

砕石ズリを骨材に有効利用したコンクリートの性能評価に関する基礎的研究

香川高等専門学校 学生会員 ○串田 浩大

正会員 林 和彦

正会員 長谷川雄基

香川県砕石事業協同組合 非会員 吉田 幸稔

1. はじめに

近年、環境保全への意識や資源温存および資源の延命化の観点から骨材の供給量が年々減少傾向にある。その一方で、砕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。ズリの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。このようなズリをコンクリート用骨材として有効利用することを本研究の目的としており、最大径 30mm の砕石ズリを分級せずに全量 (0~5mm および 20~30mm を含む) 有効利用したコンクリートについて検討した。

2. 試験概要

2.1 研究の流れ

砕石ズリの幾何学的特性を把握した。砕石ズリのふるい分け試験で得られた粒度分布から計算した 5mm 以下の粒径の体積に相当する細骨材率は 26% であった。コンクリート骨材として練り混ぜると細骨材率が相当に低いために骨材同士の噛み合わせや材料分離の影響が強くなり、スランプの値が小さい傾向や、スランプが崩壊する傾向が見られた。これはコンクリート中の粒度分布が偏っていることが原因として挙げられたため、粒度分布を改善するために砕石ズリ全体の使用割合を減少させ、同容積分をコンクリート用砕砂で体積置換を行い、見かけの細骨材率を上げ、そのフレッシュ性状および硬化性状を評価した。

2.2 使用材料

本研究では、細骨材として砕石ズリおよびコンクリート用砕砂を利用した。岩種には安山岩を使用した。砕石ズリには実際に路盤材として利用されるクラッシュラン C-30(0~30mm)を使用した。使用材料の基本物性を表-1 に示す。物性として砕石ズリ細骨材の吸水率および微粒分量の値が大きい。これは、骨材の製造過程の違いから砕石ズリは脆弱な風化部分が残されていることに加え、乾式による製造であるがゆえに微粒分の量が多く、JIS A 5005(コンクリート用砕石及

び砕砂)の基準から大きく超える値となったのではないかと考えられる。

2.3 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。養生は標準養生 (20℃水中 28 日間) とした。試験項目は、フレッシュ性状試験として、スランプ試験(JIS A 1101)、空気量試験(JIS A 1128)、タンピング試験¹⁾、T-ポストスランプ試験²⁾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)を実施した。

3. 結果および考察

3.1 コンクリートの配合およびフレッシュ性状試験

コンクリートの配合として、各粒度において、W/C を 65% に設定し、単位水量 175kg/m³、AE 減水剤の添加量を C×1.0%、AE 剤の添加量を C×0.003% の配合条件をもとに、砕砂置換率 0~30% の 10% 間隔でフレッシュ性状試験を実施した。また、硬化性状試験用に粒度 M において W/C を 55%、65%、75% の 10% ごとに設定し、同配合条件のもと、砕砂置換率 0~30% の 10% 間隔で供試体を作製した。どの粒度においても砕砂置換率を増加させることで、フレッシュ性状の改善

表-1 使用材料の基本物性および骨材物性試験結果

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
製品骨材(S) 0~5mm 中砂 香川県普通寺市雨森山産安山岩	絶対密度=2.56% 表乾密度=2.60g/cm ³ 吸水率=2.23% FM=2.78 実積率=62.7% 粒形判定実積率=55.6% 微粒分量=4.5%
砕石ズリ(S) 0~5mm C-30 香川県普通寺市雨森山産安山岩	絶対密度=2.39% 表乾密度=2.49g/cm ³ 吸水率=4.25% FM=3.90 実積率=56.9% 粒形判定実積率=54.3% 微粒分量=14.1%
砕石ズリ(G) 5~30mm C-30 香川県普通寺市雨森山産安山岩	絶対密度=2.59% 表乾密度=2.63g/cm ³ 吸水率=1.46% FM=6.32 実積率=60.4% 粒形判定実積率=57.3% 微粒分量=1.2%
混和剤	AE減水剤 リグニルスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体 AE助剤 変性アルキルカルボン酸化合物

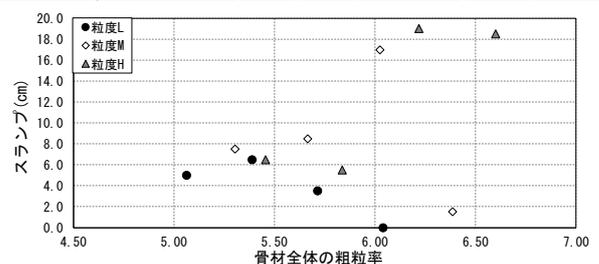


図-1 スランプと骨材全体の粗粒率の関係

に繋がった。これはコンクリート中の骨材の粒度分布が良くなったためである。

スランプと骨材全体の粗粒率(コンクリート中の粒度分布)の関係を図-1に示す。この結果より、本検討では粗粒率を 5.06~5.84 の範囲内においてスランプは 5.0~8.5cm 程度の値が確保された。しかしながら、同様の図-1 より、粗粒率が 6.00 以上になるとスランプの値が特に小さくなる傾向やスランプの崩壊が認められ、スランプの値が著しく大きくなる傾向が見られた。空気量と骨材全体の粗粒率の関係を図-2に示す。この結果より、粗粒率を小さくすることで空気量が増加する傾向にある。粗粒率が低いほど空気量が増加しているのは、細かい粒子が多くなりコンクリート中の空気が連行しやすくなったためであると考えられる。

