

高炉セメント B 種の発熱・収縮の抑制に関する研究

足利工業大学 学生会員 ○谷田貝 敦 宮澤 伸吾 大澤 友宏
 (株) デイ・シイ 廣島 明男 鯉淵 清
 大成建設 (株) 正会員 大友 健

1. はじめに

マスコンクリートにおいて、温度ひび割れ対策として高炉セメントを用いる場合が多いが、部材寸法や拘束条件によっては体積変化に起因するひび割れの発生する事例が報告されている。この種のひび割れを抑制するためには、自己収縮および水和熱による体積変化を小さくすることが重要であり、そのために高炉セメントの特性を検討することは有効であると考えられる。

2. 実験概要

高炉スラグ (BF) の比表面積、置換率および SO_3 量を変化させた高炉セメント B 種を試作し、自己収縮および温度上昇量の小さくなる条件の検討を行った¹⁾。なお、ベースセメントは普通ポルトランドセメントとし、せっこうとして天然無水せっこうを使用した。(シリーズ I)。

シリーズ I の結果より、JIS 規格内で比表面積を小さくし、 SO_3 量を増加させた置換率 40%および 60%の低発熱・収縮抑制型高炉セメント (BB40, BB60) を製造した。これらのセメントを用いたコンクリートの力学的特性に関する検討を行った(シリーズ II)。

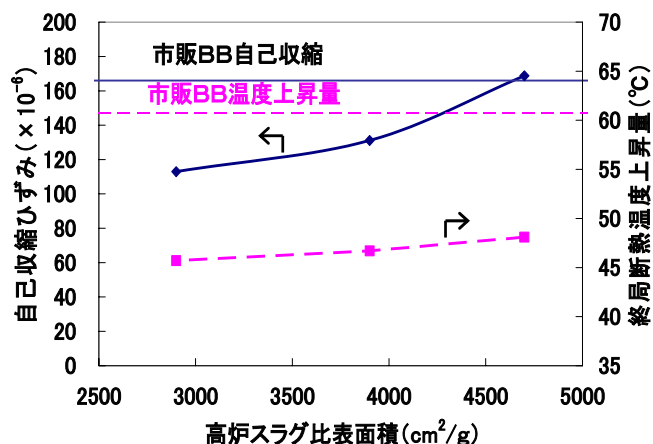
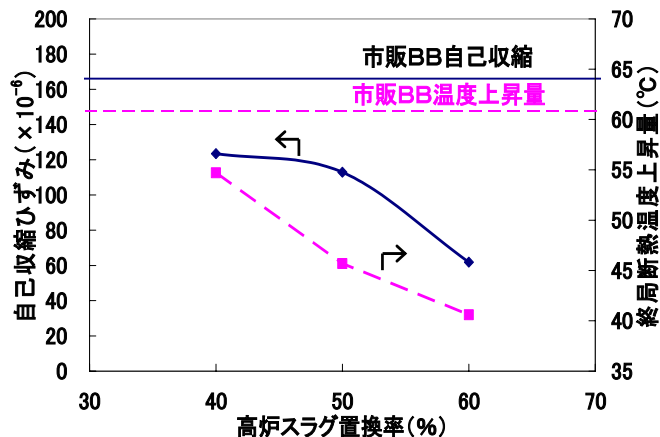
表-1 使用材料

シリーズ	材料名	物性値
I	セメント	普通ポルトランドセメント(N): 密度 $3.16\text{g}/\text{cm}^3$ 、比表面積 $3270\text{cm}^2/\text{g}$ 、 SO_3 2.1%
	高炉セメントB種(BB)	密度 $3.07\text{g}/\text{cm}^3$ 、比表面積 $3790\text{cm}^2/\text{g}$ 、 SO_3 2.1%
	高炉スラグ(BF1400)	密度 $2.97\text{g}/\text{cm}^3$ 、比表面積 $1390\text{cm}^2/\text{g}$
	高炉スラグ(BF3900)	密度 $2.92\text{g}/\text{cm}^3$ 、比表面積 $3870\text{cm}^2/\text{g}$
	高炉スラグ(BF4700)	密度 $2.92\text{g}/\text{cm}^3$ 、比表面積 $4650\text{cm}^2/\text{g}$
	せっこう	天然無水せっこう(CaSO_4): 密度 $2.91\text{g}/\text{cm}^3$
II	粗骨材	葛生町碎石: 密度 $2.64\text{g}/\text{cm}^3$ 、吸水率0.52%、最大寸法20mm
	細骨材	鬼怒川産川砂: 密度 $2.59\text{g}/\text{cm}^3$ 、吸水率2.35%、粗粒率2.70
	セメント	高炉セメントB種(BB): 密度 $3.04\text{g}/\text{cm}^3$ 、比表面積 $3950\text{cm}^2/\text{g}$ 、 SO_3 2.0%
	低発熱・収縮抑制型高炉セメント(BB40)	密度 $3.04\text{g}/\text{cm}^3$ 、比表面積 $3460\text{cm}^2/\text{g}$ 、 SO_3 3.7%
	低発熱・収縮抑制型高炉セメント(BB60)	密度 $2.99\text{g}/\text{cm}^3$ 、比表面積 $3440\text{cm}^2/\text{g}$ 、 SO_3 3.9%
	粗骨材	鬼怒川産川砂: 密度 $2.62\text{g}/\text{cm}^3$ 、吸水率2.72%、粗粒率2.16
	細骨材	葛生町碎石: 密度 $2.63\text{g}/\text{cm}^3$ 、吸水率0.94%、最大寸法20mm

