

スラッジ水と回収骨材を使用した 低炭素型コンクリートの基礎実験

○菅生 泰夫*1 船尾 孝好*1 高橋 亨*1 久世 武*1 西邨 知之*1

要旨：建設現場で発生する戻りコンクリートは、生コン出荷量の約3%と言われる。2023年度の全国の出荷総量で換算すると約215万m³の戻りコンクリートが発生していると推測され、これだけの量の未利用資源が、現状では廃棄物として処理されている。今回、戻りコンクリートを洗浄設備で処理した後に発生するスラッジ水および回収骨材とフライアッシュⅡ種を結合材に用いた、資源循環性と低炭素性を有するハイブリッドな環境配慮型コンクリートの実験を行った。実験では、一般的なコンクリートと比較して、フレッシュコンクリートおよび圧縮強度に差は生じるものの、回収骨材の置換率が50%程度までは普通骨材を使用したコンクリートと同等の性能を有することを確認した。

キーワード：戻りコンクリート、スラッジ水、回収骨材、フライアッシュⅡ種

1. はじめに

生コン打設時に発生する戻りコンクリート（以下、戻りコン）は、ほぼ全量を生コン工場が持ち帰り、それぞれの生コン工場の実状にあった処理を行っている。路盤材やコンクリートブロック等へリサイクルしている工場もあれば、スラッジ水や回収骨材をコンクリートの使用材料として再利用する工場もある。しかし、現状では産業廃棄物として処分されている。

近年、施工者においては、低炭素型コンクリートや脱炭素コンクリート等の環境配慮型コンクリートの研究開発が活発に行われ、実施工でも環境配慮型コンクリートが使用されている。

生コン工場においては、スラッジ水と回収骨材は、JIS A 5308 でリサイクル材として使用が認められているが、標準化し使用する生コン工場の割合が極めて低い状況となっている。原因の一端には、リサイクル材を使用するために別途、製造設備、品質管理が必要なことや、発注者または施工者から使用を制限されることが挙げられる。

本報では、大阪兵庫生コンクリート工業組合のリサイクル検討WGで実施した、スラッジ水、回収骨材およびフライアッシュⅡ種を使用した、捨てコン等の非構造部体への適用を目的とした環境配慮型コンクリートについて実験を行い、コンクリートの性状を確認することとした。

2. 実験概要

2. 1 コンクリートの使用材料

実験に用いた使用材料を表-1に示す。スラッジ水および回収骨材は、工場において発生した戻りコンを、洗浄設備で処理したものを用いた。セメントは高炉セメントB種を使用し、混和材としてフライアッシュⅡ種を用いた。練混ぜ水はスラッジ水との比較用に上水道水を用いた。普通骨材は、工場で標準化しているものとし、細骨材は砕砂および石灰石砕砂、粗骨材は砕石1505、2010を用い

*1 大阪兵庫生コンクリート工業組合 リサイクル検討WG

た。化学混和剤は AE 減水剤の標準形を使用した。

実験に使用した各骨材の物性値を表-2 に示す。なお、普通骨材の物性値は混合後の値とした。回収細骨材は、普通骨材と比較して、絶乾密度および表乾密度が小さくなり、吸水率が大きくなることわかる。回収粗骨材は、全ての骨材試験において大きな変化は認められなかった。

2. 2 試験項目

今回の実験で実施した試験項目、試験方法および目標値を表-3 に示す。フレッシュコンクリートの経時変化の確認を目的に静置状態で 30 分後に試験を実施した。目標値は 30 分後の試験結果に適用することとした。

圧縮強度試験用の供試体は、静置状態で 30 分後に実施したスランプおよび空気量試験で目標値を満足したもので採取し、標準養生の材齢 7 日および 28 日で圧縮強度試験を実施した。

