

早強セメントと高炉スラグ微粉末に収縮低減剤を適用した耐久性向上コンクリートの性質

竹本油脂(株)

正会員 ○齊藤 和秀

同

正会員 木之下光男

(独)土木研究所寒地土木研究所

正会員 吉田 行

日鐵セメント(株)

正会員 渡辺 宏

1. はじめに

近年、寒冷地のコンクリート構造物の耐久性を向上させる対策の 1 つとして早強ポルトランドセメント(以下 H)と高炉スラグ微粉末(以下 Sg)を組合わせたコンクリートが研究されている^{1),2)}。しかしながら、Sg を添加すると初期の乾燥収縮や、自己収縮が増大するとの報告^{2),3)}もあり、ひび割れ防止の観点からも収縮を制御する方法が望まれている。そこで本研究では、PC 構造物を対象として H と Sg を使用したコンクリートに収縮低減剤(以下 SRA)を適用しその有効性を調べた。また高炉セメント B 種(以下 BB)および普通ポルトランドセメント(以下 N)も比較検討した。

2. 実験概要

2. 1 使用材料

セメントは H(密度 3.14g/cm³, 比表面積 4520cm²/g, 記号 H), N(密度 3.16g/cm³, 比表面積 3270cm²/g, 記号 N)および BB(密度 3.04g/cm³, 比表面積 3600cm²/g, 記号 BB), 混和材は JIS A 6206 に適合する比表面積 6000cm²/g クラスの Sg(密度 2.90g/cm³, 記号 Sg), 細骨材は大井川水系産陸砂(表乾密度 2.58g/cm³, 吸水率 2.31%, F.M.2.87, 記号 S), 粗骨材は岡崎産碎石(表乾密度 2.68g/cm³, 吸水率 0.78%, 実積率 60.0%, 記号 G), 混和剤はポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤(記号 HP), ポリエーテル誘導体を主成分とした SRA(記号 SRA), 空気量調整はポリエーテル系の消泡剤(記号 AF)とロジン系の AE 調整剤(AE1)および微細な気泡を連行し気泡の保持性に優れるアルキルリン酸エステル系の特殊 AE 調整剤(記号 AE2)⁴⁾を使用した。

2. 2 コンクリートの配合

コンクリートの配合を表-1 に示す。スラグ置換率はセメント内割りりで 60%, 水結合材比(W/B)は一般の PC 構造物を対象とし 40%とした。目標スランプは 12±1cm, 目標空気量は 4.5±1%とした。

2. 3 試験方法

圧縮強度は JIS A 1108(標準養生, 材齢 7,28,91 日),

キーワード: 高炉スラグ微粉末, 収縮低減剤, 乾燥収縮, 自己収縮, 凍結融解, 耐久性

連絡先: 〒443-8611 愛知県蒲郡市港 2-5 竹本油脂(株)第三事業部 研究開発部 TEL0533-68-2118 FAX0533-68-1339

表-1 コンクリートの配合

記号	セメント	W/B (%)	Sg (%)	SRA (kg/m ³)	単位量(kg/m ³)			
					W	セメント	Sg	S
H	H	40	0	0	140	350	0	771
H-Sg			60	0		140	210	756
H-Sg-SR3				3				
H-Sg-SR6				6				
N	N	40	0	0	140	350	0	771
N-Sg			60	6		140	210	759
N-Sg-SR6								
BB	BB	40	0	0	140	350	0	761
BB-SR6			6	6				

乾燥収縮は JIS A 1129-3(材齢 7 日まで標準水中養生後に基長, 20℃,60%RH で材齢 98 日まで測定), 自己収縮は φ10×20cm の試験体中心部に埋込型ひずみゲージを埋込み簡易的に測定(凝結始発時を基長, 材齢 91 日まで測定), 凍結融解は JIS A 1148 に準拠した。

3. 実験結果

3. 1 フレッシュコンクリートの性状

フレッシュコンクリートの試験結果を表-2 に示す。Sg を添加すると HP の添加量が約 20%程度低減した。Sg や SRA の添加によるフレッシュ性状の違いはわずかであった。

