

V-147

橋脚の温度応力の研究

J R東日本 東北工事事務所 正会員 大庭光商
J R東日本 東北工事事務所 正会員 田中 毅
J R東日本 東北工事事務所 正会員 米内昭夫

1. はじめに

近年、構造物の大型化にともないマッシブなコンクリート構造物が増加している。このため、セメントの水和熱に起因する温度応力によるひびわれが問題となっている。

青森大橋（仮称）は橋長498mの3径間連続のPC斜張橋である。今回、本橋梁における主塔部の橋脚について、JCI マスコン委員会法¹⁾を用いて温度応力の実測と打設リフトを考慮した温度応力解析との比較を行ったので報告する。

2. 構造物と計測の概要

本研究において対象となった橋脚と計測機器の配置を図-1, 2に示す。

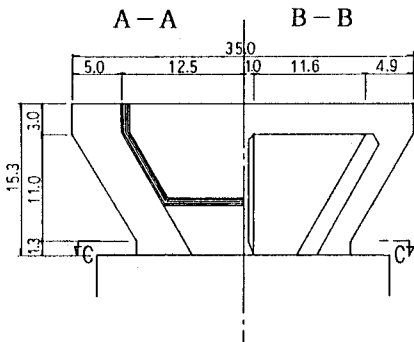


図-1 構造物の概要

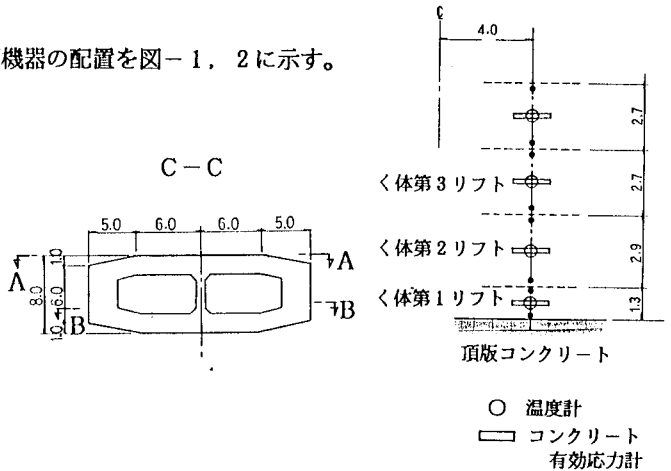


図-2 計測機器埋設図

本橋脚の基礎工は、連続地中壁剛体基礎を採用しており、この頂版コンクリート(V=3060m³)は高炉セメントB種を用いて一回打設を行った。また、橋脚く体部分のコンクリート打設における分割回数は施工上から6回とした。なお、現在第3リフトまでのコンクリート打設が終了している。

3. 温度の実測値と解析値との比較と考察

コンクリートの配合を表-1に示す。また、表-2に温度解析に用いた計算条件を示す。なお、第1リフトは高強度コンクリートの試験施工のために $\sigma_{CK}=600\text{kg/cm}^2$ のコンクリートが全数量の1/3程度混入した。このため、断熱温度上昇式の算定は単位セメント量をコンクリートの体積比で補正した。

本橋脚はく体部が壁状構造物であるので、温度解析は短辺方向の断面を用い、打設リフトを考慮した2次元FEM解析にて行った。このときの解析モデルを図-3に示す。

表-1 コンクリートの配合

W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg)			
		C	W	S	G
52	44	292	152	817	1043

表-2 温度解析条件

セメントの種類		普通ポルトランドセメント		
打込み温度 (°C)		18.0	10.0	11.9
コンクリートの単位体積重量 (kg/m³)		2300		
コンクリートの比熱 (kcal/kg℃)		0.22		
コンクリートの熱伝導率 (kcal/mh℃)		2.3		
コンクリートの熱伝達率 (kcal/m²h℃)		7		
断熱温度上昇式 $T = Q_{\infty}(1 - e^{-\gamma t})$	Q_{∞} (°C)	49.29	41.27	40.95
	γ (1/day)	0.936	0.447	0.559

図-4に各リフト毎の橋脚く体中央部中心での実測、および解析による温度の経時変化を示す。

第1リフトの最高温度は、実測では材令1.7日で45.8℃（最高温度上昇27.8℃）に達しているのに対し、解析では材令1日で49.8℃であった。その後の温度降下時の勾配も良く対応している。

