

V-27 中庸熱ポルトランドセメントを使用したマスコンクリートの温度応力解析

東日本旅客鉄道㈱ 東北工事事務所 正会員○松本 浩一

東日本旅客鉄道㈱ 東北工事事務所 正会員 大庭 光商

1. はじめに

コンクリート構造物の大型化や施工技術の高度化が進むにつれ大量かつ連続的な施工が増加し、セメントの水和熱に起因する温度ひび割れの発生が、マッシブなコンクリート構造物の耐久性等に大きな影響を与える。このため低発熱型セメントを使用した水和発熱抑制が頻繁に行われている。しかし東北地方において低熱ポルトランドセメントを使用することは、コスト面で不利になるケースが多い。

そこで本研究は、普通ポルトランドセメントより発熱量が小さく、比較的入手の容易な中庸熱ポルトランドセメントを実構造物に適用し、温度応力によるひび割れ発生の低減効果があるクリープ性状について検討を行ったものである。

2. 構造物と計測概要

今回、適用した構造物を図-1に示す。本研究で対象とした箇所は最大幅 15.8m×3.7m、高さ 8.8m の橋脚のうち、フーチング直上の高さ約 3.6m の第 1 リフトである。計測機器については、図-1 に示すように有効応力計、ひずみ計、無応力ひずみ計を高さ約 1.8m の橋脚中心部に、熱電対を高さ約 1.8m の中心部と両端に設置した。なお、コンクリートの打設は 12 月に行った。

3. セメント種別による温度応力解析結果

本研究の対象構造物においてセメントの種類に中庸熱ポルトランドセメント及び普通ポルトランドセメントを使用したときの温度応力解析について比較を行った。解析方法は FEM による温度解析、CP 法による温度応力解析で、解析条件を表-1、断熱温度上昇特性を図-2 に示す。図-3 は高さ 1.8m で橋脚中心部における打設後コンクリート温度の解析結果の比較である。最高温度は中庸熱ポルトランドセメントが最高温度約 42℃で普通ポルトランドセメントより約 6℃ほど低い。一方、図-4 は同様の箇所における温度応力の解析結果の比較である。圧縮、引張ともに、中庸熱ポルトランドセメントのほうが普通ポルトランドセメントより約 17%温度応力が低減する結果が得られた。

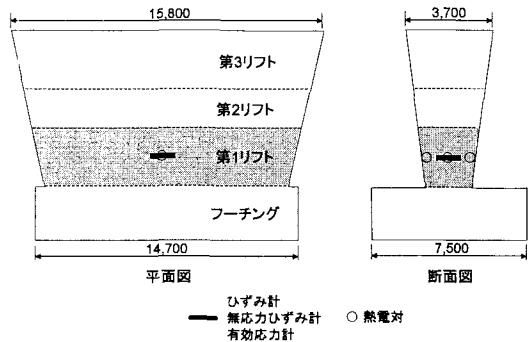


図-1 構造物の概要

表-1 解析条件

項目	単位	解析条件値または解析条件式
比熱	kJ/kg℃	コンクリート: 1.16
熱伝達率	W/m℃	コンクリート: 2.7
密度	kg/m ³	コンクリート: 2423
断熱温度上昇式	℃	図-2
打込み温度	℃	12.0
外気温	℃	6.0
表面熱伝達率	W/m℃	散水: 14 合板: 8 対流境界: 13
圧縮強度	N/mm ²	$f'_c(t) = t \cdot f'_c(56) \cdot 1.15 / (6.2 + 0.93t)$ $f'_c(56) = 24$
引張強度	N/mm ²	$f_t(t) = 0.44(f'_c(t))^{0.5}$
弾性係数	N/mm ²	$E_c(t) = 4700(f'_c(t))^{0.5}$
クリープ係数		$E_{\phi c}(t) = \phi(t) \cdot E_c(t)$ $\phi(t) = 0.5$ (材齢3日まで) $\phi(t) = 0.65$ (材齢5日以降)
熱膨張係数	1/℃	0.00001
解析期間	日	31

