

FA をセメント内割り 30%以上置換した全量再生骨材コンクリートの力学的性質

徳島大学大学院 学生会員 ○平田大希 徳島大学大学院 正会員 橋本親典
徳島大学大学院 正会員 渡辺健 徳島大学大学院 正会員 石丸啓輔

1. はじめに

天然資源の枯渇が危惧される今日、代替物としてフライアッシュ（以降、FA と称す）や再生骨材を使用したコンクリートが注目されている。しかしこれらを使用したコンクリートは、FA の結合材としての評価が基準材齢 28 日では低い、再生骨材の性質や品質にばらつきが生じるといったことが起因し、双方とも使用用途が限られている。しかし近年、FA と再生骨材の相性の良さを示唆する研究報告がなされた¹⁾。

本研究において、その相性の良さに着目し、FA 及び再生骨材の利用用途拡大に向け、FA をセメント内割り 30%以上置換し、骨材の全量を再生骨材としたコンクリートの力学的性質に関して実験的検討を行った。

2. 実験概要

2. 1 使用材料及び配合

表 - 1 に配合表及びそのフレッシュ性状を示す。FA はⅡ種を、再生骨材は L 級を使用した。配合条件として、FA は質量内割りで置換し、 W/P を 50%、 s/a を 45%、単位水量を 175 kg/m^3 で一定とし、凍結融解抵抗性の向上を目的として目標空気量を $6.5\pm 1.0\%$ に設定した。配合は、再生骨材を使用した FA 無混和、35%置換、40%置換、45%置換の 4 配合と、普通骨材を使用した FA 無混和、FA40%置換の 2 配合の合計 6 配合である。配合名の N は普通骨材、R は再生骨材、FA はフライアッシュ、FA に続く数字は FA の置換率を示す。

表 - 1 配合表

配合名	W/P (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)							Slump (cm)	Air (%)
				W	C	FA	S	G	SP剤 (C×%)	AE剤 (基本量 1A)		
RFA-0%	50.0	50.0	45.0	175	350	0	690	921	0.5	3A	14.0	6.0
RFA-35%		77.1			227	123	674	898	0.5	8A	19.5	7.5
RFA-40%		83.3			210	140	672	895	0.3	4A	19.0	6.0
RFA-45%		91.1			192	158	669	892	0	10A	18.0	7.0
NFA-0%		50.0			350	0	768	932	0.6	1A	12.0	5.8
NFA-40%		83.3			210	140	747	906	0.7	8A	20.5	7.1

2. 2 試験項目及び方法

2. 2. 1 圧縮強度特性

圧縮強度試験は JIS A 1108:2006 に準じて行った。試験材齢は、7、14、28 及び 91 日の 4 材齢とした。

2. 2. 2 液体窒素を用いた急速凍結融解試験²⁾

液体窒素用の容器に供試体を投入し、液体窒素ガスを 30 秒間供試体に吹き付けた。吹付け終了後、供試体を 30 秒間容器で入れた状態のままにした後、供試体を 5 分間 40℃前後のお湯の中に浸し融解させた。これを繰返し回数 1 回とし、繰返し回数 10 回終了後に超音波伝播速度を測定した。繰返し回数 10 回または相対動弾性係数が 60%を下回った時点で試験終了とした。

2. 2. 3 乾燥収縮【迅速法】³⁾

長期の乾燥収縮量を短期間で得るため、温度 40℃、湿度 15±5%で低温炉乾燥させた。測定日数が 56 日を経過、或いは、前回の収縮ひずみと最終回の収縮ひずみの差が全体の収縮ひずみの 5%以下になった時、収縮は収束したものとみなし、計測終了とした。

3. 実験結果及び考察

圧縮強度試験結果を図-1に示す。骨材の違い、FAの置換率に関わらず、材齢の経過に伴い圧縮強度は増大した。しかしFAをセメント内割で混入しているため、骨材の違いに関わらず、FAの置換率の増加に伴い圧縮強度は低下した。

FA無混和のRFA-0%とNFA-0%の強度比が初期強度及び長期強度ともに約70%であるのに対し、FA40%置換のRFA-40%とNFA-40%の強度比は初期強度で約80%、長期強度で約90%である。FA混入全量再生骨材コンクリートの既往の研究成果と同様に、本実験においてもFAを大量に用いても全量再生骨材コンクリートの方がフィラー効果やポズラン反応活性が大きかった。その結果、RFA-35%とNFA-40%の強度比は初期強度及び長期強度ともに同程度になった。コンクリートに多量のFAを置換する際、再生骨材を用いた方が強度発現性の観点では有利である。

