

RBSM による混合骨材コンクリートの力学的性質推定法の検討

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

骨材資源の枯渇化と環境保全の立場から、低品質骨材の有効利用や、最近 JIS 化されたスラグ骨材の利用促進が望まれている。しかし、それらの骨材は単独で使用すると、力学的性能および耐久性能の確保が難しく、他の骨材と混合使用することが現実的な対応と考えられる。

以上の背景より、本研究では各種骨材を組み合わせた混合骨材コンクリートを作製し、ヤング係数試験および圧縮強度試験を実施した。そして、混合骨材コンクリートの簡易な力学的性質推定法として、RBSM（剛体ばねモデル）¹⁾の適用性について検討した。

2. 実験概要

JIS A 1132 に従い混合骨材コンクリート供試体を作製し、材齢 28 日においてヤング係数および圧縮強度を測定した。

細骨材には、川砂 (VS)、電気炉徐冷酸化スラグ細骨材 (ACS)、銅スラグ細骨材 (CUS)、再生細骨材 (RS)、ダム堆砂 (LS) を使用した。粗骨材には、青梅産砕石 (VC)、電気炉徐冷酸化スラグ粗骨材 (ACG)、再生粗骨材 (RG)、骨材採取現場表層の風化岩 (WG) を使用した。以後、() 内の略称で表す。骨材の物理的性質を表-1にまとめる。

いずれの実験においても、セメントは普通ポルトランドセメントを使用した。骨材を混合するにあたり、細骨材を混合骨材とする場合は粗骨材を VC で統一し、粗骨材を混合骨材とする場合は細骨材を VS に統一した。骨材の混合率は、容積率とした。

水セメント比は全て 55% である。目標スランプを 8 cm、目標空気量を 4% とした。化学混和剤として、標準型 AE 減水剤および空気量調整剤を使用した。

3. 実験結果と考察

図-1 は、圧縮強度比とスラグ骨材混合率の関係を示したものである。圧縮強度比は、低品質側の骨材を 100% 使用したコンクリートの圧縮強度を基準としたものである。スラグ骨材の使用により、強度が若干増加する場合があるものの、特定の傾向は確認できなかった。

図-2 は、ヤング係数比とスラグ骨材混合率の関係を示したものである。ヤング係数比は図-1 と同様に、低品質側の骨材のみ用いたものの値を基準としている。細骨材混合系、粗骨材混合系によらず、スラグ骨材の混合率とともに、ヤング係数が増加することが確認できた。

図-1、図-2 とともに、粗骨材を混合したものは細骨材の場合に比べ、ばらつきが大きかった。粗骨材は細骨材に比べ、粒径の大きさと粒子

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 (%)
細骨材	VS	2.56	2.63	4.7
	ACS	3.81	0.76	1.0
	CUS	3.56	0.52	0.4
	RS	2.09	9.86	4.4
	LS	2.36	4.89	0.7
粗骨材	VC	2.62	0.84	9.4
	ACG	3.84	0.65	0.8
	RG	2.28	5.42	36.5
	WG	2.56	2.84	23.8

は現行の JIS 規準から外れる骨材および値である。

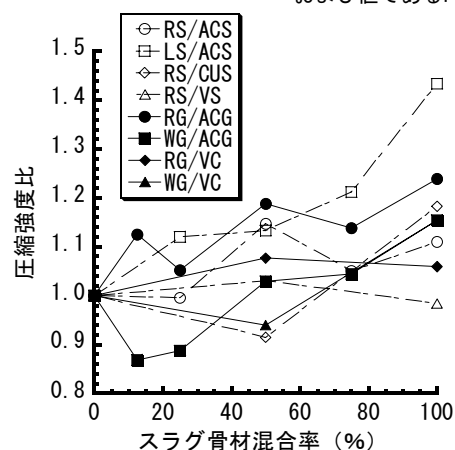


図-1 スラグ骨材混合率と圧縮強度比

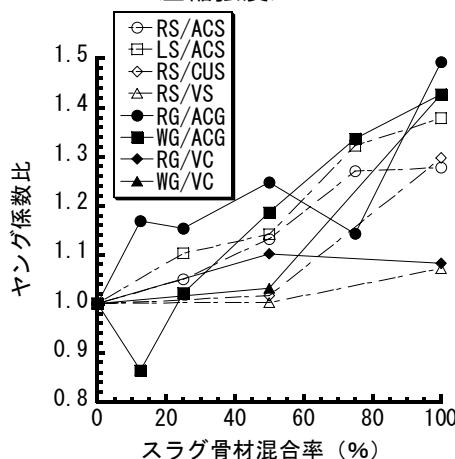


図-2 スラグ骨材混合率とヤング係数比

キーワード 混合骨材コンクリート、圧縮強度、ヤング係数、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

数の少なさから、品質のばらつきが現われやすいと考えられる。従って、精度良くコンクリートの性能を評価するには、骨材個々の品質のばらつきを考慮する必要があると考えられる。

