戻りコンクリートから回収したスラッジ水および上澄水と高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの基礎研究

三和石産㈱　正会員　○宮本　勇馬
三和石産㈱　正会員　大川　憲
東海大学　正会員　笠井　哲郎

１．はじめに

昨今，建設業界でも環境に対する意識の高まりから，高炉スラグ微粉末等を用いた環境負荷低減型コンクリートの研究が多数報告されている[1)]．一方，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．また，平成 26 年度全国生コンクリート工業組合連合会の報告によると，回答数 2,605 工場（重複回答） の内 74.1%の工場で上澄水を使用している．一方，スラッジ水は 8.5%であった[2)]．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．そこで本研究では，戻りコンから回収したスラッジ水および上澄水の有効利用として，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について評価することを目的とし，スラッジ水および上澄水を用いたコンクリートのフレッシュおよび硬化性状について検討した．

２．実験概要

2.1 使用材料および配合

使用材料および配合を**表-1**，**表-2** に示す．**表-1** より，練混ぜ水は上水道水（W1），上澄水（W2），スラッジ水（W3）とした．上澄水およびスラッジ水は，実機プラントから採取し，上澄水はそのまま練混ぜ水に使用し，スラッジ水は濃度を ZKT-102（2012 年度制定版）を参考にし，5.9%に調整したものを使用した．スラッジ水濃度の測定方法は，JIS A 5308 に準拠して行った．**表-2** より，各配合における結合材は，普通ポルトランドセメント（以下，N と称す）に対して BFS を 0,40,60,100%置換した．また，W/C および W/B は 50.0%一定とした．

表-1　使用材料

項目	記号	材料名	密度 (g/cm³)	比表面積 (cm²/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	2.89	4310
細骨材	S1	石灰砕砂(大船渡産)	2.67	－
	S2	細目(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	上水道水	－	
	W2	上澄水	pH12.6	
	W3	スラッジ水	スラッジ濃度:5.9%　pH12.6	

表-2　配合表

No	配合	W/C (%)	W/B (%)	単位量(kg/m³) N	BFS	S1	S2	G	W1	W2	W3	(%) SP	AE	DF
1	50-N100-W1	50	-	340	0	477	391	933	170	0	0	0.65	0.06	0.06
2	50-N60-BFS40-W1	-	50	204	136	471	386	933	170	0	0	0.63	0.08	0.06
3	50-N40-BFS60-W1	-	50	136	204	470	385	933	170	0	0	0.52	0.08	0.06
4	50-N100-W2	50	-	340	0	477	391	933	0	170	0	0.64	0.08	0.06
5	50-N60-BFS40-W2	-	50	204	136	471	386	933	0	170	0	0.59	0.06	0.06
6	50-N40-BFS60-W2	-	50	136	204	470	385	933	0	170	0	0.49	0.04	0.06
7	50-BFS100-W2	-	50	0	340	464	380	933	0	170	0	0.65	0.06	0.06
8	50-N100-W3	50	-	340	0	477	391	933	0	0	170	1.12	0.22	0.07
9	50-N60-BFS40-W3	-	50	204	136	471	386	933	0	0	170	1.08	0.2	0.06
10	50-N40-BFS60-W3	-	50	136	204	470	385	933	0	0	170	0.99	0.18	0.06
11	50-BFS100-W3	-	50	0	340	464	380	933	0	0	170	0.81	0.21	0.05

2.2 試験方法

フレッシュ試験は，スランプ試験（JIS A 1101），空気量試験（JIS A 1128），コンクリート温度（JIS A 1156）をそれぞれ行った．目標スランプ値は 20±2.5cm，空気量は 4.5±1.5%とした．圧縮強度用試験体は，1 配合につき φ100mm×200mm の円柱供試体を 12 本採取し，材齢 3 日で脱型し，脱型後標準養生とした．試験材齢は，材齢 3，7，28，91 日とした．コンクリートの練混ぜ方法は以下に示す．

結合材+細・粗骨材（30 秒間練混ぜ）⇒練り水投入 ⇒90 秒間練混ぜ ⇒かき落し ⇒60 秒間練混ぜ ⇒排出

３．実験結果および考察

3.1 フレッシュ試験

図-1 に SP 添加量と BFS 置換率の関係を示す．図より，BFS 置換率が大きくなるにつれ，SP 添加量は小さくなった．しかし，50-BFS100-W2 配合は SP 添加量が大きくなった．一方，練混ぜ水において，スラッジ水を用いた配

キーワード　戻りコンクリート　上澄水　スラッジ水　高炉スラグ微粉末　初期強度
連絡先　〒252-0823　神奈川県藤沢市菖蒲沢 710 番地 三和石産㈱テスティング事業部 （直通）0466-48-5515

合の SP 添加量は，上水道水，上澄水を用いた配合に比べ SP 添加量は大きくなった．これは，スラッジ水に含まれるスラッジ固形分の影響と考えられる．

3.2 圧縮強度試験

図-2 に材齢 3 日および 91 日の圧縮強度と BFS 置換率の関係を，図-3 に材齢 3 日から 7 日の圧縮強度伸びの関係を示す．図-2 より材齢 3 日における圧縮強度では，練混ぜ水を上水道水で用いた配合よりスラッジ水を用いた配合は，全ての配合において圧縮強度はわずかに大きくなった。さらに，材齢 91 日において，練混ぜ水をスラッジ水とした配合が最も圧縮強度が大きい結果となった．これらは，スラッジ水に含まれるセメント分の影響や BFS が有する潜在水硬性が寄与したものと考えられる．図-3 より，材齢 3 日から 7 日において，上澄水およびスラッジ水を用いた配合は，上水道水を用いた配合と比べ，同等以上の伸びであった．また，BFS の置換率が大きい程，圧縮強度の伸びは大きくなった．図-4 は，全配合と圧縮強度の関係を示す．図より，スラッジ水を練混ぜ水に用いた配合が最も圧縮強度が大きく，上水道水を用いた配合に比べ，上澄水はほぼ同等の強度であり，スラッジ水は，既往の研究と同様の傾向となった [3)]．

