

再生骨材コンクリートのCFT造適用に関する検討

高橋 祐一* 竹内 博幸*

要 旨

筆者らは、これまでに杭や基礎等の地下躯体を適用対象として、複数の生コン工場において、出所が特定されていない原コンクリートから造られた再生細骨材や再生粗骨材を用いたコンクリートの性状を実機試験練りによって確認し、実用化に際し、問題が無いことを実証した。

本報では、耐久性の評価が緩和されると考えられるコンクリート充填鋼管(CFT)造に適用することを目的として、再生骨材を用いた高流動コンクリートの検討を行った。試験練りでは、CFT造に適用する際に重要となるブリーディング量および沈降量を確認し、さらに施工性に関連する圧送前後のフレッシュコンクリート性状の変化や圧縮強度性状に及ぼす影響について確認した。

その結果、今回の再生骨材による高流動コンクリートは、普通骨材によるCFT造対応の高流動コンクリートと同様のフレッシュ性状、強度発現性状およびポンプ圧送性状を有していることを確認した。

1. はじめに

筆者らは、これまでに杭や基礎等の地下構造物を適用対象として、複数の生コン工場において出所が特定されていない原コンクリートから造られた再生細骨材や再生粗骨材を用いたコンクリートの性状を実機試験練りによって確認し、実用化に際し、問題が無いことを実証した。¹⁾²⁾

再生骨材を用いたコンクリートは、付着モルタルの影響により、塩化物量やアルカリ量が高くなることから、耐久性に対する課題がある。一方、CFT造は、鋼管内にコンクリートを充填する構造で、コンクリート周囲が被覆されており、外部からの影響を受けにくい。そのため、コンクリートの耐久性評価がある程度緩和できると考えられ、再生骨材コンクリートの適用対象として非常に有効であると考えられる。

そこで、筆者らはこれまでと同様に、出所が特定されていない原コンクリートから造られた再生骨材を用いたコンクリートをCFT造に適用することを目的として、高流動再生骨材コンクリートの検討を行った。本報では、試験練りにおいて、CFT造に適用する際に重要となるブリーディング量および沈降量を確認し、さらに実機製造および実施工により、圧送前後のフレッシュコンクリート性状の変化や圧縮強度性状に及ぼす影響を確認した結果について報告する。

2. 実施概要

2.1 使用材料

使用材料を表-1に示す。セメントはアルカリ骨材反応抑制対策として、高炉セメントB種を使用した。再生骨材は、出所が特定されていないものを使用し、再生骨材以外の材料は、当該生コン工場で通常使用されているものを使用した。

2.2 実験因子と水準

実験因子と水準を表-2に示す。骨材の組合せは、粗骨材と細骨材ともに普通骨材(JIS)、粗骨材のみ再生骨材(SR)、粗骨材と細骨材ともに再生骨材(RR)の計3水準とした。水セメント比は、CFT造にて使用される例が多い範囲に含まれる30%、35%、40%の3水準とし、実機試験練りにおいては、35%を対象とした。

表-1 使用材料

名 称	種類・記号	銘柄・産地	品 質
セメント	高炉B種	TC社製	密度:3.04g/cm ³
細骨材	工場品 JIS	山砂:砕砂 =60:40	表乾密度:2.63g/cm ³ 吸水率:1.96%
	再生骨材 RSM	MD社製	表乾密度:2.58g/cm ³ 吸水率:3.43%
粗骨材	工場品 JIS	石灰岩 砕石	表乾密度:2.70g/cm ³ 吸水率:0.92%
	再生骨材 RGM	MD社製	表乾密度:2.62g/cm ³ 吸水率:1.35%
混和剤	高性能AE 減水剤	TY社製	密度:1.07g/cm ³

表-2 実験因子と水準

因 子	水 準	水準数
骨材	普通細骨材+普通粗骨材(JIS)	3
	普通細骨材+再生粗骨材(SR)	
	再生細骨材+再生粗骨材(RR)	
水セメント比	30% 35% 40%	3

*建築エンジニアリング部

2.3 実施調査

実施調査を表-3に示す。調査記号は、実験因子である骨材種類(JIS・SR・RR)と水セメント比(30・35・40%)の組合せを示している。単位水量は、普通骨材を用いた調査および粗骨材のみ再生骨材を用いた調査で 170kg/m³、細骨材および粗骨材に再生骨材を用いた調査では、当該生コン工場の実績から他の調査よりも単位水量を5kg/m³ 低減し、165kg/m³ に設定した。

