

和歌山県土木部砂防課

森川 智

和歌山県日高振興局建設部

楠本 光

砂防エンジニアリング株式会社 中濃耕司、○細川清隆、岩本吉弘

1.はじめに

近年、砂防ソイルセメント活用工法が推進されているが、砂防施設を必要とする溪流において良質な現地発生土砂を確保することが困難な場合も多い。そこで、良質ではない現地発生土砂をクラッシャーラン、セメントと混合し、L.U.C材([Low paste concrete by Using Crusher-run];現在、特許申請中)とすることで現地発生土砂の活用用途拡大を図る目的で配合試験を実施した。以下に配合試験結果と良質でない現地発生土砂活用時の留意点を報告する。

2.配合条件と目標品質

検討対象とした現地発生土砂は、礫混じり粘性土状の崩積土で、図-1に示すように細骨材分が80%以上、0.075mm以下の微粒分が50%以上の「粘土」に分類される土砂であった。そこで、配合試験では、この現地発生土砂に再生クラッシャーランRC-40を重量比で加えて実施するものとした。

ここで、現地発生土砂活用の対象工法はINS-EM工法とし、砂防堰堤内部への適用を想定した。

これらの考えに基づいた配合試験の条件は表-1に示すとおりとした。なお、目標強度は砂防ソイルセメント活用ガイドラインによると、配合試験時で4,500~6,000kN/m²とする必要があったが、現地発生土砂が良質ではなく強度発現が小さいことを考慮し、想定した高さ7.5mの堰堤における必要最低限の強度として、梁理論に基づき算定した内部応力に対して安定となるよう2,500kN/m²とした。

3.配合試験結果

3.1予備配合試験における強度発現

予備配合試験における単位セメント量と圧縮強度の関係を図-2に示す。単位セメント量や再生クラッシャーランの混入率が多くなるにつれ、圧縮強度は大きくなる傾向を示すが、その増加率は相対的に小さく、予備配合試験では目標強度を満足できなかった。

圧縮強度を増加させる手法には、①セメント量を增量する、②固化材を粘性土に効果的なものに変更する、③水和反応を促進するため加水する等が考えられたが、既に一般的なINS-EM材に比べ単位セメント量が多くなっていることを考慮して②及び③による手法を採用し、本配合試験を実施するものとした。

3.2本配合試験における発現強度

図-3に本配合試験における単位セメント量と圧縮強度の関係を示す。本配合試験では、予備配合試験より大きな圧縮強度が確認された。特に加水量が大きいほど圧縮強度の増加率が大きくなる傾向が認められた。

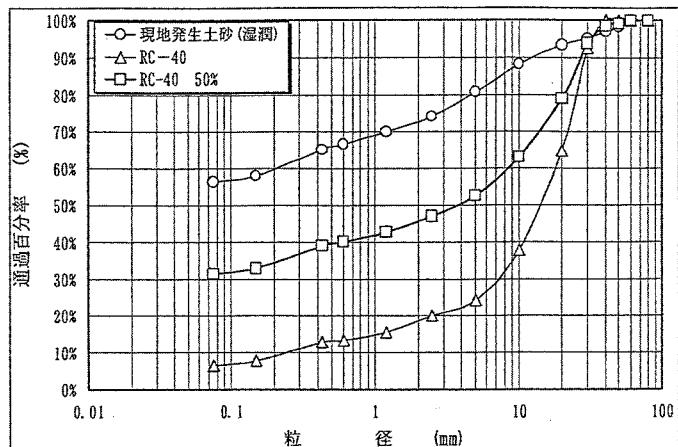
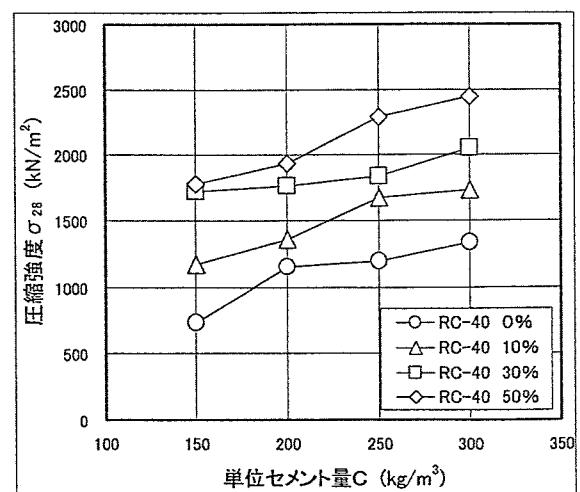


