

第二東名高速道路大平高架橋の横桁部のコンクリート温度計測と解析

日本道路公団 静岡建設局構造技術課 福永 靖雄
 日本道路公団 静岡建設局浜松工事事務所 武田 正利
 オリエンタル建設・川田建設・銭高組 JV 正会員 石川 善信
 オリエンタル建設 技術研究所 正会員 ○江口 信三

1. はじめに

大平高架橋は、第二東名高速道路、浜北 I.C～引佐 I.C 間の浜松浜北 S.A 付近に位置し、浜北市道、二級河川「灰の木川」などを跨ぐ、橋長 833m の 13 径間連続 P C 箱桁橋である。本橋は分散方式により両橋台からの押し出し工法による施工を採用し、縦断線形変化点において中央閉合を行う。片側からの押し出し架設長 490m、押し出しスパン 64m は国内でも最大規模の橋梁となる¹⁾。

本橋の横桁部は幅 8.5m×高さ 4.2m×長さ 3.0m とマッシュパな構造であり、コンクリートの設計基準強度 50N/mm² と高強度コンクリートが適用される。したがって、セメントの水和熱に起因するひび割れの発生が懸念された。そこで、事前に温度応力解析を行ったあと、実際の構造物に熱電対を埋設し、コンクリートの温度を計測した。その結果について報告する。

2. 工事概要

大平高架橋上り線の概要を以下に示す。

道路規格：第 1 種第 1 級 A 規格(V=130km/h)

活荷重：B活荷重

構造形式：13 径間連続 P C 箱桁橋

橋長：833.0m(道路中心)

支間：63.1m+11@64.0m+63.1m(道路中心)

有効幅員：16.5m～16.725m

平面半径：R = ∞

施工方法：分散方式による押し出し架設工法

主桁断面図を図-1に、平面図を図-2に示す。

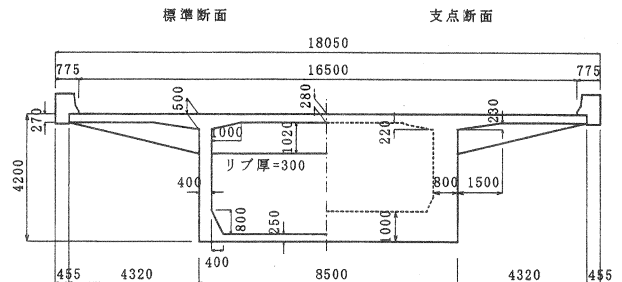


図-1 上り線主桁断面図

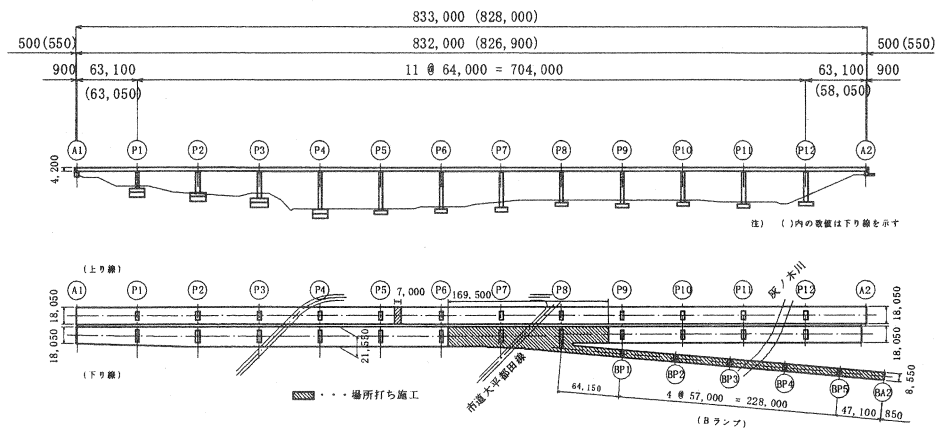


図-2 平面図

3. 事前解析および計測結果

施工に先立ち、横桁部を取り出して温度応力解析を行った。解析モデルは橋軸方向および断面方向中心位置で切り出した1/4モデルとした。要素分割図を図-3に示す。

セメントの種類は早強ポルトランドセメント(以下、早強)および普通ポルトランドセメント(以下、普通)の2種類を比較した。当初、低熱ポルトランドセメント使用の案があったが、本橋は押し出し架設工法のため製作ヤードが1つしかなく、ある程度の早期強度が