4. RBSM の適用

混合骨材コンクリートの製造において、最適な骨材の組合せと混合率を事前に把握できれば、材料選定と配合設計の作業を大幅に省力化できる。そこで、簡便に混合骨材コンクリートの力学的性質を推定する手法を確立するため、RBSMの適用について検討した。

ACG を想定した骨材 A と、WG を想定した骨材 B を混合したコンクリートを対象として検討を行った（図-3）。全粗骨材容積は一定とし、各骨材の混合率（全骨材中の容積率）は 0, 12.5, 25, 50, 75, 87.5, 100%とした。

前節において、骨材個々の品質のばらつきの把握が必要と考えられたため、骨材の品質として密度に着目し、ACG, WG の粒子ごとの密度（図-4）を実験により求めた。骨材要素のヤング係数、引張強度、せん断強度は、骨材の密度と同様のばらつきを持つものと仮定し、計算に用いる個々の骨材の性質をランダムに決定した。計算は 12 回行い、全解析結果を通して、骨材の混合率がコンクリートのヤング係数比および圧縮強度比に与える影響について、実験結果と比較検討した。なお、ばねの性質は、ばねを挟む 2 要素の材料定数の平均により決定しているが、モルタル-骨材間のばねの引張強度については、モルタル要素の引張強度の 66%と仮定した²⁾。

解析結果を図-5に示す。この図は、骨材 B のみ使用したコンクリートの圧縮強度およびヤング係数を基準とし、骨材 A の混合率との関係を示したものである。骨材 A を使用することで、コンクリートのヤング係数が増加する結果が得られた。これは、実験結果と定性的には適合するものである。圧縮強度については、骨材を混合使用した場合、単独使用したものより強度が低下した。また、骨材 A の混合率が 12.5%の場合、最も圧縮強度が小さくなっており、骨材を混合使用することで、圧縮強度が低下する現象を再現できた。しかし実験ではスラグ骨材を 100%使用した場合、圧縮強度が増加しているのに対し、本解析では再現できていない。一般に、コンクリートは粗骨材界面のはく離を起点としてひびわれが進行する³⁾ため、モルタル-骨材間の付着強度はコンクリートの強度に大きく影響を与える。従って、モルタル-骨材間の付着強度を適切に設定することで、より現実的な解析が可能になると考えられる。

5. まとめ

本研究では、混合骨材コンクリートの力学的性質の推定法として、RBSM の検討を行った。解析にあたり、骨材個々の品質のばらつきとして密度に着目し、それに基づき材料定数を決定した。その結果、混合骨材コンクリートのヤング係数は定性的には評価が可能であった。圧縮強度については、モルタル-骨材間の付着強度を適切に設定することで、より現実的な解析が可能になると考えられる。

参考文献

- 1) 竹内則雄, 他: 鉄筋コンクリート構造の離散化極限解析法, 丸善, 2005.
- 2) 水上国男他: 骨材とペーストの付着強度について, セメント技術年報, No.29, pp.139-142, 1975.
- 3) Slate, F.O. and Hover, K.C.: Microcracking in Concrete, in Fracture Mechanics of Concrete Material Characterization and Testing, ed. by Carpinteri, A. and Ingrassia, A.R., pp.137-159, 1984.

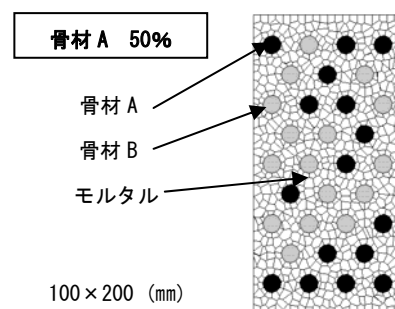


図-3 解析モデル

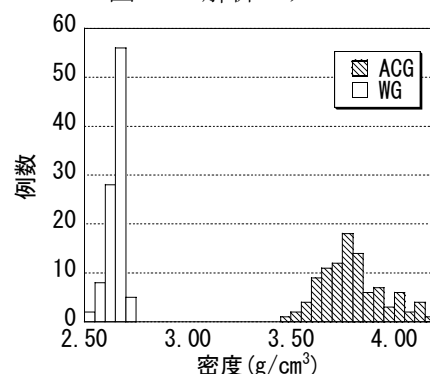


図-4 ACG と WG の密度のばらつき

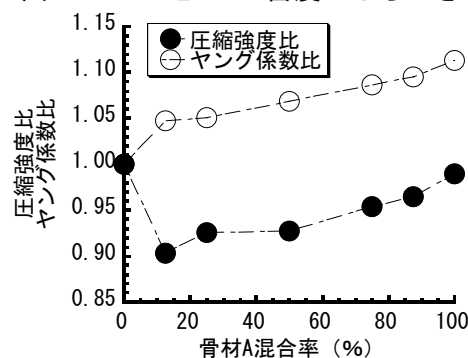


図-5 解析結果