表-2 示方配合

シリーズ	セメントの種類	W/B (%)	BF/B (%)	SO ₃ (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)								
						W	C	BF			CaSO ₄	S	G	Ad (B×%)
								2900	3900	4700				
I	市販 BB	40	-	2.1	43.1	170	425	-	-	-	-	716	964	0.45
	BB50-29-1	40	50	1.0	43.1	170	213	213	-	-	-	715	962	0.45
	BB50-29-2	40	50	2.0	43.1	170	205	213	-	-	7.5	715	962	0.45
	BB40-29-4	40	40	4.0	43.1	170	234	170	-	-	21.0	715	963	0.45
	BB50-29-4	40	50	4.0	43.1	170	190	213	-	-	22.4	714	961	0.45
	BB60-29-4	40	60	4.0	43.1	170	146	255	-	-	23.9	713	960	0.45
	BB50-39-4	40	50	4.0	43.1	170	190	-	213	-	22.4	714	961	0.45
	BB50-47-4	40	50	4.0	43.1	170	190	-	-	213	22.4	714	961	0.45
II	市販 BB	55	-	2.0	45.7	172	313	-	-	-	-	815	971	0.25
	BB40		40	3.7	45.4	175	318	-	-	-	-	804	969	0.25
	BB60		60	3.9	45.4	161	293	-	-	-	-	828	999	0.25

(BF2900 は BF1400 と BF3900 を混合)

図-1 BF 比表面積の影響 (BF 置換率 50%, SO_3 量 4%)図-2 BF 置換率の影響 (比表面積 $2900\text{cm}^2/\text{g}$, SO_3 量 4%)

キーワード: 自己収縮, 温度上昇量, 高炉セメント, マスコンクリート

連絡先: 〒326-8558 栃木県足利市大前町 268-1 足利工業大学 TEL: 0284-62-0605 E-mail: smiyazaw@ashitech.ac.jp

3. 実験結果及び考察

3.1 自己収縮，温度上昇量の低減の検討(シリーズⅠ)

コンクリートの材齢 28 日における自己収縮および終局断熱温度上昇量に及ぼす BF 置換率、BF 比表面積および SO_3 量の影響を図-1、図-2 および図-3 にそれぞれ示す。比表面積の小さい BF2900 を 60% 混入し、 SO_3 量を 4% とした場合に自己収縮ひずみが最も小さくなった。また、断熱温度上昇量を低減するためには JIS 規格範囲内で高炉スラグの置換率を増やすことが有効である。

3.2 コンクリートの力学的特性の検討(シリーズⅡ)

(1) 圧縮強度

図-4 は圧縮強度の実測値と土木学会で採用されている式 (1) による計算値を比較したものである。

$$f_c'(t) = \{t/(a + bt)\} \times f_{ck}' \quad (1)$$

市販 BB は学会で指定されている係数を用いた結果、実測値とほぼ一致した。しかし、BB40 および BB60 においては初期の圧縮強度が低く、市販 BB の係数では実測値との適合性が悪いので、BB40 および BB60 に適合する係数 a 及び b を算定した (BB40 : $a=13.2$, $b=0.86$, BB60 : $a=12.4$, $b=0.87$)。

(2) ヤング係数試験

図-5 に圧縮強度とヤング係数の関係を示す。36N/mm² 以下では建築学会式を用い、36N/mm² 以上では New RC 式を用いて計算値と実測値を比較した。BB40 および BB60 のヤング係数は市販 BB と同等であり、算定式と比較すると実測値のほうが若干大きくなる傾向が認められた。

