

V-139

マスコンクリートの現場計測と温度応力解析

阪神高速道路公団 正員○中林 正司 阪神高速道路公団 正員 浜田 信彦
㈱建設技術研究所 正員 吉澤 義夫

1. まえがき 土木学会「コンクリート標準示方書・施工編」(以下、示方書と略記)が昭和61年度に改訂されたが、そのなかでとくにマスコンクリートに関する条項が大幅に変更になり、温度応力によるひびわれに対する規定が詳しく述べられるところとなった。これによると、通常規模のフーチング等、橋梁下部構造におけるかなりのコンクリート構造物の設計・施工において温度ひびわれに対する検討が必要となる可能性が考えられる。ここでは阪神高速道路に建設中の橋脚を対象にし、マスコンクリートに関する物性値試験と現場計測の実施ならびに温度応力解析に基づく考察・検討を行ったのでその概要について報告する。

2. 対象構造物 対象橋脚のフーチングは、場所打ち杭基礎により支持された33.0m(幅)×25.5m(奥行き)×4.5m(高さ)の寸法を有する大規模なものであり、橋脚柱部は4.7m×12.0mの小判型断面をもつた壁式構造である(図-1)。コンクリート打設は、予備解析による温度ひびわれへの配慮及び現場条件から、フーチング部5リフト、柱部3リフトの合計8リフトに分割打設された。

3. 計測概要 現場計測においては温度計・歪計をそれぞれ17ヶ所に設置し、そのうち主要点には、有効応力計・無応力計とともに設置した。設置方向はフーチング、橋脚ともに基本的に長辺方向かつ水平方向に配置した。またコンクリートの物性値試験として断熱温度上昇試験等を別途実施した。

4. 断熱温度上昇試験結果 断熱温度上昇試験は、打ち込み温度の違いによる特性の差を見るため、10, 20, 30°Cの練り上がり温度を目標としてフーチング、橋脚軸体コンクリートのそれぞれにつき各3ケースの試験を行った。試験結果と示方書に基づく断熱温度上昇特性値とを比較して表-1に示す。これによると、定数 γ については示方書と試験値とがほぼ一致していることがわかる。一方、終局断熱温度上昇量 Q_{∞} については試験値は示方書による値を全般的に上回る結果となっている。断熱温度上昇特性(とくに終局断熱温度上昇量)は打設コンクリートの温度、温度応力の推定に直接的な影響を及ぼす因子であるからその評価には慎重な取扱いが必要となろう。

5. 解析手法および諸条件 示方書に基づき2次元FEM解析により温度履歴の算定を行い、Compensation Line法(CLIM)を2次元場に拡張したCompensation Plane法(CPPM)により2次元温度応力解析を行った。なお、コンクリートの物性値等は、基本的には示方書に示された値や関係式等を用いているが断熱温度上昇式のパラメータは試験結果に

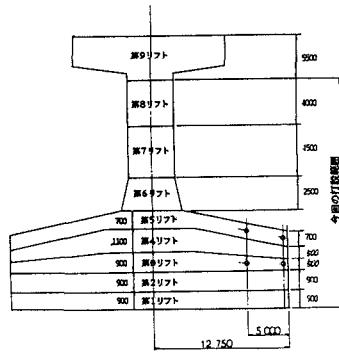


図-1 構造概要

表-1 断熱温度上昇特性の比較一覧表

	練り上がり温度 T_0 [°C]	$Q(t) = Q_{\infty} [1 - \exp(-\gamma t)]$			
		試験結果 Q_{∞} [°C]	コンクリート標準示方書 Q_{∞} [°C]	γ [1/day]	Q_{∞} [°C]
フーチング (高炉B)	12.6	45.8	0.58	39.4	0.52
	19.8	45.3	0.70	38.5	0.82
	29.9	43.6	1.15	37.2	1.24
橋脚軸体 (高炉B)	10.3	47.8	0.58	48.2	0.44
	20.5	47.1	0.83	44.4	0.88
	30.4	46.5	1.25	42.7	1.31

表-2 コンクリート配合

	スランプ (cm)	s/a (%)	W/C (%)	単位重量 (kg/m³)			
				W	C	s	G
フーチング	8	4	54	157	291	724	1147
橋脚軸体	8	4	47	165	351	773	1015

表-3 コンクリートの圧縮強度(材令91日)

圧縮強度 f'_{ck} (kgf/cm²)	フーチング	橋脚軸体
36.7		47.0

よっている。CPMによる解析では、杭

基礎を拘束体と考え、その際の外部拘束係数は $E_c/E_r >> 1$ と想定して示方書同定の図表より $R_N = 0.01$, $R_{M1} = 0.7$, $R_{M2} = 1.1$ とした。その他解析に用いた諸定数を表-2 ~ 4に示す。

