

碎石スラッジを使用したダム用コンクリートのワーカビリティと圧縮強度

独立行政法人 土木研究所 正会員 ○土田 克美¹⁾
 独立行政法人 土木研究所 正会員 河野 広隆¹⁾
 独立行政法人 土木研究所 正会員 森濱 和正¹⁾

1. はじめに

ダム建設現場において、骨材の製造過程で発生する骨材微粉末は濁水処理設備で脱水ケーキ（以下「碎石スラッジ」と呼ぶ）として分離され、費用と手間をかけて処理されている。そこで資源面、環境面、経済性の観点から、廃棄処分されているスラッジを資源としての再利用の可能性を探ることを目的として、スラッジを混入させたモルタルとコンクリートのワーカビリティ、強度発現に関する試験を実施してきた。

本報告では、そのうちコンクリートのワーカビリティ、圧縮強度試験結果について報告する。

2. 実験概要

2-1 使用材料および配合

粉体の物性および粒度分布を表-1、図-1、対象とするダム用コンクリートの種類と基本配合を表-2に示す。なお表-1には碎石スラッジとの比較のため、森濱ら⁽¹⁾の実施した粉体(石粉)のデータを併せて表示している。

用いた細骨材には、0.15mm以下の微粒分がおよそ9%含まれており(微粒分率9%)、これにケーキ状の碎石スラッジ(含水率30%)混入率を2水準変化させ細骨材に置換して用いた。

2-2 試験方法

コンクリートの練混ぜは容量100リットルの強制2軸型ミキサを使用して、材料は粗骨材、細骨材、スラッジ、セメント、フライアッシュをミキサに投入し60秒間空練りをした後、あらかじめ混和剤を溶解させた水を加え120秒間(高流動のみ180秒)練混ぜた。スランブ試験はJIS A 1101、V C試験はJSCE-F507、スランブフロー試験はJSCE-F503に準拠して測定した。供試体寸法はRCDのみφ15×30cm、その他はφ12.5×25cmとし、その作成はJIS A 1132、圧縮強度試験は所定の材齢においてJIS A 1108に準拠して行った。材齢は1、7、28、91日とした。

表-1 粉体の物性

	密度 (g/cm ³)	ブレン 比表面積 (cm ² /g)	平均粒径 (μm)
碎石スラッジ	2.70	9,050	9.1
セメント	3.21	3,210	10.7
フライアッシュ	2.10	2,950	12.5
石粉 a ⁽¹⁾	2.70	4,300	11.9
石粉 b ⁽¹⁾	2.65	1,860	50.0

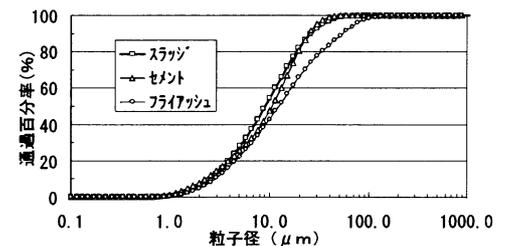


図-1 粉体の粒度分布

表-2 コンクリートの基本配合(微粒分率9.0%<スラッジなし>の場合)

配合	粗骨材 の最大 寸法 (mm)	コンス テン ション の目標	空気量 の目標 (%)	水結合 材比 W/ (C+F) (%)	フライア ッシュ比 F/ (C+F) (%)	細骨材 率 s/a (%)	単位量(kg/m ³)							
							水 W	セメント C	フライア ッシュ F	細骨材 S	粗骨材		混和剤 AD1	AE剤 AD2
											40mm > 20mm	20mm > 5mm		
RCD	40	20 ^{*1}	—	94.0	30.0	47.4	133.0	99.0	42.4	1006.1	564.6	564.6	0.35 ^{*4}	
ELCM	40	5 ^{*2}	4.5	73.6	30.0	40.0	154.0	146.5	62.8	769.7	583.8	583.8	0.52 ^{*4}	0.031 ^{*6}
外部	40	5 ^{*2}	4.5	50.0	30.0	37.4	146.0	204.4	87.6	698.3	591.0	591.0	0.73 ^{*4}	0.029 ^{*6}
高流動	20	62.5 ^{*3}	4.5	33.1	60.0	49.1	155.0	187.2	280.8	834.3	0.0	874.7	8.66 ^{*5}	

*1: V C 値(秒), *2: スランブ (cm), *3: スランブ フロー(cm), *4: AE減水剤・遅延形 (I 種), *5: 高性能AE減水剤・標準形 (I 種), *6: AE剤

キーワード：碎石スラッジ、ダム用コンクリート、リサイクル、ワーカビリティ

連絡先：1) 〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6 独立行政法人土木研究所 TEL 0298-79-6761 FAX 0298-79-6732

