

多治見砂防管内におけるソイルセメント材の強度特性に関する一考察

国土交通省中部地方整備局多治見砂防国道事務所 市川東大、糸魚川舞
 国土交通省中部地方整備局庄内川河川事務所 牧戸伸浩
 (株) オリエンタルコンサルタンツ ○青山哲司、株式会社本久 小布施栄

1. はじめに

多治見砂防管内では、コスト縮減と建設発生土の有効活用を目的として、砂防ソイルセメント工法を採用している。しかし、母材の特性により、強度発生不良や施工障害が生じた事例が見受けられる。この問題を解決するためには、設計段階において、①必要な品質（強度や単位体積重量）の確保と②施工に必要な量を満たす母材の確保が課題であると考ええる。

本発表では、この課題を解決する一考とし、既往砂防堰堤の堆積土砂に着目し、砂防ソイルセメント工法の転圧タイプ（INSEM-Cタイプ）と流動タイプ（INSEM-Fタイプ）に関する簡易配合試験により、堆積土砂がソイルセメント材として使用可否の検証結果を説明する。

2. 採取土砂の特徴

2.1 試料採取箇所の概要

2.1.1 既設砂防堰堤の堆砂状況

多治見砂防上松管内は、花崗岩を主体とする基岩で構成された山体であり、管内の砂防堰堤の堆積土砂は、マサ土を主体とした堆積物となっている。

管内には土砂発生源となる崩壊地が数多く見られ、土砂の生産は活発で多くの砂防堰堤は満砂となっている（写真①）。



写真① 堰堤Cの堆砂状況

2.1.2 試料採取箇所

対象とした砂防堰堤は、いずれも堆砂域が広く、均一な堆砂条件ではないことから、堆積土砂の性状は異なることが想定された。

このため、試料採取場所は、図-1・表-1に示す3箇所とし、3

基の水系砂防堰堤において、各砂防堰堤で1箇所実施した。試料は、表面の腐食物や堆積物を除去したうえで1m程度の表層土砂を採取した。



図-1 採取箇所位置図

表-1 採取箇所

採取場所	選定理由	堰堤名
① 堰堤袖部	砂分が多く堆積している場所	堰堤A
② 流速の遅い中央部	有機物の盈虚を受けている場所	堰堤B
③ 段丘状の堆積地	砂分の流出が比較的少ない場所	堰堤C

2.2 採取土砂の特徴

2.2.1 粒度分布

採取土砂のふるい分け試験を行った結果を図-2に示す。3箇所共通の特徴として、砂分の占める割合が多く、0.075mm以下の細粒分含有量が10%以下と少ない。これは、流水が多く土砂移動が激しいことから、細粒分が流されていると考えた。このことを、堰堤Bで採取した土砂を水洗いし、ふるい分け試験により検証した。

その結果、粒度分布に顕著な差異が見られなかったことから、骨材に付着した細粒分は流出したものと判断できる。

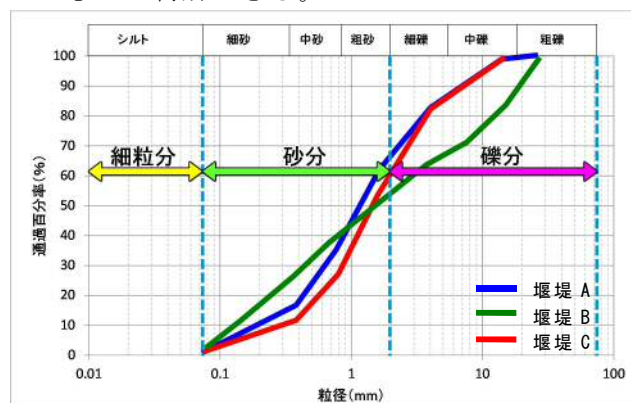


図-2 粒度分布の状況

2.2.2 湿潤密度

湿潤密度では、同じ地質の堆積土砂であるものの、1,900~2,200g/cm²を示し（表-2）、密度に違いが生じている。堰堤Aと堰堤Cは粒度分布が近似するため密度に差が生じない。これに対して堰堤Bは、粒度分布が比較的良好であるため、密度が高くなっている。

2.2.3 自然含水比

自然含水比では、採取場所①・③（図-1）の値は3.0~5.0%と低い値を示すものの、採取場所②では、水際の近くで採取したため、13.0%と2倍以上の値を示している（表-2）。

表-2 湿潤密度および自然含水比一覧表

採取場所	堰堤名	湿潤密度 (g/cm ²)	自然含水比 (%)
① 堰堤袖部	堰堤A	1,955	5.1
② 流速の遅い中央部	堰堤B	2,182	13.0
③ 段丘状の堆積地	堰堤C	1,912	3.2

2.2.4 有機不純物含有率

有機不純物の含有率では、採取場所①・③（図-1）は土砂移動の痕跡が見られることから、有機物や砂粒分が流されているため、有機不純物の含有が少ない。これに対して、採取場所②は、土砂移動の痕跡が見られないことから、有機不純物の含有が多く見られる。

