

砕石ズリを有効利用したコンクリートの性能評価に関する実験的検討

香川高等専門学校専攻科 学生会員 ○串田 浩大
 香川高等専門学校 正会員 林 和彦
 香川高等専門学校 正会員 長谷川雄基
 神戸大学大学院 正会員 鈴木麻里子
 香川県砕石事業協同組合 正会員 吉田 幸稔

1. はじめに

採石場における骨材製造過程において、規格に満たないズリが大量に発生している。ズリは一部では路盤材料として利用されているが、ほとんどは廃棄されているため、これらのズリを未加工の状態でコンクリート用骨材として有効利用することを検討している。これまでの検討において、砕石ズリを用いたコンクリートは製品骨材を用いたコンクリートと比較して粘性や材料分離抵抗性が小さく、静弾性係数が低い結果が得られている。

本研究では砕石ズリを分級した一部をコンクリート用粗骨材として使用した場合に限定し、分離抵抗性を確保させた最適な配合方法を検討し、砕石ズリと製品骨材を比較し粒度、粒形の違いおよび骨材中の脆弱部の存在の有無が強度特性に及ぼす影響およびそのメカニズムを明らかにすることを目的とする。

2. 実験概要

2.1 使用材料

粗骨材として砕石ズリ W(香川県産花崗岩)、製品骨材 C(香川県産花崗岩)の2種を用いた。W、Cともに同じ採石場から採取されている。使用材料および基本物性について、粗骨材の密度および吸水率試験(JIS A 1110)の結果を表-1に示す。

2.2 供試体作製および試験項目

コンクリートの練混ぜには、二軸強制練りミキサーを用い、セメント、細骨材、粗骨材を投入し、30秒間の空練りを行った後、水と混和剤を投入し、90秒間の本練りを行った。φ100mmの円柱供試体を作製し、標準養生(20℃水中28日間)を行った。

試験項目は、骨材物性試験として、粗骨材の密度および吸水率試験(JIS A 1110)、骨材の単位容積質量及び実積率試験(JIS A 1104)、骨材のふるい分け試験(JIS A 1102)、骨材の微粒分量試験(JIS A 1103)を実施した。フレッシュ性状試験として、スランブ試験(JIS A 1101)、空気量試験(JIS A 1128)、タンピング試験²⁾、T-ポストスランブ試験³⁾を実施した。硬化性状試験として、圧縮強度試験(JIS A 1108)、静弾性係数試験(JIS A 1149)、割裂引張強度試験(JIS A 1113)を実施した。

3. 結果および考察

3.1 実積率、粒径判定実積率および微粒分量

実積率試験、粒径判定実積率試験および微粒分量試験の結果について表-2に示す。砕石ズリおよび製品骨材について、

JIS A 5005(コンクリート用砕石及び砕砂)で規定されている粒径判定実積率56%以上という数値を満足する結果となり、実積率についてもほぼ同等の値であったため、双方ともに形状および粒度は良いといえる。

微粒分量試験においては双方ともにJIS A 5005で規定されている3.0%以下の基準を満たしたが、砕石ズリの値は製品骨材と比較すると高いことから、砕石ズリを用いたコンクリートは製品骨材コンクリートと比較すると、粗骨材とモルタルの付着力が低いことが考えられる。

3.2 粗骨材の粒度のパラメータの設定

粒度の違い、骨材製造方法の違いによる挙動を比較するため、砕石ズリおよび製品骨材ともに細かい粒子が多いものとして、粗骨材G1(10~20mm):粗骨材G2(5~10mm)=25:75とした粒度L、標準の粒度として、砕石2005の粒度曲線の中間値に調整した粒度M、粗い粒子が多いものとして、粗骨材G1:粗骨材G2=98:2とした粒度H、と段階的に粒度を変化させた3パターンに設定して検討することとした。

