

SB ウォール工法における六価クロム溶出に関する見解

1 はじめに

当資料は、SB ウォール工法の六価クロム溶出について、研究会のデータおよび実験結果からの見解を取りまとめたものです。

なお、国土交通省においては、平成 11 年に「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検討委員会委員長；京都大学大学院地球環境学堂教授 嘉門 雅史）が設置され多くのデータを収集し、セメント改良土からの六価クロム溶出の特徴・メカニズムおよび周辺地盤での挙動について詳細な検討が行われ報告されており、これについても参照していただければ幸いです。

2 研究会における六価クロム溶出状況

これまでに当研究会で実施した 900 ケースを超える配合試験の中で、SB ウォール工法の内部材として適用する目標強度レベルⅢ(3.0N/mm²以上)を充足した配合ケースにおいては、六価クロム溶出量が基準値以上となったケースは無く、目標強度レベルを満たさなかった3つのケースで六価クロムが基準値以上となったものがある。ただし、当研究会では、すべての配合ケースで六価クロムの溶出試験を義務付けているわけではなく示方配合（最終決定した配合ケース）のみに義務付けているため、目標強度レベルを満たさない配合ケースの中で3ケースのみが六価クロムの基準値を超えたわけではない。

しかしながら、六価クロム溶出量が基準値以上となったケースは、SB ウォール工法の内部材として不適合な配合ケースのみであり、強度発現と六価クロム溶出に何らかの関係があるのではないかと考えられる。

以下に六価クロムが溶出された3地区の配合試験および六価クロム溶出状況を示す。

(1) A地区配合試験結果

A地区において実施した配合試験結果を以下に示す。

表-1 A地区配合試験結果一覧表

| 配合ケース | 配合名 | 単位セメント量 (kg) | 単位体積重量 (kN/m ³) | 圧縮強度 (N/mm ²) | | 六価クロム 溶出試験結果 | 判定 |
|---------|------------------------|-----------------|--------------------------------|---------------------------|------|-----------------|-----|
| | | | | 7日 | 28日 | | |
| CASE. 1 | 砂質土 100% | 160 | 18.1 | 0.40 | 0.48 | — | — |
| CASE. 2 | | 200 | 18.3 | 0.27 | 0.48 | 0.10 mg/l | OUT |
| CASE. 3 | | 120 | 18.1 | 0.25 | 0.30 | — | — |
| CASE. 4 | 砂礫 100% | 120 | 19.4 | 1.17 | 1.87 | — | — |
| CASE. 5 | | 200 | 19.6 | 3.13 | 5.20 | 0.02 mg/l 未満 | OK |
| CASE. 9 | | 160 | 20.1 | — | 2.51 | — | — |
| CASE. 6 | クラッシュラン 60% 砂質土 40% | 120 | 21.5 | 2.05 | 3.49 | — | — |
| CASE. 7 | | 160 | 21.3 | 2.15 | 3.69 | — | — |
| CASE. 8 | | 200 | 21.2 | 3.32 | 5.93 | 0.02 mg/l 未満 | OK |

A地区で実施した配合試験においては、2種類(砂質土および砂礫)の現地発生土砂を用いた。砂質土を用いた配合ケースでは目標とする強度発現および六価クロム溶出量が基準値を充足することが出来なかった。A地区では、砂質土の土質改良を行い所定の強度を充足させる事を目的にクラッシュランを改良材として混合し、配合試験を実施した結果、目標とする強度発現および六価クロム溶出量ともに基準値を充足した。