表-3 有機不純物の含有状況

堰堤 A	判定	淡黄色	堰堤 B	判定	黒褐色	堰堤 C	判定	淡黄色
								

3. 簡易配合試験

3.1 供試体作成

本検討では、既設砂防堰堤堆砂域において3箇所の土砂を採取し、直径5cm×高さ10cmの小径供試体（以下、「簡易配合試験供試体」）を用いてINSEM-CタイプとINSEM-Fタイプの単位体積重量と圧縮強度による比較を行った。

3.2 簡易配合試験供試体の湿潤密度

図-3にINSEM-CタイプとINSEM-Fタイプの湿潤密度の比較結果を示す。

採取土砂は、砂・礫分を多く含むことから、セメントの水和反応により、密度が増加傾向にある。また、基本的に、最適含水比で締固めを実施するため、間隙が充填されることにより、単位体積重量の増加が確認できる。

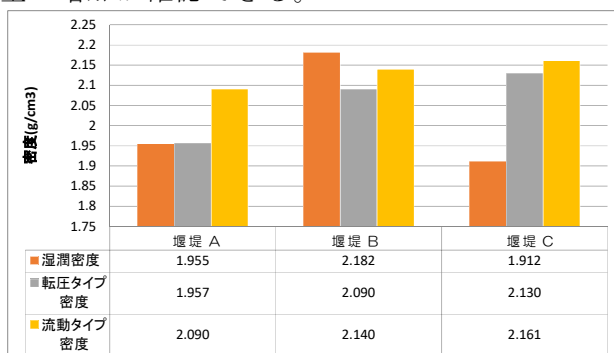


図-3 タイプ別の湿潤密度

3.3 圧縮強度の評価

表層と深部の土砂に対して小径供試体を用いた配合試験を実施する。堰堤Bは堰堤A・Cに比べて有機物の含有が高くなっている。一般的に、有機不純物の含有が高い場合、有機物対応のセメント系固化材を使用するが、高炉セメントB種を使用した場合における発現強度を比較するため、有機物対応のセメント系固化材を使用しないものとする。

本検討では、採取場所の違いから、どの程度の強度発現が得られるか目安を確認するため、単位セメント量はINSEM-CタイプはC=150kg/cm³、

INSEM-FタイプはC=250kg/m³とする。

図-4にINSEM-CタイプとINSEM-Fタイプの圧縮強度試験結果を示す。

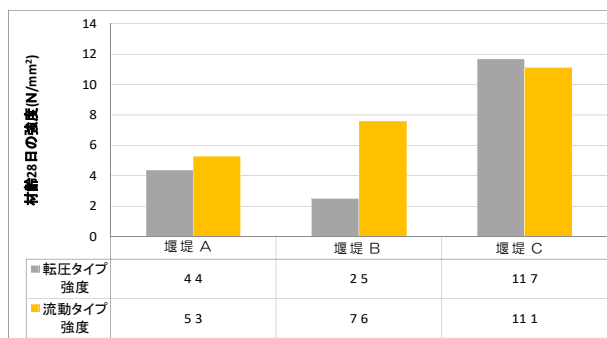


図-4 タイプ別の圧縮強度

INSEM-Cタイプは、細粒分が少ないことから度分布が悪く、締固めにくいことに起因して水和反応が進まないため、発現強度がINSEM-Fタイプより低い。これに対して、INSEM-Fタイプは、良好なセメントの水和反応により、発現強度がINSEM-Cタイプより高い。

また、堰堤BにおけるINSEM-Cタイプでは、有機物の影響により、発生強度が低い。

両工法は、セメント量や製造方法に違いがあるものの、同一現場の土砂を用いる場合、圧縮強度はINSEM-Fタイプの方が大きくなる。

3.4 簡易配合試験結果に基づく堆積土砂の特性

堆積土砂の粒度分布は、細粒分が流されていることが多いため、細粒分が少ない。また、粒度分布は概ね同じ傾向を示すが、堆積状況や深さにより変化することが想定される。

含水比は、滞筋周辺が高く、それ以外は比較的低い傾向にあるため、全体としてバラつきが生じる恐れがある。また、堆砂域の浅部と深部においても、含水比が異なることが想定される。

有機不純物の含有は、堆砂域内では有機物や細粒分が流されているため、有機物の含有は少ない傾向にある。ただし、堆砂域内は、堆積履歴や出水状況により、腐葉土を含むことがあるため、有機不純物の含有が変化することが想定される。

4. ソイルセメント材の活用の展望

今回採取した堆積土砂は、両工法での活用が期待できる2N/mm²以上の水和反応が概ね確認され、湿潤密度についてもコンクリートに比べると大きくはないものの一定の傾向が示された。また、堆積土砂は、計画段階における検討が可能や、確実性の向上に寄与できることが判明した。このことから、堆積土砂を活用することで、安定した材料と強度の確保に寄与できるといえる。

【参考文献】①砂防ソイルセメント施工便覧 平成28年9月、②現位置攪拌混合固化工法(ISM工法)設計・施工マニュアル第1回改定版平成19年3月