

砂防ソイルセメントの経年変化に対する追跡調査結果の報告

日鐵住金建材株式会社 ○堀 謙吾, 佐野 清, 國領ひろし

1. はじめに

近年、CO₂の排出抑制を目的に現地発生土砂を有効活用した砂防施設の採用が増えつつあり、その代表的な工法として、現地発生土砂をセメントと攪拌・混合して締固めた砂防ソイルセメントによるえん堤があげられる。(写真-1)

当方では、砂防ソイルセメントを堤体主材料とした砂防えん堤の袖部を模擬した実規模相当の試験体(以下、袖部試験堤体と称す。)を構築し、そこから継続的にコアを採取することによって強度変化等の特性を把握する追跡調査を実施中である。以下に、調査開始後 最大 7 年が経過した砂防ソイルセメントに関する追跡調査結果を報告する。

2. 調査概要

2.1 袖部試験堤体の構築

袖部試験堤体は栃木県の弊社工場敷地内に構築した。袖部試験堤体および堤体主材料となる砂防ソイルセメント(以下、内部材と称す。)の諸元を表-1 に示す。内部材の仕様は、砂防えん堤の内部材としての性能を満足するように、砂防ソイルセメント活用ガイドライン¹⁾に従い目標強度レベルⅢ(3.0~6.0N/mm²)を設定した。内部材については、目標強度レベルⅢを目標範囲として、上限値 6.0N/mm²に近い強度(内部材 a)、および下限値 3.0N/mm²に近い強度(内部材 b)を材料物性が異なる 2 種類の土砂により製作した。製作において、セメントには高炉セメント B 種を用いた。また、2 種類の内部材においては、ランマーおよび振動ローラによる異なる締固め方法によって計 4 種類の内部材を構築した。袖部試験堤体の施工は、砂防ソイルセメントえん堤工法²⁾の施工マニュアルに従い行った。袖部試験堤体を写真-2 に示す。内部材の製造は、袖部試験堤体の近傍に混合桝を設け、バックホウ混合により土砂とセメント・水を攪拌・混合した。内部材の締固めは、一層の仕上げ厚さを 25cm に設定し、75kg ランマーおよび 3ton 振動ローラの異なる締固め機械により締固めを行った。

2.2 調査内容

袖部試験堤体構築後、内部材 a および内部材 b とともに経年ごとに堤体天端からコアを採取し、圧縮強度の測定結果から内部材の経年に対する強度変化、凍結融解に対する抵抗性を調査した。内部材のコアは、φ 12.5cm のコアドリルを用いて深さ 1.0m まで内部材の仕様ごとに各 1 本を採取した。圧縮強度については、採取したコアを深さ方向に 4 分割し、コンクリートの圧縮強度試験(JIS A 1108)に準じて一軸圧縮強度試験を実施した。

3. 調査結果

内部材 a は 7 年経過、内部材 b については 5 年経過における追跡調査結果を報告する。写真-3 には内部材 a-2 の抜き取りコアの状態を示す。



写真-1 砂防ソイルセメントを活用したえん堤の構築例

表-1 袖部試験堤体および砂防ソイルセメントの諸元

項目	諸元	
試験体規模	延長L10.0m×幅W5.0m×高さH2.0m	
内部材仕様 (砂防ソイルセメント)	目標強度レベルⅢ(砂防えん堤の内部材)	
	内部材 a-1	内部材 a-2
	ランマー締固め $\sigma_{28}=5.10\text{N/mm}^2$	振動ローラ締固め $\sigma_{28}=7.53\text{N/mm}^2$
	母材：碎石(C40) 単位セメント添加量 100kg/m ³ 内部材打設日：平成14年3月12日	
	内部材 b-1	内部材 b-2
	ランマー締固め $\sigma_{28}=2.82\text{N/mm}^2$	振動ローラ締固め $\sigma_{28}=3.71\text{N/mm}^2$
	母材：現地土砂(粘性土)＋碎石(C40) 単位セメント添加量 250kg/m ³ 内部材打設日：平成15年6月11日	
内部材施工	攪拌・混合：バックホウ混合 一層の締固め(仕上げ)厚さ：25cm 締固め(75kgランマー, 4回走行／箇所) 締固め(3t振動ローラ, 10回走行／箇所)	



写真-2 袖部試験堤体

3.1 内部材の強度と単位体積重量

図-1 に内部材 a における単位体積重量と圧縮強度の関係を示す。内部材 a の全データ数は 49 である。図-1 より、単位体積重量と圧縮強度は高い相関関係にあることが分かる。内部材 b についても同様の傾向が見られた。例えば、このような相関関係を利用することによって、実現場において単位体積重量を調べることができれば、強度確保の可否が簡易的に判断でき、内部材の品質管理が簡略化できるものと考えられる。また、内部材 a-1、a-2 とともに施工直後の単位体積重量と比較して、5 年を経過した内部材の単位体積重量が増加している傾向が図-1 より分かる。これは、内部材が年数を追うごとに水和反応による乾燥収縮を繰り返すことで蜜実となり、単位体積重量の増加に繋がったのではないかと考えられる。

