

低発熱収縮抑制型高炉セメントの橋梁への適用に関する研究

中日本高速道路㈱ 正会員 酒井 秀昭

1. 目的

低発熱収縮抑制型高炉セメントは、従来の高炉セメントおよび普通ポルトランドセメントと比較して、コンクリートの断熱温度上昇量が低減すること、セメントの水和に起因する収縮量が普通ポルトランドセメントを使用した場合と同程度になることから、水和熱や収縮に起因するひび割れが発生する可能性が減少する。さらに、アルカリシリカ反応の抑制や塩化物イオンの浸透抑制に有効なセメントであるとともに、高炉スラグの混入量が従来の高炉セメントよりも多いことから、高炉セメントと比較しても環境負荷の低減が可能となる。

本研究は、本セメントの特性について試験等により明らかにし、橋梁への適用を促進することを目的とする。

2. 低発熱収縮抑制型高炉セメントの特性

(1) 従来の高炉セメントとの比較

高炉セメント B 種(JIS R 5211)と低発熱収縮抑制型高炉セメントの比表面積、化学成分および高炉スラグ混入量を比較すると表-1のとおりとなる。低発熱収縮抑制型高炉セメントは、水和熱を減少させるため比表面積を小さくするとともに、高炉スラグの混入量を増大している。また、自己収縮量を減少させるため、三酸化硫黄を増加させるとともに、比表面積を小さくしている。低発熱収縮抑制型高炉セメントを用いたコンクリートは、材齢初期における強度発現が小さいが長期強度の増進が大きい。従来の高炉セメントを用いたコンクリートの強度が供試体の材齢 28 日における強度試験値で評価しているのに対して、材齢 56 日以上の強度試験値で評価することが望ましい。

(2) 断熱温度上昇特性

コンクリート標準示方書および製造会社の試験値をもとに、W/C=50%、セメント量 320kg/m³、打込み時温度 20℃の場合の断熱温度上昇量を算定すると図-1のとおりとなる。低発熱収縮抑制型高炉セメントを用いたコンクリートは、従来の高炉セメント B 種や普通ポルトランドセメントを使用したコンクリートと比較して、低発熱の性質を有しており、断熱温度上昇量が概ね 70~80%程度となる。したがって、低熱ポルトランドセメントの代替として、有害な温度ひび割れのおそれがある個所にも温度ひび割れ対策として有効活用できる可能性が高い。

(3) 自己収縮特性

自己収縮特性については、JCI の報告書¹⁾に示す方法でセメント種別ごとに試験を行った。試験は、W/C=50%、温度 20℃の条件で行った。試験結果を図-2に示す。

表-1 従来の高炉セメントとの比較

種 類 品 質		高炉セメント B 種		低発熱・収縮抑制型 高炉セメント	
		JIS 規格値	実績例	規格値	実績例
比表面積(cm ² /g)		3000 以上	3930	3000 以上 3500 以下	3400
化学成分 (%)	三酸化 硫黄	4.0 以下	2.04	3.5 以上 4.0 以下	3.9
スラグ混入量(%)		30 超 60 以下	42	56 以上 60 以下	58

