

低炭素スラッジ再生セメントによる低含有タイプの高強度 PCa コンクリートへの適用拡大

鹿島建設(株) 正会員 ○内田雄士 吉田祐麻 山野泰明 関 健吾 取違 剛 渡邊賢三
坂井吾郎 巴 史郎 百瀬晴樹 笠井 浩 閑田徹志 坂田 昇

1. はじめに

生コン工場が発生する戻りコンクリート（以下戻りコン）は、2018年度で出荷量の2.1%であり、増加傾向にあると報告されている。戻りコンの有効利用として、これまでに、スラッジ水の有効利用が取り組まれているが、その利用は進んでいないのが現状である。このような状況下において、バージンセメントの削減による低炭素化と戻りコンの再利用化の2つの課題を同時に解決できる方法として、戻りコンからのスラッジケーキを乾燥・微粉末処理した、低炭素スラッジ再生セメントが開発された¹⁾。本セメントを用いたコンクリートは低含有タイプと高含有タイプに大別して使用されている。この低含有タイプのコンクリートは、設計基準強度 36 N/mm²以下を対象に、大規模物流施設への適用¹⁾を初め、これまでに約 10,000m³の実績がある。本報告では、低炭素スラッジ再生セメントによる低含有タイプのコンクリートの新たな適用拡大を図るために、設計基準強度 60 N/mm²の高強度コンクリートの PCa 部材への実現可能性について検討したものである。

表-1 強度試験の概要

種類	記号	結合材構成比		W/B (%)	圧縮強度		
		SRy	OPC		標準養生	部材同一養生	模擬部材コア
低含有タイプ	SRy20-C80:25	20	80	25	○	○	○
	SRy20-C80:35			35	○	○	○
	SRy20-C80:45			45	○	○	○
普通	OPC26	0	100	26	○	○	○
	OPC36			36	○	○	○
	OPC46			46	○	○	○

表-2 使用材料

項目	記号	材料	密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)
結合材	OPC	普通ポルトランドセメント	3.16	3290
	SRy	低炭素スラッジ再生セメント	2.81	6790
細骨材	S	砕砂	2.69	—
粗骨材	G	砕石2005	2.71	—
混和剤	SP	高性能AE減水剤	1.06	—
	AE	AE剤	1.07	—

表-3 コンクリートの配合

種類	記号	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
				W	OPC	SRy	S	G
低含有タイプ	SRy20-C80:25	25	36	168	538	134	550	985
	SRy20-C80:35	35	41	168	384	96	695	1008
	SRy20-C80:45	45	43	168	299	75	769	1027
普通	OPC26	26	36	160	615	0	581	1041
	OPC36	36	41	160	444	0	721	1046
	OPC46	46	43	160	348	0	792	1058

低含有タイプの高強度 PCa 構造部材への適用に向けて、実機ミキサで製造した時のフレッシュ性状、圧縮強度を把握することを目的に試験を行った。試験は PCa 工場（埼玉県本庄市）で、夏期および標準期に実施した。強度試験の概要を表-1に示す。比較用に、同工場において、過去の同時期に行った普通ポルトランドセメント（OPC）を用いた高強度コンクリートの実験結果も併記する。

使用材料を表-2に、配合を表-3に示す。本実験の使用材料は、夏期および標準期ともに同じロットのものとした。水結合材比（W/B）は25%、35%、45%の3水準とした。このW/Bの決定は、OPC高強度コンクリートの工場実績を基に、低含有タイプコンクリートのスラッジ再生セメント（SRy）利用による強度低下分を見込んで、それよりもW/Bを1%小さくすることにした。

模擬部材試験体の形状を図-1に示す。試験体は1m角のマスコングリート部材であり、所定の材齢で中央

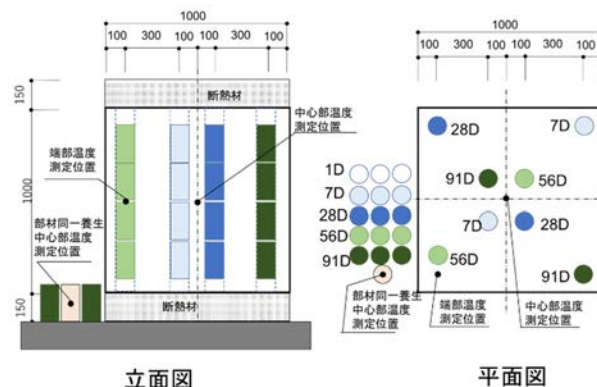


図-1 模擬部材試験体の形状およびコア採取位置

キーワード 環境配慮型コンクリート、高強度、PCa 部材、スラッジ再生セメント、低炭素

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 土木材料 Gr. TEL042-485-1111

部と端部からコアを抜き取り、1本当たり $\phi 10 \times 20\text{cm}$ のコア供試体を4本整形した。この計8本のコア圧縮強度の平均値を模擬部材強度とした。その他、標準養生および部材同一養生（模擬部材と同じ場所に存置した封かん養生）も行った。

