

高炉セメント C 種を用いたコンクリートの配合および基礎物性に関する検討

鹿島建設(株) 正会員 ○倉田和英 橋本 学 松本修治

1. はじめに

現在、高炉セメントは、高炉スラグ微粉末（以下、BFS）を 40%程度含有した B 種（以下、BB）が一般的に用いられている。しかし、CO₂削減による環境負荷低減の観点から BB よりもさらに BFS の含有率を 60%以上まで高めた C 種（以下、BC）の使用拡大が望まれる。しかし、BC は、BFS が高含有であるためスランプ保持性能が小さく、ブリーディング量が多くなることが報告²⁾されている。また、初期の強度発現性が低い等の課題を有しており、現状ではほとんど使用されていない。本稿では、BC を用いたコンクリートの配合検討を行い、各種試験について BB を用いたコンクリートと比較した結果について報告する。

2. 実験概要

本検討では、一般的な土木構造物に適用されている BB を用いたコンクリートと同等の諸性状を有するような BC を用いたコンクリートの配合を目標とした。具体的には、水結合材比の低減により、耐久性のうち、特に中性化に対する抵抗性の向上および初期の強度発現性の改善を行った。

表-1 にコンクリートの使用材料を示す。結合材には、普通ポルトランドセメントを 35%、BFS を 65%として混合した BC 相当の結合材を使用した。また、リファレンスとして普通ポルトランドセメントを 58%、BFS を 42%として混合した BB 相当を使用した。なお、AE 剤は所定の空気量を満足するように適宜調整した。

表-2 にコンクリートの配合を示す。BB を用いたコンクリートの配合（以下、BB 配合）は、水結合材比は 55%、単位セメント量は 300 kg/m³とした。BC を用いたコンクリートの配合（以下、BC 配合）における水結合材比は、BB 配合と中性化に対する抵抗性を同等に設定するために、既往の研究³⁾を参考に BB 配合の水結合材比を 55%から 5%減じて 50%とした。また、BFS の含有率が大きくなるほど同一のスランピングを得るのに必要な単位水量が小さくなる²⁾ことから、BC 配合では BB 配合より単位水量を 5 kg/m³低減した。

表-3 に試験項目および目標値を示す。スランピング試験は、各温度条件にて練上がり直後と練上がりから 30 分、60 分および 90 分で行った。スランピング試験およびブリーディングの測定は、10℃、20℃および 30℃の温度条件にて実施した。また、加圧ブリーディング試験および圧縮強度試験は 20℃の温度条件のみで実施した。

3. 試験結果および考察

図-1 にスランピングの経時変化を示す。BC を使用する場合は、注水後における BFS の反応により練上がりから 30 分以降のスランピングが著しく低下する

表-1 使用材料

材料名	記号	摘 要
水	W	上水道水
結合材	B	高炉セメント C 種,密度:2.99 g/cm ³
		高炉セメント B 種,密度:3.04 g/cm ³
細骨材	S1	砕砂,表乾密度:2.63 g/cm ³ ,粗粒率:2.83
	S2	砕砂,表乾密度:2.62 g/cm ³ ,粗粒率:1.79
粗骨材	G1	砕石 2010,表乾密度:2.64 g/cm ³ ,実積率:60.1%
	G2	山砂 1005,表乾密度:2.64 g/cm ³ ,実積率:59.9%
AE 減水剤	Ad1	BB 用 AE 減水剤,主成分;リグニンスルホン酸塩とポリカルボン酸エーテルの複合体(10℃,20℃:標準形, 30℃:遅延形)
	Ad2	BC 用 AE 減水剤,主成分;リグニンスルホン酸塩とポリカルボン酸エーテルの複合体(10℃,20℃:標準形, 30℃:遅延形)
AE 剤	AE	変性 α -ナフチン酸化合物系陰イオン界面活性剤

表-2 コンクリートの配合

記号	G _{max} (mm)	W/B (%)	s/a (%)	目標 スランピング (cm)	目標 空気量 (%)	単位量(kg/m ³)						Ad1 (C×%)	Ad2 (C×%)
						W	B	S1	S2	G1	G2		
BB55	20	55	48.0	12.0±1.0	4.5±0.5	165	300	699	147	570	380	0.90	-
BC50	20	50	47.0			160	320	680	168	578	385	-	0.80

表-3 試験項目および目標値

試験項目	試験方法	温度条件	目標値
スランピング	JIS A 1101	10℃,20℃,30℃	12±1.0 cm
空気量	JIS A 1128	10℃,20℃,30℃	4.5±0.5%
ブリーディング	JIS A 1123	10℃,20℃,30℃	0.30 cm ³ /cm ² 以下
加圧ブリーディング	JSCE-F502	20℃	標準曲線の範囲内※
圧縮強度	JIS A 1108	20℃	—

※詳細は後述する。

キーワード 高炉セメント C 種, スランピング保持性能, ブリーディング, 加圧ブリーディング, 初期強度
連絡先 〒182-0036 東京都飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL042-489-6752

傾向 がある。本試験においては、BC 配合におけるスランプの経時変化は、BB 配合と比較して同程度となった。これは、BC 専用の混和剤を用いており、その成分の中に BFS への選択的吸着性を有する成分を含有しているためと考えられた。