2. 3 コンクリートの配合

コンクリートの配合を表-4 に示す。実験配合の条件は、水セメント比 70%、単位水量 175kg/m³、スランプ 18cm、空気量 4.5%とした。

フライアッシュII種は、単位セメント量の内割りで 20%置換した。スラッジ水は、スラッジ水の濃度 10%のものを、スラッジ固形分率 3%に設定し使用した。回収骨材の置換は、細骨材のみ、粗骨材のみ、細・粗骨材の両方で、それぞれ 20%、50%、100%の 3 水準とした。なお、基準配合としてスラッジ水および回収骨材を使用しない配合も設定した。

表-1 使用材料

記号	材 料	種類および産地
C	セメント	高炉セメントB種
FA	混和材	フライアッシュII種
W	練混ぜ水	上水道水
RW		スラッジ水
S1	細骨材	砕砂(京都府亀岡市産)
S2		石灰石砕砂(福岡県北九州市産)
RS		回収細骨材
G1	粗骨材	碎石1505(京都府亀岡市産)
G2		碎石2010(京都府亀岡市産)
RG		回収粗骨材
AD	化学混和剤	AE減水剤
AE		空気量調整剤

表-2 骨材の物性値

試験項目	細骨材		粗骨材	
	普通	回収	普通	回収
絶乾密度 (g/cm ³)	2.63	2.53	2.68	2.66
表乾密度 (g/cm ³)	2.66	2.61	2.69	2.68
吸水率 (%)	1.33	3.24	0.65	1.05
微粒分量 (%)	4.1	2.7	0.8	0.2
粗粒率	2.75	2.94	6.68	6.46

表-3 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法	目標値
スランプ (cm)	JIS A 1101	18.0 ± 2.5
スランプフロー (cm)	JIS A 1150	—
空気量 (%)	JIS A 1128	4.5 ± 1.5
コンクリート温度 (°C)	JIS A 1156	—
圧縮強度 (N/mm ²)	JIS A 1132 JIS A 1108	—

表-4 配合の単位量

配合記号	単位量 (kg/m ³)										添加率 (C × %)	添加率 (C × A)
	C	FA	W	RW	S1	S2	RS	G1	G2	RG		
RSG-0W	200	50	175	—	544	366	—	472	472	—	1.00	20
RSG-0	200	50	—	182.5	544	366	—	472	472	—	1.10	20
RS-20	200	50	—	182.5	436	293	178	472	472	—	1.50	20
RS-50	200	50	—	182.5	272	183	445	472	472	—	1.40	15
RS-100	200	50	—	182.5	—	—	890	472	472	—	1.00	10
RG-20	200	50	—	182.5	544	366	—	378	378	188	1.70	17
RG-50	200	50	—	182.5	544	366	—	236	236	470	1.80	17
RG-100	200	50	—	182.5	544	366	—	—	—	940	1.80	15
RSG-20	200	50	—	182.5	436	293	178	378	378	188	1.60	15
RSG-50	200	50	—	182.5	272	183	445	236	236	470	1.60	15
RSG-100	200	50	—	182.5	—	—	890	—	—	940	0.40	12

3. 実験結果

3.1 フレッシュコンクリートの試験結果

フレッシュコンクリートの試験結果を表-5に示す。スランブは、RSG-0で1.5cmのスランブの低下量であったため、練混ぜ直後のスランブは目標値+1.5cmに設定することで、30分静置後の目標値を満足した。空気量は、フライアッシュによる空気量の低下量が大いと考え、練り混ぜ直後の空気量は目標値+2.0%に設定することで、30分静置後の目標値を満足した。

