

低炭素スラッジ再生セメントを用いた高含有タイプコンクリートのプレキャスト部材への適用と課題

鹿島建設(株) 正会員 ○村田和也 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 関田徹志 坂田 昇

1. はじめに

現場で打設されずに、アジテータ車に残ったまま生コン工場に戻るコンクリート（以下、戻りコンと称す）は、全国で年間 100 万 m³ 超に及ぶともいわれ、建設産業における廃棄物として大きな社会問題となっている。その対策としてスラッジ水の有効利用が考えられるが、その品質管理は容易ではなく、コンクリートへの再利用は進んでいない。このような背景のもと、戻りコンから製造したスラッジケーキを乾燥処理する方法を工夫することで、低炭素スラッジ再生（SRy）セメントを開発¹した。本報告では、SRy セメントの有効利用を図るために、高含有タイプコンクリートを用いたプレキャスト部材を実構造物へ適用した結果と今後の課題について述べる。

2. SRy セメントを用いたコンクリートの概要

SRy セメントを用いたコンクリートの概要を図-1 に示す。SRy セメントを用いたコンクリートは、品質確保の面から SRy セメントの含有率によって 2 種類に大別されている。高含有タイプのコンクリートとは、結合材の 30%以上を SRy セメントで置換し、さらに高炉スラグ微粉末やフライアッシュを混入し、普通ポルトランドセメントの含有率を 10%以下に削減した低炭素コンクリートである。当面はPCa部材が対象であるが、将来的には生コンクリートへの適用も視野に入れている。一方、低含有タイプのコンクリートとは、結合材の 30%以下を SRy セメントで置換し、普通ポルトランドセメントの含有率を 70%以上とすることで、普通コンクリートと同等な性能を有するものである。このコンクリートは、主に設計基準強度 36 N/mm² 以下の生コンクリートに使用可能である。適用実績は、これまでに、10,000m³ 程度である。

3. 高含有タイプコンクリートの実構造物への適用

実工事において、プレキャスト部材への高含有コンクリートの適用が検討²された（図-1 中）。この部材は基礎型枠で、従来は合板で製作されていたが、作業員の製作手間がかかるとともに廃木材がでることから、最近ではプレキャスト化が進んでいる。対象とするプレキャスト部材は、躯体の一部となるため設計基準強度が 30N/mm² 以上である。このため、部材の製作に先立ち、配合と管理材齢を検討することにした。

部材の強度を確認するために、事前に圧縮強度の確認試験を行った。目標とする圧縮強度は、部材同一養生の試験体で 30N/mm² 以上、標準養生の材齢 28 日において 42N/mm² 以上とした。強度確認試験の概要を表-1 に示す。

表-1 強度確認試験の概要

記号	結合材構成比 (%)				フレッシュ試験	圧縮強度試験		
	SRy	OPC	BFS	FA		部材同一養生		標準養生
						16h	28日	
SRy50-C10:35	50	10	30	10	○	○	○	

種類	SRy 含有率	普通セメント (OPC) 含有率	高炉スラグ微粉末 (BFS)	フライアッシュ (FA)	配合例	用途	適用例	建設材料技術性能証明による制限
高含有タイプ	30%以上	10%以下	50%以下	10%以下		PCa (生コン)	 PCa部材	Fc36N/mm ² 以下 柱・梁以外のPCa部材とする
低含有タイプ	30%以下	70%以上	無し	無し		生コン PCa	 生コン	Fc36N/mm ² 以下

図-1 低炭素スラッジ再生（SRy）セメントを用いたコンクリートの概要

キーワード 環境配慮型コンクリート、プレキャスト部材、戻りコンクリート、スラッジ再生セメント

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

また、使用材料を表-2に、配合を表-3に示す。なお、供試体（ $\phi 10 \times 20$ cm）は部材と同様に、コンクリートを打ち込んだ後、封かん状態で蒸気養生を行った。蒸気養生条件は、2時間の前置きをしてから20°C/hで昇温し、最高温度50°Cで10時間保持した後、自然冷却とした。その後、圧縮強度試験を所定材齢で行った。

