

セメント系固化材を用いた改良体の長期安定性に関する研究
-材齢 10 年結果報告-

(一社)セメント協会
(株)デイ・シイ
宇部三菱セメント(株)
(国研)港湾空港技術研究所

○正会員 野田 潤一
正会員 二戸 信和
黒澤 功
正会員 高橋 英紀

1. はじめに

セメント系固化材は 1970 年頃、開発された製品であり、約 50 年の歴史を有している。この間の地盤改良工法の発展とともに多方面の改良現場で適用されるようになり、2017 年度の需要量は 829 万 t に及び、社会資本整備の一翼を担う材料として高い評価を得ている。しかし、セメント系固化材を用いた改良体の長期安定性に関する検討事例は少なく、不明な部分も多いのが現状である。そこで、港湾空港技術研究所とセメント協会は、改良体の長期安定性調査を目的に、共同研究を開始した。具体的には、2009 年、同研究所の敷地内において、CDM 工法の現場施工を実施し、柱状改良体(コラム)を築造した。このコラムから材齢毎にコアボーリングを行い、物理試験及び化学試験を実施した。今回は、材齢 10 年の試験結果の一部を報告する。

2. 試験概要

2. 1 試験フィールド

施工平面図を図 1 に示す。コラムの築造は、港湾空港技術研究所内にあるコンクリート製の内径 6m の円形土槽内で行った。土槽内の底は取り外し、地下水位の影響を調査できるようにした。土質差異の影響をなくし、改良体からの六価クロム溶出量を確認する目的で、試料土は六価クロムが溶出しやすい火山灰質粘性土 ($W_n=88.5\%$ $\rho_t=1.412\text{g/cm}^3$) に置換し、均質な土質とした。一般軟弱土用固化材を用いたコラム(改良体 A)と特殊土用固化材を用いたコラム(改良体 B)を 4 本ずつ築造した。配合は、設計基準強度 500kN/m^2 、固化材添加量 350kg/m^3 、水固化材比 80% のスラリー混合とした。コラムの打設後は、同じ試料土で 20cm 覆土した。施工後から半年間の地下水位変動状況を図 2 に示す。降雨の影響により水位に変動があるものの、概ね G.L-2.0m 程度である。さらに、材齢 1, 3, 5, 10 年のコア採取時の水位測定でも G.L-2.0m であった。なお、試験フィールドの詳細は、過去の報告¹⁻³⁾を参照されたい。

2. 2 試験項目

試験項目を表 1 に示す。試験には、各コラムから、各材齢でコアボーリングにより採取する供試体を使用した。今回は、材齢 10 年の一軸圧縮試験と六価クロム溶出試験の結果を報告する。

2. 3 試験供試体の採取・成形方法

コラムにおける試験供試体の採取位置を図 3 に示す。ボーリングコアは 8 本のコラム(図 1 参照)からそれぞれ採取 ($\phi 6.5\text{cm} \times 3\text{m}$) した。一軸圧縮試験用供試体は、無水カッターにより $\phi 6.5 \times 13\text{cm}$ に成形し、深さ方向 1m に付き 3 本ずつ採取した。六価クロム溶出試験は、一軸圧縮試験後の供試体を使用した。上述の水位 G.L-2.0m より上の位置を「水位上」、下の位置を「水位下」とし、水位上および水位下から各々 1 本の試験後の供試体を溶出試験した。

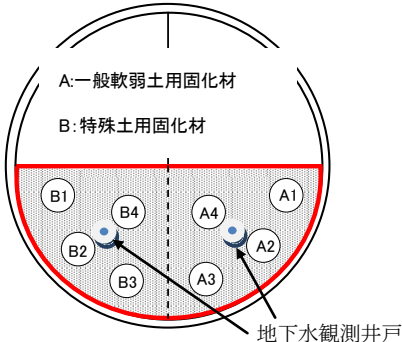


図 1 施工状況(平面図)

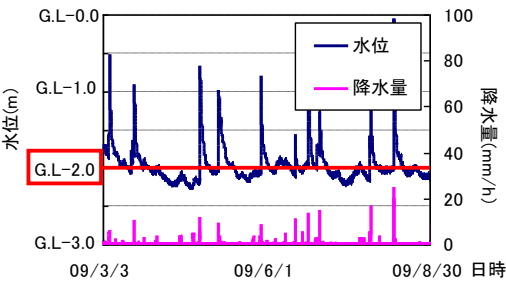


図 2 地下水位の変動状況

表 1 試験項目

コア供試体	試験項目	
	一軸圧縮強さ (JIS A 1216)	六価クロム溶出試験 (環境庁告示第46号法)

キーワード：セメント系固化材、改良体、長期安定性、材齢 10 年、一軸圧縮試験、六価クロム溶出試験

連絡先：東京都北区豊島 4-17-33 TEL (03) 3914-2695 FAX (03) 3914-2690

3. 試験結果

3. 1 一軸圧縮強さ

材齢と改良体の一軸圧縮強さの関係を図4に、各材齢の一軸圧縮強さの変動係数を表2に示す。改良体の強度は材齢28日経過後も増加し、10年/28日の強度比は、改良体Aで2.43、改良体Bで2.63となり、その後の長期材齢においても増加または安定的に推移していることが確認された。なお、一軸圧縮強さの変動係数の最大は材齢28日であり、改良体Aが0.32、改良体Bが0.46であった。改良体の変動係数に関しては、0.10～0.50との報告⁴⁾があり、本試験施工は一般的な水準の施工であると考えられる。

