

再生骨材コンクリートの信頼性向上のための基礎的研究

Fundamental study for reliability improvement of Recycled Aggregate Concrete

○萩原和也^{*1)}, マイケルヘンリー²⁾, 西村次男²⁾, 加藤佳孝²⁾, 伊代田岳史¹⁾, 栗島英明¹⁾

Kazuya Hagiwara, Henry Michael, Tsugio Nishimura, Yoshitaka Kato, Takeshi Iyoda, and Hideaki Kurishima

1) 芝浦工業大学, 2) 東京大学生産技術研究所

*h07075@sic.shibaura-it.ac.jp

1. はじめに

現在, 再生骨材のほとんどが路盤材に利用されているが, 今後, 路盤材需要の減少によるコンクリート解体材の供給過多が予想され, 有効利用されずに最終処分場の逼迫や, 不法投棄されるなど, より身近な問題を引き起こす可能性がある。

再生骨材は2005年から2007年にかけてJIS規格化され, 再生骨材コンクリートを利用する環境は整いつつあるものの, 十分に普及していない。再生骨材コンクリートが普及しない原因として, 骨材品質のバラツキにともなう信頼性の不足が考えられる。

そこで本研究では, 製造コストやエネルギー消費量が普通粗骨材と同程度である, 低品質な再生粗骨材を使用したコンクリートの強度の安定性を把握することで, 再生骨材コンクリートへの信頼性を向上させることを目的とした。また, 同じ圧縮強度レベルの配合におけるLCAを行い, 環境優位性を検討した。

2. 実験概要及び結果

2.1 実験概要

表-1 に骨材の物理的性質を示す。再生粗骨材は R1~R3 の3種類を使用した。R2, R3 は規格化された中で最も低品質なL種の規格値(吸水率5~7%)を外れている。再生粗骨材は普通粗骨材と同じ条件とするため事前に洗い, 微粒分を除いた上で吸水させ, 表乾状態として使用した。

表-2 に, 実験で使用したコンクリートの配合を示す。配合は, スランプ12±2.5 cm, 空気量5±1.5%となるように作製した。本研究では, 硬化コンクリートの28日圧縮強度のバラツキを把握するため, 配合毎にφ10×20 cmの供試体を30本ずつ作製し, 圧縮強度試験を実施した。

また, 再生骨材を製造しているプラントには, 様々な現場から異なる種類の原コンクリートが搬入されるという状況を想定して, 異なる種類の粗骨材を50%混合させた配合も検討した。

表-1 骨材の物理的性質

	記号	表乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	微粒分量 (%)	不純物量 (%)	規格 [*]
普通細骨材	NS	2.62	2.09	—	—	—
普通粗骨材	NA	2.71	0.78	0.05	0	—
再生粗骨材	R1	2.45	5.66	0.79	0.11	L種
	R2	2.38	7.89	0.33	1.48	規格外
	R3	2.36	7.91	1.09	1.79	規格外

^{*}) JIS A 5023 再生骨材Lを用いたコンクリート

2.2 実験結果

表-3 に, 圧縮強度と見かけの密度を示す。全体的な傾向として, 水セメント比の低下にともない圧縮強度の変動係数は大きくなるが, ほぼ同程度であることがわかる。JIS規格外の再生粗骨材を使用した場合の圧縮強度の変動係数は, 比較的大きいものの, ほぼ同程度となった。また, 普通粗骨材と再生粗骨材, 異なる種類の再生粗骨材を混合させて使用した場合の圧縮強度の変動係数は, 混合させる前のものよりも大きくなっており, 再生粗骨材同士を混合させたものは唯一5%以内に収まっていなかった。その原因は, コンクリートを練混ぜる際に通常の練混ぜ方法では粗骨材が均一に混ざり切らず, かつ粗骨材の密度が低いことで, 供試体内の粗骨材が均一かつ均質にならなかったため, コンクリートの見かけの密度のバラツキが大きくなったことによるものと推察される。

表-2 コンクリートの配合

記号	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)										スランプ (cm)	空気量 (%)		
			W	C	S	N	R1	R2	R3	SP	AE 減水剤	AE剤				
30-N	30	39	177	589	596	989	-	-	-	4.12	-	0.035	14.0	5.8		
30-R1			171	569	609	-	914			4.84		0.040	14.0	6.9		
50-N	50	43	177	353	742	1042	-	-	-	-	8.47	0.021	13.0	5.5		
50-R1		45	177	354	785	-	897				8.50	0.028	13.5	6.5		
50-R2		43	166	332	771	-	-				7.97	0.033	9.5	5.9		
50-R3		45	176	352	787	-	-				866	8.45	0.028	14.5	5.3	
50-N-R1		45	175	350	789	503	453				-	8.40	0.032	13.0	6.6	
50-R1-R3		43	177	353	749	-	466				-	448	8.47	0.035	13.5	5.8
70-N		70	47	179	256	857	1001				-	-	-	-	0.026	13.0
70-R1	187		267	841	887	887	0.032	13.5	4.8							

