

SO₃量の異なる高炉セメントC種を用いたコンクリートのフレッシュ性状および強度特性

鹿島建設(株) 正会員 ○橋本 学 倉田和英 林 大介

1. はじめに

現在、高炉セメントは、高炉スラグ微粉末の混和率が40%程度のB種が一般的に用いられている。しかし、CO₂削減という観点から、高炉スラグ微粉末の混和率を60%以上まで高めた高炉セメントC種の利用促進が望まれている。土木学会では高炉スラグ微粉末に関する委員会を立ち上げ、高炉セメントC種を汎用的なものとするための指針の整備を進めている。一方で、高炉セメントC種は初期の強度発現性が低い等の課題もあり、その課題に対して、結合材中に含まれるSO₃量を増やすことで改善できるという研究成果が得られている¹⁾。本報文では、SO₃量の異なる高炉セメントC種を用いたコンクリートのフレッシュ性状および強度特性について報告する。

2. 実験概要

2. 1 使用材料およびコンクリートの配合

使用材料を表-1に示す。結合材は高炉セメントC種の範疇となるように、普通ポルトランドセメント、高炉スラグ微粉末(セッコウなし)、無水セッコウのそれぞれを計量した。表-2に示すように、普通ポルトランドセメントを35%、高炉スラグ微粉末と無水セッコウを65%として混合した。一般的に、高炉セメント中にはSO₃量が2.0%程度含まれることから、結合材中に含まれるSO₃量が2.0%となるように調整したケースを標準のケースとし、3.6%を高添加のケースとした。また、化学混和剤について、SO₃量が2.0%のケースはAd1およびAd2を、3.6%のケースでは、Ad3およびAd4を用いた。なお、Ad2およびAd4は遅延形の混和剤であり、環境温度が30℃の条件において使用した。コンクリートの配合を表-3に示す。目標スランプを12cm、設計空気量を4.5%とし、所定の空気量を満足するようにAE剤の添加量を調整した。

表-1 使用材料

材料名	記号	摘 用
練混ぜ水	W	上水道水
セメント	OPC	普通ポルトランドセメント、密度:3.16g/cm ³ 、フレン値:3280cm ² /g、SO ₃ 量:2.24%
混和材	BFS	高炉スラグ微粉末(セッコウなし)4000、密度:2.90g/cm ³ 、フレン値:3780cm ² /g
	Gyp	無水セッコウ、密度:2.90g/cm ³ 、3780cm ² /g、SO ₃ 量:57.8%
細骨材	S	①砕砂、表乾密度:2.63g/cm ³ 、粗粒率:2.83 ②山砂、表乾密度:2.62g/cm ³ 、粗粒率:1.79 (ブレンド比:①:②=8:2)
粗骨材	G	①碎石 2010、表乾密度:2.64g/cm ³ 、実積率:60.1% ②碎石 1005、表乾密度:2.64g/cm ³ 、実積率:59.9% (ブレンド比:①:②=6:4)
混和剤	Ad1,2	C種用AE減水剤(標準形、遅延形)、主成分:リガニンスルホン酸塩とポリカルボン酸エーテルの複合体
	Ad3,4	C種用(SO ₃ 高添加用)AE減水剤(標準形、遅延形)、主成分:変性リガニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸系化合物の複合体
	AE	AE剤(主成分:陰イオン界面活性剤)

2. 2 実験方法

コンクリートの練混ぜは強制二軸練りミキサ(容量50L、回転数60r.p.m)を用いた。練混ぜ量は40Lとし、全材料を一括投入後、90秒間練り混ぜた。表-4に実験

表-2 結合材の混合比

結合材の種類	記号	混合比	セメント中に含まれるSO ₃ 量
SO ₃ -2.0	OPC:BFS:Gyp	35.0:62.9:2.1	2.00%
SO ₃ -3.6	OPC:BFS:Gyp	35.0:60.0:5.0	3.67%

表-3 コンクリートの配合

配合名	水セメント比(%)	細骨材率(%)	スランプ(cm)	空気量(%)	単位量(kg/m ³)					
					W	B(OPC+BFS+Gyp)	S	G	Ad1,2	Ad3,4
SO ₃ -2.0-45%	45.0	46.0	12.0	4.5	160	356	817	963	2.85	—
SO ₃ -2.0-50%	50.0	47.0			160	320	849	963	2.56	—
SO ₃ -2.0-55%	55.0	48.0			160	291	880	958	2.33	—
SO ₃ -3.6-45%	45.0	46.0			160	356	817	963	—	3.03
SO ₃ -3.6-50%	50.0	47.0			160	320	849	963	—	2.72
SO ₃ -3.6-55%	55.0	48.0			160	291	880	958	—	2.47

キーワード 高炉セメントC種、セッコウ、SO₃量、初期強度

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 TEL:042-489-8026

表-4 実験項目

項目	試験方法	環境温度
スランプ	JIS A 1101	20℃,30℃
スランプの経時変化	JIS A 1101	30分,60分
凝結試験	JIS A 1147	10℃,20℃,30℃
圧縮強度	JIS A 1108	20℃のみ

