

中庸熱セメントに低ブレン高炉スラグ微粉末を混合したコンクリートの物性

(株) 大林組 生産技術本部 正会員 ○片野啓三郎
 (株) 大林組 生産技術本部 正会員 富井 孝喜
 (株) 大林組 技術研究所 正会員 近松 竜一
 (株) 大林組 技術研究所 正会員 竹田 宣典

1. はじめに

マスコンクリートの温度ひび割れを抑制する方法として、低発熱系のセメントを使用することが有効ではあるが、公共工事などではグリーン購入法(特定調達品目)の推進等により高炉セメントの使用を使用することが多い。最近では、低ブレンの高炉スラグ微粉末を高添加した低発熱・収縮抑制型の高炉セメントも開発されており、その利用は増加傾向にある。本報文は、中庸熱ポルトランドセメントをベースに比表面積の小さい高炉スラグ微粉末を50%置換した結合材(以下、MBBと記述)を使用したコンクリートの物性について検討したものである。

2. 実験概要

使用材料および配合を表-1、表-2に示す。結合材種類は高炉セメント(BB)、低発熱・収縮抑制型高炉セメント(TK)、中庸熱ポルトランドセメント+高炉スラグ微粉末50%(MBB)の3種類とした。配合強度は36N/mm²、スランプは12cm、骨材の最大寸法は20mmとした。

表-1 使用材料

分類	種類(銘柄)	記号	物性、成分他
結合材(B)	高炉セメントB種	BB	密度3.04g/cm ³ 、比表面積3900cm ² /g
	低発熱・収縮抑制型高炉セメント	TK	密度2.98g/cm ³ 、比表面積3320cm ² /g
	中庸熱ポルトランドセメント	M	密度3.21g/cm ³ 、比表面積3170cm ² /g
	高炉スラグ微粉末	BFS	密度2.89g/cm ³ 、比表面積3400cm ² /g
細骨材(S)	山砂(君津市吉野産)	S1	密度2.61g/cm ³
	砕砂(佐野市会沢町産)	S2	密度2.68g/cm ³
粗骨材(G)	石灰砕石2005(美弥市伊佐産)	G	密度2.69g/cm ³
混和剤	AE減水剤(高機能タイプ)	Ad	リグニンスルホン酸系化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体

フレッシュコンクリートの品質試験として、スランプおよび空気量試験、ブリーディング試験、凝結試験を実施した。硬化後の品質試験として、圧縮強度試験、断熱温度上昇試験、自己収縮および乾燥収縮試験、促進中性化試験を実施した。

表-2 コンクリートの配合

配合種別	結合材種類	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)			
				W	B	S	G
BB	BB	50.0	43.0	150	300	804	1084
TK	TK	50.0	43.0	150	300	802	1081
MBB-1	M+BFS	50.0	43.0	150	300	805	1083
MBB-2	M+BFS	48.3	43.0	145	300	810	1091

3. 実験結果

3.1 フレッシュコンクリートの品質

フレッシュコンクリートの試験結果を表-3に示す。スランプおよび空気量試験は、アジテータ車での運搬時間を考慮し、練上がりから15分静置した後に実施した。単位水量を同一とした場合、BB配合、TK配合のスランプは12±2.5cmの範囲内であったが、MBB-1配合は16cmと大きくなった。MBBを使用した配合では、単位水量を5kg/m³少なくしたMBB-2配合で所定のスランプが得られた。以下、MBBを使用した配合の試験結果は単位水量の少ないMBB-2配合について述べる。

ブリーディング率は、TKおよびMBB-2配合はBB配合に対し60~80%に低減された。したがって、ブリーディングに起因する沈降ひび割れなどの発生の抑制に効果があるといえる。

凝結の始発時間はすべての配合で同等であったが、終結時間はBB配合と比較し、TKおよびMBB-2配合が1.5~2時間程度遅延する結果となった。

表-3 フレッシュコンクリートの試験結果

配合種別	スランプ (cm)	空気量 (%)	ブリーディング率 (%)	凝結時間 (h:m)	
				始発	終結
BB	12.5	4.6	1.02	5:10	7:45
TK	14.0	4.9	0.68	5:40	9:35
MBB-1	16.0	3.9	-	-	-
MBB-2	12.5	4.6	0.86	5:30	9:10

キーワード 低ブレン高炉スラグ, 低発熱・収縮抑制型高炉セメント, 中庸熱セメント

連絡先 〒108-6128 東京都港区港南2-15-2品川インターシティB棟(株)大林組 生産技術本部基盤技術部 TEL:03-5769-1322

3.2 圧縮強度特性

圧縮強度試験結果を図-1に示す。TK 配合と MBB-2 配合は、BB 配合と比較して若材齢時の圧縮強度が低いものの、材齢 28 日では同等となり、MBB-2 配合の 56 日以降は、TK 配合と比較して 10%大きく、BB 配合をも上回る結果となった。これは、MBB は中庸熱ポルトランドセメントがベースであること、高炉スラグ微粉末の添加率が小さいこと、MBB-2 配合の水結合材比が小さいことによって、長期強度発現性が向上すると考えられる。