表-5 試験結果

配合記号	練混ぜ直後				30分静置後			
	スランブ (cm)	スランブフロー (cm)	空気量 (%)	CT (°C)	スランブ (cm)	スランブフロー (cm)	空気量 (%)	CT (°C)
RSG-0W	16.5	27.0	5.8	22	15.5	24.5	4.5	22
RSG-0	17.5	27.5	7.2	22	16.0	26.5	5.4	22
RS-20	18.5	30.0	7.7	22	17.0	29.5	5.9	22
RS-50	19.0	31.5	6.5	22	17.5	27.5	5.0	22
RS-100	20.5	37.5	5.2	22	18.0	34.5	4.2	22
RG-20	18.0	29.0	6.5	22	16.0	27.0	5.4	22
RG-50	18.5	32.0	7.2	22	17.5	27.5	5.7	22
RG-100	19.5	33.0	6.7	22	18.0	30.0	5.8	22
RSG-20	18.5	31.5	6.6	22	18.5	29.0	5.6	22
RSG-50	20.5	34.5	6.3	22	19.5	30.0	5.5	22
RSG-100	19.5	34.0	6.0	22	19.5	30.0	4.5	22

3.2 化学混和剤の添加率

AE減水剤の添加率を図-1に示す。スラッジ水を使用した配合は、基準配合よりも添加率が若干大きくなる傾向が認められる。また、RS-20、RS-50、RG-20、RG-50、RG100、RSG-20およびRSG-50については、基準配合の添加率と比較して1.5~1.8倍必要となることがわかる。RS-100については基準配合と同じ添加率ではスランブが軟らかくなり、RSG-100については、基準配合以下の添加率となることがわかる。

空気量調整剤の添加率を図-2に示す。基準配合と比較してRSG-0では空気量調整剤の添加率に変化は認められない。一方、回収細・粗骨材の置換率が大きくなると、空気量調整剤の添加率は小さくなる傾向が認められる。

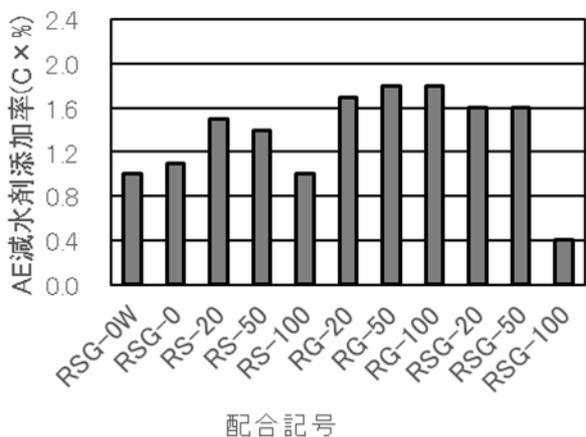


図-1 AE減水剤の添加率

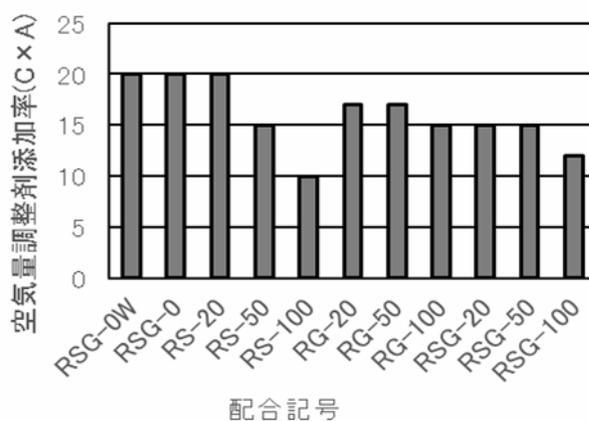


図-2 空気量調整剤の添加率

3.3 スランプおよび空気量の経時変化

スランプの経時変化を図-3に示す。概ね、スランプの低下量は1.0~2.0cmとなり回収骨材を使用しない配合と同等であることがわかる。RSG-100ではスランプの低下量が0cmとなったが、フレッシュコンクリートの性状が悪くスランプが型崩れしたため30分静置後のスランプが大きくなったことが影響したと考える。

空気量の経時変化を図-4に示す。フライアッシュII種を使用しているため、全配合において空気量の低下量は大きいですが、回収細・粗骨材の置換率による大きな変化は認められない。

