

低品質な砕石ズリを有効利用したコンクリートの作製 Fabrication of Concrete Using Low Quality Crushed Rock Waste

○鈴木麻里子, 井上一哉, 田中勉

Mariko SUZUKI, Kazuya INOUE and Tsutomu TANAKA

1. 緒論

骨材はコンクリート容積の約 70%を占めるため、骨材品質はコンクリートの性質に大きな影響を及ぼす。ゆえに、良質な骨材を使用することが品質の良いコンクリートを作製する基本とされてきた。しかしながら、川砂利、海砂利の採取が禁止され、良質な骨材の入手が困難になり、骨材の安定供給が危ぶまれている。資源的および地域的制約により、コンクリート用骨材が極めて多様化する中で、安定した供給を目指すため、本研究では廃棄待ちの砕石ズリに着目し、粒度調整や表面加工することなく、コンクリート用粗骨材として再利用することを検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

本実験では、廃棄待ち砕石ズリとして庵治（あじ）石ズリを使用した。庵治石は、日本三大花崗岩の一つであり、香川県高松市から産出される。全産出量の 1%程度は、墓石や灯籠などに製品化されるが、年間約 18 万トンは製品化されず廃棄されている。墓石などを製造する石材業者は土砂混じりの庵治石ズリを野積みしており、廃棄までの置き場の確保や廃棄費が高むなど問題を抱えている。

その他、コンクリート材料に、普通ポルトランドセメント（密度 3.15 g/cm³）、と細骨材に安山岩砕砂（表乾密度 2.60 g/cm³、粗粒率 2.63、吸水率 1.74%）、AE 減水剤を用いた。

2.2 実験方法

砕石ズリを未加工のまま、コンクリート粗骨材として用いた研究事例はない。ゆえに、粗骨材としての諸特性を明らかにするために、粗骨材の密度および吸水率試験や骨材の単位容積質量および実積率試験、骨材のふるい分け試験を実施した。

試行錯誤的に 20 ケース以上配合設計を行った後、コンクリートのフレッシュ性状試験と硬化性状試験を実施した。一般的なフレッシュ性状試験であるスランプ試験や空気量測定に加え、動的な応答を明らかにするために、タンピング試験¹⁾および T-ポストスランプ試験²⁾を実施した。硬化性状試験では、圧縮強度試験および静弾性係数試験を実施した。

3. 実験結果および考察

3.1 砕石ズリの物理特性

砕石ズリの物理特性を表-1 に示す。一般的な粗骨材として使用される安山岩砕石と比較すると、表乾密度に大差はなく、吸水率（規格値：3.0%以下）は砕石ズリのほうが小さい結果が得られた。これは、用いた砕石ズリ（庵治石）が花崗岩に属することに由来する。しかしながら、一般的に庵治石は吸水率が非常に小さく 0.2%程度と言われていることから風化が示唆された。

実積率（規格値：59%以上）、粒形判定実積率試験（基準値：55%以上）の結果を比較する。砕石ズリ、安山岩砕石ともに、粒形判定実積率の規格

表-1 粗骨材の物理特性
Properties of coarse aggregates

	砕石ズリ	安山岩砕石
表乾密度 (g/cm ³)	2.62	2.61
吸水率 (%)	1.34	1.97
実積率 (%)	58.4	62.1
粒形判定実積率 (%)	60.0	61.7

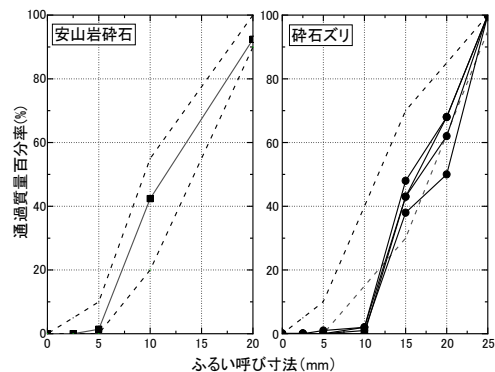


図-1 粒度分布
Particle size distribution

表-2 コンクリート配合とフレッシュ性状試験結果
Concrete formulation and fresh concrete property

配合名	W/C(%)	s/a(%)	単位量 (kg/m ³)				C×(%)		スランブ(cm)		空気量(%)	Tポストスランブ	タンピン
			W	C	S	G	AE減水剤①	AE減水剤②	10±2.0cm	4.5±1.5%			
安山岩碎石A	55	48	175	318	847	925	0.9	0	10.0	4.4	○	良好	
安山岩碎石B	55	42	175	318	741	1028	0	0.7	9.0	3.9	×	崩壊	
碎石ズリA	55	42	175	318	741	1032	0	0.7	8.5	3.8	×	崩壊	