図-1 使用材料の粒度

表-1 配合条件

項目	内 容	
試験区分	予備配合試験	本配合試験
使用セメント	高炉セメントB種	セメント系固化材
混合水の有無	無	有・無
現地発生土砂の最大寸法	80mm	80mm
単位固化材量	150, 200 250, 300kg/m ³	150, 200 250, 300kg/m ³
加水条件	加水なし	加水なし C/W' = 20, 35%
混和剤	未使用	未使用
クラッシャーラン混入率	0, 10, 30, 50%	50%
コンシスティンシー	ゼロスランプ	
目標強度	$\sigma_{28} \geq 2,500\text{kN/m}^2$	
供試体形状	$\phi 150\text{mm} \times 300\text{mm}$	

図-2 予備配合試験におけるCと σ_{28} の関係

また、図-4に7日強度 σ_7 と28日強度 σ_{28} の強度比を、図-5には、28日強度 σ_{28} と弾性係数 E_{50} の関係を示す。 σ_{28} と σ_7 の強度比(σ_{28}/σ_7)は、概ね1.2~1.5を示した。この値は、高炉セメントB種を使用した一般的なINSEM材の値よりやや小さい傾向を有する。これはセメント系固化材の初期強度が大きいことの影響と考えられる。弾性係数 E_{50} は再生クラッシャーランの混入率、固化材の種類、単位セメント量、加水量等に起因する大きなばらつきは認められず、圧縮強度に高い相関をもって比例して増加することが認められた。

なお、練混ぜ直後のコンシスティンシーは、セメント加水量比C/W' = 35%でやや軟質な状態を呈すこともあり、C/W' = 20%の方が良好であると判定された。

4. 低品質の現地発生土砂を活用する場合の留意点

本検討結果を含め、低品質の現地発生土砂を有効活用する場合の留意点として、次の項目を挙げることができる。このうち④~⑥は、安全サイドの計画・設計の考え方で、今後施工事例等による検証や適切な判断基準の設定が必要であると考えられる。

- ① 低品質の現地発生土砂の活用に際して、砂防ソイルセメントの活用と同様に、現地発生土砂の特性、流況や土砂移動特性、保全対象、適用部位等を考慮して、十分な検討を行う必要がある。なお、検討結果によっては現地発生土砂が活用できない場合も生じる。
- ② 発現強度が小さくなるため、構造物の規模・機能を考慮した目標強度の設定が必要である。この時、経済性についても考慮する必要がある。
- ③ 強度発現は、良質材の混入や適度な加水、適切な固化材の使用等により一定値までは対応可能である。
- ④ 施工時のばらつきなども考慮し、断面は多少大きめに設定することが望まれる。
- ⑤ 流水や土石流の接触・直撃が予想される部位には確実な保護が必要である。
- ⑥ 当面は重要度の高い施設への適用をひかえるとともに、安全性の検証として、試験施工等で土石流直撃時などの動態計測等を行うことが望まれる。

5. おわりに

環境負荷の低減という観点から、今後現地発生土砂を活用した砂防ソイルセメントの積極的活用が期待される。

本報告では、低品質な粘性土であっても一定の値までであれば強度を発現させることができることを室内配合試験で確認した。今後は長期強度や実構造物を対象とした試験施工等による検討が必要と考えられる。

