

高炉セメント B 種に添加したせっこうの形態が コンクリートの各種性状に及ぼす影響

住友大阪セメント株式会社 セメント・コンクリート研究所

○新貝 勝信

齋藤 尚

小田部 裕一

芝浦工業大学 工学部 先進国際課程 兼務 土木工学科

伊代田 岳史

1. はじめに

高炉セメントは産業副産物である高炉スラグ微粉末を使用することから、CO₂排出量の削減を期待されており、グリーン購入法の特定期間品目に指定されている。

高炉セメント B 種を使用したコンクリートは、普通ポルトランドセメントを使用した場合よりも発熱量や収縮量が大きくなる場合がある。そこで、発熱量や収縮量低減のためにスラグ粉末度の低減、せっこう添加による SO₃ 量の増加などの対策^{1) 2)}や、CO₂ 排出量削減の観点から高炉スラグ高含有セメント³⁾などが検討されている。

一方、高炉セメント中のせっこうの形態がコンクリート性状に及ぼす影響については、C 種相当を対象とした検討⁴⁾や高炉セメント B 種では SO₃ 量を高めた条件での検討⁵⁾はあるものの、一般に流通する高炉セメント B 種と同等の SO₃ 量における検討は少ない。

本研究では、高炉セメント B 種に添加したせっこうの形態がコンクリートのフレッシュ性状、強度、発熱および収縮特性に及ぼす影響について、SO₃ 量を一般的な高炉セメント B 種と同等量の条件にて検討を行った。

2. 実験概要

2. 1 使用材料および配合

表 1 に使用材料を示す。ベースとなる高炉セメント B 種は普通ポルトランドセメントとせっこう無添加の高炉スラグ微粉末を混合して製造されたものである。せっこうには天然品の無水せっこう、副生品の二水せっこう、二水せっこうを 140℃で加熱処理した半水せっこうを用いた。各せっこうは一般的な高炉セメント B 種の SO₃ 量と同等の 2.0%になるように、内割で添加した。また、比較として、せっこう無添加の水準(プレーン)も検討した。以降、せっこう添加および無添加の水準を BB と呼ぶ。

表 2 にコンクリートの配合を示す。配合は水セメント比(W/C)を 55.0%、46.5%の 2 水準とした。また、目標スランブは W/C=55.0%で 15±2.5cm、W/C=46.5%で 21±2.0cm、目標空気量はいずれも 4.5±1.5%とした。

コンクリートの練混ぜは容量 55L の水平二軸ミキサを用い、BB および骨材を 15 秒間空練りした後水と混和剤を加え、W/C=55.0%で 60 秒間、W/C=46.5%で 90 秒間

表 1 使用材料

材料	記号	種類・仕様等
水	W	上水道水
セメント	BB	高炉セメント B 種、SO ₃ 量 1.55%
		高炉セメント B 種+無水せっこう、SO ₃ 量 2.00%
		高炉セメント B 種+半水せっこう、SO ₃ 量 2.00%
		高炉セメント B 種+二水せっこう、SO ₃ 量 2.00%
細骨材	S	山砂、表乾密度 2.58g/cm ³
粗骨材	G	硬質砂岩碎石、表乾密度 2.65g/cm ³
混和剤	SP	高性能 AE 減水剤、ポリカルボン酸エーテル系
	AD	AE 減水剤、リグニンスルホン酸系
	AE	AE 剤、アルキルエーテル系

表 2 コンクリート配合

スランブ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)			
				W	BB	S	G
15±2.5	4.5±1.5	55.0	46.0	169	307	813	980
21±2.0		46.5	48.0	175	376	812	904

表 3 試験項目

試験項目	試験方法など
スランブ	JIS A 1101、経時：0、15、30、45、60 分
空気量	JIS A 1128、経時：0、15、30、45、60 分
圧縮強度	JIS A 1108、材齢：7、28、56、91 日
断熱温度上昇量	品質評価試験方法研究委員会報告書に準拠
自己収縮ひずみ	コンクリートの自己収縮研究委員会報告書に準拠
乾燥収縮ひずみ	JIS A 1129

練り混ぜた。なお、混和剤は W/C=55.0%に AE 減水剤、W/C=46.5%に高性能 AE 減水剤をそれぞれ用いた。

2. 2 試験項目

表 3 に試験項目を示す。フレッシュ性状はスランブおよび空気量の経時変化を測定した。スランブおよび空気量はコンクリートを練り舟に静置し、W/C=55.0%では経時 30 分、W/C=46.5%では経時 60 分まで測定した。断熱温度上昇量はオイル循環式装置を用い、材齢 14 日まで測定した。自己収縮ひずみは埋込型ひずみ計を用いて測定した。なお、自己収縮ひずみの起点は凝結の始発とした。

3. 実験結果および考察

3. 1 フレッシュ性状

図 1 に各配合のスランブの経時変化の結果を示す。

W/C=55.0%では経時 30 分、W/C=46.5%では経時 60 分において、スランプロスは各水準で同程度であった。スラグ分量 70%の C 種相当において、二水せっこうを添加した水準は他のせっこうに比べてスランプロスが大きくなることが報告されている⁴⁾。しかしながら、本研究の対象であるスラグ分量 45%程度の高炉セメント B 種ではせっこうの形態によってスランプの経時変化に顕著な差異は見られなかった。また、空気量に関しても、せっこうの形態による顕著な差異は見られなかった。