必要であること、供給面で不安があったことにより、低熱ポルトランドセメントの使用は見送った。コンクリートの材令91日の圧縮強度および単位セメント量は試験練りの結果よりそれぞれ、65N/mm²、377kg/m³とした。外気温度は最初の横桁部施工が8月頃を予定していたため、8月の平均気温26.5℃一定とした。コンクリートの練り上がり温度は30℃と仮定した。コンクリートの熱伝達率、比熱、線膨張係数、断熱温度上昇量は土木学会のコンクリート標準示方書²⁾に従って表-1のようにした。コンクリートの圧縮・引張強度および弾性係数発現式はコンクリート標準示方書に従った。型枠は張出床版下面、下床版下面、ウェブおよび横桁部はメタルフォームとし、上床版下面、およびマンホール部は合板とした。コンクリートとメタルフォームおよび合板の熱伝達率はそれぞれ、14W/(m²・℃)、8W/(m²・℃)とした。脱枠は、コンクリート打設後1日とした。

図-4に早強、普通の横桁中心およびウェブ外側における温度履歴を示す。なお、ウェブ外側の結果は実測位置が表面から5cmのところであるため、隣接節点と直線補間して表面から5cmの位置の結果とした。高さ方向は桁高中心位置である。同図より、早強の場合、横桁中心の最高温度は88℃、同材令におけるウェブ外側の温度は45℃であり、温度差は43℃となった。普通の場合、横桁中心の最高温度は82℃、ウェブ外側は43℃であり、温度差は39℃であった。

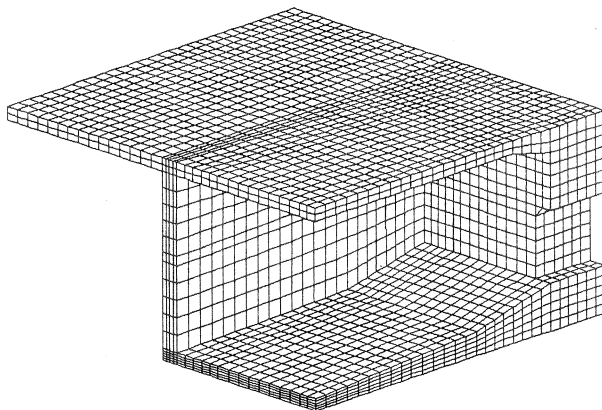


図-3 要素分割図

表-1 材料物性値

	係数	単位	セメントの種類	
			早強	普通
熱伝達率		W/m ² ・℃	2.56	
比熱		kJ/kg ² ・℃	1.05	
線膨張係数		1/°C	10 × 10 ⁻⁶	
断熱温度	Q _∞		59.01	53.47
上昇量	γ		2.248	1.845

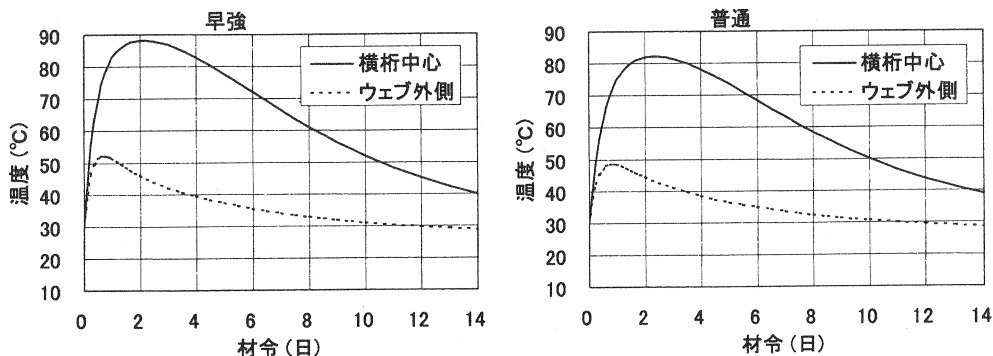


図-4 コンクリート温度履歴図

図-5に、早強、普通のウェブ外側におけるひび割れ指数履歴図を示す。同図より、早強の場合の最小ひび割れ指数は0.51、普通では0.59であり、大きな差は生じなかった。これは、引張力の主たる発生要因が内部と表面における温度差により生じる内部拘束のためであり、内部と表面の温度差が早強が43℃、普通が39℃とあまり変わらなかったためと考えられる。しかし、できるだけひび割れ発生を抑えるために、使用するセメントは普通ポルトランドセメントに選定した。