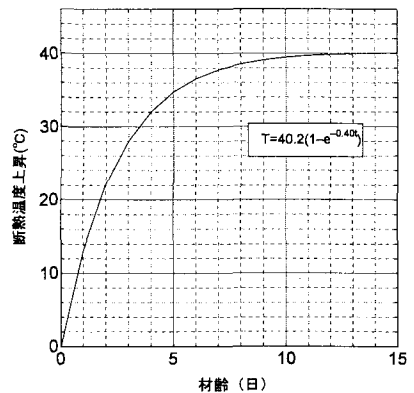


図-2 断熱温度上昇特性

4. 施工結果

橋脚に用いたコンクリートの配合を表-2 に示す。設計基準強度の材齢は56日である。コンクリートは午前9時頃から打設、施工時の天候は曇りで気温6℃、コンクリートの打設温度は12℃であった。図-5 は橋脚中心部のコンクリート温度の時系列で、解析と施工の比較を行ったものである。これより解析結果と施工時のコンクリート温度はほぼ一致していることがわかる。

温度降下域におけるクリープ性状を把握するため、橋脚で計測した各データについて考察を行った。図-6 は橋脚中心部における有効応力と有効ひずみについて、積算温度により求めた有効材

齢で示したものである。

図-6 より求めた有効応力と有効ひずみから有効弾性係数を算出し、温度上昇域では平均で $0.57 \times 10^4 \text{N/mm}^2$ で、有効材齢が6日以降の温度降下域における有効弾性係数は $E=1.00 \times 10^4 \text{N/mm}^2$ であった。

なお施工後、コンクリート温度が降下した打設16日後に橋脚のひび割れ調査を行ったが、温度ひび割れは発生していなかった。

5. まとめ

温度降下域における有効弾性係数は $E_e=1.00 \times 10^4 \text{N/mm}^2$ であった。一方、土木学会¹⁾の有効弾性係数の近似式によると、 $f_c(t)=24 \text{N/mm}^2$ のとき $E_e=2.30 \times 10^4 \text{N/mm}^2$ である。また過去の実績が $E_e=1.1 \sim 1.7 \times 10^4 \text{N/mm}^2$ で推移していることを考慮すると有効弾性係数は比較的小さい値であった。

今後、中庸熟ポルトランドセメントのマスコンクリート構造物への適用に対し、今回の解析結果を踏まえ、温度ひび割れ制御における解析精度向上を行っていきたいと考えている。

参考文献

- 1)土木学会コンクリート標準示方書、施工編（2002年制定）、土木学会

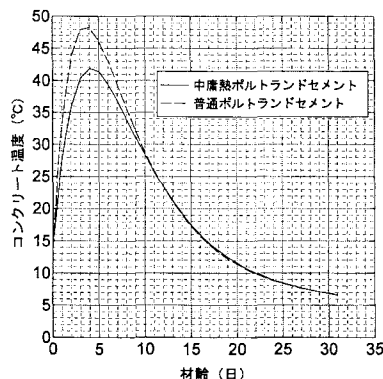


図-3 コンクリート温度比較(解析)

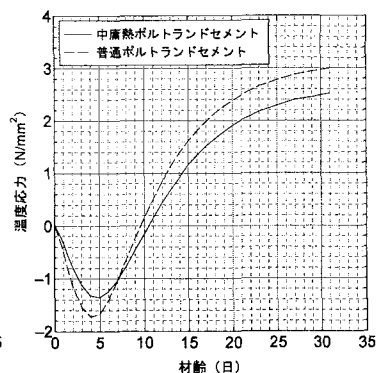


図-4 温度応力比較(解析)

(中庸熟セメントと普通セメント)

表-2 配合表

設計基準強度 (N/mm^2)	Gmax (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m^3)				
				W	C	S	G	A
24	25	58.3	46.8	150	257	875	1139	2.313

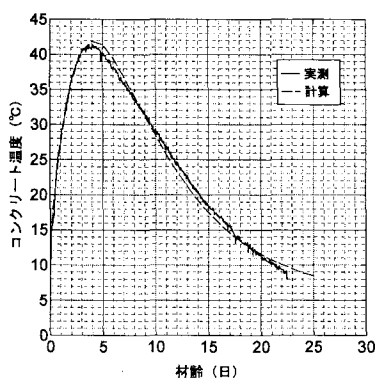


図-5 コンクリート温度の履歴

(中庸熟セメント)

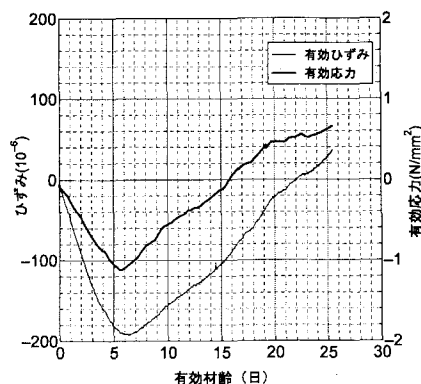


図-6 有効応力と有効ひずみの時系列