高炉スラグ微粉末を用いたモルタルの圧縮強度および収縮特性におよぶセッコウの種類の影響

(株)デイ・シイ　正会員　○三石　歩
同上　正会員　藤原　了
同上　正会員　二戸　信和
同上　久保田　賢

１．はじめに

普通ポルトランドセメント(以下，OPC)は二水セッコウにより凝結を緩和などの効果が得られることが知られている．また，初期強度の増加および収縮の抑制のため高炉スラグ微粉末(以下，BFS)にセッコウ添加して用いられている．セッコウの種類は二水セッコウ，半水セッコウ，無水セッコウとあり，セッコウの種類による硬化特性の知見は少ない．セッコウの種類による硬化特性を把握するため，本研究では無水セッコウ(以下，AH)と二水セッコウ(以下，DH)を用いて SO_3 量を調整した高炉スラグ微粉末のモルタルでの圧縮強度，収縮特性の確認を行った．

２．実験概要

（１）使用材料

本実験で使用した材料を表 1 に示す. セッコウは粒度の影響をなくすために同一の粒度分布になるように調整した．DH は工場製品を使用し，AH は天然無水セッコウを分級した．粒度は，レーザー回折式粒度分布測定器(Microtrac MT3300EXⅡ)を使用し，50%累積体積通過径(D_{50})を測定した．ブレーン比表面積は JIS R5201 「セメントの物理試験方法」に準じて測定した．BFS はセッコウなしの高炉スラグ微粉末 4000 を使用した．

表 1　使用材料

名称	材料名	記号	D_{50} (μm)	ブレーン比表面積 (cm^2/g)	密度 (g/cm^3)
結合材	普通ポルトランドセメント	OPC	17.0	3220	3.16
	高炉スラグ微粉末	BFS	15.0	4540	2.90
少量結合材	無水セッコウ(SO_3量58.0%)	AH	8.3	7630	2.91
	二水セッコウ(SO_3量46.5%)	DH	8.3	8930	2.31
細骨材	乾燥硅砂(FM2.95,吸水率1.22%)	S	-	-	2.63
混練水	上水道水	W	-	-	1.00
高性能AE減水剤	ポリカルボン酸エテール系	SP	-	-	-
消泡剤	ポリアルキレン グリコール誘導体	DF	-	-	-

表 2　実験水準

配合No.	W/B (%)	結合材（B)割合（%）			
		OPC	BFS	AH	DH
BB	30	50.0	50.0	-	-
AH-2.5			47.8	2.2	-
AH-5.0			45.7	4.3	-
DH-2.5			47.3	-	2.7
DH-5.0			44.5	-	5.5

（２）実験水準および練混ぜ

本実験で比較した水準を表 2 に示す．質量比で OPC:BFS=1:1 である BB を基準として，AH，DH は BFS に対して SO_3 量を 2.5，5.0%になるように添加量を調整した．モルタルの配合および練混ぜは，JASS 5M-701:2015 を参考とした．結合材と硅砂の割合は質量比で B：S=1：1.4 とした. 練混ぜは, 空練 30 秒→注水→2 分練混ぜ→掻き落とし→2 分 40 秒練混ぜ→5 分静置→30 秒練混ぜとし，回転数 139rpm(低速)にて行った．

（３）実験項目および測定方法

0 打フローは JASS 5M-701 に準拠し，260±10mm となるように SP 添加量を調整した．空気量はモルタルエアメーターにより測定し，3.0%以下を目標とした．圧縮強度はφ50×100mm の円柱供試体を用いて材齢 1 日，7 日，28 日で行った．24 時間で脱型後所定の材齢まで 20℃水中で養生した．自己収縮は JCI 自己収縮委員会試験方法(JCI-SAS2「セメントペースト・モルタルおよびコンクリートの自己収縮および自己膨張試験方法(案)」)を参考にし

キーワード　無水セッコウ，二水セッコウ　高炉スラグ微粉末，自己収縮，乾燥収縮，モルタル
連絡先　〒210-0854　神奈川県川崎市川崎区浅野町 1-17　(株) デイ・シイ　TEL 044-333-0618　FAX　044-355-4010

