

低発熱・収縮抑制型高炉セメントを用いた構造物施工における温度特性及び中性化速度の確認

戸田建設株式会社 本社環境ソリューション部 正会員 高木 努
 正会員 田中 徹
 株式会社 デイシイ セメント事業本部営業部 非会員 廣島 明男
 足利工業大学 工学部 都市環境工学科 教授 正会員 宮澤 伸吾

1. はじめに

マスコンクリートに発生する温度ひび割れは、貫通ひび割れとなるケースもあり、早期劣化の一因である。温度ひび割れ対策として、鉄筋による制御、誘発目地、セメントの種類変更などがある。鉄筋の増加、誘発目地の施工では、コンクリートの充填性が劣る点や水密性等の耐久性が低下する点などの欠点がある。また、低発熱ポルトランドセメント（以下、低熱セメントとする）や膨張材への配合の変更は、コンクリートの単価の大幅な上昇につながる。そこで、低発熱・収縮抑制型高炉セメント（以下、MKCとする）に着目した。MKCは、高炉スラグの比表面積、置換率及びSO₃量を変化させた安価な新しいセメントである。

実施工における採用とひび割れ抑制効果の確認実験を行った結果を報告する。

2. 概要

民間工場における壁部材厚 710mm、柱幅 2200mmの部材の地下水槽構造物（図-1）を対象に検討を行った。水密性の要求されるマスコンクリートであり、ひび割れ抑制対策が必要であった。今回の構造物について、三次元温度応力解析を実施し、表-1

に基づき対策を検討した。解析の結果、MKCへ変更することで、十分に対策が図れることがわかり、採用に至った。

MKCによる配合は、28日材齢による設計基準強度を規定し、計画した（表-2）。また、実施工において、MKCを使用したコンクリートの物性及び効果を確認するために、以下について実験を実施した。

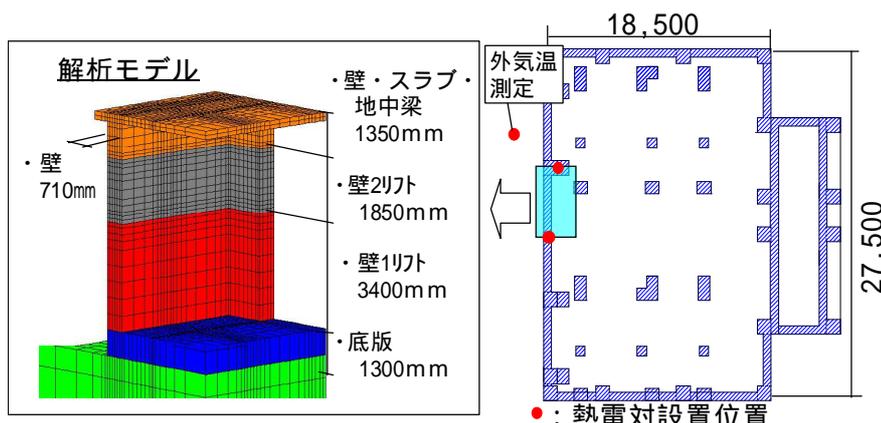


図-1 躯体平面図および解析モデル

表-1 温度ひび割れ抑制方法の比較

検討項目	高炉(元設計)	低熱セメント	膨張材	誘発目地(防水型)	MKC
施工性				×	
耐久性				×	
コスト		×	×		
工程					
ひび割れ抑制効果	×				

*設計は高炉セメント

表-2 配合

配合	配合名	W/C (%)	セメント量 (kg/m ³)	高炉スラグ混入率 (%)	強度 (N/mm ²)	
					7	28
	30-15-20 BB	47.6	361	45	23.0	39.2
	30-15-20 MKC	46.7	364	58	22.4	35.8

1) 温度履歴の確認

コンクリート打設部位に熱電対を設置し、温度履歴を測定する。その結果を踏まえ、解析に採用した断熱温度上昇特性の妥当性を確認する。

2) 中性化深さの確認

高炉スラグ混入率が大きいため、中性化深さの確認をする。

3) ひび割れ調査の実施

水槽内のひび割れ調査を実施し、ひび割れの有無および幅を確認する。（目標ひび割れ幅 0.2mm 以下）

3. 計測・解析結果

温度計測は図-1に示す壁2リフトにて行った。コンクリート打設日（2007年10月26日）に際

キーワード：低発熱・収縮抑制型高炉セメント、温度ひび割れ

連絡先：戸田建設(株) 環境ソリューション部 〒104-8338 東京都中央区京橋1-7-1 TEL03-3535-6315 FAX03-3535-1524

し、柱、壁測定部位に計5点ずつ、外部足場上に外気温測定用熱電対を設置し温度計測を行った。

解析における諸条件は、コンクリート打込温度、外気温、供試体による強度、ヤング係数、型枠脱型日などは実測のデータを反映し、MKCの断熱温度上昇特性は既往の実験値から予測し反映した。また、その他の諸条件は、土木学会の「コンクリート標準示方書(施工編)」に準拠した。柱中央部における温度履歴の実測値と解析値を図2に示す。図2より、コンクリート最高温度及び温度上昇特性は近似した結果が得られたことがわかる。さらに配合 を用いた場合の解析結果と比較すると、配合 による最高温度は約12.5 低い(図3)。