(3) 引張強度試験

図-6 に圧縮強度と引張強度の関係を示す。土木学会式と実測値を比較した。BB40 と BB60 の引張強度は市販 BB と同等であり、圧縮強度が約 20N/mm² 以下における引張強度は土木学会式に比べ低く、圧縮強度 20N/mm² 以上では高くなる傾向が認められた。

4. まとめ

高炉スラグの比表面積、置換率及び SO_3 量を JIS 規格範囲内で変化させることで従来の高炉セメント B 種に比べて自己収縮および断熱温度上昇量を低減でき、コンクリートの力学的特性に関しては既往の設計式が適用できる。

【参考文献】

1) 宮澤伸吾ほか：高炉セメントの自己収縮および断熱温度上昇量に関する研究，セメント・コンクリート論文集，No58，pp.154～159，2004

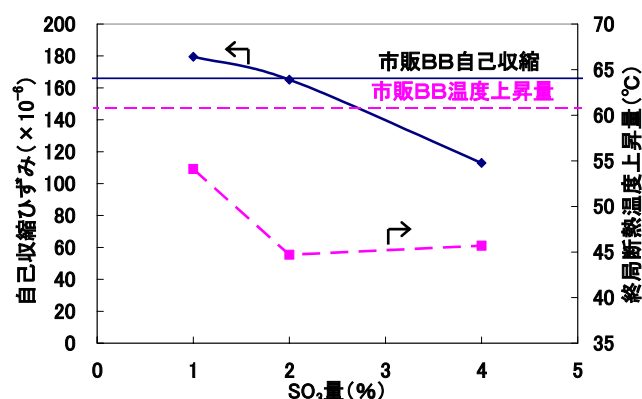


図-3 SO_3 量の影響 (比表面積 2900 cm²/g, BF 置換率 50%)

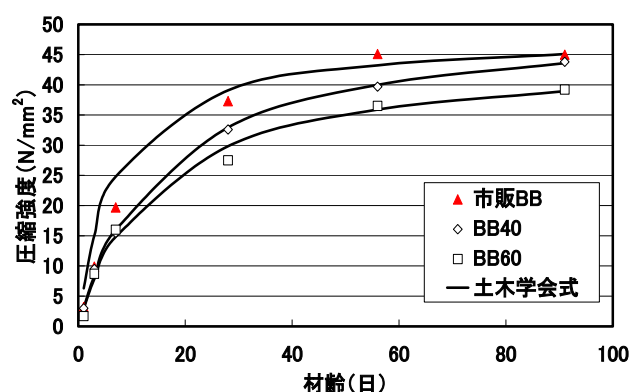


図-4 圧縮強度試験結果

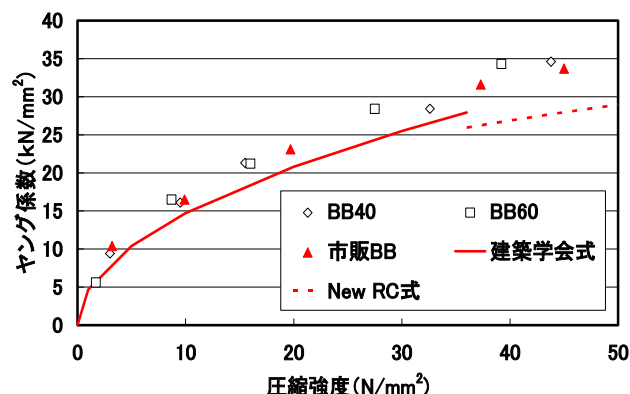


図-5 圧縮強度とヤング係数の関係

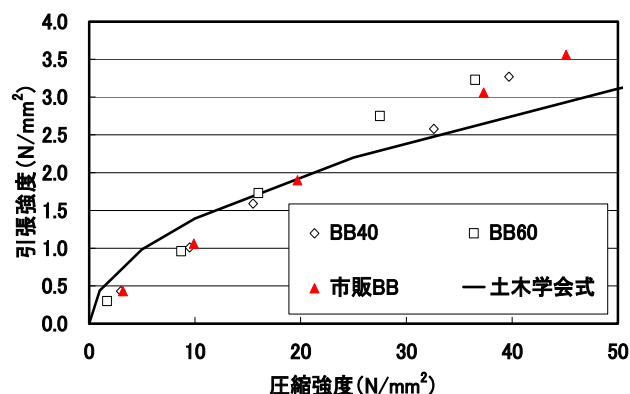


図-6 圧縮強度と引張強度の関係