

INSEM材の配合設計手法に関する一考察

国土交通省 大隅河川国道事務所 國友 優, 高橋 英一, 大木 鉄夫, 時任 勝宏  
砂防エンジニアリング株式会社 松井 宗廣○中濃 耕司, 岡村 祐介  
独立行政法人 土木研究所 武澤 永純

1. はじめに

砂防事業において、経済性、施工性、環境負荷面の効果から砂防ソイルセメント(INSEM 工法)が普及されている。しかしながら、解決すべき課題も残されていることが実状である。その課題のひとつに、施工時のセメント等の材料の過不足があげられる。これは、実工事における使用材料量は配合上の単位量×設計打設量によって決定されることから、配合上の単位量の精度が影響していると推測され、より合理的な配合設計手法の採用が望まれる。

INSEM 材の配合設計手法にはソイルアプローチとコンクリートアプローチがある<sup>1)</sup>。渡邊ら(2009)の研究<sup>2)</sup>では、これらの設計手法の相違により単位土砂量に大きな差が生じることが指摘された。しかし、配合設計手法の相違による発現品質の差異や活用土砂の性状の配合設計手法への影響は検討されていない。

このような実状を踏まえ、桜島における現地発生土砂を対象とし、上述した 2 種の配合設計手法による配合諸元と発現品質との関係に着目して検討を実施した。本報ではその結果を報告する。

2. 検討条件・手順

2.1 検討対象土砂

本検討における対象土砂は、平成 21 年以降に噴火活動を活発化させた昭和火口からの噴出物が流出・堆積した有村川の土砂(以下、「有村川土砂」と称す)と長谷川下流域の古い土石流堆積物層からの地山掘削土砂(以下、「長谷川土砂」と称す)とした。各対象土砂の物理特性を表 1 に示す。

2.2 各配合設計手法の概要

ソイルアプローチは、締固め試験で得た最大乾燥密度をもとに基本土砂量を設定したうえで、所定量のセメントや水を混合する手法である。一方、コンクリートアプローチはセメント、水、土砂の量をそれぞれの密度で除して容積を算出し、空気量(RCD 用コンクリートの配合を参考に 1.5%に設定)を含めて 1m<sup>3</sup>となるように配合量を設定する手法である。

なお、「有村川土砂」を用いた平成 22 年度の配合試験はソイルアプローチ配合で、「長谷川土砂」を用いた平成 23 年度の配合試験はコンクリートアプローチ配合で設計されたものであった。

2.3 検討手順

配合設計手法の相違による配合量の違いを把握するために、2 つの配合設計手法間の配合量を次の手順で相互に変換した。ソイルアプローチによる配合量は、各材料の質量を材料比重で除して総容積を算出し、空気量(15L)を除く 0.985m<sup>3</sup>となるように質量を比例倍してコンクリートアプローチの配合量へ変換した。また、コンクリートアプローチによる配合量は、乾燥状態の単位土砂量を算定しこれを基本土砂量(本検討では最大乾燥密度の 95%を採用)で除して換算比を設定し、換算比を各材料の質量に乗じて配合量を計算しソイルアプローチの配合量へ変換した(表 2 参照)。

これらのソイルアプローチ、コンクリートアプローチに基づく単位セメント量、単位水量及びこれらにより設定される配合諸元とコンシステンシー、強度、単位体積重量等の発現品質を対比して整理し、配合手法の特徴と適用性の検討を行うものとした。

ここで、INSEM 材のコンシステンシーは、同様にゼロスランプの材料を使用する RCD 工法における品質管理として実施される VC 試験により得られる VC 値を指標とした。

表 1 検討対象土砂の物理特性

| 名 称                        | 長谷川土砂                    | 有村川土砂                                      |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------------------------|
| 活用土砂分類                     | 地山掘削土<br>古い時代の<br>土石流堆積物 | 有村川1号堰堤堆積物<br>昭和火口からの噴出物を主<br>体とする近年の土石流堆積 |
| 土質分類                       | 細粒分交じり礫質砂<br>(SG-F)      | 砂質礫<br>(GS)                                |
| 2mm以下含有率                   | 70.2%                    | 48.9%                                      |
| 0.075mm以下含有率               | 8.7%                     | 4.8%                                       |
| 表乾密度(g/cm <sup>3</sup> )   | 2.158                    | 2.500                                      |
| 絶乾密度(g/cm <sup>3</sup> )   | 1.931                    | 2.420                                      |
| 吸水率(%)                     | 11.6%                    | 1.1%                                       |
| 自然含水比(%)                   | 17.0%                    | 4.6%                                       |
| 最適含水比(%)                   | 15.0%                    | 8.2%                                       |
| 最大乾燥密度(g/cm <sup>3</sup> ) | 1.732                    | 1.672                                      |

