

砂防ソイルセメントにおける固化材の特性

株式会社インボックス ○織田哲暢 秋山祥克 橘木貞則 酒巻克之 五十嵐夕子

1 はじめに

従来、砂防ソイルセメント工法における固化材(ここでは土砂を化学的に固結する材料の総称として固化材と呼ぶ)としては、一般的に高炉セメントB種が使用されることが多かった。

砂防ソイルセメント工法の利点として現地発生土砂の有効活用があるが、これを最大限に活かすためには多様な土質(細粒土、高含水比土、有機質土、火山灰質粘性土等)に対応できることが望まれる。

しかし、これらの土砂に高炉セメントを適用した場合、要求される強度が得られない、あるいは単位セメント量が極端に多くなることがある。

そこで、セメント系固化材を活用し、その有効性が確認できれば、

- 砂防ソイルセメントに活用できる土砂範囲の拡大
- 固化材使用量の低減による搬入車両削減による、CO₂排出抑制、さらなる環境負荷低減等のメリットが得られると考える。

本報告は、過去に研究例が少ない、種類の異なる固化材を砂防ソイルセメントに用いた場合の特性として強度発現に着目し、

- ①単位固化材量と強度の関係
 - ②材齢経過に伴う強度の伸び率
- の2点について述べる。

2 試験方法

配合試験は『砂防ソイルセメント施工便覧』に準拠し、供試体を作製、圧縮強度を測定した。

蓄積されたデータの中から材齢7日強度および材齢28日強度の試験結果をとりまとめ、考察する。

3 各種固化材による強度発現

現状、砂防ソイルセメント工法に用いられている主な固化材を表-1に示した。本報告ではこれら3種類の固化材および表-2に示した2種類の試料土を用いて強度発現を比較し、その結果を図-1, 2に示した。

図-1の試料土Aは、有機不純物量はやや多いものの粒度組成や試験含水比は砂防ソイルセメントで一般に用いられる土質と言えるが、目標強度(σ_{28})を4.5N/mm²とした場合に高炉セメントB種では単位固化材量が120kg/m³であるのに対し、セメント系固化材(特殊土用)では現場での最小添加量(100kg/m³)で十分な強度が得られる。

表-1 砂防ソイルセメント工法に用いられる主な固化材

分類		主に使用される品種
《JIS規格品》	ポルトランドセメント	高炉セメントB種
	混合セメント	
セメント系固化材*		特殊土用固化材(汎用) 高有機質土用固化材

*JIS規格のセメントを母材とし特定成分や粒度の調整をしたもの¹⁾

表-2 試料土の性状

項目	試料土A	試料土B
試験含水比(%)	12.0	18.0
細粒分含有率(%)	4.8	8.9
有機不純物試験(発色)	淡赤褐色	暗赤褐色

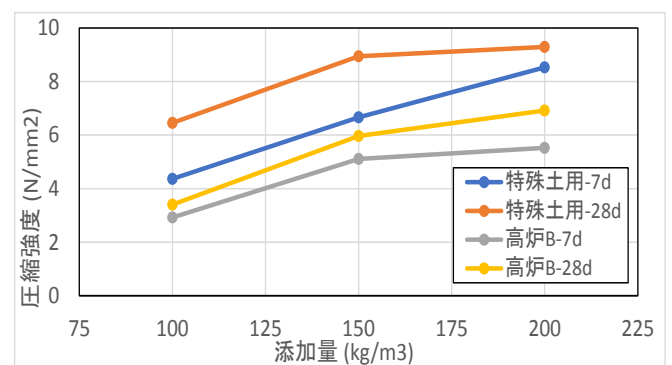


図-1 特殊土用固化材と高炉セメントB種の強度比較例(試料土A)

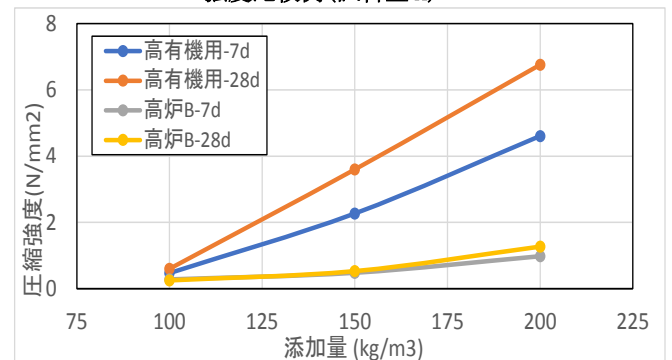


図-2 高有機質土用固化材と高炉セメントB種の強度比較例(試料土B)

一方、図-2においては、高炉セメントB種では単位固化材量を多大としても実用強度が得られないのに対し、セメント系固化材(高有機質土用)では165kg/m³程度で4.5N/mm²を満足する。ここで用いた試料土Bは、有機不純物量が非常に多く、固化材の水和を著しく阻害するとされている腐食酸やアロフェン等²⁾を多量に含んでいることが示唆され、従来の

高炉セメントを用いる砂防ソイルセメントでは適用が困難な発生土とされていた。

セメント系固化材は、高炉セメント等の JIS 規格品と比較すると硫酸塩成分が多くなるように調整されており、エトリンガイトが長期間安定して存在する。エトリンガイトはセメント水和物の一種であり、その針状結晶が土粒子を架橋して強固な骨格を形成するとともに有機物の存在下でも水和が阻害され難く固化に有効に働く^{3), 4)}。