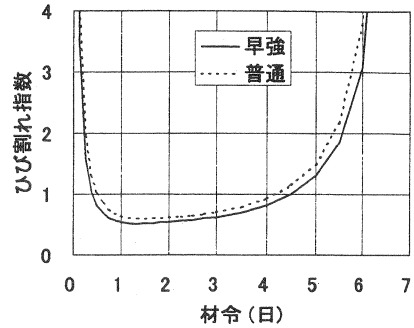


図-5 ひび割れ指数履歴図

4. 実測結果と解析値との比較

表-2 コンクリート配合表

コンクリートの打設は7月中旬に上屋内にて行った。コンクリートの配合を表-2に示す。コンクリートの温度は熱電対を埋設して

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランブ の範囲 (cm)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位置 (kg/m ³)				混和剤
				水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	
25	15±2.5	36.9	40	139	377	731	1108	4.524

計測を行った。コンクリートの打設開始時の気温は26℃、コンクリートの練り上がり温度はおよそ30℃であった。型枠は当初の予定を若干変更し、外周部にあたる張出床版下面、下床版下面およびウェブ外側はメタルフォームとし、箱桁内部は合板とした。脱枠は、メタルフォームがコンクリート打設から1日後、合板は6日後とした。

図-6に横桁中心、ウェブ外側および横桁表面におけるコンクリート温度の実測結果と解析結果を示す。あわせて、外気温度の実測結果を示す。なお、解析結果は型枠条件および外気温度を29℃に変更した値を示している。外気温度が材令7日以降最高40℃まで達しているが、これは、押出しにより外気温度実測点が直射日光のあたる場所に移動したためである。同図より、横桁中心のコンクリート温度は84℃であり、最高温度に達するまでの時間に若干の差があるものの、解析値の82℃とほぼ一致した。ウェブ外側の最高温度は59℃であり、解析値とはおよそ10℃の差があった。横

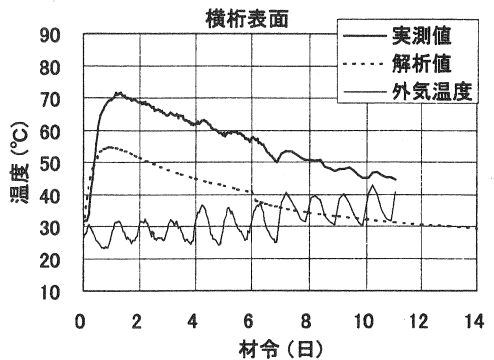
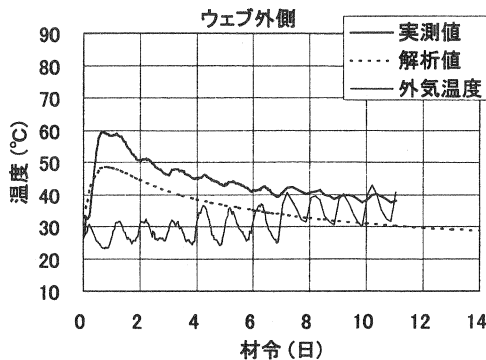
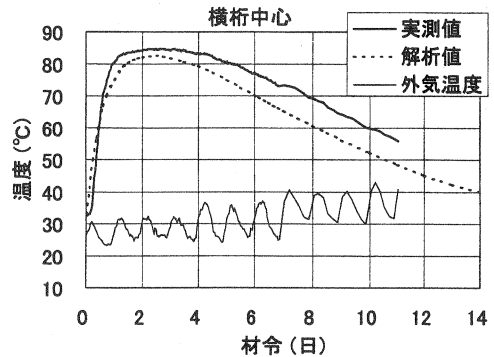
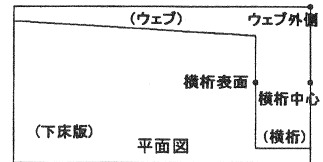