図-2 にブリーディング試験の結果を示す。BFS の含有率が大きくなるほど水和反応が遅くなるため、ブリーディング量は多くなる傾向にあるが、本試験結果においては BB 配合と比較して BC 配合の方が、全ての温度条件において $0.10 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$ 以下と小さくなった。これは、単位水量を 5 kg/m^3 低減したことによるものと考えられた。また、BB 配合と BC 配合ともに 20°C 環境と比較して 30°C 環境のブリーディング量が多くなったが、これは 30°C 環境では遅延形の AE 減水剤を用いており、その遅延成分が影響したものと考えられた。また、全ての配合において、一般的なブリーディング量の指標である $0.30 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$ 以下⁴⁾であった。

図-3 に加圧ブリーディングの試験結果を示す。一般に加圧ブリーディングは圧送性の指標として用いられており⁵⁾、脱水量の上限値(標準曲線 B)および下限値(標準曲線 C)を併せて示す。BC 配合の脱水量は BB 配合と比較して 100 秒経過までは大きいですが、最終的に 12 ml 小さい値となった。これは、上記のブリーディング試験と同様に、単位水量を低減したことで、BC 配合の脱水量が小さくなったものと考えられた。また、脱水量は、BC 配合と BB 配合ともに標準曲線の上限値(B)と下限値(C)の範囲に収まっており、良好な圧送性を有するものと考えられる。

図-4 に圧縮強度を示す。BC を用いた場合、初期の強度発現が小さいことが懸念されるが、 20°C 条件下では、材齢 3 日における BC 配合の圧縮強度は BB 配合と比較して同等であった。この理由として、BB 配合の水結合材比より 5% 低減したことによるものと考えられた。以上の結果より、材齢初期においても、BB 配合と同程度まで強度を確保できることが確認された。

4. まとめ

BC 配合において、水結合材比および単位水量を適切に設定し、BC に適した化学混和剤を用いることにより、一般的な土木構造物に用いられる BB 配合と同等のフレッシュコンクリートの性状および特に材齢の初期段階における強度発現性を有することが確認された。

参考文献

- 1) 西祐宜ら:各種混和材を用いたコンクリートにおける化学混和剤の適用状況と今後の課題, コンクリート工学, Vol.52, No.5, pp.480-483, 2014.
- 2) 伊与田岳史:高炉スラグ微粉末を大量置換したコンクリート, コンクリート工学, Vol.52, No.5, 2014, pp.409-414
- 3) 橋本学ら:高炉スラグ高含有セメントを用いた土木用コンクリートの検討, 土木学会年次論文集, Vol.52, No.5, pp.480-483, 2014.
- 4) 日本建築学会:鉄筋コンクリート造建築物の収縮ひび割れ制御指針・施工新案内(案)・同解説, p.106
- 5) 土木学会:コンクリートポンプの施工指針[2012], pp.208-209

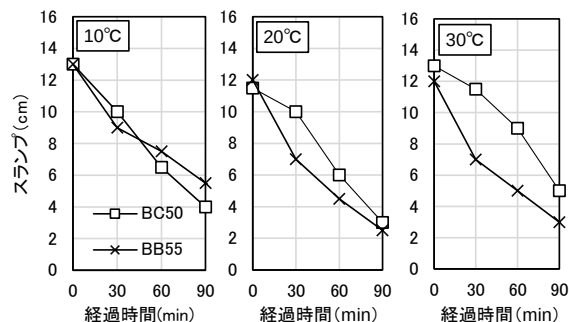


図-1 スランプの経時変化

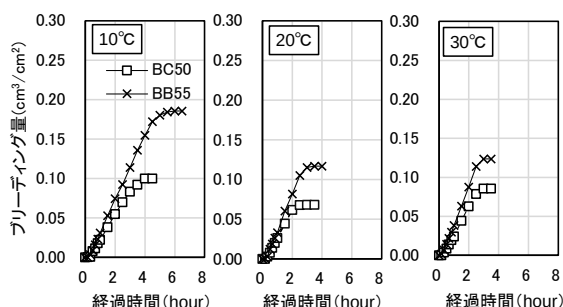


図-2 ブリーディング量

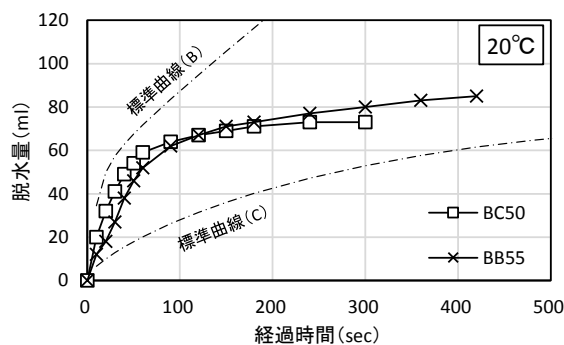


図-3 加圧ブリーディング量

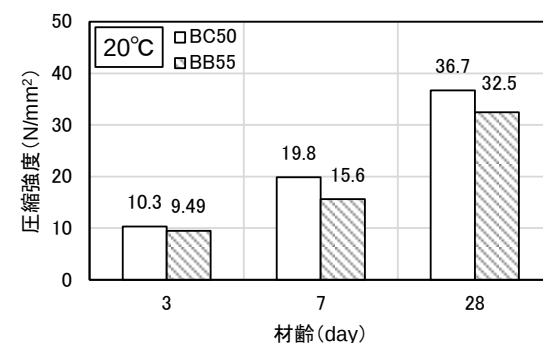


図-4 圧縮強度