注) 記号R1~R3は再生粗骨材の品質の高低に対応

表-3 コンクリートの圧縮強度と見かけの密度

記号	圧縮強度 (N/mm ²)	標準偏差 (N/mm ²)	変動係数 (%)	密度 (kg/m ³)	標準偏差 (kg/m ³)	変動係数 (%)
30-N	68.2	3.39	5.0	2347	6.93	0.30
30-R1	52.0	2.16	4.2	2260	7.37	0.33
50-N	41.9	1.23	2.9	2346	6.58	0.28
50-R1	32.4	1.26	3.9	2203	5.86	0.27
50-R2	32.7	1.28	3.9	2197	7.75	0.35
50-R3	28.8	1.24	4.3	2177	3.40	0.16
50-N-R1	31.3	1.38	4.4	2246	5.91	0.26
50-R1-R3	28.7	1.72	6.0	2179	11.9	0.54
70-N	22.5	0.61	2.7	2299	8.59	0.37
70-R1	18.9	0.72	3.8	2188	5.90	0.27

図-1にNA, R1を使用したコンクリートの圧縮強度とセメント水比の関係を示す。R1を使用したコンクリートの圧縮強度は、普通骨材コンクリートの76~85%程度となり、既往の研究結果の80~85%¹⁾と類似している。

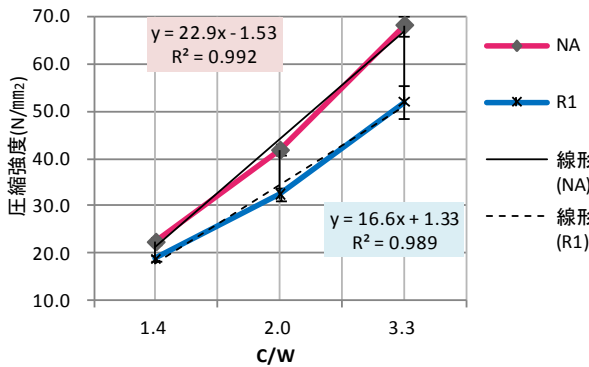


図-1 28日圧縮強度とセメント水比の関係

3. LCA

同程度の圧縮強度の配合を対象として、LCAを実施した。評価対象はCO₂, SO_x, NO_x, ばいじんの排出量および天然資源(砕石, 砂, 鉄)消費量, 解体時に発生するがれき類の廃棄処分量として、鉄筋コンクリート 100m³分の環境負荷を算出した。評価に必要なインベントリデータ等は既往の文献^{2,3)}から取得し、土木構造物による環境への影響を総合的に評価するため、LIME²⁾を用いて統合化を行った。計算に使用したコンクリートの配合は、本研究で得た表-2のデータと、図-1の圧縮強度とセメント水比の関係から、圧縮強度 1N/mm²あたりのセメント量を算出して決定した。

既往の研究¹⁾では、海洋環境下で水セメント比を50%とした再生骨材コンクリートは、普通骨材コンクリートとほぼ等しい耐久性を有することが報告されている。そこで本研究では、W/Cを50%以上(図-2破線部分)とすることで、同等の供用期間をもつと仮定し、NA, R1を使用した2シリーズのライフサイクル(材料製造から解体撤去まで)における環境影響評価を行った。

LIMEによる統合化評価結果を図-2に示す。再生骨材コンクリートの場合、同程度の圧縮強度を得るためのセ

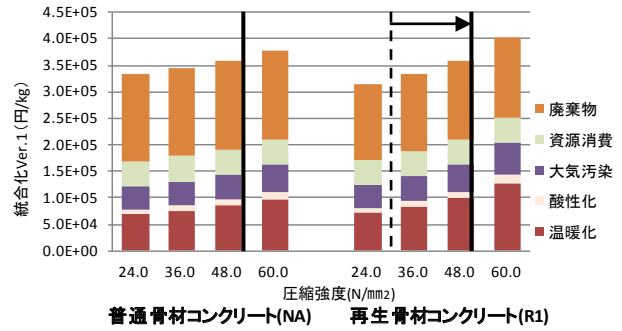


図-2 LIMEによる統合化評価結果

メント量が最大3割程度増加するため、その分CO₂排出量も3割程度増加する。結果として、温暖化の増加率が大きくなっている。

一方で、再生粗骨材を使用したことによる廃棄物の削減効果は最大2割程度であり、廃棄物削減によるインパクトの低減の方がCO₂排出量増加によるインパクトの増加よりも大きい。その結果、再生骨材コンクリートによる環境影響は、本研究で使用した配合において、圧縮強度が48N/mm²(図-2実線部分)までであれば普通骨材コンクリートよりも小さくなった。

4. まとめ

本実験で得られた結論は以下の通りである。

- (1)再生粗骨材が低品質であっても、それを使用した再生骨材コンクリートの圧縮強度の変動係数はすべて5%以内に収まるため、安定しているといえる。
- (2)異なる種類の粗骨材を混合させて使用した場合、コンクリートの圧縮強度の変動係数は増加する傾向にある。
- (3)圧縮強度が同等な再生骨材コンクリートと普通骨材コンクリートの供用期間を同等と仮定した場合、再生骨材コンクリートはセメント量が増えるため温暖化に関しては不利になるが、廃棄物に関しては大きく有利になるため、環境負荷低減効果を期待できる。

5. 参考文献

- 1) 田中順, 福手勤, 伊藤正憲, 早川健司“海洋環境下における再生コンクリートの耐久性に関する研究”: コンクリート工学年次論文報告集, Vol.20 No.2,(1998),pp.1087-1092
- 2) 土木学会コンクリート委員会コンクリートの環境負荷評価研究小委員会編, “コンクリート技術シリーズ No. 62 コンクリートの環境負荷評価(その2), 土木学会, 東京, (2004)
- 3) 土木学会コンクリート委員会編, “コンクリートライブラリー125 コンクリート構造物の環境性能照査指針(試案)”, 土木学会, 東京, (2005)