図-6 コンクリート温度計測結果

桁表面の最高温度は72℃であり、解析値との差は17℃であった。コンクリート内部の温度はほぼ一致したのに対し、表面付近で大きく異なった理由として、周辺温度の違いが考えられる。解析では周辺温度をすべての箇所で同じにしているのに対し、実際は、箱桁内部の温度は高かったのではないかと考えられる。そこで、10月初旬の横桁部コンクリート打設の際に、外気温度(張出し床版先端付近)、ウェブ外側付近および箱桁内部の温度を実測した。実測結果を図-7に示す。外気温度の平均は20℃であるのに対し、ウェブ外側付近では30℃まで上昇し、箱桁内部では35℃まで上昇した。

そこで、ウェブ外側および箱桁内部の外気温度を図-8のように変更して、再度温度計算を行った。実測値と解析値の比較を図-9に示す。同図より、ウェブ外側では最高温度に若干の差があるものの、ほぼ一致した。しかし、横桁表面では、全体的に実測値よりも解析値の方が低い温度となった。原因として、コンクリートと型枠との熱伝達率、断熱温度上昇の設定等が考えられるが、詳細は不明であり、今後検討していきたい。

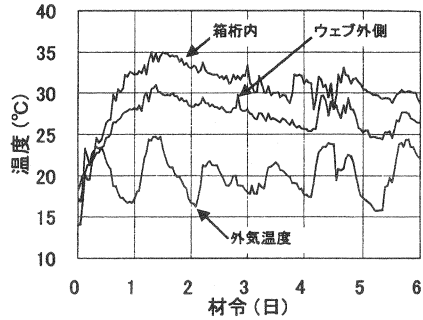


図-7 周辺温度測定結果

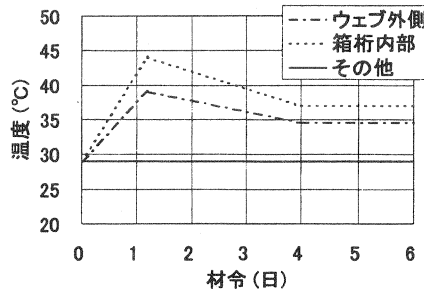


図-8 設定外気温度

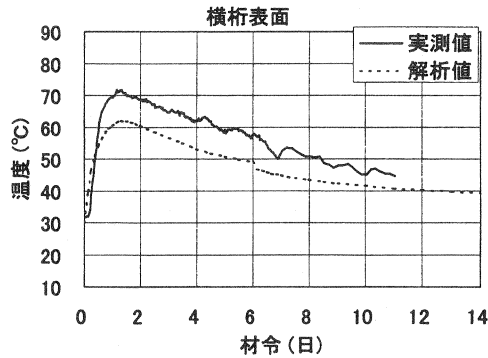
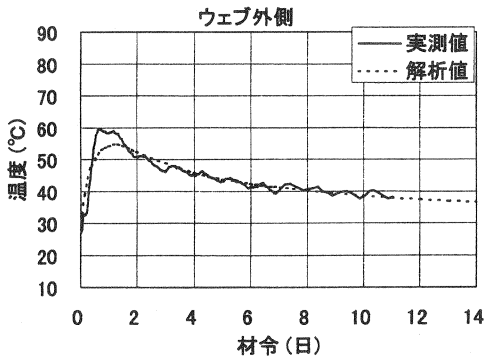


図-9 外気温度を変更した場合のコンクリート温度

5. まとめ

幅8.5m×高さ4.2m×長さ3.0mの横桁部コンクリート温度の実測値と解析値を比較した。中心部ではほぼ一致しているのに対し、表面付近では10℃以上の温度差が生じた。そこで、別の横桁部コンクリート打設時に計測した温度を参考に外気温度を変更すると、ウェブ外側では概ね一致した。しかし、横桁表面ではおよそ10℃の差がある結果となった。

参考文献

- 1) 福永、藤島、横山、石川: 第二東名高速道路大平高架橋の設計—全外ケーブルによる押出し架設工法—、第10回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集、p.485~p.490、2000.10
- 2) 平成8年制定コンクリート標準示方書 施工編、土木学会、1996.3