

骨材品質のばらつきに着目した混合骨材コンクリートの力学的性質の検討

新潟大学大学院 学生会員 村西 信哉
新潟大学 正会員 佐伯 竜彦

1. はじめに

近年の骨材事情の悪化から、低品質骨材の有効利用、スラグ骨材および再生骨材等の利用促進が望まれている。なお、ここで言う低品質骨材とは、低密度、高吸水率、または安定性損失質量の大きい骨材のことを言う。これらの骨材の単独使用は様々な不具合を引き起こすことが懸念されるため、異種骨材との混合使用が現実的な対応と考えられる。本研究では骨材品質と混合骨材コンクリートの力学的性質の関係に着目し、RBSM¹⁾による数値解析により検討を行った。

2. 実験概要

細骨材は川砂(VS)を使用し、粗骨材には青梅産砕石(VC)、電気炉徐冷酸化スラグ粗骨材(EG)、骨材採取現場表層の風化岩(WG)、再生粗骨材(RG)を使用した。以後、骨材については、()内の記号で表記する。各骨材の物理的性質を表1にまとめる。本研究ではWG、RGを低品質骨材と位置付け、それらと硬質な粒子を持つEGを混合したコンクリートの力学的性質について、検討を行った。表2に示す骨材の組合せおよび混合比率で混合骨材コンクリート供試体を作製し、ヤング係数試験、圧縮強度試験を材齢28日において実施した。

3. 混合骨材コンクリートのモデル化

モデル化にあたり、コンクリートをモルタルマトリックス、粗骨材、粗骨材モルタル境界相の3相複合材料と捉えた。以後、粗骨材を単に骨材と呼ぶ。要素分割例を図1に示す。骨材の粒径および個数は一定とした。骨材の位置は規則的に配置し、設定する混合比率に基づき、骨材種類をランダムに決定した。EG、WG、RGを想定した骨材E、W、Rの物性を仮定し、実験と同条件のコンクリートを対象とする。以後、各骨材を組み合わせたコンクリートを骨材W/Eのように表記する。

一般に、粗骨材は細骨材に比べ、粒径の大きさと個数の少なさから骨材品質のばらつきの影響が大きくなると考えられる。そこで、骨材粒子ごとの品質のばらつきを確認するため粒子個々の密度を求めた。結果を図2に示す。図より、骨材の種類によって分布形状が異なることが分かる。特に、RGはピークが2つ表れる特異な形状をしている。このような骨材の不均質性は、コンクリートの力学性能に対して悪影響を及ぼすことが懸念される。

このため本研究では、骨材要素の材料定数の設定において、骨材種類別に材料定数を与えた上で、更に骨材粒子毎に強度を設定してばらつきを与えた。なお、骨材の材料定数の分布は密度の分布と同様であると仮定した。材料定数の分布の一例として、骨材Wの例を図3に示す。ばらつきの大きさは、ばらつき「小」・「大」の2段階とした。各骨材の強度およびヤング係数は、骨材を単独使用したコンクリートの実験値から逆推定し

表1 骨材の物理的性質

記号	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	安定性 損失質量 (%)
VS	2.56	2.63	4.7
VC	2.56	0.84	9.4
EG	3.84	0.65	0.8
WG	2.62	2.89	23.8
RG	2.28	5.42	36.5