表-2 フレッシュコンクリートの試験結果

記号	HP 添加量 (B×%)	AF (B×%)	AE2 (B×%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度 (℃)
H	1.00	0.005	0.004	12.5	5.3	20.0
H-Sg	0.80	0.005	0.004	12.0	4.7	20.0
H-Sg-SR3	0.80	0.005	0.070*	12.0	4.8	20.0
H-Sg-SR6	0.80	0.005	0.080*	12.5	5.0	20.0
N	0.90	0.005	0.004	11.0	4.3	20.0
N-Sg	0.70	0.005	0.005	13.0	5.2	20.0
N-Sg-SR6	0.70	0.005	0.080*	13.0	4.6	20.0
BB	0.75	0.005	0.005	12.5	5.3	20.0
BB-SR6	0.75	0.020	0.020	12.5	3.8	20.0

*: AE2 では空気が入りにくかったため AE1 を使用

3. 2 乾燥収縮および自己収縮

乾燥収縮および自己収縮試験結果を図-1, 収縮試験結果のまとめを表-3 に示す。Sg を添加すると乾

乾燥収縮ひずみは小さくなる傾向にあり、材齢 98 日において H-Sg は H に比較して約 40×10^{-6} 小さく、N-Sg は N に比べて約 100×10^{-6} 小さい。これは Sg の水和により空隙構造が緻密化したためと考えられる⁵⁾。また、Sg に加えて SRA を 6 kg/m^3 添加することにより乾燥収縮ひずみはさらに小さくなり、H に比べて約 180×10^{-6} 、低減率で約 32% 低減した。SRA は N, BB に対しても同様の効果を示した。自己収縮ひずみは約 200×10^{-6} 程度以下と乾燥収縮ひずみに比べ小さい。Sg 添加による自己収縮ひずみの変化は 30×10^{-6} 程度であり影響は小さいが、Sg と SRA の添加により H に比べて約 90×10^{-6} 程度、低減率で 44% 程度低減した。

3. 3 圧縮強度と凍結融解抵抗性

圧縮強度試験結果を図-2 に示す。H に Sg と SRA を添加すると初期強度は若干低下したが材齢 91 日では H よりも高い強度が得られた。凍結融解試験結果

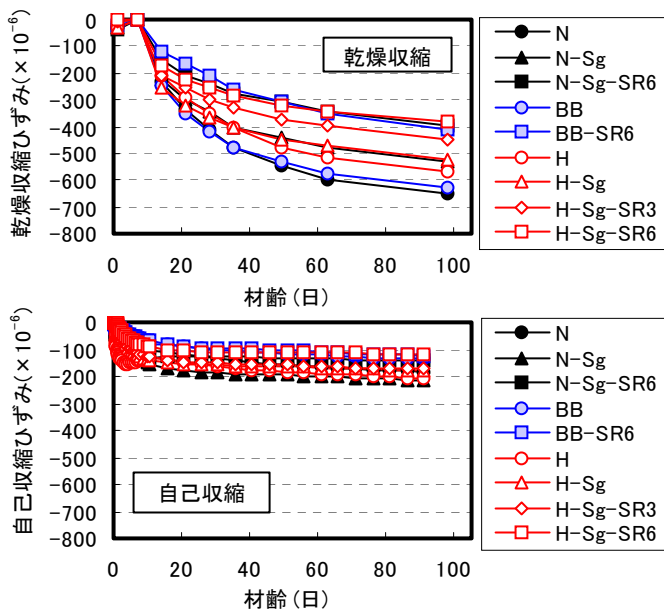


図-1 乾燥収縮および自己収縮試験結果

表-3 収縮試験結果まとめ

記号	乾燥収縮 (材齢 98 日)			自己収縮 (材齢 91 日)	
	乾燥収縮 ひずみ ($\times 10^{-6}$)	収縮 低減率 (%)	質量 減少率 (%)	自己収縮 ひずみ ($\times 10^{-6}$)	収縮 低減率 (%)
H	-568	-	1.62	-208	0.0
H-Sg	-526	7.4	1.28	-177	14.9
H-Sg-SR3	-452	20.4	1.25	-169	18.8
H-Sg-SR6	-384	32.4	1.19	-117	43.8
N	-653	-	1.83	-184	0.0
N-Sg	-532	18.5	1.19	-215	-16.8
N-Sg-SR6	-395	39.5	1.19	-144	21.7
BB	-630	-	2.01	-137	0.0
BB-SR6	-410	34.9	1.74	-123	10.2