表 2 配合量一覧表

| 配合<br>No. | ソイルアプローチ単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |         |          |               | コンクリートアプローチ単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |         |          |               | VC 値<br>(秒) |
|-----------|---------------------------------|---------|----------|---------------|------------------------------------|---------|----------|---------------|-------------|
|           | セメント<br>量C                      | 水量<br>W | 土砂<br>量G | セメント<br>水比C/W | セメント<br>量C                         | 水量<br>W | 土砂<br>量G | セメント<br>水比C/W |             |
| 有村川       | ①                               | 100     | 77       | 1.638         | 129                                | 100     | 2.107    | 129           | 測定不能        |
|           | ②                               | 100     | 93       | 1.638         | 107                                | 126     | 118      | 2.065         | 107         |
|           | ③                               | 100     | 125      | 1.638         | 80                                 | 121     | 152      | 1.984         | 80          |
|           | ④                               | 100     | 141      | 1.638         | 71                                 | 119     | 168      | 1.946         | 71          |
|           | ⑤                               | 100     | 157      | 1.638         | 64                                 | 117     | 183      | 1.909         | 64          |
| 長谷川       | ⑥                               | 294     | 212      | 1.836         | 139                                | 250     | 180      | 1.560         | 139         |
|           | ⑦                               | 298     | 227      | 1.836         | 131                                | 250     | 190      | 1.538         | 132         |
|           | ⑧                               | 303     | 242      | 1.836         | 125                                | 250     | 200      | 1.517         | 125         |
|           | ⑨                               | 307     | 258      | 1.836         | 119                                | 250     | 210      | 1.495         | 119         |
|           | ⑩                               | 311     | 274      | 1.836         | 114                                | 250     | 220      | 1.474         | 114         |
|           | ⑪                               | 176     | 246      | 1.836         | 72                                 | 150     | 210      | 1.566         | 71          |
|           | ⑫                               | 208     | 249      | 1.836         | 84                                 | 175     | 210      | 1.548         | 83          |
|           | ⑬                               | 240     | 252      | 1.836         | 95                                 | 200     | 210      | 1.531         | 95          |
|           | ⑭                               | 273     | 255      | 1.836         | 107                                | 225     | 210      | 1.513         | 107         |
|           | ⑮                               | 342     | 261      | 1.836         | 131                                | 275     | 210      | 1.477         | 131         |
|           | ⑯                               | 377     | 264      | 1.836         | 143                                | 300     | 210      | 1.460         | 143         |

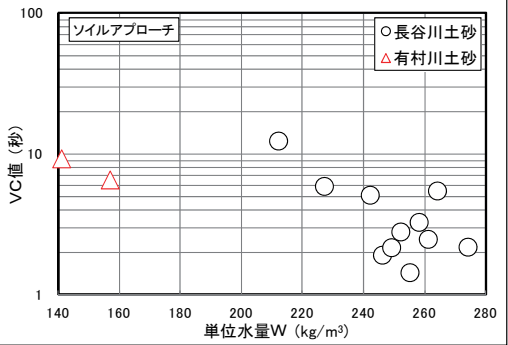


図 1 単位水量と VC 値の関係(ソイルアプローチ)

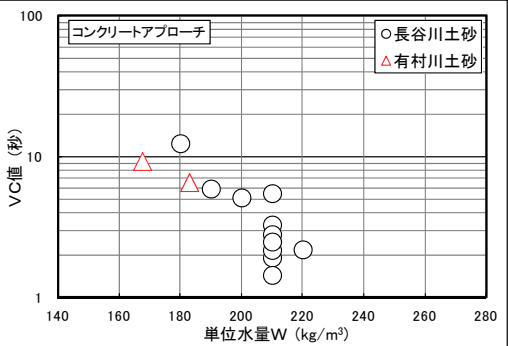


図 2 単位水量と VC 値の関係(コンクリートアプローチ)

### 3. 試験結果とその考察

#### 3.1 コンシステンシーに及ぼす影響

図1～図2には、製造直後の INSEM 材のコンシステンシーの把握を目的として測定した VC 値と単位水量の関係を配合設計手法毎に整理した。図1～図2より、コンクリートアプローチの方が単位水量の範囲が狭くなることが確認された。なお、図2で「有村川土砂」のデータが2つしかない理由は、表2中の①～③の配合では VC 試験時にブリージングが発生せず VC 値が測定できなかったためである。

#### 3.2 強度に及ぼす影響

図3にセメント水比(以下、 $C/W$ )と28日強度(以下、 $\sigma_{28}$ )の関係を示す。表2に示したように設計手法の違いで単位セメント量、単位水量は異なるがこれらの比は変化しない。そのため圧縮強度をセメント水比で整理することで、配合設計手法の違いによる評価の相違は発生しない。図3より  $C/W$  と強度発現の関係を見ると「長谷川土砂」では  $C/W$  の増加に伴う  $\sigma_{28}$  の増大傾向が顕著である一方、「有村川土砂」では  $C/W$  の増加による  $\sigma_{28}$  の増大傾向は顕著でない。したがって、土砂の性状により  $C/W$  と  $\sigma_{28}$  との関係が変化する結果となった。

