

高炉スラグ微粉末を添加したコンクリートにスラッジ水を用いた 環境負荷低減型コンクリートの検討

三和石産(株) 正会員 ○宮本 勇馬
三和石産(株) 正会員 大川 憲
東海大学 正会員 笠井 哲郎

1. 目的

平成 17 年度の国土交通省の調査によると、生コン工場で発生する戻りコンクリート（以下、戻りコンと称す）は生コン出荷量の約 1.6%発生していると言われている。この戻りコンは骨材の分級後、大量のスラッジ水、上澄水が発生する。さらに、平成 26 年度全国生コンクリート工業組合連合会の報告¹⁾によると、回答数 2,605 工場（重複回答）の内 74.1%の工場で上澄水を練混ぜ水として使用しており、スラッジ水は 8.5%であった。このスラッジ水は、JIS の使用基準があるものの練混ぜ水としては、年々スラッジ水を使用する工場の割合が減っているのが現状である¹⁾。筆者らは、既にスラッジ水を用いることによるフレッシュおよび硬化性状に与える影響を検討し、同一スランプを得るに必要な混和剤量は水道水を用いた場合に比べ多くなり、また圧縮強度は大きく、乾燥収縮および中性化抵抗性は同等若しくは小さくなることを報告した²⁾。そこで本研究では、戻りコンから回収したスラッジ水の有効利用として、潜在水硬性を有する高炉スラグ微粉末（以下、BFS と称す）を用いた環境負荷低減型コンクリートへの適用を指向することを目的とし、スラッジ水を用いたコンクリートのフレッシュ性状および硬化性状について検討した。

表-1 使用材料

項目	記号	材料名	密度	比表面積
			g/cm ³	cm ² /g
結合材	N	普通ポルトランドセメント	3.16	3330
	BFS	高炉スラグ微粉末(4000)石膏有り	2.89	4310
細骨材	S1	石灰砕砂(大船渡産)	2.67	-
	S2	山砂(富津産)	2.58	-
粗骨材	G	石灰砕石(大船渡産)	2.69	-
混和剤	SP	高性能AE減水剤	-	-
	AE	AE剤	-	-
	DF	消泡剤	-	-
練混ぜ水	W1	水道水(1回目)	1.00	-
	W2	スラッジ水(1回目)	スラッジ濃度 5.9% pH12.60	-
	W1	水道水(2回目)	1.00	-
	W2	スラッジ水(2回目)	スラッジ濃度 5.7% pH12.84	-

表-2 配合表

No	試験実施 (年)	配合	練混ぜ水	W/C (%)	W/B (%)	単位量(kg/m ³)							結合材 × (wt%)
						N	BFS	S1	S2	G	W1	W2	
1	1回目	50-N100-W1	水道水	50	-	340	0	477	391	933	170	-	0.73
2		50-N60-BFS40-W1		-	50	204	136	471	386	933	170	-	0.72
3		50-N40-BFS60-W1		-	50	136	204	470	385	933	170	-	0.64
4		50-N100-W2	スラッジ水	50	-	340	0	477	391	933	-	177	0.90
5		50-N60-BFS40-W2		-	50	204	136	471	386	933	-	177	0.86
6		50-N40-BFS60-W2		-	50	136	204	470	385	933	-	177	0.82
7	2回目	50-N100-W1	水道水	50	-	340	-	477	391	933	170	-	0.72
8		50-N60-BFS40-W1		-	50	204	136	471	386	933	170	-	0.70
9		50-N40-BFS60-W1		-	50	136	204	470	385	933	170	-	0.62
10		50-N20-BFS80-W1	スラッジ水	-	50	272	68	466	381	933	170	-	0.67
11		50-N100-W2		50	-	340	-	477	391	933	-	177	0.92
12		50-N60-BFS40-W2		-	50	204	136	471	386	933	-	177	0.88
13		50-N40-BFS60-W2		-	50	136	204	470	384	933	-	177	0.94
14		50-N20-BFS80-W2		-	50	272	68	465	381	933	-	177	0.80

3. 試験方法

フレッシュ性状は、スランプ試験 (JIS A 1101)、空気量試験 (JIS A 1128)、コンクリートの温度測定 (JIS A 1156) をそれぞれ行った。目標スランプ値は 20±2.5cm、目標空気量は 4.5±1.5%とした。

硬化性状について、圧縮強度用試験体は、1 配合につき φ100mm×200mm の円柱供試体を 6 本採取し、材齢 3 日で脱型後、標準養生とした。試験材齢は、材齢 7、28 日とした。また、促進中性化試験 (JIS A 1153) および長さ変化試験 (JIS A 1129-3) は、それぞれ JIS に準拠して行った。

キーワード 戻りコンクリート、スラッジ水、高炉スラグ微粉末、促進中性化試験、長さ変化試験

連絡先 〒252-0823 神奈川県藤沢市菖蒲沢 710 番地 三和石産(株)テストティング事業部 (直通) 0466-48-5515

3. 実験結果および考察

3.1 フレッシュ試験

目標スランプ値 20 ± 2.5 cm とするのに必要な SP 添加率と BFS 置換率の関係を図-1 に示す。図より、BFS の置換率が大きくなるにつれ、SP 添加率は小さくなる傾向であった。また、2 回の試験を実施した結果、スラッジ水 (W2) を用いた場合の方が SP 添加率は大きくなった。これは、スラッジ水 (W2) に含まれる固形分の影響により、SP 添加率が大きくなったものと考えられる。