タンピング試験およびT-ポストスランプ試験の結果より動的応答評価を実施した。評価基準を表-2に示す。これらの点数を足し合わせ、点数が高いほどそのコンクリートは粘性および材料分離抵抗性を有していることとした。動的応答評価と粗粒率の関係を図-3に示す。全体的に骨材全体の粗粒率を約 5.40 以下に調整することで評価が3点以上となり、粘性および材料分離抵抗性は十分に確保されることが本実験で確認された。粗粒率が 5.40 以上になると評価が悪くなり、粗粒率が約 5.80 以上となると特に分離の傾向が強く表れた。

3.2 硬化性状試験

圧縮強度試験および静弾性係数試験の結果を図-4に示す。圧縮強度において碎石ズリ細骨材は微粒分を多く含むため、強度は低い値となると考えたが、同じ W/C で普通骨材を使用する場合と遜色ない強度が確保できた。また、碎石ズリの使用量を減少させ、その一部を砕砂で置換した結果、置換率 0%と 30%を比較すると W/C=55%および 75%では約 10%、W/C=65%では約 30%の強度の増加が見られた。そして静弾性係数もそれぞれの圧縮強度に対応する値が得られていた。

4. 結論

碎石ズリをそのまま全量利用した際、粒度分布に大きな偏りがあったため、フレッシュ性状に大きな悪影響を及ぼした。しかし、碎石ズリ全体の使用割合を減少させ、砕砂で置換することでコンクリート中の粒度分布(骨材全体の粗粒率)が改善され、フレッシュ性状の改善に繋がった。また、どの砕砂置換率においても普通骨材を使用する場合と遜色ない強度が確保される

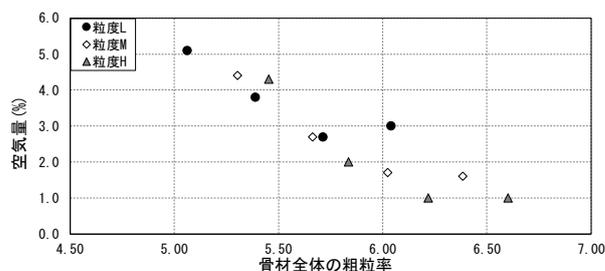


図-2 空気量と骨材全体の粗粒率の関係

表-2 動的応答評価の基準

評価	タンピング試験	T-ポストスランプ試験
◎ : 3点		フロー47cm時に輪郭連続、52cm時に輪郭不連続
○ : 2点	上部は変形せず、下部のみがその重みで変形している形状	フロー47cm時および52cm時に輪郭連続(粘性過多)
△ : 1点	崩壊はしていないが、良好とも言えない形状	フロー47cm時に輪郭が若干不連続
× : 0点	タンピング過程において上面も変形し、スランプが崩壊	フロー47cm時に輪郭が無い、もしくは不連続

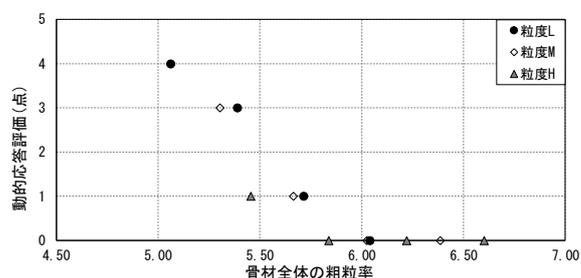


図-3 動的応答評価と骨材全体の粗粒率の関係

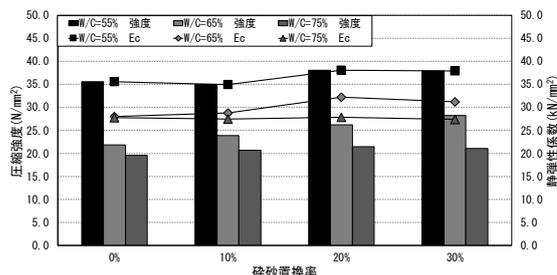


図-4 圧縮強度試験および静弾性係数試験結果

ことが明らかとなったため、骨材全体の粗粒率に留意することで十分にコンクリート用骨材として有効利用できる可能性が示唆された。

参考文献

- 1) 串田浩大, 林和彦, 長谷川雄基, 鈴木麻里子, 吉田幸稔: 碎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, 令和元年度土木学会全国大会第 74 回年次学術講演会, 2019
- 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