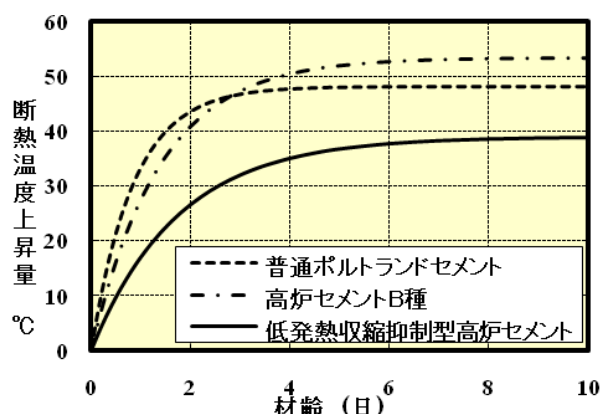


図-1 断熱温度上昇量

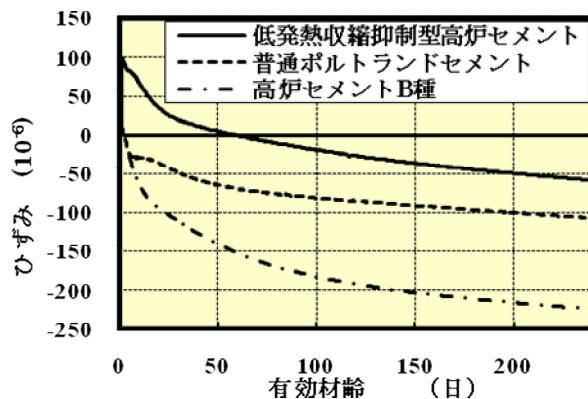


図-2 自己収縮特性

キーワード 高炉セメント, 断熱温度上昇量, 自己収縮, 拡散係数

連絡先 〒105-6011 東京都港区虎ノ門 4-3-1 中日本高速道路㈱ 東京支社 TEL 03-5776-5604

図-2 からわかるように低発熱収縮抑制型高炉セメントを用いたコンクリートは、材齢初期に約 100×10^{-6} の膨張特性があり、従来の高炉セメント B 種に比較して自己収縮量が低減される。また、普通ポルトランドセメントと比較しても、自己収縮量は小さくなる傾向にある。

(4) 塩化物イオンに対する拡散係数

コンクリートの塩化物イオンに対する拡散係数について、浸せき法(JSCE-G 572-2007)により表-2 に示すとおり試験を行って求めた。表-2 からわかるように、低発熱収縮抑制型高炉セメントを用いたコンクリートは、拡散係数が大幅に小さくなる。

表-2 拡散係数 ($\text{cm}^2/\text{年}$)

セメント種別	水セメント比	
	50%	40%
普通ポルトランドセメント	1.18	0.815
高炉セメント B 種	0.754	0.439
低発熱収縮抑制型高炉セメント	0.382	0.300

(5) 環境負荷の低減効果

低発熱収縮抑制型高炉セメントの環境負荷の低減効果について、既往の資料²⁾や製造会社の算定値をもとに CO_2 排出量原単位で評価すると表-3 に示すとおりとなる。表-3 からわかるように、低発熱収縮抑制型高炉セメントを使用すれば、セメントの製造に起因する CO_2 排出量を、普通ポルトランドセメントに比べて約 60%，高炉セメント B 種に比べて約 30%削減することができる。

表-3 CO_2 排出量原単位 (kg/t)

セメント種別	CO_2 排出量原単位
普通ポルトランドセメント	765.5
高炉セメント B 種	457.7
低発熱収縮抑制型高炉セメント	308.0

3. 低発熱収縮抑制型高炉セメントの橋梁への適用

低発熱収縮抑制型高炉セメントは、セメントの水和に起因するひび割れを抑制や塩化物イオンの浸透抑制に有効であるとともに環境負荷の低減が可能となるが、材齢初期における強度がポルトランドセメントや従来の高炉セメントに比べて低下する。したがって、PC 橋などの橋梁に適用する場合は、材齢初期における強度が比較的小さくても施工工程にあまり影響を与えない部材や、セメントの水和に伴う有害なひび割れの発生が懸念される個所に低発熱収縮抑制型高炉セメントを使用することが望ましい。高速道路の施工事例では、橋台、橋脚、ケーソンの上部、PC 上部工の支点部付近および上部工の橋梁壁高欄に低発熱収縮抑制型高炉セメントを使用した。その結果、当該橋梁においては、使用するコンクリートの約 45%に低発熱収縮抑制型高炉セメントを採用する結果となった。

4. 結論

本研究の実施により、第一に、低発熱収縮抑制型高炉セメントを用いたコンクリートは、従来の高炉セメント B 種や普通ポルトランドセメントを使用した場合に比較して、低発熱の性質を有しており断熱温度上昇量が概ね 70~80%程度となること、従来の高炉セメント B 種を用いたコンクリートに比較して自己収縮量が低減され、普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートと比較しても、自己収縮量は小さくなる傾向にあることが明らかとなり、セメントの水和に起因するひび割れの発生を抑制することが可能となる。

第二に、低発熱収縮抑制型高炉セメントを用いたコンクリートは、従来の高炉セメント B 種や普通ポルトランドセメントを使用した場合に比較して、コンクリートの塩化物イオンに対する拡散係数が大幅に小さくなり、塩化物イオンの浸透抑制に効果がある。

第三に、低発熱収縮抑制型高炉セメントを使用すれば、セメントの製造に起因する CO_2 排出量を、普通ポルトランドセメントに比べて約 60%，高炉セメント B 種に比べて約 30%削減することができる。

低発熱収縮抑制型高炉セメントを使用した既往の施工事例によれば、PC 上部工を採用した橋梁において、橋台、橋脚、ケーソンの上部、PC 上部工の支点部付近および上部工の橋梁壁高欄に低発熱収縮抑制型高炉セメントを使用したコンクリートが採用可能であったことから、今後の有効活用が強く望まれる。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学協会：コンクリートの自己収縮研究委員会報告書，2002.
- 2) 土木学会：コンクリートの環境負荷評価(その 2)，コンクリート技術シリーズ No.62，2002.