3. 試験結果

4種類のコンクリートのワーカビリティと圧縮強度試験結果を図-2に示す。ワーカビリティの測定結果には石粉での結果を比較して表示している。

単位水量一定の条件で微粒分率を上げることによりVC値は増加し、スランプは減少しており、石粉の場合よりも比表面積の大きな碎石スラッジの方が影響が大きい。特に高流動においては微粒分率9%でスランプフローが60cmを超えていたが、微粒分率18%ではスランプ0cmと著しく低下した。流動性低下の要因としては、碎石スラッジを混入することで比表面積が増加し、拘束される水量が多くなったためと考えられる。

一方コンクリートの強度発現は、初期材齢時において微粒分率の高いほど大きい値を示し、材齢91日における微粒分率9%と微粒分率18%との圧縮強度比はRCD 1.20, ELCM 1.22, 外部 1.08となっている。高流動の場合の圧縮強度比は0.91であるが、圧縮強度自体は40 N/mm²を超えており極端な強度低下は生じていない。

4. 考察

単位水量一定のもとで比表面積の大きなスラッジを用いればコンクリートの流動性に影響がおよぶのは当然の結果であり、施工性の劣ったコンクリートとなる可能性があることを示唆している。

今後碎石スラッジの使用にあたっては、主に施工上の改善と配合上の改善の2方法が考えられる。前者はワーカビリティの低下が小さいRCDの場合には振動ローラーでの転圧回数を増やす、ELCM, 外部のようにスランプを有する場合にはバイブレーターの振動時間を長くするなどの措置が必要となる。碎石スラッジを積極的に使用しようとする場合にはワーカビリティを改善するために後者による対応が必要となる。たとえばAE減水剤の使用量を増やすなどにより流動性の改善を図り、同時に遅延効果が生じ、経時変化の改善も期待できると予想される。これにより、碎石スラッジの使用の可能性はより拡大（置換率の増加）することも考えられる。

碎石スラッジ混入コンクリートの強度が大きくなる理由としては、微粒分混入によりコンクリートが緻密になったためと考えられる。強度上からは碎石スラッジ混入量を増やすことが可能であることを示している。

5. おわりに

碎石スラッジを細骨材に置換することによりワーカビリティが低下するものの、初期強度、長期強度が改善することが明らかになった。スラッジ混入によるワーカビリティ低下に関しては、配合設計上の工夫により改善できる余地があり、今後検討する予定である。また、外部用コンクリートを対象に耐久性に関する試験を実施しており、その結果をふまえて、碎石スラッジの有効利用について総合的な品質評価を行い、使用の可否判断の一助としていきたい。

【参考文献】

- (1) 森濱和正他：「微粒分の品質評価方法に関する検討」、コンクリート工学年次論文集, Vol. 22, No. 2, pp. 205~210, 2000. 6

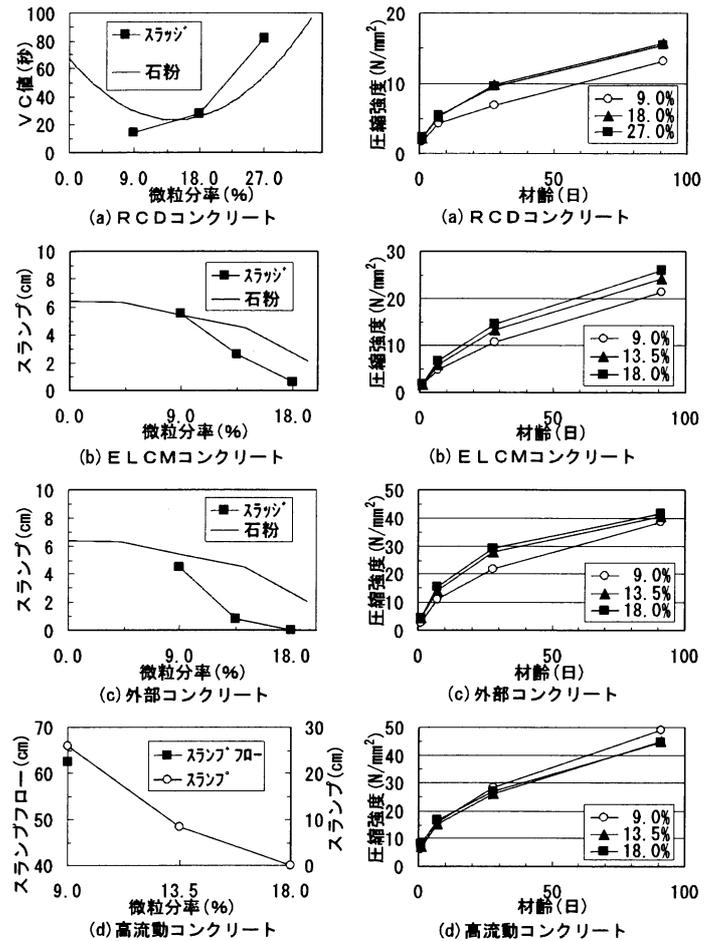


図-2 ワーカビリティと圧縮強度