3.2 圧縮強度試験および長さ変化試験

圧縮強度と BFS 置換率の関係を図-2 に示す。図より、BFS の置換率が大きくなるにつれ、圧縮強度は小さくなった。また、練混ぜ水による相違では、スラッジ水 (W2) を用いた方が圧縮強度は大きくなった。これは、スラッジ水に含まれる未水和セメント分の影響や BFS へのアルカリ刺激材として寄与したためと考えられる。乾燥収縮と BFS 置換率の関係を図-3 に示す。図より、BFS の置換率が大きくなるにつれ、収縮量は小さくなった。また、練混ぜ水の相違による影響では、スラッジ水 (W2) を用いた方が、収縮量は同等若しくは、若干大きくなる傾向であった。しかし、JASS 5 でのコンクリート乾燥収縮率の上限値 8×10^{-4} 以下であった。

3.3 促進中性化試験

中性化速度係数と BFS 置換率の関係を図-4 に示す。BFS の置換率が大きくなるにつれ、中性化速度係数は大きくなった。また、2 回の試験結果より、練混ぜ水の相違による比較では、スラッジ水 (W2) を使用した場合、中性化速度係数は小さくなった。これらは、スラッジ水により $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が水道水の場合より、より多く供給されるためであると考えられる。

4. まとめ

- 1) フレッシュ性状では、BFS の置換率が大きくなるにつれ、SP 添加率は小さくなる傾向であった。また、練混ぜ水の相違では、水道水よりスラッジ水を使用した配合は、SP 添加率は大きくなった。
- 2) 圧縮強度は、BFS の置換率が大きくなるにつれ、強度は小さくなった。また、練混ぜ水の相違では、スラッジ水を使用した配合は強度が大きくなった。
- 3) 乾燥収縮は、BFS の置換率が大きくなるにつれ収縮量は小さくなった。練混ぜ水の相違は、スラッジ水の使用により、同等若しくは、若干大きくなった。
- 4) 促進中性化は、BFS の置換率が大きくなるにつれ、中性化速度係数は大きくなった。また、練混ぜ水の相違では、スラッジ水の使用により、中性化速度は小さくなった。

以上より、練混ぜ水にスラッジ水を用いることで、環境負荷低減型コンクリートへの適応が可能と考えられるが、今後フレッシュ性状に関しては、検討する必要がある。

参考文献

- 1) 全国生コンクリート工業組合連合会, 全国生コンクリート協同組合連合会, 生コン産業におけるリサイクルの普及に向けて-その現状と対応-第 18 回生コン技術大会パネルディスカッション, pp.6-7, 2015.4
- 2) 宮本勇馬, 他: 高炉スラグ微粉末を添加したコンクリートの練混ぜ水へのスラッジ水および上澄水の適応に関する検討, 土木学会第 72 回年次学術講演概要集, V-522, pp.1043-1044, 2017

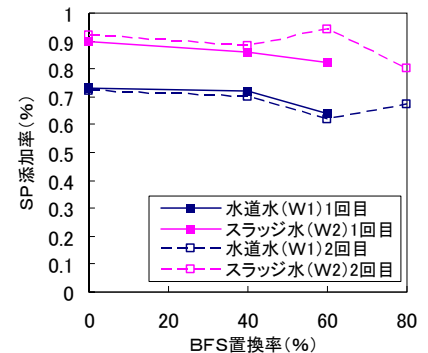


図-1 SP 添加量と BFS 置換率の関係

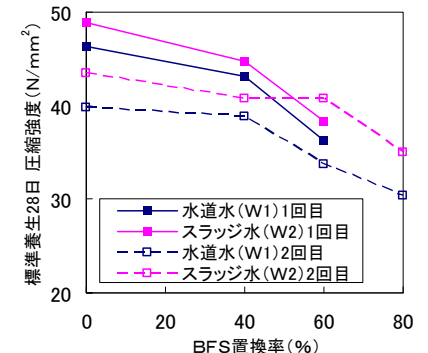


図-2 圧縮強度と BFS 置換率の関係

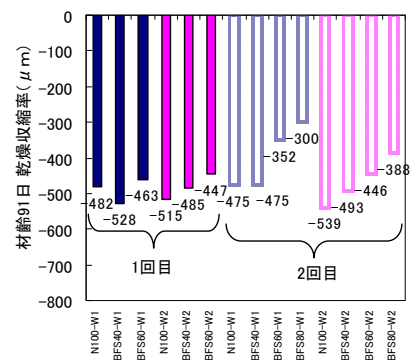


図-3 乾燥収縮と BFS 置換率の関係

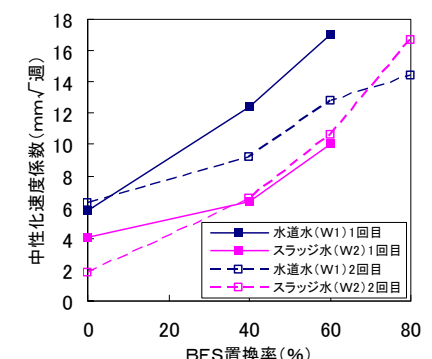


図-4 中性化速度係数と BFS 置換率の関係