

高炉セメントを用いたマスコンクリートのひび割れ調査

新日鐵高炉セメント（株） 正会員 ○檀 康弘
 新日鐵高炉セメント（株） 正会員 伊代田 岳史
 新日鐵高炉セメント（株） 竹内 一真
 新日鐵高炉セメント（株） 渡辺 幸一

1. はじめに

温度ひび割れの抑制として従来から高炉セメントが多用されてきていたが、高強度化・高耐久性化などの要求性能が重視されてきたことにより単位セメント量増加や水セメント比減少などの処置がとられ、高炉セメント構造物においても温度ひび割れ抑制効果が期待できないとの指摘もある。その一方で今後の環境負荷低減を考慮すると高炉セメントの更なる利用が望まれる。そこで、本検討では実際のマスコンクリート構造物に高炉セメント B 種を適用した数例に対し、温度応力解析によるひび割れ指数と実際のひび割れの発生有無との比較調査を行った。また、温度ひび割れの発生が危惧される構造物には低発熱型高炉セメント B 種¹⁾を提案しひび割れ観察を行った。

2. 高炉セメント B 種を用いた構造物の温度ひび割れ照査結果

北部九州において平成 17 年度で高炉セメント B 種を用いて設計された構造物に対して JCI のマスコンクリートプログラム²⁾を用いてひび割れ照査解析を実施した。表-1 に構造体、コンクリートの種類、使用したセメント量におけるひび割れ照査結果とひび割れの有無の調査結果を示した。これより市販の高炉セメント B 種を用いたマスコンクリート構造物においても温度ひび割れの発生のない構造物が打設可能であること、また夏季打設の構造物においてもひび割れを抑制できることがわかる。さらに今回の調査の範囲では JCI のマスコンクリートプログラムにより 0.90 程度以上のひび割れ指数を得られれば、ひび割れの発生に対して抑制効果があると考えられる。

3. 低発熱型高炉セメント B 種の概要

低発熱型高炉セメント B 種は、表-2 に示したように高炉セメント B 種の JIS 規格範囲内で粉末度ならびに化学成分等を調整した高炉セメントであり、発熱抑制効果が確認されている。図-1 に断熱温度上昇試験における各種セメントを用いた単位セメント量ごとの温度抑制効果を示した。断熱温度曲線における K ならびに α は高炉セメント B 種と比較

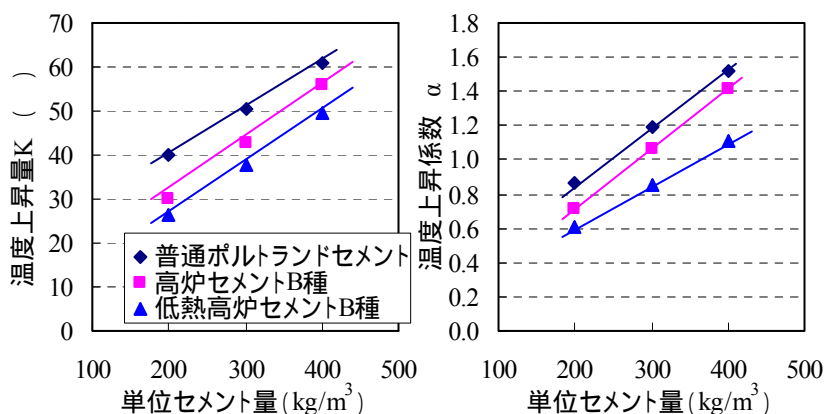


図-1 各種セメントの断熱温度上昇結果

表-1 高炉セメント B 種を用いた構造物のひび割れ照査と調査

構造体	コンクリート種類	セメント量(kg/m³)〔厚さ〕	打設時期	ひび割れ指数	ひび割れの有無
ボックス	24-8-20-BB	320 〔1.0m〕	8月	1.28	無
ボックス	24-8-20-BB	312 〔0.6m〕	8月	0.91	無
橋台	24-8-20-BB	320 〔1.9m〕	12月	0.37	有
橋脚	24-8-20-BB	291 〔1.0m〕	11月	0.90	無
水槽	24-12-20-BB	347 〔0.8m〕	10月	0.97	無
ゴミピット	27-12-20-BB	341 〔1.2m〕	8月	0.68	有(誘発目地有)
ケーソン	24-12-20-BB	298 〔0.8m〕	4月	1.22	無