値を満たしている。しかしながら、整形を行っていない碎石ズリは、安山岩碎石よりも、小さな値を示した。一方、碎石ズリの実積率は僅かではあるが規格値を下回る結果となった。選別や粒度調整を行っていないため、粒度分布が悪いことが分かった。図-1に示すふるい分け試験結果より碎石ズリは図中に点線で示す粒度の標準値から外れており、10 mm 粒径の骨材が不足していることが明らかとなった。

3.2 フレッシュ性状試験

表-2にスランブ、空気量の目標値を満たしたコンクリートの配合とフレッシュ性状試験結果を示す。碎石ズリ A と同じ粒度分布に調整し、同配合で安山岩碎石を用いたケースを安山岩碎石 B と名付けた。安山岩碎石 B は庵治石ズリと岩種の違いを比較するために作製した。碎石ズリ A、安山岩碎石 B の配合では、スランブ、空気量の目標値を達成したにもかかわらず、T ポストスランブ試験、タンピング試験結果が良好でなく、流動性や材料分離抵抗性を有していないことが明らかとなった。

3.3 硬化性状試験

圧縮強度、静弾性係数試験結果を図-2に示す。庵治石の産地である香川県内では呼び強度 21~24 N/mm² が平均的な配合であり、本研究で得られた結果は、すべて基準値を満たしていた。粒度分布の良い安山岩碎石 A が最も大きな強度を発現しており、粒径に偏りのある碎石ズリ A、安山岩碎石 B は、安山岩碎石 A と比較して7割程度の圧縮強度しか有していないことが明らかとなった。碎石ズリ A、安山岩碎石 B では、前述したとおり、動的なフレッシュ性状を有しておらず、骨材間での噛み合わせによる材料分離が発生したことが考えられる。しかしながら、碎石ズリ A、安山岩碎石 B の比較より、廃棄待ちズリを用いても著しい強度低下にはつながらないことが明らかとなった。

静弾性係数試験結果より、安山岩碎石を用いたコンクリートでは、粒度分布に関わらず、同程度の静弾性係数を有していたが、碎石ズリを用いたコンクリートでは、静弾性係数が低い結果が得られた。これは、碎石ズリの風化が進んでいることや、表面加工を行っていないことによる表面粗度の大きさがモルタルとの付着悪さに繋がったことが考えられる。

4. まとめ

本研究では、廃棄される碎石ズリを粒度調整や表面加工することなく、コンクリート用粗骨材へ有効利用できる可能性を明らかにした。しかしながら、碎石ズリをコンクリート用骨材として利用する際には、動的なフレッシュ性状を確保するために、細骨材率や単位セメント量を増加させ、粘性を十分に確保した配合にする必要があるとともに、碎石ズリを利用したコンクリートの適用先を十分に検討することが重要であると考えられる。

【参考文献】

- 1) 石井佑大, 宇治公隆, 上野敦: タンピング試験におけるワーカビリティの簡易評価方法の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol. 30, No. 2, pp.37-42, 2008
- 2) 丸屋剛, 梁俊, 坂本淳, 宇治公隆: 締固めエネルギーの観点から見たフレッシュコンクリートの品質および施工性能の評価, コンクリート工学, Vol. 51, No. 4, pp.319-326, 2013

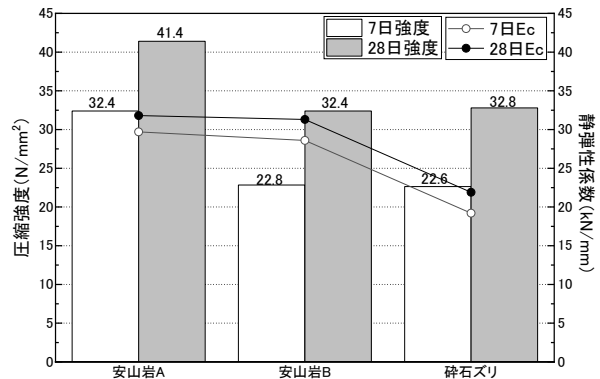


図-2 圧縮強度および静弾性係数
Compressive strength and static elastic modulus