表2 骨材の組合せ

細骨材	粗骨材	EFG混合率
VS	EG	WG RG
		0, 12.5, 25, 50, 75, 100%

例：骨材 W / E

= 50% : 50%

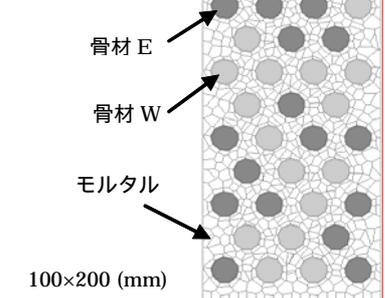


図1 要素分割例

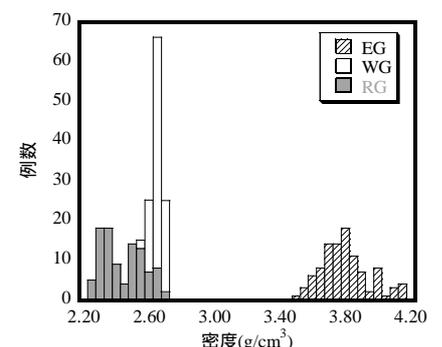


図2 密度の分布

キーワード 混合骨材, スラグ骨材, 再生骨材, 低品質骨材, RBSM

連絡先 〒950-2181 新潟市五十嵐2の町8050番地 新潟大学工学部建設学科 TEL 025-262-7279

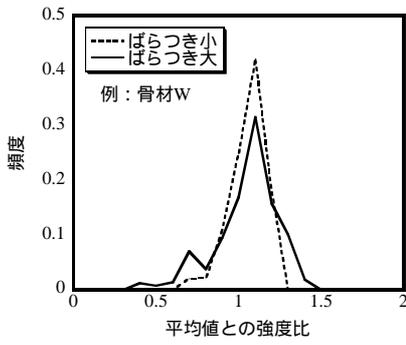


図3 材料定数のばらつき

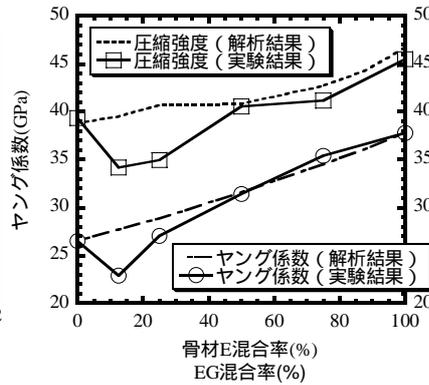


図4 骨材 W/E の圧縮強度とヤング係数

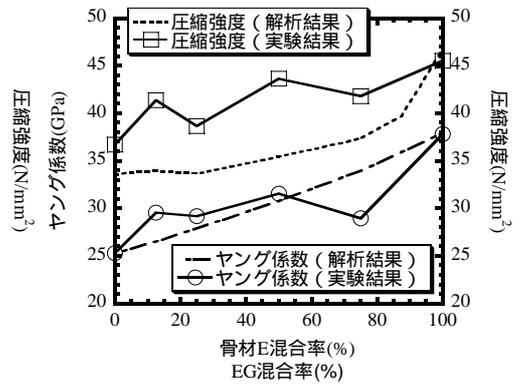


図5 骨材 R/E の圧縮強度とヤング係数

た。

4. RBSM による解析

図4, 図5は, 骨材 E の混合率とコンクリートの圧縮強度およびヤング係数の解析結果および実験結果を示したものである。計算は 20 回行い, 平均値を解析結果としている。骨材の材料定数はばらつき「小」として計算した。解析の結果, ヤング係数は直線的に増加した。一方, 圧縮強度については, 単調増加を示さなかった。実験結果も同様であることから, 混合骨材コンクリートの圧縮強度は, 必ずしも骨材の混合比率に比例しないものと思われる。また, 解析結果によると, 高強度の骨材 E を混合しても, コンクリートの圧縮強度の改善効果が現れにくい。これは, 混在する低品質な骨材粒子の存在が, コンクリートの力学的性質に大きく影響を及ぼしていることが考えられる。解析結果は必ずしも実験結果を忠実に再現できていないが, スラグ骨材の混合によりコンクリートの力学的性質が変化する傾向は, 定性的には再現しているものと思われる。

次に, 骨材の材料定数をばらつき「大」にして解析を行った。図6は, ばらつき「小」・「大」の2 ケースを比較したものである。いずれの骨材の組合せにおいても, ばらつきを大きくすることで圧縮強度が低下した。各骨材を単独使用した場合, 強度差の違いが顕著である。このことは, 力学的に優れた骨材ほど品質のばらつきの影響が小さくなり, 低品質な骨材はばらつきの影響が大きいことを示している。また, 骨材 E の混合率が小さい方が圧縮強度差が大きいことから, 骨材の混合使用において, 低品質側となる骨材の品質分布の把握が重要と考えられる。

図7に, 高強度な骨材 E を 75% 混合したコンクリートの破壊の様子を示す。図より, 脆弱な骨材 W が弱点となっていることが分かる。このことが, 高強度な骨材を混合してもコンクリートの圧縮強度の改善効果が現れにくいこと, 低品質な骨材ほど品質のばらつきの影響が大きくなることの原因と考えられる。

6. まとめ

本研究で構築した解析モデルでは, 必ずしも実験結果を忠実に再現できていないが, 定性的には再現しているものと思われる。また, 混合骨材コンクリートの力学的性質の把握には, 低品質側となる骨材品質のばらつきを把握することが重要であると考えられる。

参考文献

1) 竹内則雄ほか：鉄筋コンクリート構造の離散化極限解析法, 丸善, 2005.

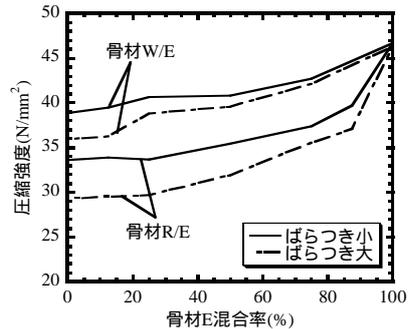


図6 ばらつきの比較

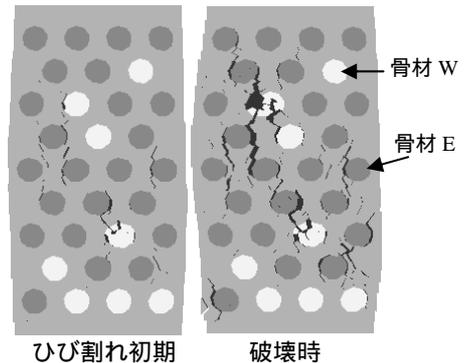


図7 コンクリートの破壊の様子