キーワード 高炉セメント，低発熱型高炉セメント，ひび割れ指数，ひび割れ調査

連絡先 〒803-0801 北九州市小倉北区西港町 16 番地 新日鐵高炉セメント（株）技術開発センター

して低減されていることがわかる。

4. 低発熱型高炉セメント B 種の提案と適用

南部九州へ施工予定の高架橋のフーチング部
ならびに橋台の設計に対して各種要因を変動さ
せて JCI マスコンクリートプログラムにおける

温度ひび割れ照査を行った。コンクリートの打設予定量は 310m^3 程度であり、打設時期は 4 月から 7 月を予定しているため打設時温度は $21\sim 30$ とした。またコンクリートの種類は 24-8-20-BB を基準としたが、解析上の変動要因として、セメント種類 (BB, LBB)、骨材最大寸法 ($20, 40\text{mm}$)、設計材齢 (28, 56 日)、躯体打設回数 (1~3 回) とした。なお、設計材齢の変動に合わせて水セメント比ならびに単位セメント量を変動させている。その結果を表-2 に示した。なおひび割れ指数は最小値を示す橋脚の 1 層目で統一した。これよりセメントの種類を LBB (低発熱型高炉セメント) に変更しさらに骨材寸法、設計材齢を延ばすことでひび割れ指数を低減することが可能であり、温度ひび割れに対する抵抗性は改善されるものと考ええる。

さらに、北部九州の高架橋フーチング部と橋脚への LBB の提案も試みた。コンクリート量は約 1100m^3 であり打設は 2~3 月である。コンクリートの種類は 24-8-20-BB であり、設計材齢 56 日、W/C は 55% である。表-3 はセメント種を BB と LBB の二種類で温度応力解析を行い、ひび割れ指数を算出した結果を示している。なお、LBB では設計材齢を 56 日として計算している。その結果、BB と比較してひび割れ指数を大幅に改善することができた。そこで、実際に LBB で施工したところ構造体の中心温度の実測値と比較して計算値も精度良く求めることができた。なお、実際の構造物では、7 日後の脱型時にはひび割れは発生していなかったが、上層リフトの打設後 3 日目に下層部に 0.1mm 程度の微細なひび割れが確認できたが有害なひび割れとは考えにくく、セメントの変更による効果は認められたと考えられる。なお、このような場合にはリフトスケジュール等により打設部位毎に下層部への温度影響を加味した施工養生計画で対応できることも確認できた。

5. まとめ

温度ひび割れが懸念されるようなマスコンクリート構造物に対して市販高炉セメント B 種ならびに低発熱型高炉セメント B 種を適用した事例を報告した。これより、ひび割れの抑制に対して高炉セメントの可能性を提示できた。

表-2 低熱型高炉セメント B 種の提案例

回数	種類-寸法-材齢	W/C(%)	C(kg/m ³)	躯体打設回数	躯体打設間隔	ひび割れ指数
1	BB-20-28d	53.5	309	1	-	0.50
2	LBB-20-28d	52.0	312	1	-	0.55
3	LBB-20-28d	52.0	312	2	17	0.57
4	LBB-40-28d	51.5	293	2	17	0.60
5	LBB-20-56d	55.0	295	2	17	0.60
6	LBB-40-56d	55.0	275	2	17	0.64
7	BB-40-56d	53.5	259	3	16	0.62
8	LBB-40-56d	55.0	275	3	16	0.69
9	LBB-40-28d	51.5	293	3	16	0.64
10	LBB-40-56d	55.0	275	3	10	0.76

表-3 高炉セメント B 種と低熱型高炉セメント B 種の比較例

セメント種	水セメント比	設計材齢	圧縮強度(N/mm ²)			ひび割れ指数	ひび割れ有無
			7日	28日	56日		
BB	52%	28日	18.5	32.1	-	0.61	-
LBB	55%	56日	17.7	27.4	34.2	0.96	有(0.1mm程度の微細ひび割れ)

【参考文献】1) 伊代田他：低熱型高炉セメントの性能,土木学会年次大会,投稿中,2006

2) マスコンクリートソフト作成委員会報告書,社団法人 日本コンクリート工学協会,2003