

セメント改良土からの六価クロム溶出低減に関する研究

香川大学 学生会員 ○山谷健介 フェロー 吉田秀典
正会員 松本直通 正会員 末永慶寛 学生会員 柴田慶一郎

1. はじめに

構造物を建設する際、地盤の支持力等を調査する。地盤が軟弱である場合、構造物が変形したり、地盤の液状化が発生したりするため、地盤改良等を行う必要がある。強度確保を目的としてセメント系固化材にて地盤改良を行う場合、環境基準値(0.05mg/L)を超える六価クロム(以降 Cr^{6+})がセメント系固化材から溶出する可能性がある。近年では、土壤環境基準や地下水環境基準が見直されたことから、セメント改良土からの Cr^{6+} 溶出が改めて顕在化し、社会問題となっている。本研究では、3種類の廃棄材料を用いることで、改良土からの Cr^{6+} 溶出低減効果を異なるアプローチで検証する。3種類の廃棄材料は籾殻灰(Rice Husk Ash, 以降 RHA)、魚骨由来のヒドロキシアパタイト(Fishbone Powder, 以降 FbP)、廃シロップで、これらを添加したセメントと黒ぼく土を混合し、改良土に対する強度試験および溶出試験を通して、各廃棄材料の添加による強度ならびに Cr^{6+} 溶出特性を評価する。

2. 供試体と試験方法

供試体は、日本セメント協会規格の「セメント系固化材による改良体の強さ試験方法(JCAS L-01:2006)」にしたがって作製した。セメントは、土壌 1m^3 あたり 100kg を混合し、混合方法はスラリー(W/C=240)とした。廃シロップはセメント質量の 0.25%, FbP および RHA はセメント質量の 3%を添加した。 Cr^{6+} の溶出特性を評価するために、環境通知第 46 号にしたがって溶出試験を、また、廃棄材料を添加した改良土の強度特性を評価するために、土の一軸圧縮試験方法(JIS A 1216)にしたがって強度試験を実施した。なお、再現性を確保するため、各供試体を 3 体ずつ用意し、試験結果等はその平均値を示す。

3. 試験結果

3.1 一軸圧縮試験

廃棄材料を添加した供試体の一軸圧縮試験結果を図 1 に示す。Unimproved は土壌のみを使用した供試体である。Blank は廃棄材料を添加していない供試体である。図 1 より、廃シロップを添加した供試体の 28 日強度は、Blank に対して大幅に向上した。これは、グルコン酸が生成され、セメント粒子の分散性を向上させたことで、セメントが土壌に均一に浸透したことが理由と考えられる¹⁾。一方で、FbP および RHA を添加した供試体の強度は、28 日養生後も変化していない。両方の材料が水和反応に必要な水分を吸収したことが理由と考えられる。廃シロップには複数の糖が含まれていることから、当該シロップだけでなく、グルコース、スクロース、アロースを用いた試験も行った。その結果を図 2 に示す。すべての供試体で、養生日数の経過とともに強度が増加した。糖類の中でも、廃シロップを添加した供試体が最も高い強度を示した。

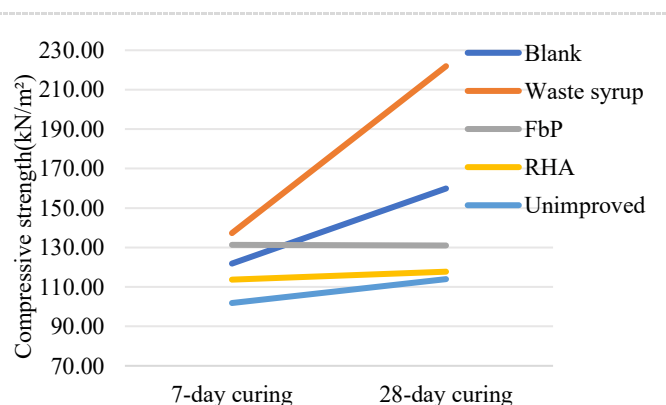


図 1 一軸圧縮試験結果(廃棄材料)

廃シロップには複数の糖が含まれていることから、当該シロップだけでなく、グルコース、スクロース、アロースを用いた試験も行った。その結果を図 2 に示す。すべての供試体で、養生日数の経過とともに強度が増加した。糖類の中でも、廃シロップを添加した供試体が最も高い強度を示した。

3.2 溶出試験

廃棄材料および糖類を添加した供試体の溶出試験結果をそれぞれ図 3 と図 4 に示す。未改良土(Unimproved)にはセメント系材料を添加していなかったため、Unimproved からは Cr^{6+} は溶出していない。7 日養生の Blank から基準値を超える Cr^{6+} が溶出しているが、28 日後には減少する。 Cr^{6+} が水和生成物によって固定化されたこと

が理由と考えられる。溶出濃度は、廃シロップを添加した場合に最も低い、これは、廃シロップに含まれる還元糖によって Cr^{6+} が Cr^{3+} に還元されたことが理由と考えられる²⁾。また、スクロースは二糖であり、還元糖ではないため溶出濃度は比較的高く、アロースとグルコースは同じ単糖であるため結果が類似したと考えられる。一方で、FbP および RHA の添加では大きな溶出低減効果は見られなかった。セメントペースト中の Cr^{6+} 濃度は非常に高いため、本研究での添加量では十分な吸着機能や Ca 供給機能を発揮できなかった可能性もある。