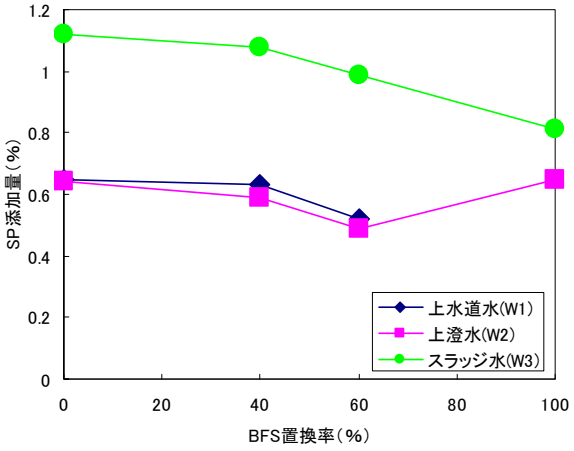

図-1 SP 添加量と BFS 置換率の関係

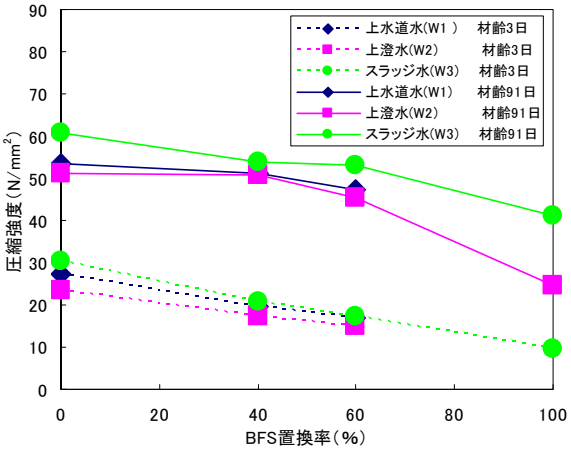

図-2 材齢 3 日および 91 日の圧縮強度と BFS 置換率の関係

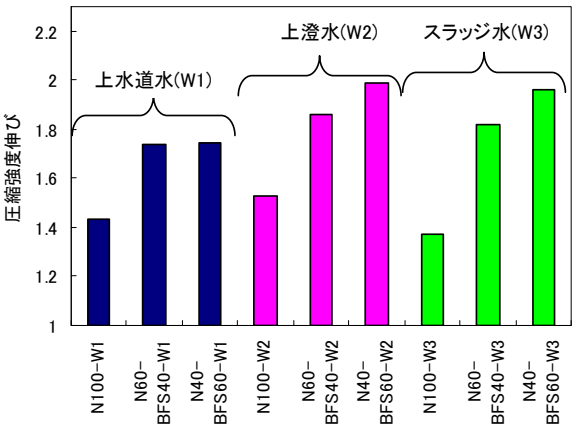

図-3 材齢 3 日から 7 日の圧縮強度伸びの関係

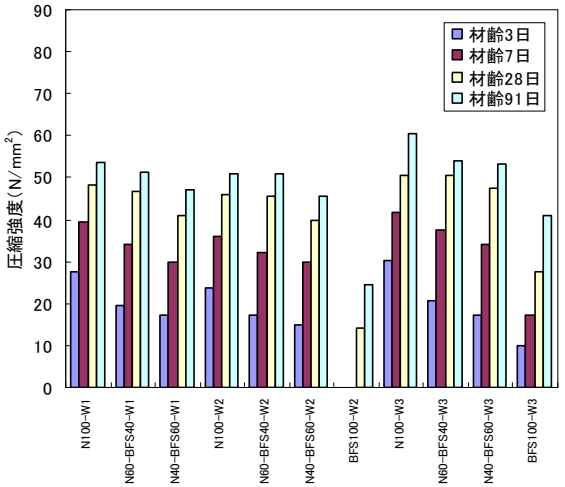

図-4 全配合と圧縮強度の関係

4．まとめ

これらの試験結果から，上水道水および上澄水では BFS 置換率が大きくなるにつれ，SP 添加量は小さくなった．一方，スラッジ水では，SP 添加量は大きくなった．練混ぜ水を上澄水およびスラッジ水とした場合，特に初期強度において，上水道水を用いた配合と同等以上の圧縮強度が得られた．従って，スラッジ水および上澄水を練混ぜ水として用いることで BFS を用いた環境負荷低減型コンクリートにおいて上水道水と同等以上の圧縮強度が得られることが確認できた．

参考文献：

(1) 玉井譲，佐藤隆恒，鶴田孝司：高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの養生条件および圧縮強度が中性化に与える影響，第 66 回セメント技術大会講演要旨 pp.130-131. 2012.5

(2) 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ーその現状と対応ー第 18 回生コン技術大会パネルディスカッション PP6-7 .2015.4

(3) 大川憲，宮本勇馬，笠井哲郎：戻りコンクリートから回収したスラッジ水および上澄水と副産物混和材を用いたモルタルの基礎物性，コンクリート工学年次論文集，Vol37，No1，pp.1495-1500. 2015.7