促進中性化試験結果、配合 の中性化深さは配合 に比べ、8週で約1.21倍程度大きい(表3)。

打設後、2008年3月にひび割れ調査を実施した。その結果、構造物のひび割れは無かった。

4. 考察

上述したように図3より経過時間約100時間までの温度上昇、降下時の実測及び解析の温度変化は、類似しており、事前の温度解析結果は、実際の状況を精度よく予測できたことがわかる。

また、この結果から、温度ひび割れ対策としてMKCを使用したコンクリートが実構造物に有効に働き、有害な温度ひび割れが発生しなかったと思われる。

しかし、100時間以降の温度降下後は、実測値が解析値と比較して約3~5 高くなった。この原因として、解析上、型枠脱型後の熱伝達率は、土木学会コンクリート標準示方書に従い、14 W/m² と設定していることが考えられる。この熱伝達率は、風速2~3m程度を想定した値であるが、実構造物が地下という条件では、風速が小さく、熱伝達率が低くなったため、実測値が解析値より温度が高い結果となったと考えられる。

中性化に関して、土木学会の耐久性照査により中性化速度係数を算出した(表3)。さらに、配合 の耐用年数100年中性化深さに対し、促進中性化試験にて得られた中性化速度における配合 に対する配合 の割合1.21を乗じて、配合 の想定中性化深さを算出した。この結果、高炉スラグ配合率が大きな配合であったが、本構造物かぶりに比べ十分安全側であり、問題はないと思われる。

5. まとめ

今回新しいセメントであるMKCを使用した配合にて温度履歴の確認、中性化の検討及びひび割れ調査を行った。その結果について以下に示す。

- 1) 温度解析は、実際の状況を精度よく予測できた。
- 2) 本構造物においてMKCを配合したコンクリートは、温度ひび割れ対策に有効に働いた。

参考文献

1) 二戸信和、廣島明男、大友健、宮澤伸吾：スラグ粒度と化学成分の異なる高炉セメントB種を用いたコンクリートの特性、セメント・コンクリート論文集、No.59、pp.231-238、2005

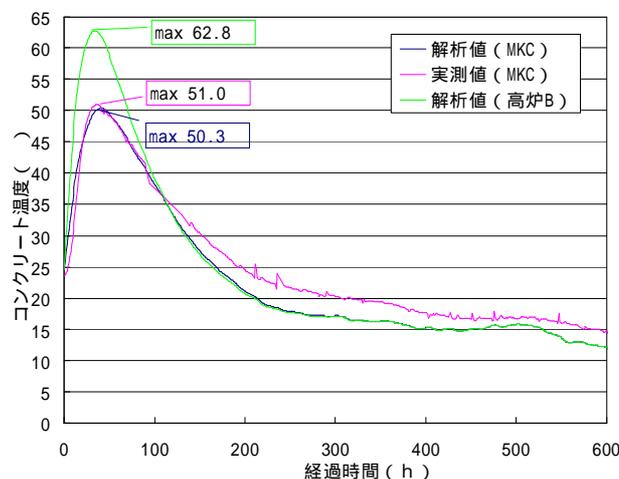


図2 温度履歴の実測値と解析値

表3 中性化試験による耐久性検討

	高炉スラグ配合率 (%)	中性化速度係数 (mm/年)	促進中性化試験による中性化深さ (mm) * 8週
配合	45	1.39	10.9
配合	58	1.52	13.2
/	-	1.09	1.21(B)
配合 による 100年中性化深さ (mm) (A)			13.9
配合 の配合 に対する試験値の割合 (/) (B)			1.21
配合 による推定 100年中性化深さ (mm) (A×B)			16.8
実構造物かぶり (mm) (*中性化残り10mmを除く)			40.0

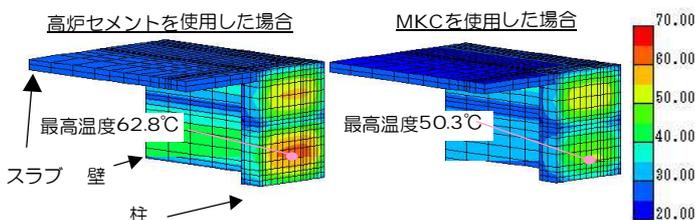


図3 MKCと高炉セメントの最高温度比較