2.4 試験項目

試験練りにおいて実施した試験項目と内容を表-4に示す。実機試験練りにおけるフレッシュ性状については、120分まで経時変化を確認した。硬化コンクリートについては圧縮強度試験とコンクリート中の全塩分量を測定する試験を行った。また、ポンプの圧送・圧入に関連する試験として、水セメント比 35%の調査についてブリーディング量および沈降量の試験を行い、さらに圧送前後のフレッシュ性状および圧縮強度の比較を行った。

2.5 圧送および圧入

ポンプ圧送の配置の概要を図-1に示す。コンクリートポンプ車には PY80-26H(極東開発工業/吐出圧:8.3MPa、吐出量:80m³/hr)を使用し、配管の長さは約 160mとした。圧送は、最大吐出量 16.2m³/hr として行い、図-2に示す試験体(□1000×1000)の下部より圧入した。圧送・圧入の状況を写真-1に示す。また、圧送後の試料は筒先より採取

し、構造体コンクリートの強度の確認は、圧入試験体より、材齢ごとに中央部および端部よりコアを採取して行った。

表-3 実施調査

調査記号	室内	実機	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)			
					W	C	S	G
JIS35	○	○	35	47.1	170	486	792	916
SR35	○	○	35	44.3	170	486	745	950
SR30	○		30	41.9	170	567	674	950
SR40	○		40	46.0	170	425	797	950
RR35	○	○	35	45.1	165	472	756	950
RR30	○		30	42.9	165	550	692	950
RR40	○		40	46.7	165	413	808	950

表-4 試験項目

対象	項目	試験方法	摘要
フレッシュ	スランブフロー	JIS A 1101	実機試験: 経時変化は 120分まで 練り上がり
	空気量	JIS A 1128	
	コンクリート温度	JIS A 1156	
	塩化物含有量	JASS5T-502	
硬化	圧縮強度	JIS A 1108	標準養生
		JIS A 1107	簡易断熱(実機) コア(実機)
	全塩分量	JIS A 1154	
圧送・圧入	ブリーディング量	JIS A 1123	(室内)
	沈降量	CFT造技術基準	φ15×30
	フレッシュ性状	JIS A 1150 他	圧送前後
	圧縮強度	JIS A 1108	標準養生

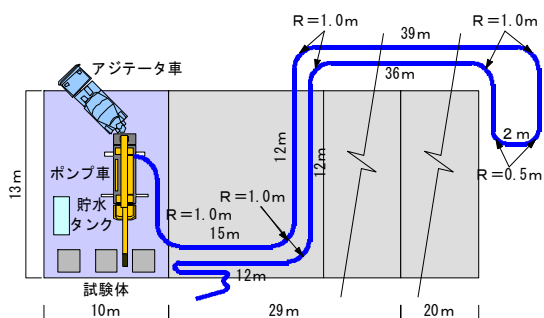


図-1 ポンプ圧送配置概要図



写真-1 圧送・圧入状況
(左: 圧送状況、右: 圧入状況)

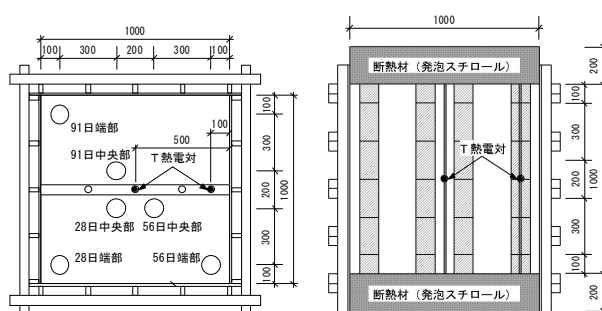


図-2 圧入試験体
(上左: 水平断面図、上右: 鉛直断面図)
(下左: 設置状況写真、下右: 試験体下部)

3. 実験結果

3.1 フレッシュコンクリートの性状

実機試験練りにおけるスランブフローの経時変化を図-3に、空気量の経時変化を図-4に示す。再生骨材を用いたコンクリートは、普通骨材を用いたコンクリートに比べて、ややスランブフローロスがみられたものの、120分間所定の管理値内にあった。空気量は、骨材の違いによる影響は小さく、スランブフローと同様に120分間所定の管理値内にあった。

3.2 圧縮強度試験結果

室内試験練りにおける標準養生試験体のセメント水比と圧縮強度の関係を図-5に示す。今回用いた再生骨材では、セメント水比に対して、線形の強度増進がみられ、W/C=30%の調合の材齢91日の圧縮強度は、SRが96.6N/mm²、RRが96.3N/mm²であった。また、W/C=35%の調合では、再生骨材を用いたコンクリートと普通骨材を用いたコンクリートの圧縮強度は、同程度の値であった。