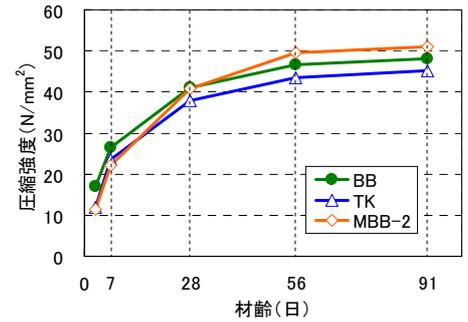


図-1 圧縮強度試験結果

3.3 温度上昇特性および収縮特性

断熱温度上昇試験結果を図-2に示す。TK および MBB-2 配合では発熱量が小さく、BB 配合に対して終局断熱温度上昇量を約 10°C 低減できる。

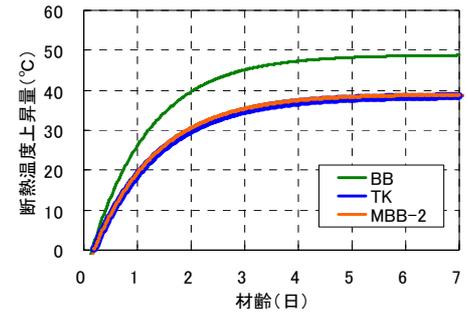


図-2 断熱温度上昇試験結果

自己収縮試験結果を図-3に示す。TK および MBB-2 配合では、BB 配合と比較して自己収縮ひずみが 70×10^{-6} 以上低減できた。両配合は若材齢に膨張ひずみが生じており、自己収縮の低減効果は結合材に含まれる石こうの膨張作用によるものと考えられる。

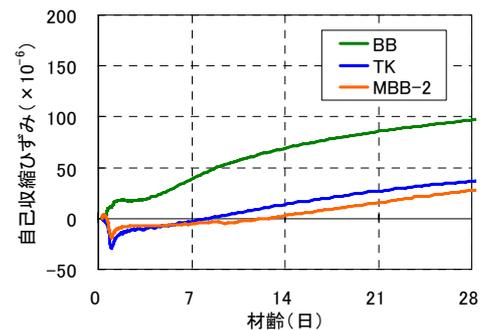


図-3 自己収縮試験結果

乾燥収縮試験結果を図-4に示す。コンクリートの乾燥収縮は、いずれの配合でも大きな差はなかった。

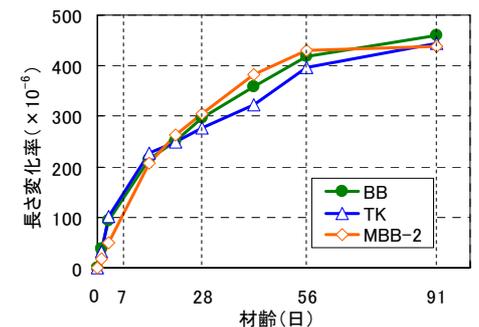


図-4 乾燥収縮試験結果

以上より、TK および MBB-2 配合は温度上昇量および収縮が抑制され、温度応力ひび割れの抑制効果が期待できる。

3.3 中性化に対する抵抗性

JIS A 1153 に準拠し、温度 20°C、相対湿度 60%、CO₂ 濃度 5% の環境条件下で促進中性化試験を実施した結果を図-5に示す。促進 13 週および 26 週における MBB-2 配合の中性化速度係数は、TK 配合と比較して約 20% 低減でき、BB 配合と同等であった。これは、図-1 に示す強度の発現による緻密化によって中性化に対する抵抗性が向上したのと考えられる。

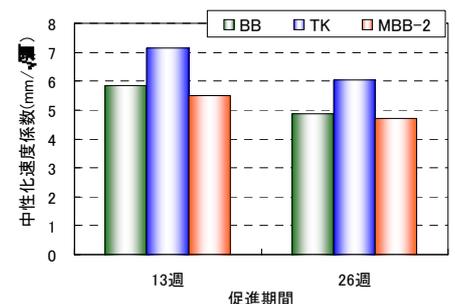


図-5 促進中性化試験結果

なお、本実験における MBB-2 配合では、このほかにも生コン工場での実機試験、ポンプ圧送試験、実物大モデル打設試験を実施し、施工性についての検証も実施している。

4. まとめ

中庸熱ポルトランドセメントをベースに比表面積の小さい高炉スラグ微粉末を 50% 置換した (MBB) を使用したコンクリートの物性に関して、以下の知見が得られた。

- (1) MBB を使用したコンクリートは、既製品の低発熱・収縮抑制型高炉セメント (TK) と同等のフレッシュ性状、硬化性状を有し、温度応力ひび割れ抑制対策として有効である。
- (2) MBB を使用したコンクリートでは、同等のスランプを得るための単位水量を低減でき、水結合材比の低減、流動性の改善等により、品質を向上できる。
- (3) MBB を使用したコンクリートは、長期的な強度増進により緻密化され、耐久性を向上できる。