6. 解析結果と実測値との比較

解析値と実測値との比較例として図-2 に温度解析結果、図-3 に温度応力解析結果を示す。図-2 よりリフト3 フーチング中心の温度は実測で材令11日で40.5°Cのピーク値(解析値: 材令11日、温度37.3°C)を示している。またリフト5 フーチング端部では材令2.1日で 29.4°Cのピーク値(解析値: 材令2.2日、温度 31.9°C)を示している。実測値と解析値との対応は良好であり、両者の差は5°C以下である。次に図-3 より、コンクリート内に生じる温度応力は温度上昇期に圧縮応力となり以後温度降下に伴い引張応力へと移行していく傾向を示している。

実測値と解析値とを比較すると、両者は全般的によく合致しており、例えばリフト3での最大圧縮応力度では実測値の25.4kgf/cm²に対して CPMでは28.9kgf/cm²、リフト5での最大引張応力度では実測値の25.1kgf/cm²に対して CPMでは

19.9kgf/cm²を与えており。このように本例では解析値が実測値をかなりの精度で推定できていることがわかる。他の位置での比較でも両者は概ね良好な一致性を示した。また各ブロック毎に打設後にひびわれ観察を行ったが、いずれのブロックも温度応力に起因すると考えられる有害なひびわれの発生は認められなかつた。これは、解析に基づく「温度ひびわれ指数」がほぼ 1.2を下回らなかつたこととも対応している。

7.まとめ 今回の検討により①CPM, CLMはコンクリートの熱特性環境条件が正確に評価されたならば、温度ひびわれの推定のための有効な手法となり得る、②リフト割など施工条件の配慮により大規模マスコンクリートの温度ひびわれの抑制にかなりの対処が可能である、ことがあらためて確認された。なお、今回の基礎形式が杭基礎であることが、温度ひびわれの発生に対して有利に働くと考えられるが、CPM適用の際には外部拘束係数の評価も重要な事項であり、このような基礎形式に対する外部拘束係数の同定が今後の課題である。

表-4 コンクリートの熱的性質

	T (°C)	Q (°C)	(°/day)	比熱 C (kcal/kg °C)	熱伝導率 λ (kcal/hr/m² °C)	密度 ρ (t/m³)	熱膨張率 α (1/°C)
第1リフト	12.5	45.8	0.57				
第2リフト	12.5	45.8	0.57				
第3リフト	12.9	45.7	0.59	0.28	2.3	2.3	
第4リフト	12.5	45.8	0.57				
第5リフト	12.2	45.8	0.56				
第6リフト	16.6	46.7	0.95				
第7リフト	28.5	46.0	1.08				
第8リフト	36.4	45.4	1.50				

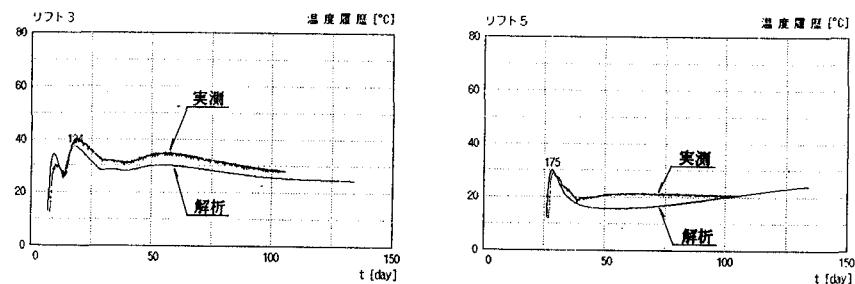


図-2 温度の経時変化

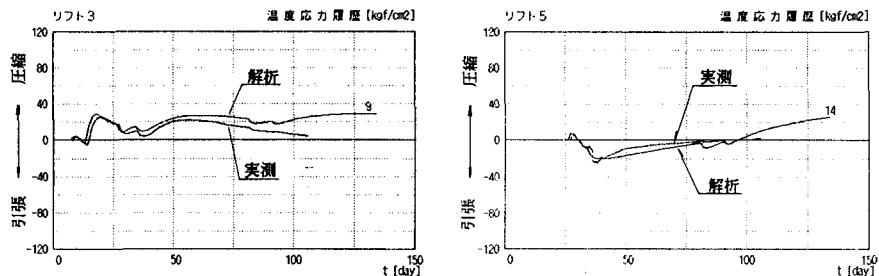


図-3 応力の経時変化