実機試験練りにおける各試験体の圧縮強度試験結果を図-6に示す。SR35の調合におけるコア試験体の圧縮強度は、やや高い結果となったものの、各調合における圧縮強度に大きな差はみられず、再生骨材を用いたコンクリートと普通骨材を用いたコンクリートは、同様の強度発現性状を示

した。一方、図-6中に示す圧入試験体の中央部の最高温度は、他の調合と比べて単位セメント量が小さいRR35の温度が最も低くなっており、順当な傾向を示した。

3.3 コンクリート中の塩化物含有量

フレッシュコンクリート中の塩化物含有量(JASS5T-502)と硬化コンクリート中の全塩分量の分析結果を図-7に示す。全塩分量の値は、すべての調合において、フレッシュコンクリートの塩化物量より0.01~0.05kg/m³程度大きくなったものの、0.30kg/m³を大きく下回った。

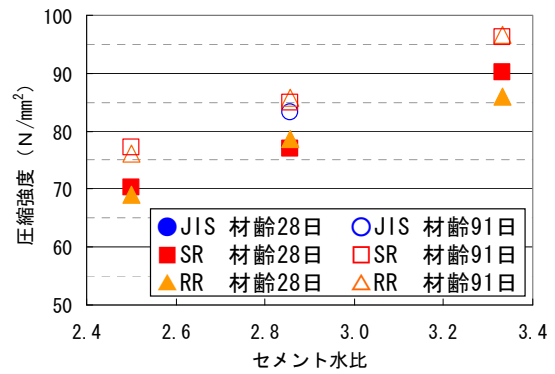


図-5 セメント水比と圧縮強度の関係(室内)

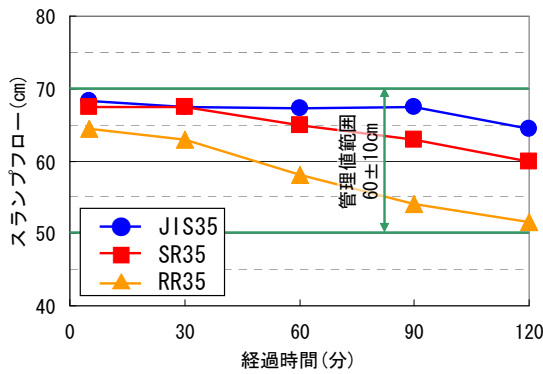


図-3 スランブフローの経時変化(実機)

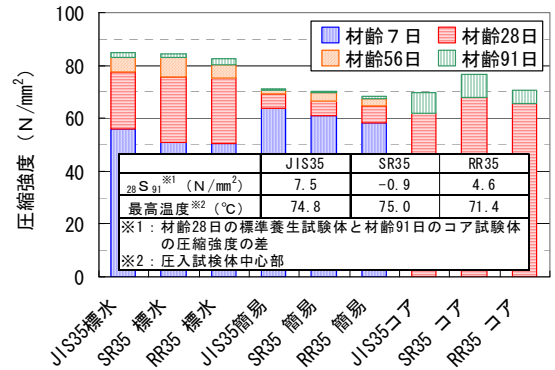


図-6 圧縮強度試験結果(実機)

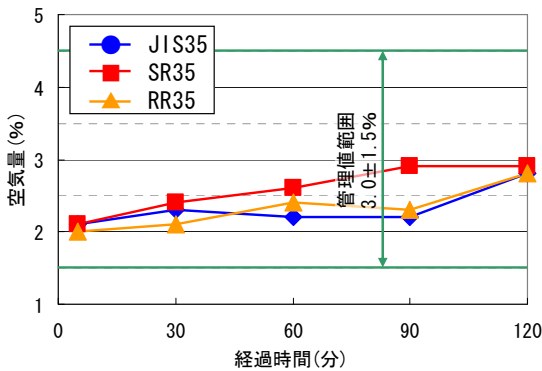


図-4 空気量の経時変化(実機)

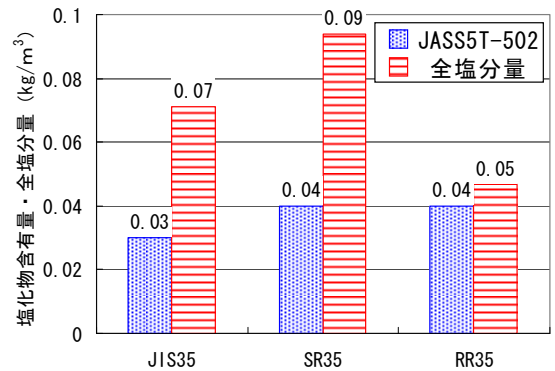


図-7 JASS5T-502と全塩分量の比較

3. 4 圧送・圧入に関する試験結果

実機試験練りを行った3調合におけるブリーディング試験および沈降量試験結果を表-5に示す。ブリーディング量は、再生骨材コンクリートと普通骨材コンクリートで、明確な差はみられず、すべての調合で新都市ハウジング協会³⁾で設定している規定値 $0.1\text{cm}^3/\text{cm}^2$ 以下を満足した。一方、沈降量では、再生骨材コンクリートの方が普通骨材コンクリートよりも若干小さいものの、同程度の値を示しており、すべての調合で規定値である2mm以下を満足した。