#### 3.3 単位体積重量に及ぼす影響

重力式砂防堰堤等の設計上の重要な要素である単位体積重量について、供試体の単位体積重量を真値とみなしてソイルアプローチとコンクリートアプローチによる配合上の単位体積重量を評価することとし、下式に示す単位体積重量比(以下、重量比)を算出し図4に示した。

単位体積重量比 = 供試体単位体積重量 / 配合上単位体積重量

図4から重量比は、コンクリートアプローチの場合には全体としてばらつきが小さく、概ね 0.92～0.977 に分布する結果となった。ソイルアプローチの場合、「長谷川土砂」では 0.78～0.84 に分布する一方、「有村川土砂」では 1.14～1.18 に分布する結果となった。これはソイルアプローチの配合設定では、最大乾燥密度を基本とするため、表2に示す両土砂の最大乾燥密度の違いが影響していると推察される。

#### 3.4 コンクリートアプローチにおける空気量の逆算

供試体単位体積重量を真値として空気量を逆算した結果を図5に示す。図5より、90秒加振を行ってもブリージングが発生せず VC 値の測定が不能であった3事例を除く VC 値  $\leq 12.5$  sec のデータにおいて、供試体の空気量の逆算値は 2.4～4.9%を示した。これらは当初設定した空気量 1.5%の 1.6～3.3倍であるが、スランプ 5cm のコンクリートと同程度以下の空気量である。

### 4. まとめ及び今後の課題

本検討結果をまとめるとともに今後の課題を以下に示す。

- ① 配合設計上の単位体積重量は、ソイルアプローチがコンクリートアプローチに比べて土砂の性状の影響を受けやすい。
- ② VC 値が小さい場合、コンクリートアプローチによる配合では、配合上の空気量を 2.4～4.9%程度に設定することで単位体積重量比が 1.0 に近づくと考えられる。
- ③ コンクリートアプローチは実施工において、現地発生土砂の表面水率の変化に合わせて加水量を調整する必要があるため、施工管理がより煩雑となる。両配合の特性を適切に評価して配合手法を選択する必要がある。
- ④ 今回検討したデータ数は少ないことから、今後もデータを蓄積して現地発生土砂の性状の違いによる配合設計手法の特性、採用区分も明確化等の検討が必要である。

[参考文献]

- 1) (財)砂防・地すべり技術センター：「砂防ソイルセメント設計・施工便覧」2011, pp149-151
- 2) 渡邊他8名：「砂防ソイルセメント(INSEM)の配合設計における現状と課題」, 平成21年度砂防学会研究発表会概要集, pp126-127, 2009.5

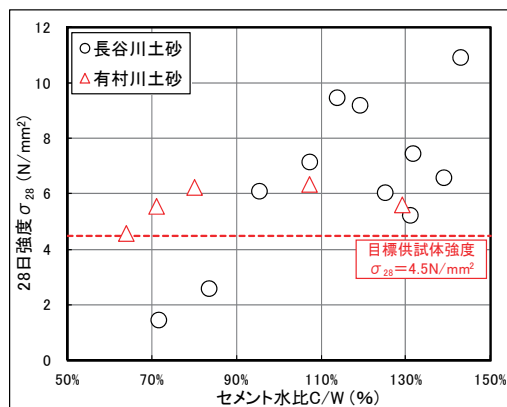


図3 セメント水比と28日強度の関係

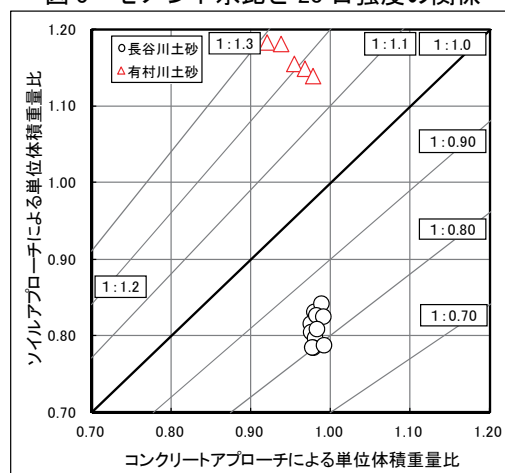


図4 単位体積重量比

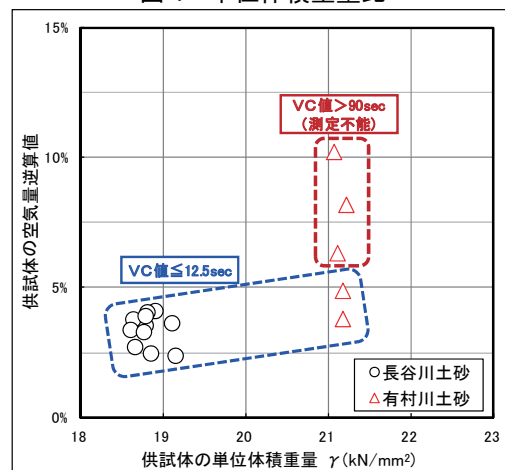


図5 供試体の単位体積重量と空気量逆算値