

庄原市における有機質火山灰（黒ボク）を含む土砂を利用した INSEM-ダブルウォール工法の施工事例

広島県北部建設事務所 庄原支所 高森真司、脇坂宏樹、柳田隆一
共生機構株式会社 ○宮本健史、井上隆太

1. はじめに

平成 22 年 7 月 16 日の広島県庄原市における集中豪雨により、土石流および斜面崩壊が集中的に発生し、道路・河川・農地に甚大な被害をもたらした。次期出水での被害を防止するため、大津恵川で災害関連緊急砂防事業により砂防堰堤 1 基を整備することとしたが、工法の選定に当たっては、大量に発生した流出土砂を搬出することなく現地で活用することが可能な鋼製堰堤（INSEM 工法）を選定した。

近年、現地発生土の有効活用によるコスト縮減、環境負荷低減等の観点から、砂防ソイルセメントの活用が増加傾向にあるものの、土質によってはセメントの水和反応が阻害され、所要の強度が得られないなどの懸念があることから、利用を断念する場合がある。

そこで本報では、当該地周辺に広く分布する有機質火山灰（黒ボク）を含む土砂を砂防ソイルセメントに活用した INSEM 工法の事例について報告する。



図-1 位置図

2. 当該地概要および母材（現地発生土）の特性

当該地は黒ボク主体の表土（0.5～3m厚）と、その下位に風化粘性土が分布している¹⁾。また、流出した土砂は、最大 50cm 径の礫に加え、有機物も多く混入していた。

本工事で発生する掘削残土、及び流出土砂を INSEM 材の母材として利用するため、工事着手前に現地調査や試掘等を行い、土質、土量を把握した。その結果、母材に利用する土は、表-1 に示す「土質 A」と有機質火山灰（黒ボク）が混入した「土質 B」に大きく分類できることがわかった。

INSEM 材の母材に細粒分含有率が多い場合や、有機物を含有する場合に、セメントの水和反応が阻害され、所要の強度発現が得られないことがある。当該地の土砂の粒度分布を確認した結果、母材となる土質 A、B ともに細粒分含有率が 25%以上であったため、セメント系固固化材を使用することとした。また、土質 B については、有機質火山灰（黒ボク）の混入があったため、高有機質土用セメント系固固化材を使用することとした。

なお、有機不純物試験については、配合上参考とならないことから省略した。²⁾

3. INSEM 材の配合について

配合設計、品質管理手法については、「砂防ソイルセメント活用ガイドライン³⁾」を基に各種試験を実施した。

- ① 土の性状試験 → 土質分類、粒度分布を元に配合案の設定
- ② 配合試験 → 配合強度に応じた配合量の決定
- ③ 密度-強度試験 → 施工時の品質管理に用いる基準値の決定

配合試験は、INSEM-ダブルウォールの目標強度 $0.5\text{N}/\text{mm}^2$ に対する配合強度 $0.75\text{N}/\text{mm}^2$ について「セメント系固固化材による地盤改良マニュアル⁴⁾」を参考に、

表-1 母材の物理特性

	土質 A	土質 B	(参考)黒ボク土
土質分類	粘性土質砂質礫 (GCsS)	粘性土質砂質礫 (GCsS)	砂礫質粘性土 (CsSG)
礫分 (2~75mm)	36.8 %	32.2 %	20.4 %
砂分 (0.075~2mm)	25.8 %	29.7 %	29.1 %
細粒分 (0.075mm未満)	37.4 %	38.1 %	50.5 %
自然含水比	23.6 %	35.5 %	63.4 %



写真-1 試掘の状況



写真-2 現地掘削土の状況 (左側：粘性土、右側：黒ボク)

セメント系固化材（一般軟弱土用、および高有機質土用）を使用し、セメント配合量 $C=50\text{kg/m}^3\sim 250\text{kg/m}^3$ として実施した。試験の結果を図-2、3に示すが、これにより土質Aは一般軟弱土用固化材を使用し配合量 $C=90\text{kg/m}^3$ 、土質Bは高有機質土用固化材を使用し $C=235\text{kg/m}^3$ 、と決定した。