第2リフトでは、温度降下時の勾配が良く対応しているが、最高温度は5℃程度実測値が高くなっている。

第3リフトの最高温度は実測値と良く対応していたが、最高温度達成材令で1.5日の違いがあった。

4. 応力の実測値と解析値の比較と考察

温度応力の計算は、JCI マスコンクリート温度応力研究委員会法（C.P.法）を用いて行った。このときのコンクリートの各材令における弾性係数、圧縮強度、および引張強度は土木学会コンクリート標準示方書²⁾により推定した。計算条件を表-3に示す。

表-3 応力解析における計算条件

コンクリートの熱膨張係数 ($/^{\circ}\text{C}$)	0.00001
コンクリートの弾性係数 $E_c(t)$ (kgf/cm^2)	$E_c(t) = 1.1 \times 10^4 \sqrt{f_c(t)}$ 材令3日まで $E_c(t) = 1.5 \times 10^4 \sqrt{f_c(t)}$ 材令3日以降
コンクリートの圧縮強度 (kgf/cm^2)	$f_c(t) = [t/(4.5+0.95t)] f_c(91)$
コンクリートの引張強度 (kgf/cm^2)	$f_t(t) = 1.4 f_c(t)$

図-5に各リフト毎の橋脚く体中央部中心での応力の実測、および解析の経時変化を示す。応力の傾向は実測値、解析値とも温度上昇にともない圧縮応力が生じ、その後の温度降下にもともない引張応力に移行する外部拘束の卓越する典型的傾向を示している。

また、応力の実測値から第1リフトで7日、第1リフトで11日、第3リフトで9日に応力の変化がみられる。このため、型枠脱型前ではあるが、この時点でひびわれが発生したものと想定される。

5. おわりに

本報告では温度応力の実測と打設リフトを考慮した温度応力解析との比較を行った。

温度解析は定性的には一致しているが、定量的には幾分問題がある。また、応力解析の精度を高めるため今後は有効弾性係数の検討が必要である。

参考文献

- 1) マスコンクリート温度応力研究委員会報告書，日本コンクリート工学協会
- 2) コンクリート標準示方書「施工編」，土木学会

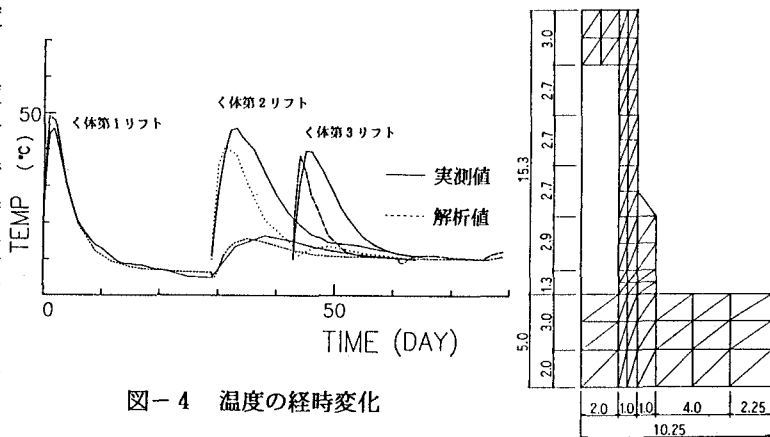


図-4 温度の経時変化

図-3 温度解析モデル

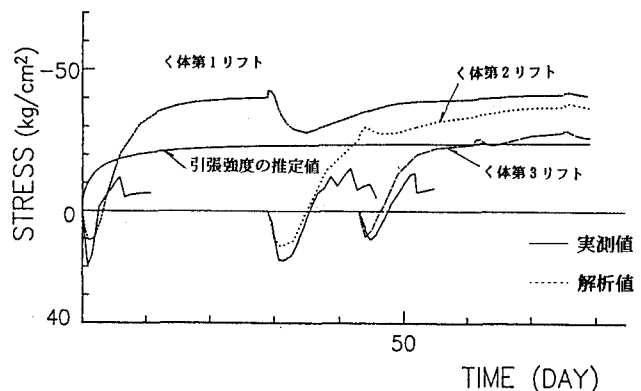


図-5 応力の経時変化