本報告をとりまとめに当たり、太平洋セメント株式会社の酒巻氏、加藤氏にご協力をいただいた。末筆ながら感謝の意を表します。

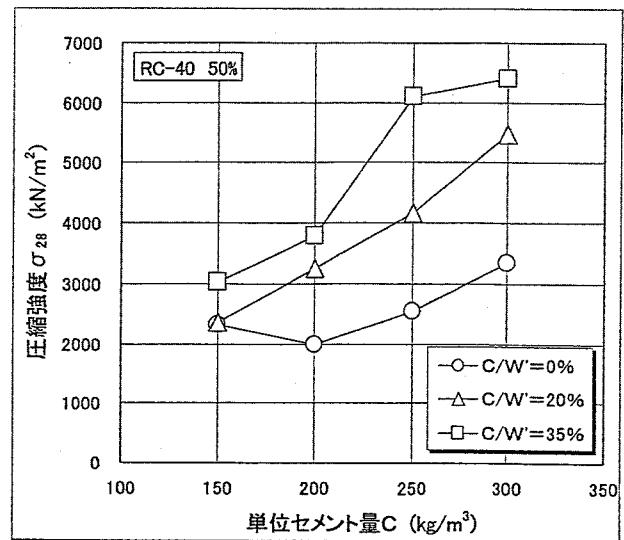


図-3 本配合試験におけるCと σ_{28} の関係

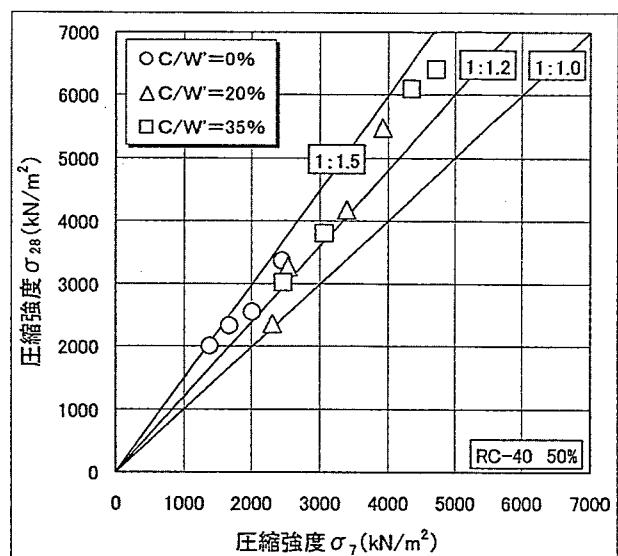


図-4 σ_7 と σ_{28} の強度比

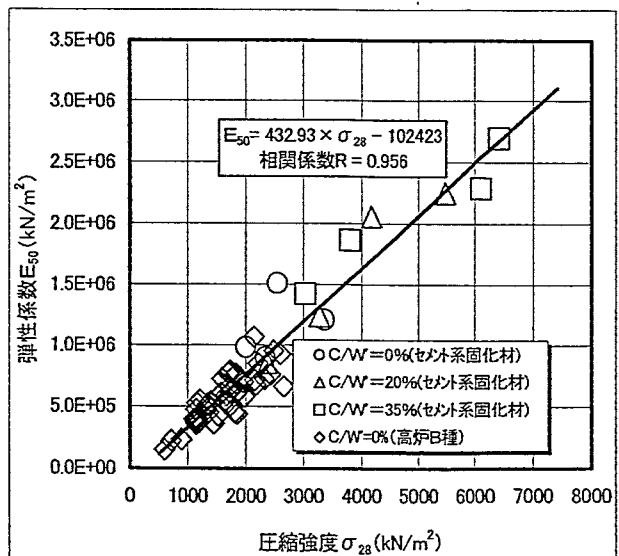


図-5 σ_{28} と E_{50} の関係