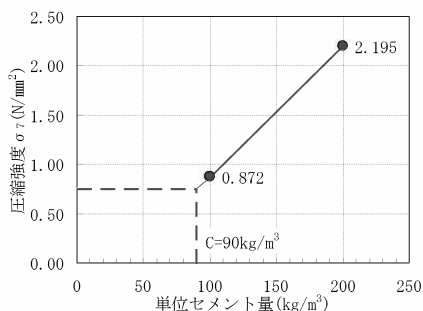


図-2 配合試験（土質A）

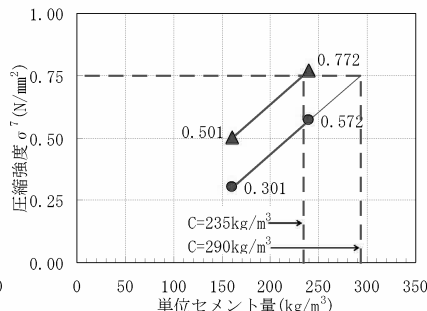


図-3 配合試験（土質B）

(○：一般軟弱土用、△：高有機質土用)

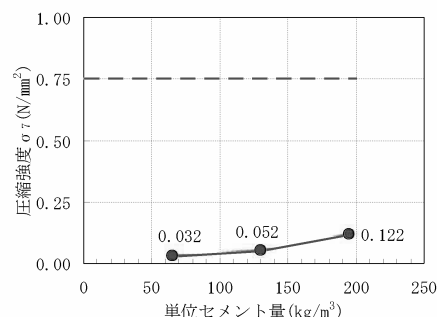


図-4 配合試験（黒ボク高混入土）

強度の決定に用いる供試体の材齢については、工期短縮の観点から7日強度で判断した。材齢28日/材齢7日の強度の伸び率 K は、一般に $q_{0.28} = K \times q_{0.07} = 1.2 \sim 1.7 \times q_{0.07}$ とされており⁴⁾、低強度レベルの場合、セメント配合量が比較的少ないことから強度の伸び率 K も下限値に近くなる。そのため、材齢7日強度≒材齢28日強度とし、推定した配合量で強度が発現せず手戻りとなった場合のロス日数を大幅に短縮することとした。

4. 施工時の強度管理について

砂防堰堤のINSEM工法において、供試体によるINSEM材の圧縮強度管理は、試験に時間と費用を要する。そのため本工事では、密度と強度に一定の関係が有ることを利用して、製造されたINSEM材の密度を直接測定することで強度を管理する手法⁵⁾を用いることとした。

手法としては「安定処理土の突固めによる供試体作成方法（JGS-0811）」に従い、同じ配合で密度の異なる供試体を3種類作成し、圧縮試験の実施により、乾燥密度-圧縮強度関係を把握した。一例として土質Aのケースを図-5に示すが、製造後のINSEM材が 1.861g/cm^3 以上の密度を確保出来れば、目標強度 0.5N/mm^2 以上となることを確認出来る。現場では、砂置換法、RI法などで 1.861g/cm^3 以上の密度を確認することにより、効率的かつ経済的に品質管理を行うことができた。

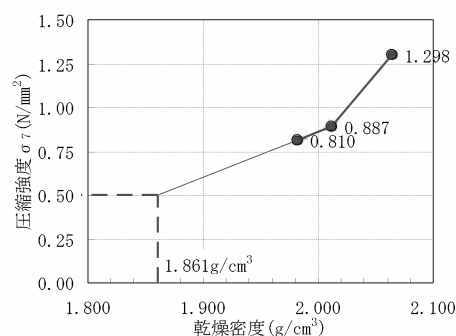


図-5 密度-強度関係

(土質A 配合量 $C=90\text{kg/m}^3$)

5. おわりに

現地発生土に有機物の含有や、細粒分が多い、含水比が高い、などセメントの水和反応を阻害する要因がある場合、INSEM材としての利用を断念したり、外部からの搬入材料による工事を検討することがある。本工事では、高有機質土用セメント系固化材の利用や、鋼製補強材による物理的補強を併用した砂防ソイルセメント工法の採用により、現地に大量発生した土砂を有効に活用することができ、施工日数の短縮や大型車両通行量の低減を図ることができた。

また、配合試験や品質管理においても、「配合試験において材齢7日強度による判断」、「密度-強度関係を利用した圧縮強度の確認」を実施し工期の短縮を図り、早期に砂防堰堤を完成させることができた。

参考文献

- 1) 広島県：土地分類基本調査「庄原」5万分の1国土調査, 1977年3月
- 2) 大場正男, 藤崎邦弥, 小島逸平：土壌有機物がセメントの硬化におよぼす影響, セメント・コンクリート, No. 237, 2-8, 1966年11月
- 3) 水山高久監修 砂防ソイルセメント活用研究会編：砂防ソイルセメント活用ガイドライン, 鹿島出版会, 2002年1月
- 4) (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3版, pp. 32-40, 2003年1月
- 5) 大野宏之：砂防事業における現場発生土の有効利用(7), 砂防と治水, vol. 32, No. 5, pp. 57-62, 1999年12月