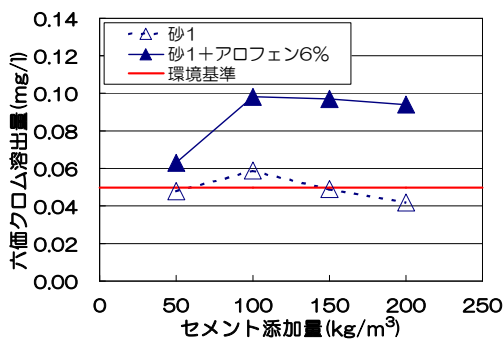


図 2 セメント添加量と Cr(VI)溶出量

砂 1 と砂 1+アロフェン 6%の両方で、セメント添加量が 100~200 kg/m³ のとき、セメント添加量の増加に伴い、セメントの固化が進み Cr(VI)溶出量は減少する傾向を示した。

Cr(VI)溶出量と基準を比較すると、砂 1 では 50kg/m³、150kg/m³、200kg/m³ 添加で基準を満足した。しかし砂 1+アロフェン 6%では 200kg/m³ 添加でも基準を超過しており、基準を満足するには、より多量のセメント添加が必要と予想される。多量のセメント添加は資源的・経済的に問題がある。

### 3-3 カルシウム添加の効果

Cr(VI)溶出基準超過の原因がアロフェンのカルシウム吸着<sup>2)</sup>によるため、カルシウムを添加することで Cr(VI)溶出量は抑制され、3-2 で述べた問題は解決できると考えた。そこで、セメント改良時のカルシウム添加が Cr(VI)溶出量に与える影響を確認する実験を行った。その結果を図 3 に示す。

砂 1+アロフェン 6%、砂 2+アロフェン 6%ともに CaO 添加により Cr(VI)溶出量が減少し、3%添加で砂 1 砂 2 の両方で環境基準を満足した。セメント改良時の CaO 添加は Cr(VI)溶出の抑制効果を持つことがわかった。CaO 添加により、アロフェンが吸着して不足したカルシウムが補われ、固化が十分に進んだと考えられる。

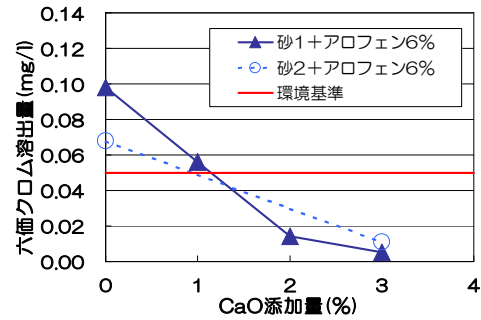


図 3 CaO 添加量と Cr(VI)溶出量

### 3-4 カルシウム添加時期と Cr(VI)溶出量の関係

3-3 で改良時の CaO 添加は Cr(VI)溶出抑制に効果があることを示した。その効果がどの段階で表れるのかを調べるため、カルシウムの添加時期を変えた実験を行った。CaO を添加した時期を図 4 に、結果を図 5 に示す。

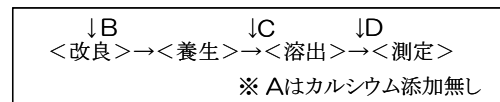


図 4 CaO 添加時期

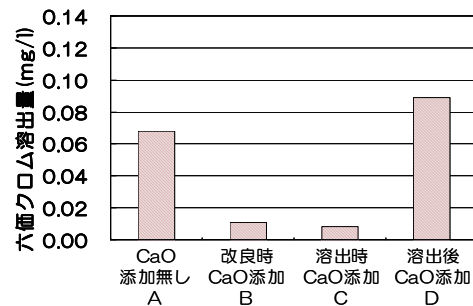


図 5 CaO 添加時期と Cr(VI)溶出量

3-3 で示したように、CaO 添加無し(A)に比べて改良時 CaO 添加(B)は Cr(VI)溶出量が減少した。溶出時 CaO 添加(C)の場合も、改良時 CaO 添加(B)と同程度の溶出量となった。しかし溶出後 CaO 添加(D)で Cr(VI)溶出量の減少は認められなかった。

C で見られた Cr(VI)溶出量減少が D では見られないため、溶出した Cr(VI)とカルシウムが直接反応した可能性は低い。改良後に CaO 添加した C で、改良時に CaO 添加した B と同程度の Cr(VI)溶出量となっているため、セメント改良済みの基準超過土に対しても、CaO 添加による Cr(VI)溶出抑制が期待できる。

### 【参考文献】

- (1)建設省技調発第 48 号:「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」 2000.3
- (2)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検討最終報告書(案)」 p9,p19 2003.6