圧送前後におけるスランプフローと空気量の変化を図-8に、圧縮強度試験結果を図-9に示す。圧送性については、骨材の違いによる影響はみられず、いずれの調合においても良好であった。再生骨材を用いたコンクリートの圧送前後のスランプフローおよび空気量の変化は、普通骨材を用いたコンクリートとほぼ同じ傾向を示しており、圧送後においても管理値内にあった。圧送前後の圧縮強度は、各調合において値に大きな差はみられず、また、骨材による影響もみられなかった。

4. まとめ

再生骨材を用いたコンクリートをCFT造に適用することを目的とした高流動再生骨材コンクリートの試験練りを行い、関連する項目について確認した結果、以下の事項が明らかになった。

- 1) 再生骨材コンクリートのフレッシュ性状は、普通骨材コンクリートとほぼ同様の傾向を示し、120分間所定の管理値内にあった。
- 2) 再生骨材コンクリートの圧縮強度は、セメント水比に対して線形の強度増進を示し、 $W/C=35\%$ では、普通骨材コンクリートと同程度の値であった。
- 3) 再生骨材コンクリートは、普通骨材コンクリートと同様の強度発現性を示した。
- 4) 再生骨材コンクリートのブリーディング量および沈降量は、普通骨材コンクリートと大きな差はなく、それぞれ規定値を満足した。
- 5) 再生骨材コンクリートの圧送前後のフレッシュ性状および圧縮強度に大きな変化はみられず、普通骨材コンクリートと同程度であった。

本研究は、五洋建設(株)、(株)奥村組、東亜建設工業(株)の3社による共同研究「再生骨材コンクリートのポンプ圧送性及びCFTコンクリート造への適用性に関する研究」により実施された。

表-5 ブリーディング試験および沈降量試験結果

調合	ブリーディング			沈降量 (mm)
	時間 (分)	同率 (%)	同量 (cm^3/cm^2)	
JIS35	600	0.35	0.015	1.27
SR35	540	0.44	0.019	1.19
RR35	330	0.42	0.018	0.92
規定値	—	—	0.1	2

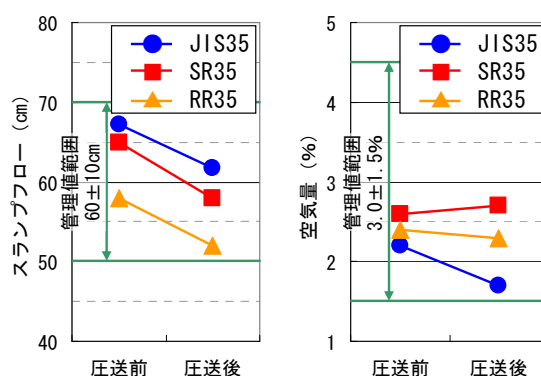


図-8 圧送前後のスランプフロー・空気量

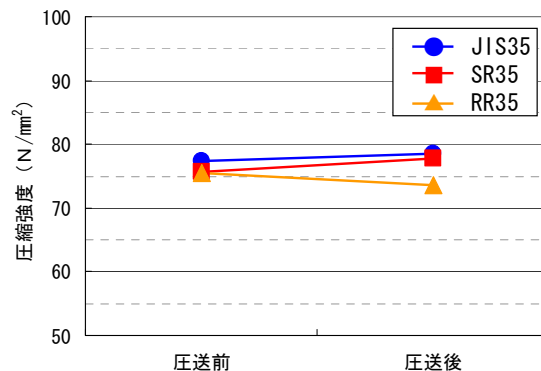


図-9 圧送前後の圧縮強度(標準養生)

【参考文献】

- 1) 竹内博幸ほか: 再生骨材コンクリートの実用化に関する研究 その1~3、日本建築学会大会学術講演梗概集(関東) pp.637-642、2006.9
- 2) 竹内博幸ほか: 再生骨材コンクリートの適用拡大に向けた耐久性に関する研究、五洋建設技術年報、vol.37、2007.11
- 3) (社)新都市ハウジング協会: コンクリート充填鋼管(CFT)造技術基準・同解説の運用及び計算例等 2008.6