3. 2 強度特性

図 2 に各配合の圧縮強度の結果を示す。高炉セメント B 種の SO₃ 量を 3.0%とした場合、無水せっこうを添加した水準は二水せっこうを添加した水準よりも強度が大きくなることが報告されている⁵⁾。しかしながら、本研究の SO₃ 量 2.0%ではせっこうの形態による強度の顕著な差異は見られなかった。

3. 3 発熱特性

図 3 に W/C=55.0%の断熱温度上昇量の結果を示す。終局断熱温度上昇量および温度上昇速度に関する係数は、せっこうの形態に関わらず同程度であった。

3. 4 収縮特性

図 4 に W/C=46.5%の自己収縮ひずみの結果を示す。材齢初期の膨張量はせっこうの形態によって若干異なった。その後の収縮挙動には初期膨張量の差が自己収縮ひずみの違いとして現れたが、材齢 28 日における自己収縮ひずみの差異はわずかであり、せっこうの形態の影響は小さいことが確認された。また、乾燥収縮ひずみに関しても、せっこうの形態による顕著な差異は見られなかった。

4. まとめ

本研究では、高炉セメント B 種に添加したせっこうの形態がコンクリートのフレッシュ性状、強度、発熱および収縮特性に及ぼす影響を検討した。その結果、SO₃ 量を高炉セメント B 種の範疇である 2.0%とした場合では、せっこうの形態がコンクリートの各種性状に及ぼす影響は小さいことが確認された。

【参考文献】

- 1) 二戸信和ほか：高炉セメントの発熱と収縮に及ぼすスラグ粉末度と SO₃ の影響、コンクリート工学年次論文集、Vol.30、No.2、pp.121-126(2008)
- 2) 伊代田岳史ほか：高炉セメント中のスラグ粉末度と石こう量が水和発熱と自己収縮特性に与える影響、裕コンクリート工学年次論文集、Vol.29、No.1、pp.99-104(2007)
- 3) 溝渕麻子ほか：低炭素型のコンクリートの強度発現性に及ぼす養生条件の影響、セメント・コンクリート論文集、Vol.66、pp.332-337(2012)

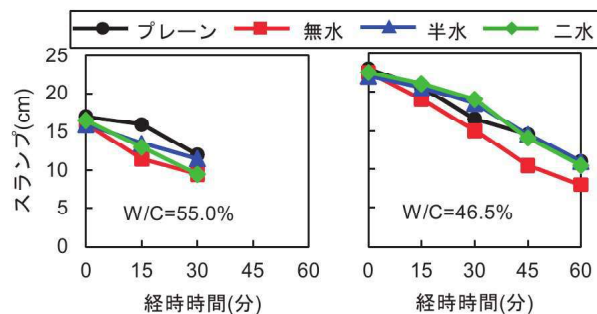


図1 スランプの経時変化

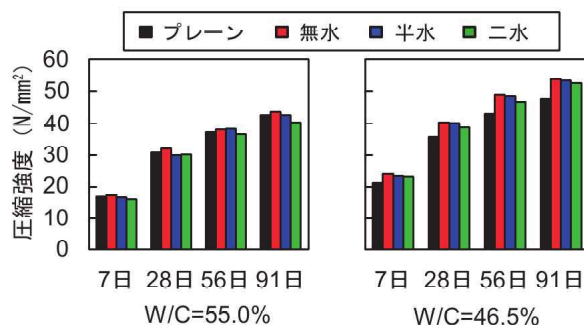


図2 圧縮強度

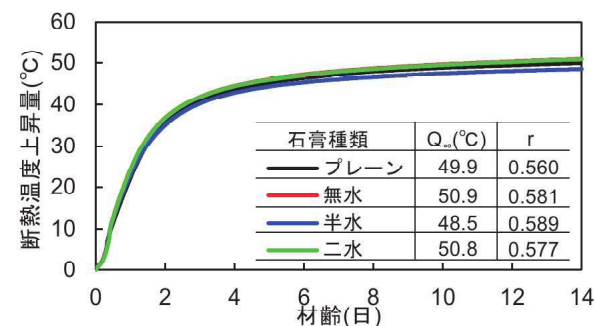


図3 断熱温度上昇量(W/C=55.0%)

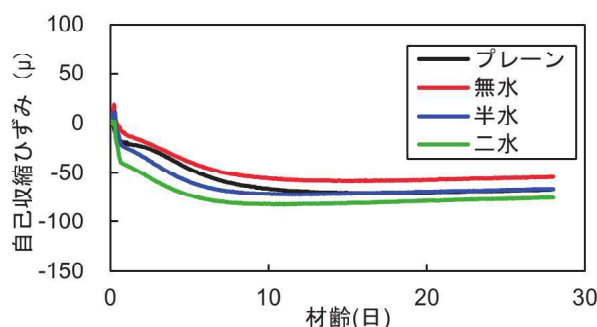


図4 自己収縮ひずみ(W/C=46.5%)

- 4) 高木雄介ほか：スラグ中のせっこう種類が異なる低水結合材比の高炉セメント C 種相当コンクリートにおける諸特性の比較、コンクリート工学年次論文集、Vol.41、No.1、pp.137-142(2019)
- 5) 伊代田岳史ほか：高炉セメントの添加する石こうの種類や量による反応と収縮特性、第 61 回セメント技術大会講演要旨、pp.216-217(2007)