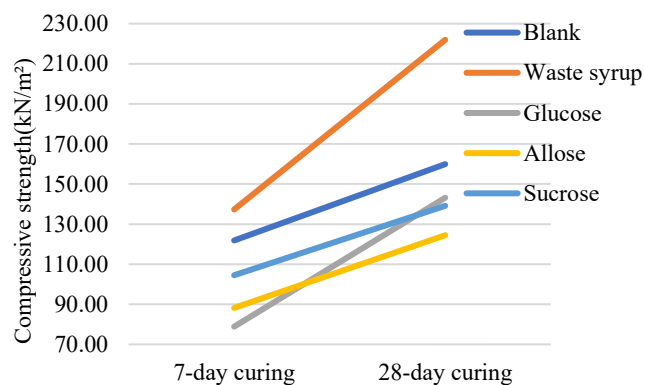


図2 一軸圧縮試験結果(糖類)

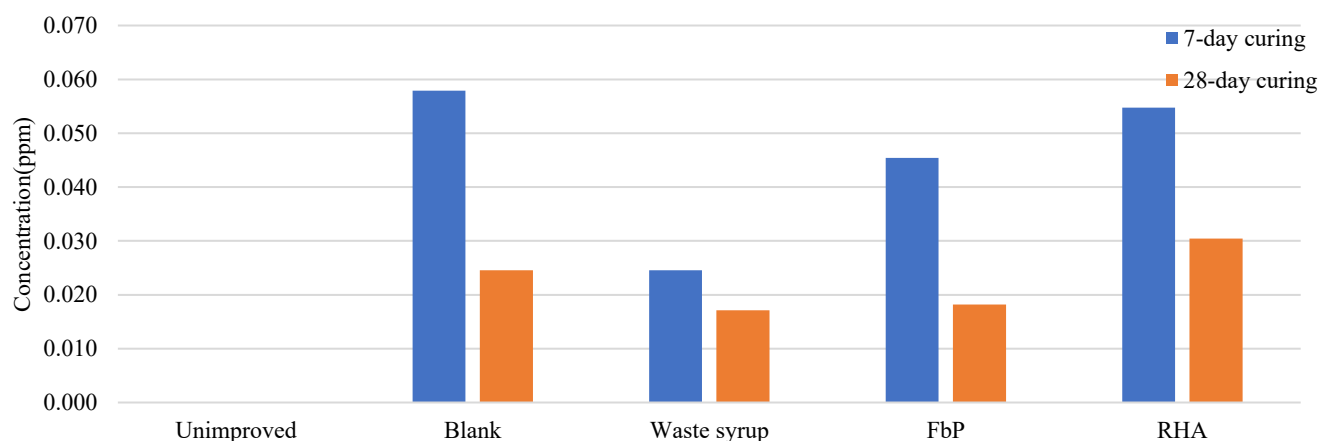


図3 溶出試験結果(廃棄材料)

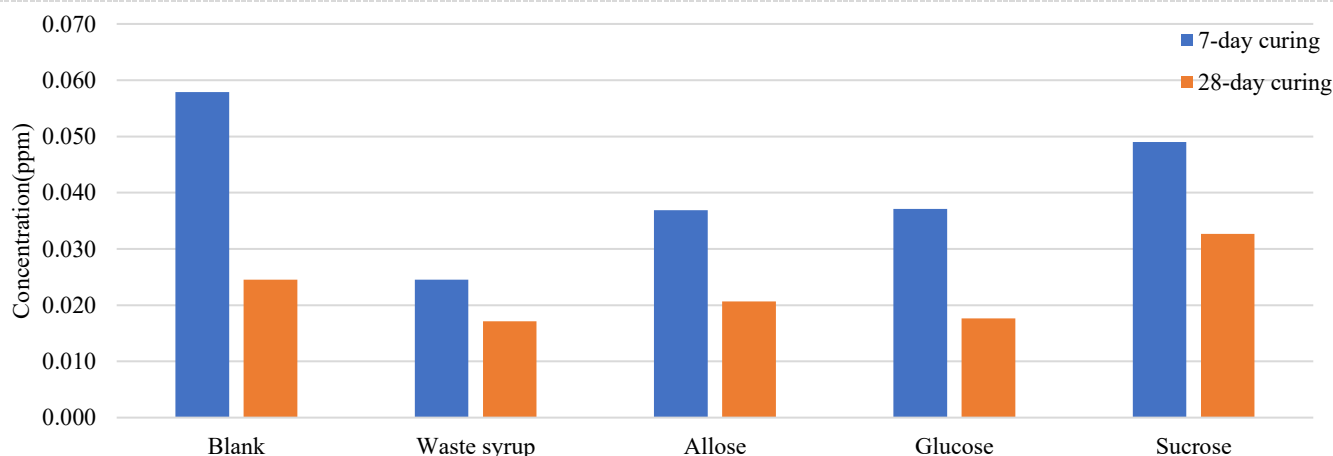


図4 溶出試験(糖類)

4. まとめ

本研究の結果から、セメント改良土に廃シロップを添加することで、強度の向上と Cr^{6+} の還元処理が可能であることが明らかになった。今後は、糖成分の分析等を行うことで強度増加の要因を特定する必要がある。また、廃シロップを添加することで、地盤改良に必要なセメント量を減らせることが示唆された。今後は、セメント量を減じた場合にも十分な強度が得られるかを検証する必要がある。

参考文献

- 1) 竹内徹, 長瀧重義, 大即信明, 番匠谷英司: コンクリートのスランプの長時間保持に関する実験的研究, 土木学会論文集, Vol. 36, No. 571, pp. 15-25, 1997.
- 2) 新井田良一, 新田弘之, 西崎到: 還元糖などを用いた再生路盤材からの六価クロム溶出低減方法に関する研究, 土木学会論文集 E1, Vol. 71, No. 3, pp. 211-216, 2015.