(2) B地区配合試験結果

B地区において実施した配合試験結果を以下に示す。

表- 2 B地区配合試験結果一覧表

| 配合 ケース | 配合名 | 単位セメント量 (kg) | 設計含水比 (%) | 単位体積重量 (kN/m ³) | 圧縮強度 (N/mm ²) | | 六価クロム 溶出試験結果 | 判定 |
|-----------|------------------------|-----------------|--------------|--------------------------------|---------------------------|------|------------------------|-----|
| | | | | | 7日 | 28日 | | |
| CASE. 1 | 現地発生土砂 100% | 150 | 12.0 | 20.93 | — | 0.52 | — | — |
| | | | 15.0 | 21.22 | — | 0.24 | — | — |
| | | | 19.0 | 20.42 | — | 0.14 | — | — |
| CASE. 2 | | 200 | 12.5 | 21.21 | 0.77 | 0.82 | — | — |
| | | | 15.5 | 21.32 | 0.36 | 0.39 | — | — |
| | | | 19.5 | 20.49 | 0.15 | 0.25 | — | — |
| CASE. 3 | | 250 | 13.0 | 21.02 | 0.73 | 0.83 | — | — |
| | | | 16.0 | 21.98 | 1.13 | 2.82 | 0.07 mg/l _※ | OUT |
| | | | 20.0 | 20.92 | 0.25 | 0.39 | — | — |
| CASE. 4 | クラッシュラン 50% 現地材 50% | 150 | 9.5 | 22.56 | 1.62 | 4.43 | — | — |
| | | | 12.0 | 22.93 | 3.17 | 6.02 | — | — |
| | | | 15.0 | 22.52 | 2.58 | 3.56 | — | — |
| CASE. 5 | | 200 | 9.5 | 22.36 | 1.62 | 5.63 | — | — |
| | | | 12.0 | 22.27 | 2.66 | 5.14 | — | — |
| | | | 15.0 | 22.12 | 3.44 | 4.07 | — | — |
| CASE. 6 | | 250 | 10.0 | 22.45 | 4.26 | 7.28 | — | — |
| | | | 12.5 | 22.35 | 3.53 | 7.43 | 0.02 mg/l | OK |
| | | | 15.5 | 22.13 | 3.12 | 6.92 | — | — |

※本試験結果については、他ケースに比べ圧縮強度が突出していた。これは、現在調査中であるが現地発生土砂の粒度のバラツキによるものであると判断される。しかし、基準値を超える六価クロム溶出量が検出されている。

B地区の配合試験では、現地発生土砂 100%とクラッシュランによる改良を行った 2 種類の配合ケースで実施した結果、A地区と同様に目標とする強度発現が得られなかった現地発生土砂 100%において、六価クロム溶出量が基準値を大きく上回った。これに対し、クラッシュランによる改良を行った配合においては、目標とする強度発現および六価クロム溶出量ともに基準値を充足した。

(3) C地区配合試験結果

C地区では、設定含水比（加水量）の変化に伴う強度発現率の変化を把握する事を目的に試験を実施した。実施結果を以下に示す。

表- 3 C地区配合試験結果一覧表

| 配合ケース | 配合名 | 単位セメント量 (kg) | 設計含水比 (%) | 単位体積重量 (kN/m ³) | 圧縮強度 (N/mm ²) | | 六価クロム溶出試験結果 | 判定 |
|---------|-------------|--------------|-----------|-----------------------------|---------------------------|------|-------------|-----|
| | | | | | 7日 | 28日 | | |
| CASE. 1 | 現地発生土砂 100% | 80 | 7.0(水中) | 22.094 | 4.44 | 7.68 | 0.01mg/l | OK |
| | | | 8.5(水中) | 23.042 | 3.40 | 6.32 | 0.01mg/l | OK |
| | | | 10.0(水中) | 23.337 | 2.48 | 4.77 | 0.01mg/l | OK |
| CASE. 2 | | | 7.0(気中) | 21.960 | 4.54 | 7.47 | 0.01mg/l | OK |
| | | | 8.5(気中) | 22.892 | 3.45 | 5.92 | 0.01mg/l | OK |
| | | | 10.0(気中) | 22.915 | 2.76 | 3.81 | 0.01mg/l | OK |
| CASE. 3 | | | 3.64(自含) | — | — | — | 0.05mg/l | OUT |
| | | | 3.64(自含) | — | — | — | 0.05mg/l | OUT |

※水中、気中については、養生方法を示し、自含については、現地発生土砂の自然含水比状態での配合ケース（加水をしない）を示す。

C地区では、設計含水比（加水量）の変化に伴う強度発現率の変化が顕著に確認でき、また、六価クロム溶出量については、基準値以下であることが確認できた。なお、圧縮強度が測定不可能であった設計含水比（自然含水比）については、六価クロム溶出量が基準値を上回った。

3 現状における研究会の見解

当研究会で実施した過去の事例より、**六価クロム溶出量はセメントの物質固定能力¹すなわち強度発現と親密な関係があると考えられ**、SB ウォール工法に適用する内部材の目標強度レベルⅢ以上を確保できる示方配合であれば、六価クロム溶出量が基準値を上回る可能性は少ないと考えている。