3. 実験結果および考察

3.1. 標準養生におけるSRyとOPCの圧縮強度比較

標準養生におけるSRyとOPCの結合材水比(B/W)と強度の関係を図-2に示す。これより、B/Wが大きくなると圧縮強度は大きくなる傾向を示していた。また材齢が大きくなるほど強度は大きくなる傾向を示していたが、SRyとOPCともに材齢28日と材齢91日ではその強度差が小さい傾向にあった。なお、SRyとOPCとの強度は、材齢や結合材水比にかかわらず、大差なかった。

3.2. SRyコンクリートの季節・養生別圧縮強度

夏期におけるSRyコンクリートの標準養生強度と模擬部材コア養生（以下コア養生）強度とを比較を図-3に示す。水結合材比にかかわらず、コア養生の方が標準養生よりも強度が大きい傾向にあった。また、標準期におけるSRyコンクリートのコア養生強度も、夏期と同様に、標準養生強度よりも大きい傾向を示していた。これは、模擬部材による高温養生の影響で水和反応の活性化による影響が考えられる。また、夏期と標準期におけるコア養生強度の比較では夏期の方が標準期よりもわずかに大きい傾向を示した。

夏期および標準期におけるSRyコンクリートの部材同一養生と強度の関係を図-4に示す。水結合材比が小さくなるほど、圧縮強度は大きくなり、また材齢91日強度に対する脱型強度の割合が大きくなる傾向を示した。なお、目標とする脱型強度 15N/mm^2 を確保するには、W/B40%程度が必要である。

4. まとめ

本論文で行った実験から、低含有タイプコンクリートの標準養生における圧縮強度は普通コンクリートと遜色ないこと、標準期と夏期における低含有タイプ高強度コンクリートのコア養生強度は、標準養生よりも大きい傾向にあることが分かった。

以上のことから、設計基準強度 60N/mm^2 の低炭素スラッジ再生セメントを用いた低含有タイプ高強度コンクリートPCa部材は実現性がある。

参考文献

- 1) 大川憲, 青木真一, 閑田徹志, 笠井哲郎: 戻りコンクリートから製造した低炭素スラッジ再生セメント, コンクリート工学, Vol.59, No.9, pp.801-806, 2021.9.

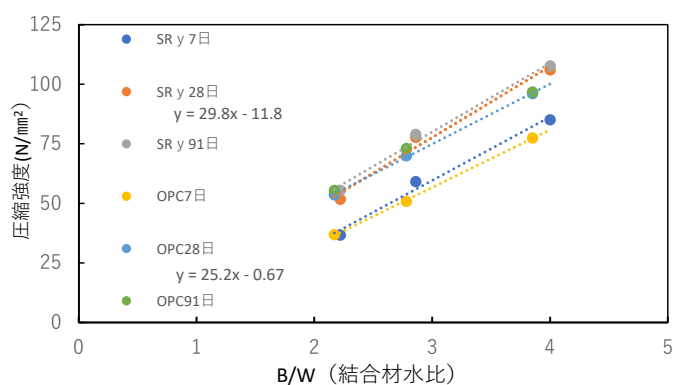


図-2 標準養生のSRyとOPCの結合材水比と強度

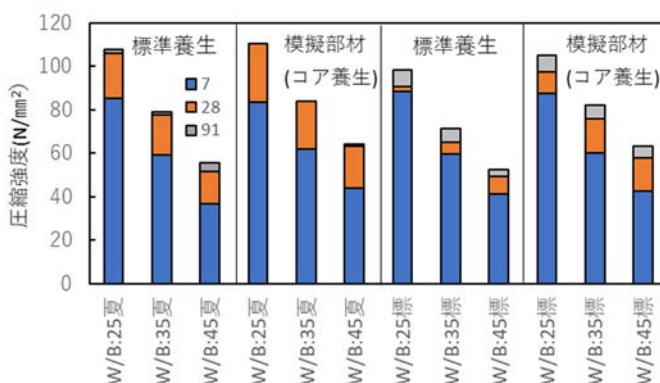


図-3 SRyコンクリートの季節・養生別圧縮強度

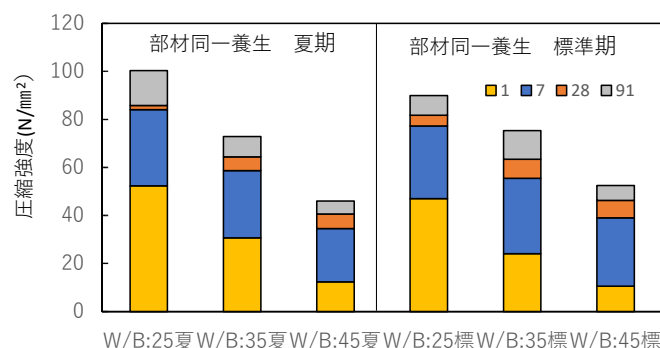


図-4 SRyコンクリートの部材同一養生強度