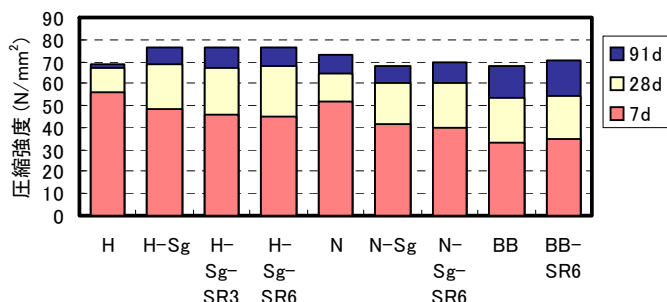


図-2 圧縮強度試験結果

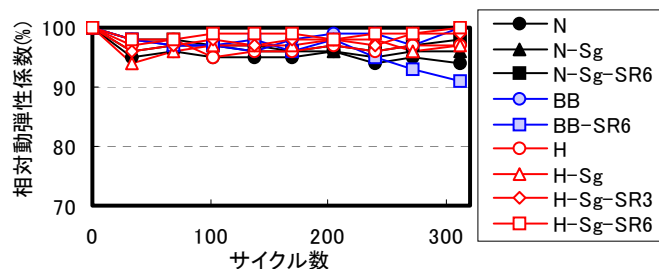


図-3 凍結融解試験結果

を図-3 に示す。いずれの配合においても、300 サイクルでの相対動弾性係数が 90% 以上であり SRA を用いた場合でも十分な凍結融解抵抗性を示した。

4. まとめ

H と Sg を組合わせたコンクリートに SRA を適用し、本研究の範囲で以下の知見を得た。

- (1) H に Sg と SRA を添加することで H に比較して乾燥収縮ひずみを約 180×10^{-6} (低減率約 32%)、自己収縮ひずみを約 90×10^{-6} (低減率約 44%) 低減できた。
- (2) H に Sg と SRA を添加すると初期強度は若干低下したが、長期では H よりも高い強度が得られた。
- (3) H に Sg と SRA を添加しても、耐久性指数が 90 以上であり十分な凍結融解抵抗性を示した。
- (4) SRA は、H と Sg を使用した耐久性向上コンクリートの収縮低減対策に有効である。

【参考文献】

- 1) 吉田 行, 名和豊春, 田口史雄, 渡辺宏: 各種混和材を用いたコンクリートの PC 構造物への適用性と耐久性向上効果について, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.1, pp.123-128, 2008
- 2) 吉田 行, 田口史雄, 名和豊春, 渡辺宏: 耐久性向上対策として高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの工場製品への適用性, 第64回土木学会年次学術講演会概要集, pp.595-596, 2009.9
- 3) 中本純次, 戸川一夫, 宮川豊章, 藤井学: 高炉スラグ高含有コンクリートの自己収縮ひずみ, コンクリート工学年次論文集, Vol.19, No.1, pp.253-258, 1997
- 4) 張友海, 藤原忠司, 小山田哲也, 張英華: 収縮低減剤を用いたコンクリートの耐凍害性を確保する AE 剤の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, pp.1111-1116, 2009
- 5) 米倉亜州夫, 田中敏嗣: 高炉スラグ微粉末の使用がコンクリートの乾燥収縮およびクリープに及ぼす影響, 高炉スラグ微粉末のコンクリートへの適用に関するシンポジウム, 土木学会, pp.99-106, 1987.3