項目を示す。スランプの経時変化は、環境温度 20℃および 30℃で実施し、凝結試験については、環境温度 10℃、20℃および 30℃にて行った。

3. 実験結果

図-1 にスランプの経時変化を示す。結合材中に含まれる SO_3 は、 C_3A との水和初期の反応でエトリンガイトの生成により、スランプの経時変化や凝結特性などフレッシュ性状への影響が考えられる。30 分経過時点では、どのケースについてもスランプの低下は 1cm 程度であり、良好なスランプ保持性能を有していることが確認された。60 分経過時点では、環境温度 30℃、 SO_3 量 3.6%のケースのみが 4cm の低下が認められたが、試料は静置した状態での試験であることに鑑みると、十分なスランプ保持性能を有しているものと考えられた。以上の結果より、 SO_3 量の違いがスランプの経時変化に与える影響は小さいと考えられた。

図-2 に凝結試験の結果を示す。 SO_3 量が 3.6%のケースにおいて、始発および終結時間が遅くなる結果が得られた。この理由について定かではないが、 SO_3 量が 3.6%のケースでは SO_3 高添加用の AE 減水剤を用いており、それに含まれる遅延成分が SO_3 量 2.0%のものと異なっているため、その違いが影響しているものと考えられた。ただし、2 時間程度の凝結の遅延であれば、施工を行う上では問題にならないと考えられる。

水結合材比 W/B=45%, 50%, 55%の圧縮強度および強度比を表-5 および図-3 に示す。 SO_3 量 3.6%のケースでは、 SO_3 量 2.0%のケースよりも 1.19~1.53 倍の強度増進が認められた。これは、 SO_3 量を増加させることで高炉スラグ微粉末の潜在水硬性を含む初期の水和反応が促進されたものと考えられ、材齢の初期段階の強度を増進できることが確認された。

4. まとめ

本実験の範囲においては、 SO_3 量を 2.0%から 3.6%に増やした場合、スランプの経時変化は同程度であること、凝結は 2 時間程度遅れるものの、材齢の初期段階の強度を増進できることが確認された。

参考文献

- 1) 和知ら：高炉スラグ高含有セメントを用いたコンクリートの物性に及ぼす SO_3 量の影響, Vol.33, No.1, pp.203-208, 2011

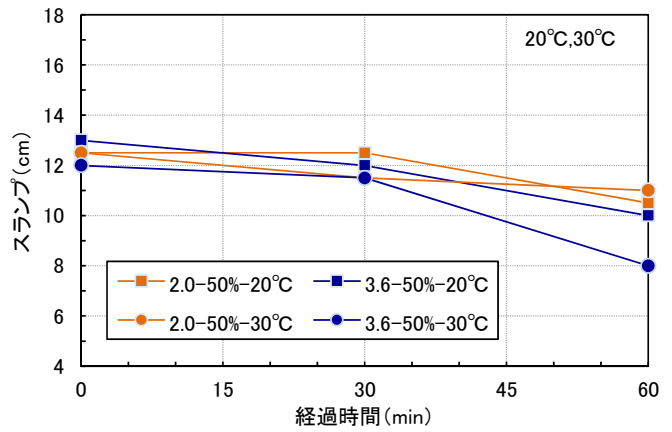


図-1 スランプの経時変化

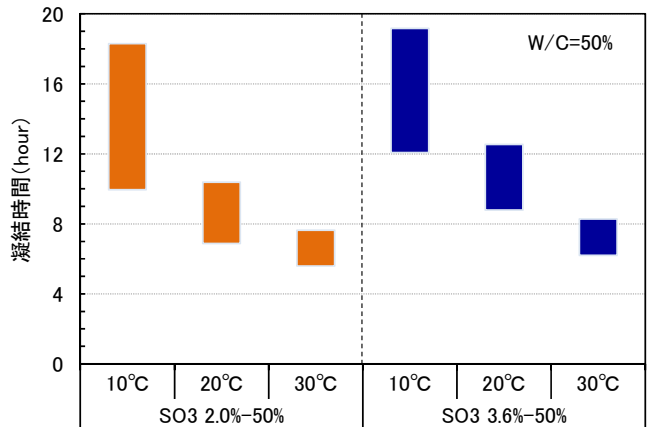
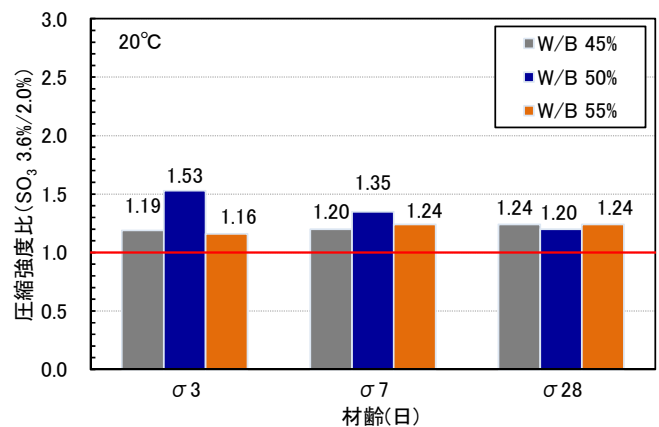


図-2 凝結試験の結果

表-5 圧縮強度試験の結果

配合	圧縮強度 (N/mm ²)		
	3 日	7 日	28 日
SO ₃ -2.0-45%	16.7	26.3	41.0
SO ₃ -2.0-50%	10.3	19.8	36.7
SO ₃ -2.0-55%	10.6	18.0	30.1
SO ₃ -3.6-45%	19.4	32.7	51.0
SO ₃ -3.6-50%	15.8	26.8	44.0
SO ₃ -3.6-55%	12.6	21.6	37.4

図-3 SO_3 3.6%/ SO_3 2.0%の圧縮強度比