3. 2 六価クロム溶出試験

試験に供した試料は、図1に示す8本の柱状改良体の水位上および水位下の一軸圧縮試験に供した試験体のうち、平均強度に最も近いものをそれぞれ使用した。改良体からの六価クロム溶出量(最大値)を図5に示す。材齢10年において六価クロムの溶出量は、改良体Aで0.02 mg/l以下、材齢1年までは、溶出量が環境基準値(0.05 mg/l)を超過したものの、材齢3年以降では環境基準値を満足した。一方、改良体Bでは、10年まですべての材齢において環境基準値を満足した。これらは、セメント系固化材における六価クロムの固定化作用によるものと推察される。また、コラムの周辺土(約11cm離れた未改良土)および円形土槽内の観測井戸から採取した地下水について、六価クロム溶出量を測定したが、いずれの材齢においても六価クロムは検出されなかった。

4. まとめ

(1) セメント系固化材を用いた改良体の強度は、材齢10年において材齢28日の2倍以上となり、長期材齢においても安定的に維持されていることが確認された。

(2) 六価クロム溶出量は、試料土が火山灰質粘性土においても、材齢3年以降では固化材の種類に係らず環境基準値を満足した。また、材齢10年までのすべての材齢において、周辺土および地下水からの六価クロムは検出されなかった。今後、材齢20年まで試験を継続する予定であり、次回は材齢15年で計画している。

【参考文献】

- 1) 中村弘典 高橋章市 清田正人 田坂行雄 柳原勝也：セメント系固化材を用いた改良体の長期安定性に関する研究,第64回年次学術講演会,pp.887-888,2009
- 2) 中村弘典 高橋章市 北詰昌樹 森川嘉之：セメント系固化材を用いた改良体の長期安定性に関する研究-材齢1年結果報告-,第65回年次学術講演会,pp.1065-1066,2010
- 3) セメント系固化材技術専門委員会：セメント系固化材を用いた改良体の長期安定性に関する研究,セメント・コンクリート No.866,2019.4
- 4) 日本建築センター：建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針

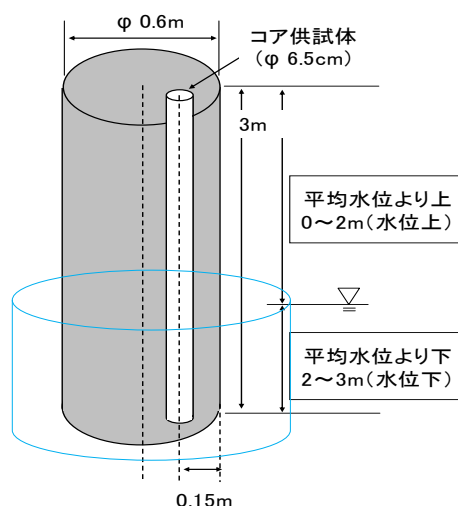


図3 試験供試体採取位置

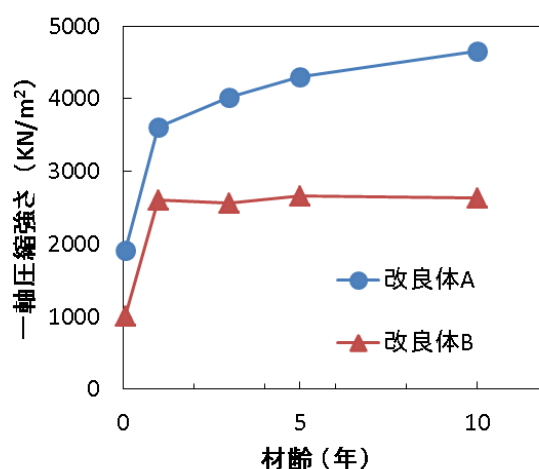


図4 材齢と一軸圧縮強さの関係

表2 各材齢における一軸圧縮強さの変動係数

改良体名	28日	1年	3年	5年	10年
A	0.32	0.17	0.18	0.21	0.26
B	0.46	0.33	0.40	0.35	0.37

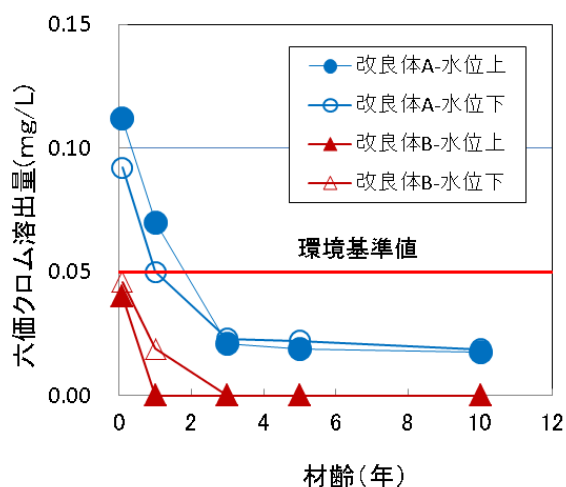


図5 改良体からの六価クロム溶出量(最大値)