3.2 内部材の長期強度

内部材の材齢と強度の関係を図-2 に示す。図-2 より、内部材 a は 7 年、内部材 b については 5 年経過した現在も強度増進の傾向にある。5 年経過後の強度増進率を表-2 に示す。5 年が経過した内部材は、a、b ともに 4 週強度と比較して 1.5～2 倍程度の強度増進が見とめられた。近年、配合試験データの蓄積に伴い、1 週強度と 4 週強度の相関が見出されつつあるが、長期における強度増進が予測可能であれば、セメント添加量の低減による砂防ソイルセメント構造物の更なるコスト縮減も可能と考えられる。

3.3 内部材の凍結融解抵抗性

内部材の凍結融解抵抗性を議論する場合、0℃前後あるいは 0℃以下の気温が対象となる。気象庁ホームページの気象統計情報から、袖部試験堤体を設置した場所に最も近い観測所のデータを引用すると、同設置場所では 70～80 日／年ほど 0℃以下を記録する。0℃前後の振幅を 1 サイクルとした場合、内部材 a は 7 年間で 500 サイクル以上の凍結融解作用を受けたことになるものの、内部材は現在も強度増進の傾向にある。このようなことから、目標強度レベルⅢの内部材においても十分な凍結融解抵抗性を有しているものと考えられる。

4. まとめ

砂防ソイルセメントの追跡調査結果から、単位体積重量と強度の相関関係、長期的な強度の増進、凍結融解抵抗性に関する知見を得た。実規模の砂防ソイルセメント構造物について継続的な追跡調査を実施した事例は少ないことから、狭義な範囲であるものの貴重なデータを得ることができた。調査に使用した袖部試験堤体については、砂防ソイルセメントの強度のみならず、衝撃、せん断に対する抵抗性能等を把握するうえでも貴重なデータをもたらしている。今後も追跡調査を継続することで、砂防ソイルセメント構造物の安全性の向上に努めていきたい。

【参考文献】

- 1) 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。
- 2) 「建設技術審査証明(砂防技術)報告書 INSEM-SB ウォール工法」、財団法人 砂防・地すべり技術センター、2005。

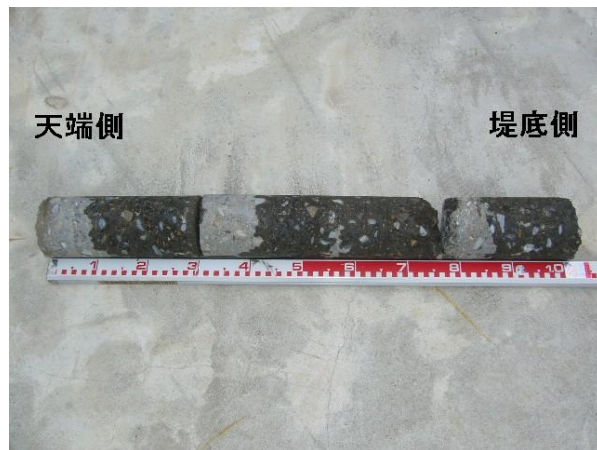


写真-3 内部材 a-2 抜き取りコア (7 年経過)

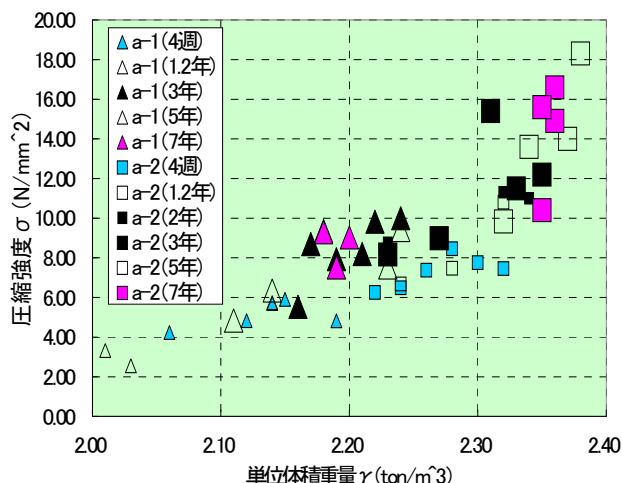


図-1 内部材 a 単位体積重量と圧縮強度の関係

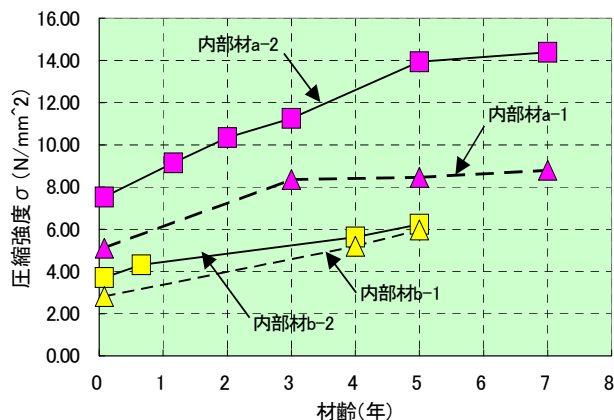


図-2 内部材の材齢と圧縮強度の関係

表-2 内部材の強度変化

内部材名称	圧縮強度		②/①
	①4週強度 σ_{28} (N/mm ²)	②5年経過強度 $\sigma_{5年}$ (N/mm ²)	
内部材 a-1	5.10	8.46	1.66
内部材 a-2	7.53	13.94	1.85
内部材 b-1	2.82	5.97	2.12
内部材 b-2	3.71	6.24	1.68