

低品質再生骨材と高炉スラグ微粉末を用いた 100%リサイクルコンクリートの性能評価

名城大学大学院理工学研究科 正会員 ○神下 竜三, 正会員 道正 泰弘, 学生会員 近藤 直斗
鹿島道路 (株) Nguyen Van Huynh

1. はじめに

近年, 地球規模の環境負荷を低減することを目的に, 様々な取り組みが行われている. 代表的な建設副産物であるコンクリート塊は, 主に再生路盤材料へと再資源化されているが, 再生骨材コンクリートへの使用は限られているのが実情である¹⁾. 本研究では, コンクリート塊由来の低品質再生骨材に加えて, 固化材も含めたすべての材料を副産物とした 100%リサイクルコンクリートについて, 舗装材料への適用に向けた性能評価を行った.

2. 使用材料

使用材料一覧表を表-1 に示す. 本研究では, コンクリート塊を破碎した材料を 5mm ふるいにより分級した再生粗骨材(RCG)と再生細骨材(RCS)を使用した. 表-2 に骨材の主要品質を示す. RCG と RCS の品質は, 密度が小さく, 吸水率が大きい. これは旧骨材周囲の付着モルタル, 付着ペーストの影響と考えられる. 表-2 には JIS A 5023 附属書 A に示す規定または上限値を併記するが, 本検討で使用したコンクリート用再生骨材は, 規定または上限値を満足している. 固化材は, 高炉スラグ微粉末(GGBFS)を使用し, その潜在水硬性を促進するために, アルカリ性副産物を刺激材として使用した. 混和剤には高性能 AE 減水剤と空気量調整剤を使用した. なお, 比較対象として固化材に普通ポルトランドセメント(NC)を使用した配合も併せて検討した.

3. 試験項目

試験項目を表-3 に示す. フレッシュ性状の目標値は JIS A 5023 を参考に設定した. 硬化コンクリート性状として, 圧縮強度, 静弾性係数, 曲げ試験, 長さ変化率を測定し, 中性化に伴う鋼材腐食に対する照査として促進中性化深さを測定, さらに劣化に対する照査として凍結融解試験による相対動弾性係数を算出した.

表-1 使用材料一覧

分類	材料名	略称	備考
骨材	コンクリート再生粗骨材	RCG	40~5mm
	コンクリート再生細骨材	RCS	5mm 以下
固化材	高炉スラグ微粉末	GGBFS	市販品
	普通ポルトランドセメント	NC	市販品
刺激材	副産刺激材	A'	主成分:水酸化カルシウム
水	上水道水	W	
化学混和剤	高性能 AE 減水剤	SP	ポリカルボン酸系化合物
	AE 剤	Ad	変性ロジン酸化合物系陰イオン界面活性剤

表-2 骨材の主要品質

試験項目	試験方法	RCG		RCS	
		結果	規定または上限値	結果	規定または上限値
絶乾密度(g/cm ³)	JIS A 1109	2.27	—	1.99	—
吸水率(%)	JIS A 1110	6.0	7.0 以下	12.5	13.0 以下
粗粒率(F.M.)	JIS A 1102	6.67	—	3.37	—
微粒分量(%)	JIS A 1103	0.5	3.0 以下	8.5	10.0 以下
安定性(%)	JIS A 1122	42.0	—	17.6	—
不純物量(%)	A	2.0	2.0 以下	0.9	2.0 以下
	B	0.0	0.5 以下	0.0	0.5 以下
	C	0.0	0.1 以下	0.0	0.1 以下
	D	0.0	0.5 以下	0.0	0.5 以下
	E	0.0	0.5 以下	0.0	0.5 以下
	F	0.0	0.1 以下	0.0	0.1 以下
	G	0.1	1.0 以下	0.0	1.0 以下
	計	2.2	3.0 以下	0.9	3.0 以下

表-3 試験項目

試験項目	試験方法	備考
スランプ	JIS A 1101	目標:8±2.5cm
スランプフロー	JIS A 1150	—
空気量	JIS A 1128	目標:4.5 ± 1.5%
コンクリート温度	JIS A 1156	—
塩化物含有量	JIS A 5022	目標:0.30kg/m ³ 以下
圧縮強度	JIS A 1108	供試体寸法:Φ125×h250mm 材齢:7 日, 28 日, 91 日
静弾性係数	JIS A 1149	静弾性係数の測定は, コンプレッションメータによる
曲げ強度	JIS A 1106	材齢:7 日, 28 日
長さ変化率	JIS A 1129-3	ダイヤルゲージ方法
中性化速度係数	JIS A 1153	前養生期間:湿潤 4 週, 気中 4 週
相対動弾性係数	JIS A 1148	A 法

キーワード 建設副産物, コンクリート塊, 舗装材料, 圧縮強度, 促進中性化, 耐凍害性
連絡先 〒468-8502 愛知県名古屋市天白区塩釜口一丁目 501 名城大学 TEL 052-831-1151

表-4 検討配合およびフレッシュ性状

No.	W/B (%)	A' 置換率 (%)	単位量 (kg/m ³)						化学混和剤 (B×%)		フレッシュ性状評価結果				
			W	B			RCS	RCG	SP	Ad	スランブ (cm)	スランブ フロー (cm)	空気量* (%)	コンクリート 温度 (°C)	塩化物 含有量 (kg/m ³)
				NC	GGBFS	A'									
1	40	—	165	413	—	—	650	885	1.3	0.15	9.0	22.0	4.4 (1.1)	25.6	0.11
2	40	13.9	145	—	313	50	699	882	2.5	0.10	10.0	23.0	4.8 (1.1)	25.7	0.04
3	40	22.8	145	—	280	83	688	885	2.4	0.10	9.0	22.5	4.9 (1.1)	26.3	0.05