© Japan Society of Civil Engineers

た．注水から 24 時間で脱型後直ちに供試体にアルミテープを張り，水分の逸脱がない状態とした．材齢 24 時間の供試体の長さを基長とし，材齢 28 日まで長さ変化を JIS A 1129-3 に準拠し測定した．乾燥収縮は，材齢 28 日の自己収縮の測定後の供試体に張ったアルミテープを剥がし，供試体を室温 20℃，相対湿度 60%で乾燥させた．材齢 28 日の供試体の長さを基長として，乾燥期間 1，3，7，14，21 および 28 日の長さ変化を自己収縮と同様に測定を行い，長さ変化率を算出した．

３．実験結果および考察

フレッシュ性状および圧縮強度の結果を表 4 に示す．0 打フローを調整するための SP 添加率は DH より AH を混和した方が低減した．これは，DH は AH と比べ比表面積が大きいため，SP の添加量が上昇したと考えられる．

表 4　実験結果

配合 No.	SP/B (%)	DF/B (%)	0 打フロー (mm)	空気量 (%)	圧縮強度(N/mm2) 1日	7日	28日
BB	0.80	0.20	270	2.1	13.1	54.7	95.2
AH-2.5	0.80		253	2.4	21.4	62.8	97.3
AH-5.0	0.80		257	2.7	19.7	73.7	99.1
DH-2.5	0.82		250	3.0	20.8	60.9	96.8
DH-5.0	0.88		269	1.9	17.8	66.5	95.5

材齢 1，7 および 28 日の圧縮強度は，セッコウの種類，置換率に関わらず B B 以上の強度となった．これは，セッコウを添加することでエトリンガイトが生成され，強度が増進したと考えられる．また，DH と比べて AH を用いた方が，すべての材齢において圧縮強度は大きくなった．この結果より，強度発現性は AH を用いた方が良好となることが分かった．

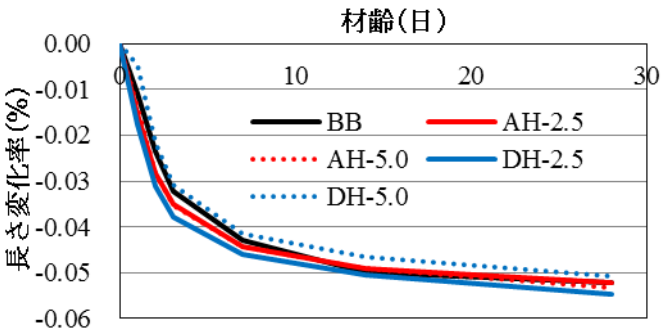

図 1 材齢と自己収縮の関係

材齢と自己収縮との関係を図 1 に示す．すべての水準において自己収縮は大きな違いが確認できなかった．

乾燥期間と乾燥収縮との関係を図 2 に示す．セッコウ用いた水準と BB を比べると，セッコウを用いた水準は種類と置換率に関わらず乾燥収縮は小さくなった．また SO_3 量の比較では 5.0%の方が 2.5%より，長さ変化率は小さくなった．セッコウの種類の比較では，SO_3 量 2.5%では長さ変化率の差は同等程度であった．しかし，SO_3 量 5.0%では，DH より AH を用いた方が乾燥収縮は小さくなることが分かった．AH を用いた場合，SO_3 量が高いほど収縮が抑制される傾向であった．

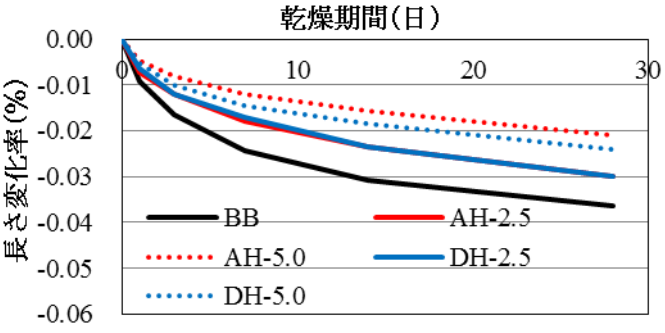

図 2 乾燥期間と乾燥収縮の関係

４．まとめ

無水セッコウまたは二水セッコウを添加した高炉スラグ微粉末を用いたモルタルの圧縮強度および収縮特性を確認した結果，以下の知見を得た．

(1) 圧縮強度は，DH と比べて AH を混和した方が，今回測定した材齢において大きくなることが分かった．

(2) 自己収縮は，DH または AH を混和しても同等であった．

(3) 乾燥収縮は，SO_3 量 2.5%の場合が DH または AH を混和しても同等だが，SO_3 量 5.0%の場合が AH を混和した方が小さくなることが分かった．

© Japan Society of Civil Engineers