フレッシュ試験・圧縮強度試験の結果を表-4に示す。これより、スランプおよび空気量は、目標値を満足していた。また、脱型時強度および材齢28日における部材同一養生および標準養生の強度結果も目標値よりも余裕度があることが確認された。このため、実適用の配合は表-3と同じとし、また蒸気養生条件も同様で行うこととした。

プレキャスト部材は、1日あたり2ピースを3日間（計6ピース）で製作した（No.1:6月9日、No.2:6月15日、No.3:6月23日）。打設日ごとの圧縮強度試験結果を図-2に示す。これより、目標とする脱型時強度12N/mm²以上、部材同一養生強度30N/mm²以上、標準養生42N/mm²以上を満足していることを確認した。従来のプレキャスト部材と比べて色調や仕上がり状態も差異はなかった。

4. 高含有タイプコンクリートの今後の課題

今回のプレキャスト部材を製作するにあたり、大きな問題はなかった。ただし、混和材の種類が多いため、混和材の投入手間や混和材サイロなどの工場設備の増設、あるいは蒸気養生時間がやや長くなるなどコストアップが課題である。今後は、生産数量の増加によるコスト抑制や混和材のプレミックス化による手間の削減などコスト対策の検討が必要である。また厳冬期において、強度発現がしにくい場合は、脱型時強度の確保のためW/Bを低く設定する対策や、微細なひび割れが懸念される場合は、蒸気養生の降温速度を緩和するなど部材内部と外部の温度差を小さくする対策も必要である。

将来の生コンクリートへの適用課題として挙げられるのが、経時によるスランプロスへの対応である。本試験ではデータを取得していないが、既往の試験結果³⁾によると、経時30分で10cm以上のロス差が認められたものもある。また、冬期における強度発現性のデータも十分ではない。今後は、混和剤の新たな選定・開発、生コンの製造方法や施工方法の工夫も必要であると考えられる。

5. まとめ

低炭素スラッジ再生セメントを用いた高含有タイプコンクリートのプレキャスト部材の実構造物への適用結果と今後の課題を示した。

参考文献

- 1) 大川憲他：乾燥スラッジ微粉末と産業副産物混和剤を併用したクリンカーフリーコンクリートに関する実験研究，日本建築学会構造系論文集，Vol.80，No.710，pp.539-549，2015.4.
- 2) 巴他：乾燥スラッジ微粉末を混和材として大量に使用した再生コンクリートのプレキャスト部材への適用事例，AIJ大会梗概集，2019.
- 3) 日本建築総合試験所：スラッジ再生セメントを含有する結合材を用いた低環境負荷コンクリート工法，GBRC材料証明第16-10号改3，2021.

表-2 使用材料

項目	記号	材料名	密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)
セメント	OPC	普通ポルトランドセメント	3.16	3270
混和材	BFS	高炉スラッジ微粉末4000	2.89	4600
	FA	フライアッシュII種	2.36	3650
	SRy	低炭素スラッジ再生セメント	2.88	6350
練混ぜ水	W	上水道水	1	—
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	—

表-3 コンクリートの配合

記号	W/B [*] (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						
			W	OPC	SRy	BFS	FA	S	G
SRy50-C10:35	35	40	170	48	240	149	48	660	997

*B=OPC+SRy+BFS+FA

表-4 フレッシュ試験・強度試験結果

試験項目	フレッシュ試験			圧縮強度 (N/mm ²)		
	スランプ (cm)	空気量 (%)	CT温度 [*] (°C)	部材同一		
				脱型16h	28日	標準
目標値	18±2.5	4.5±1.5	5~35	12≤	30≤	42≤
SRy50-C10:35	20.0	3.8	23	22.4	46.0	57.2

*CT温度：コンクリート温度

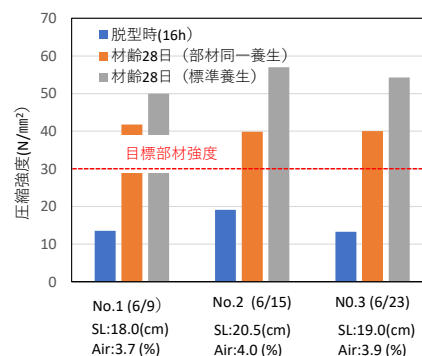


図-2 実部材の圧縮強度試験結果 (打設日毎)