図-1に粗骨材の粒度分布を示す。

3.3 コンクリートの配合決定

コンクリートの示方配合、スランブおよび空気量を表-3に示す。配合条件の範囲に収め、かつ分離抵抗性を確保できる最適な配合を検討した。その結果、砕石ズリの配合については、粒度Hの配合のみスランブが目標値に収まらな

表-1 使用材料の基本物性

使用材料	物性等
セメント (C)	普通ポルトランドセメント 密度3.16g/cm ³
砕砂 (S)	表乾密度2.60g/cm ³ FM=2.63 吸水率1.74%
粗骨材 (G)	製品骨材 (C) 表乾密度2.62g/cm ³ FM=6.74 吸水率0.99% 最大寸法20mm
	砕石ズリ (W) 表乾密度2.62g/cm ³ FM=7.47 吸水率1.25% 最大寸法20mm
混和剤	AE減水剤
	AE剤
	リグニンスルホン酸化合物と ポリカルボン酸エーテルの複合体 変性アルキルカルボン酸化合物系AE剤

表-2 実積率、粒径判定実積率および微粒分量試験結果

	実積率 (%)	粒径判定実積率 (%)	微粒分量 (%)
砕石ズリ	59.9	60.5	0.93
製品骨材	60.9	61.1	0.25

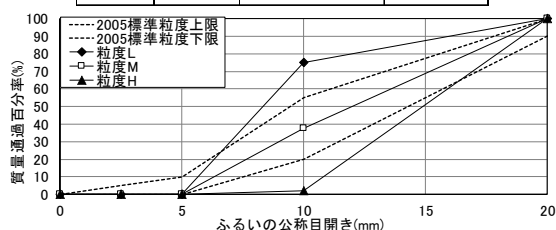


図-1 粗骨材の粒度のパラメータ

キーワード：コンクリート、砕石ズリ、有効利用、分離抵抗性、強度特性

連絡先：〒761-8058 香川県高松市勅使町 355 TEL：087-869-3920

かったが、本研究においては空気量および分離抵抗性が確保できた配合を採用とした。

3.4 タンピング試験およびT-ポストスランブ試験結果

砕石ズリコンクリートのタンピング試験結果を図-2に示す。また、スランブフロー47cm時の写真を図-3に示す。コンクリートの崩れ方や形状の観点では、どの配合においてもタンピングの過程においてコンクリート試料が一体となって変形し、試料上部は変形せず、下部のみがその重みで変形している。スランブフロー47cm時にスランブ上面の輪郭が連続であった。以上から全配合が粘性および材料分離抵抗性を十分に有するという結果が得られた。

3.5 硬化性状試験結果

図-4に静弾性係数と圧縮強度の関係を示す。圧縮強度および静弾性係数はどの配合においても製品骨材コンクリートの方が大きい値となった。また、粒度の違いによる強度特性への影響はほとんど見受けられなかった。砕石ズリコンクリートの強度および静弾性係数低下の原因は、載荷時において骨材の脆弱箇所による破壊が発生していることや、微粒分が若干多く粗骨材とモルタル界面の付着力が低下しているためであると考えられる。

図中の静弾性係数のコンクリート標準示方書の値を参考に、製品骨材の強度特性から推察される静弾性係数の予測線を作成した。その結果、砕石ズリの静弾性係数は、製品骨材の予測線よりも約15%低くなった。以上より、採石ズリは製品骨材と同等の静弾性係数確保は困難であることが認められた。

図-5に引張強度と骨材全体(粗骨材+細骨材)としての粗粒率の関係を示す。砕石ズリについては、粒度Lから粒度Hへと粗い粒子が多くなるにつれて引張強度が低下する傾向となったことに加え、最大引張強度に関しては製品骨材と比較して劣る結果となった。一方、製品骨材については正反対の傾向となったことから、引張強度に関しては粒度の違いによって差が見られた。また、割裂引張の載荷時について、砕石ズリは載荷荷重が比較的小さい段階において骨材の破壊を示す破壊音の発生が認められた。