※()内は骨材修正係数を示す。

4. 検討配合およびフレッシュ性状

検討配合およびフレッシュ性状を表-4に示す。刺激材使用量は予備検討より設定した。化学混和剤を適切に使用することで、GGBFSを使用した配合の単位水量は、NCを使用した配合よりも単位水量を20kg/m³減じることができた。また、フレッシュ性状評価結果は、NCを使用した配合No.1と比較して、同程度のコンシステンシーを有すること、空気量は0.5%程度増加すること、塩化物含有量は減少することが認められた。

5. 試験結果

各配合の圧縮強度試験結果を図-1に示す。100%リサイクルコンクリートの圧縮強度は、材齢28日の圧縮強度は20N/mm²以上を示したが、NCを使用したコンクリートに比べて小さい。次に、圧縮強度と静弾性係数の関係を図-2に示す。低品質骨材を使用したコンクリートの静弾性係数は土木学会計算式²⁾に対して、やや小さくなる傾向がみられた。曲げ試験結果を図-3に示す。NCを使用した配合No.1に対してGGBFSを使用した配合No.2と配合No.3の曲げ強度は小さい。長さ変化率測定結果を図-4に示す。NCを使用した配合No.1に対してGGBFSを使用した配合No.2と配合No.3の長さ変化率は小さい。これはGGBFSを使用することにより単位水量を減じることができた効果と考えられる。促進中性化に伴う鋼材腐食に対する照査として測定した中性化深さから中性化速度係数を算出した結果を図-5に示す。GGBFSを使用した配合No.2と配合No.3は、NCを使用した配合No.1に対して中性化速度係数が約2倍速くなり、中性化抵抗性に劣ることが確認できた。劣化に対する照査として実施した凍結融解試験より得られた相対動弾性係数測定結果を図-6に示す。すべての配合において300サイクル未満で相対動弾性係数が50%を下回る結果となった。これは、主として低品質再生骨材を使用した影響と考えられるが、GGBFSを使用した配合No.2と配合No.3はNCを使用した配合No.1よりも耐凍害性が劣る結果を示したことから、粉体、特に刺激材による影響について引き続き検討が必要である。

6. まとめ

使用材料のすべてを副産物とした100%リサイクルコンクリートは材齢28日で20N/mm²程度の圧縮強度が得られた。その一方で、中性化抵抗性や耐凍害性に劣ることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 国土交通省：平成30年度建設副産物実態調査結果，2020。
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書（設計編），2017。

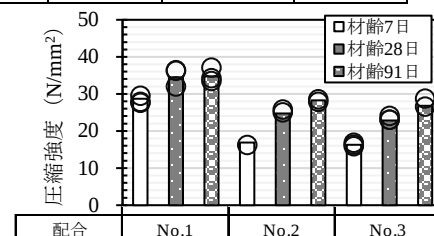


図-1 圧縮強度試験結果

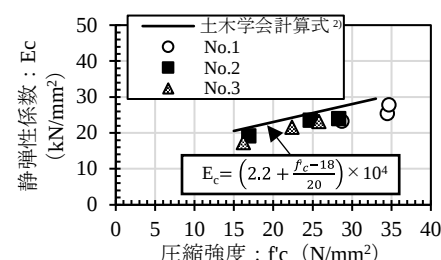


図-2 圧縮強度と静弾性係数

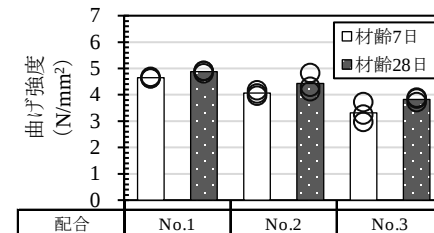


図-3 曲げ試験結果

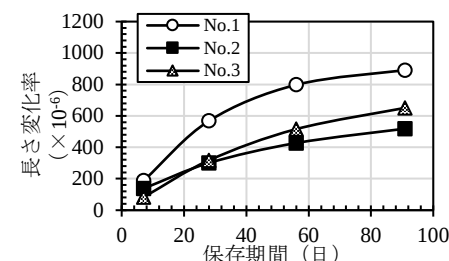


図-4 長さ変化率測定結果

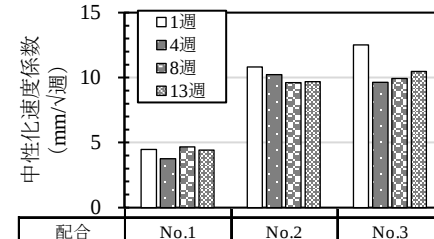


図-5 中性化速度係数算出結果

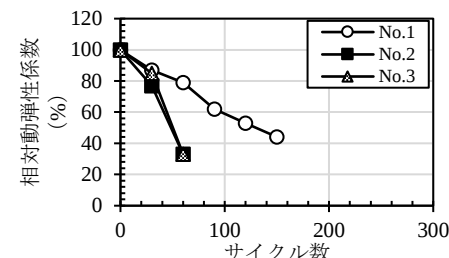


図-6 相対動弾性係数測定結果