3.4 圧縮強度

圧縮強度の試験結果を図-5に示す。回収骨材を使用すると圧縮強度は若干、低下する傾向が認められる。回収粗骨材では、置換率の違いで圧縮強度の差はなくほぼ同等だったが、回収細骨材を使用すると、置換率が大きくなるにつれて圧縮強度が低くなる傾向が認められる。

4. まとめ

フレッシュコンクリートは、回収細骨材の置換率は100%、回収細・粗骨材の置換率が100%となるとスランプの経時変化およびフレッシュコンクリートの性状が悪くなることがわかった。性状改善のためには、単位水量および単位粗骨材かさ容積の調整により良好な性状が得られると考える。また、AE減水剤および空気量調整剤については、スラッジ水およびフライアッシュII種を用いた配合であるものの、添加率の増減によりフレッシュコンクリートの性状を確保できると考える。

圧縮強度は、スラッジ水を使用すると圧縮強度は若干小さくなり、回収細骨材の置換率が大きくなるにつれて圧縮強度も小さくなることが確認された。これは、回収細骨材に残留するスラッジ固形分が影響したと考える。

今回の実験より、回収骨材を50%程度使用しても、一般的なコンクリートと同等の品質が得られることが確認できた。今後、回収骨材置換率による配合修正を行い、捨てコン等の非構造部体の施工時に必要な、初期の強度発現性や凝結特性について確認実験を実施する。

謝辞

今回、実験にご協力頂いた生コンクリート製造工場および関係者の方々に、ここに記して感謝の意を表します。

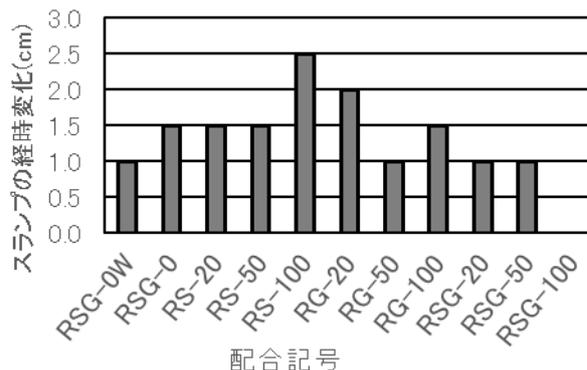


図-3 スランプの経時変化

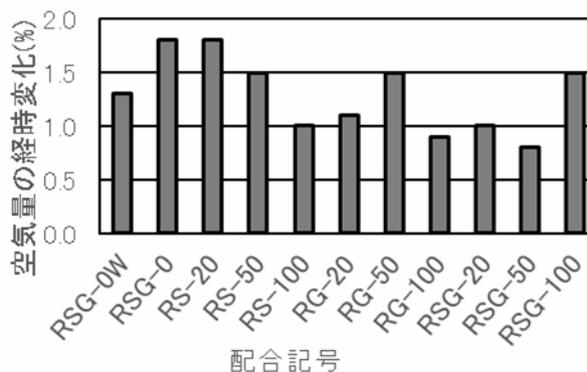


図-4 空気量の経時変化

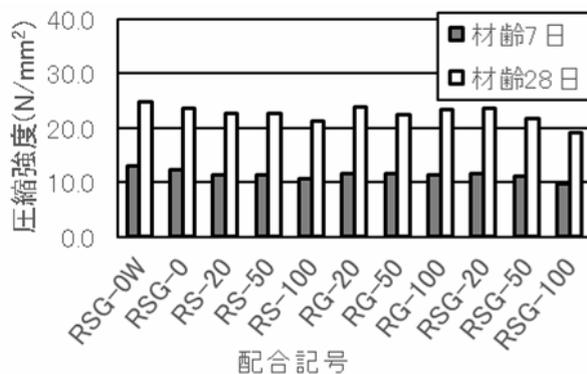


図-5 圧縮強度試験結果