試験後、引張強度の差が大きかった粒度Hの破断面を観察すると露出している製品骨材の骨材破断率は約60%であり、一方、砕石ズリでは約78%と約2割程度高かったことから、砕石ズリコンクリートは骨材の破壊を起点にコンクリート全体が破壊していることが考えられる。このことから、砕石ズリが有する風化部分などの脆弱箇所が引張強度に及ぼす影響は大きいことがいえる。

4. 結論

本研究によって得られた知見は以下の通りである。

- 1) 砕石ズリは風化箇所などの脆弱部分が含まれているため、コンクリート載荷段階において骨材の破壊が発生したために強度が低下する傾向がみられた。
- 2) 砕石ズリコンクリートの静弾性係数低下は骨材の脆弱部分における破壊が供試体中の各部分で発生してコンクリートが破壊したためと推定される。
- 3) 砕石ズリコンクリートは製品骨材コンクリートと同

表-3 コンクリートの示方配合

配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				G × (%)		スランブ (cm)	空気量 (%)
			W	C	S	G	AE減水剤	AE助剤		
W-L		40			706	1068	1.1	0	6.5	4.9
W-M		45			795	979	0.5		9.5	4.2
W-H		48			848	925	0.7	2A	9.5	5.3
C-L		40			706	1068	1.1	1A	7.0	3.0
C-M		45			795	979	0.5		8.0	4.5
C-H		48			848	925	0.7	2A	6.5	4.2



図-2 タンピング試験結果

(左から、W-L, W-M, W-H タンピング回数32回時)

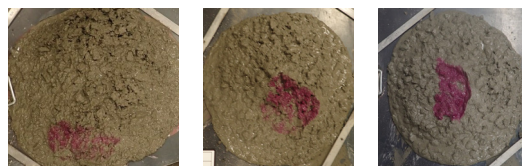


図-3 T-ポストスランブ試験結果

(左から、W-L, W-M, W-H スランブフロー47cm時)

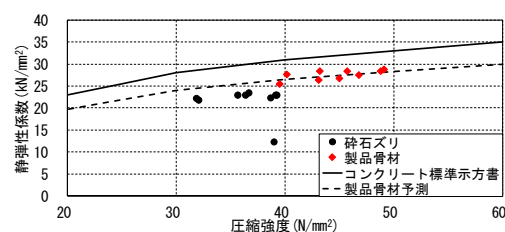


図-4 静弾性係数と圧縮強度の関係

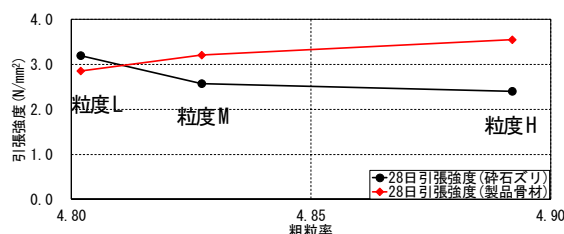


図-5 引張強度と粗粒率の関係

等の静弾性係数を確保することは難しいが、水セメント比に留意することで強度は確保できることが考えられるため、弾性係数の担保を必要としないコンクリート(無筋コンクリート等)の粗骨材として有効利用できる可能性が示された。

参考文献

- 1) 串田浩大, 足立優斗, 鈴木麻里子, 林和彦: 庵治石ズリを有効活用したコンクリートの力学的挙動, 土木学会四国支部第24回技術研究発表会, 2018
- 2) コンクリート施工性能の照査・検査システム研究委員会(341 委員会)第2期委員会報告書, コンクリート技術シリーズNo.97, 土木学会, 2013
- 3) 梁俊, 丸屋剛, 坂本淳: コンクリートの分離抵抗性の簡易な定量評価方法の開発, コンクリート工学年次論文集, Vol.34, No.1, pp.1174-1179, 2012