当研究会においては、当工法の設計施工マニュアルにも掲載しているとおり、要求品質（目標強度レベルⅢ $\sigma_{28}=3.0\text{N/mm}^2$ 以上）を充足することを前提としており、これを確保するために以下の配合検討および現場における品質管理を行っている。

- ① 現地発生土砂の改良検討および管理
- ② 適正な単位セメント量の検討および管理
- ③ 適正な設定含水比の検討および管理

以上のことから SB ウォール工法においては、当工法の設計施工マニュアルに準拠することで、六価クロム溶出に対する懸念がほとんど無いと考えている。

以下に圧縮強度と六価クロム溶出量の関係を掲載する。

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検討委員会委員長：京都大学大学院地球環境学
堂教授 嘉門 雅史）

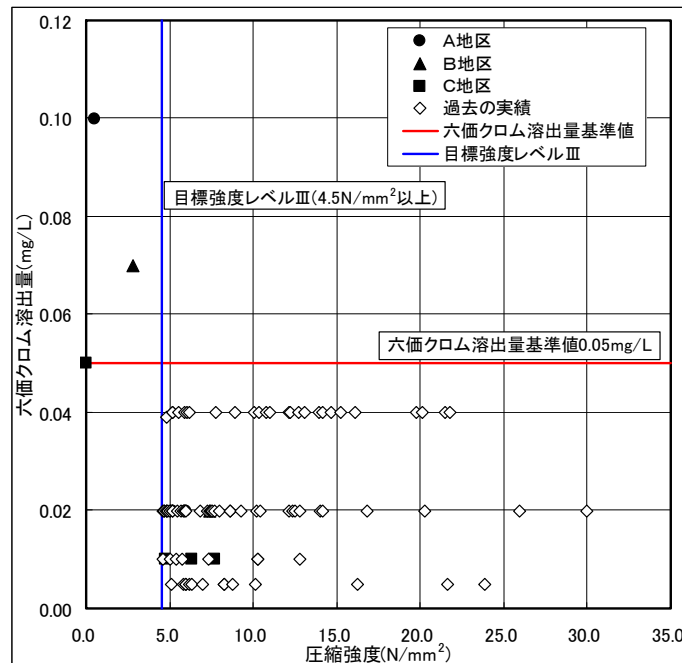


図- 1 圧縮強度と六価クロム溶出量の関係

4 六価クロム溶出試験方法

六価クロム溶出試験は、「セメント及びセメント系固化材を使用した改良土の六価クロム溶出試験実施要領（案）」に準じて環境庁告示 46 号溶出試験「試験方法 1」を実施する。なお、試験は、配合試験で作製した材齢 7 日の供試体を使用する。

六価クロム溶出試験の測定方法は、環境庁告示 46 号溶出試験に定められた以下に示す 5 種類の方法がある。

- ① ジフェニルカルバジド吸光光度法 JIS K0102 の 65. 2. 1
- ② フレーム原子吸光法 JIS K0102 の 65. 2. 2
- ③ 電気加熱原子吸光法（フレームレス原子吸光法） JIS K0102 の 65. 2. 3
- ④ I C P 発光分析法 JIS K0102 の 65. 2. 4
- ⑤ I C P 質量分析法 JIS K0102 の 65. 2. 5

○六価クロム溶出試験に関する備考

当研究会で実施する六価クロム試験方法は、通常**ジフェニルカルバジド吸光光度法 JIS K0102 の 65. 2. 1**により分析を実施している。しかしながら、砂防ソイルセメントとして使用する現地発生土砂には様々な土砂があることから、試料の着色などにより吸光度に影響を及ぼす恐れがある場合、**I C P 発光分析法 JIS K0102 の 65. 2. 4**を用いて実施する。

I C P 発光分析法を用いて六価クロムを測定する場合、あらかじめ鉄共沈法による三価クロムを沈殿除去させた後に分析を行う。このため三価クロムの沈殿分離法が適用できるのは、比較的単純な試料に限られている。また、ある種の有機物によって三価クロムが可溶性錯体を形成する場合、あるいは六価クロムが難溶性の塩を形成される場合は、沈殿分離の過程で誤差を生じる事がある。そのため、試験方法を選定する場合には、使用する現地発生土砂に留意する必要がある。