液体窒素を用いた急速凍結融解試験の結果を図-2に示す。繰返し回数10回（JIS法の繰返し回数300回相当）の間、相対動弾性係数が60%以上を維持できた配合はNFA-0%のみで、他配合では繰返し回数5回以内で相対動弾性係数が60%を下回った。従来のFA再生骨材コンクリートの知見¹⁾と同じ結果になった。凍結融解抵抗性に適した気泡間隔係数である200~250 μm 以下を得られなかったためであると推察される。

迅速法による乾燥収縮試験の結果を図-3に示す。再生骨材を用いたすべての供試体で、乾燥収縮量が910 μ 以下となり、土木学会のコンクリート標準示方書[設計編]で記載されている「収縮特性が通常の範囲であることが確認されたコンクリート（一般にJIS A 1129試験による6か月の収縮ひずみが1000 μ 以下）」⁴⁾を満足した。従来のFA再生骨材コンクリートの知見と同じ結果になった。また、本研究で行った配合の範囲内において、骨材の違いに関わらず、FA置換率の増加に伴い、乾燥収縮量は同等か小さくなる傾向にあり、乾燥収縮に対するFAをセメント内割り30%以上置換した全量再生骨材コンクリートの有効性が確認できた。

4. 結論

本研究の範囲で以下のことが明らかになった。

- 1) FAをセメント内割り30%以上置換した全量再生骨材コンクリートは、材齢の経過に伴う良好な強度発現や乾燥収縮の抑制を有したが、凍結融解抵抗性には改善が必要である。
- 2) FAを多量に使用した全量再生骨材コンクリートの方が材齢に伴う強度発現の増加率が高く、FAを多量に使用した普通骨材コンクリートよりも強度に関しては有利である。

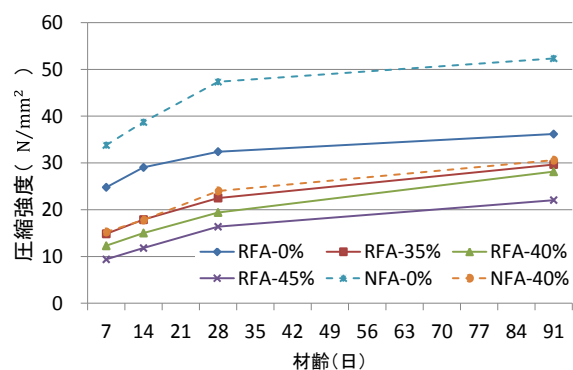


図-1 圧縮強度

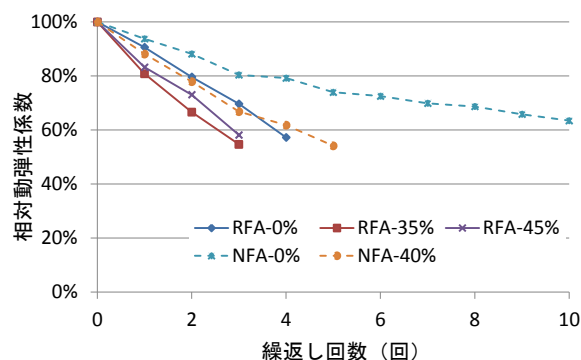


図-2 凍結融解抵抗性

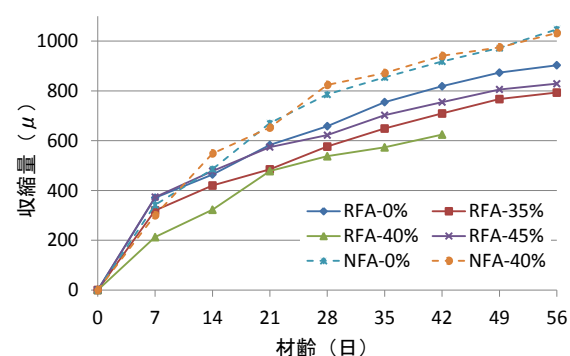


図-3 乾燥収縮

参考文献 1) 松坂裕介, 宮崎健治, 横井克則, 上田隆雄: 低度処理骨材を用いた再生コンクリートの性能向上に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, pp.1565-1569, 2011 2) 湯北記代彦, 橋本紳一郎, 加地貴, 橋本親典: 液体窒素を用いた急速凍結融解試験によるコンクリート表面劣化の定量化, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp.887-892, 2006 3) 井上裕貴, 坂東達也, 橋本親典, 渡辺健: 低温炉乾燥による急速乾燥収縮試験法と長さ変化試験法(JIS A 1129)の比較, 土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集, Vol.16, pp.269-270, 2010.5 4) 土木学会編: 4編 使用性に関する照査 2.3.4 曲げひび割れ幅の設計応答値の算定, 2012年制定コンクリート標準示方書[設計編: 標準], pp.223-226, 2012