4 各種固化材による材齢と強度の関係

図-3 に各種固化材による材齢 7 日と 28 日の圧縮強度の関係を示した。

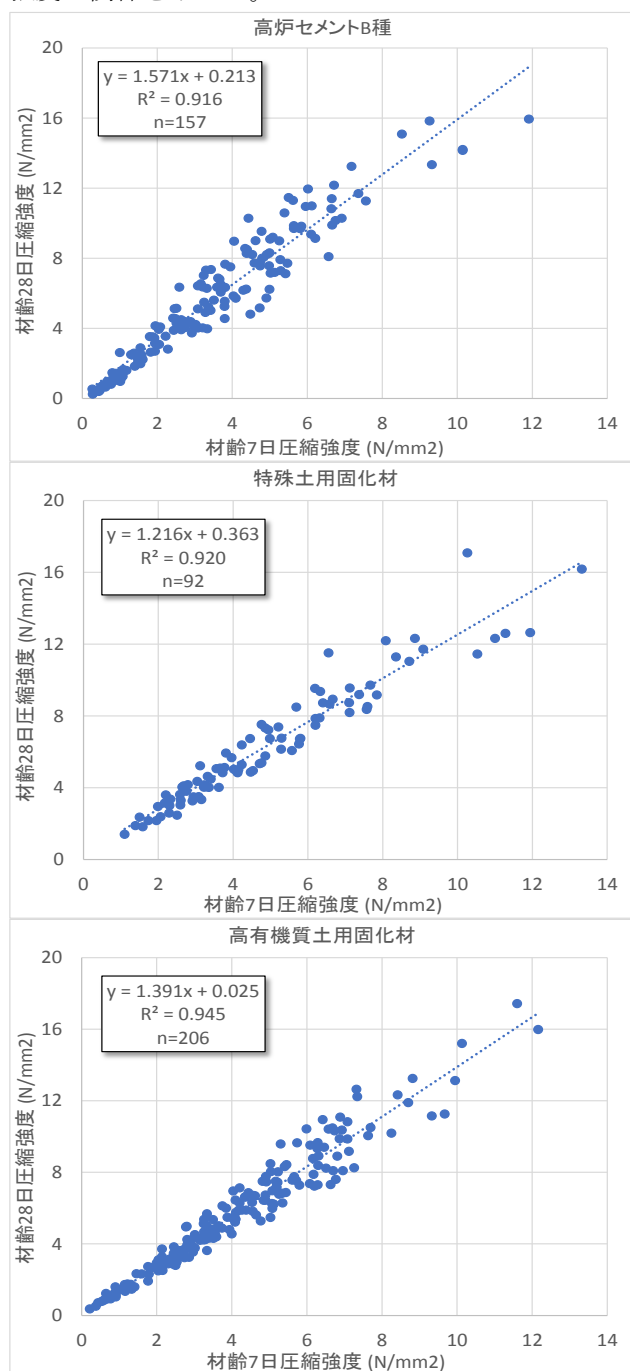


図-3 各種固化材による材齢 7 日と 28 日強度の関係

一般の地盤改良における標準的な配合試験では、材齢 7 日から 28 日の強度の伸び率は、1.2~1.7 倍とされており⁵⁾、いずれの固化材も高相関でこの範囲にはあるものの、高炉セメント B 種が約 1.6 倍、特殊土用固化材は約 1.2 倍、高有機質土用固化材は約 1.4 倍と固化材種によって異なる伸び率となった。

高炉セメント B 種は、高炉スラグを 4 割程度含むセメントであり遅硬型(長期強度重視型)と言えるのに対し、セメント系固化材は、エトリンガイトが材齢初期段階で多量に生成することから速硬型(初期強度重視型)と言え、このような相違によって伸び率の差が生じたものとする。なお、高有機質土用固化材は特殊土用固化材と比較し、強度発現が難しい土質に対応するためにエトリンガイトを多く生成するなどの特別な材料設計とされており、これによって伸び率も大きくなる傾向にある。

5 まとめ

- ・セメント系固化材は高炉セメント B 種に比較し一般的に高強度が得られ、特に高有機質土等では高炉セメント B 種との強度差が大きくなる。これはセメント系固化材の特徴であるエトリンガイトの水和生成に起因している。
- ・材齢 7 日から 28 日の強度の伸び率は固化材の種類により差があり、これは、エトリンガイトの生成量を含めた各固化材の材料設計の相違によるものと考えられる。
- ・砂防ソイルセメント工法においては、現地発生土の事前試験等により、適正な固化材を選定することが肝要である。これによって、多様な現地発生土を有効利用できるとともに施工単価低減および環境負荷低減にもつながるものとする。
- ・今後は、さらにデータを拡充し、考察の精度を上げたい。

【参考文献】

- 1) (社)セメント協会:セメント系固化材による地盤改良マニュアル第 4 版, p. 3 (2012)
- 2) 松山・柳谷・杉山・酒巻:固化阻害因子が安定処理土の一軸圧縮強さに及ぼす影響—その 3—, 第 49 回地盤工学研究発表会, pp. 613-614 (2014)
- 3) (社)セメント協会:セメント系固化材による地盤改良マニュアル第 4 版, pp. 37-38 (2012)
- 4) 太平洋セメント:ジオセット技術マニュアル p. 6 (2016)
- 5) 金城・酒巻・田坂・高倉:土を固める原理と応用—3. 改良土の特性—, 土と基礎 52-11 (562), pp. 59-66 (2004)