

V—4 マスコンクリートの温度ひびわれ制御に関する実施例

清水建設(株) 水梨 弘
 清水建設(株) 隅田 賢治
 清水建設(株) 正員 小西 幹雄

1. まえがき

マスコンクリートの設計・施工においては、コンクリートの硬化熱に起因して発生する温度応力によるひびわれ(以下、温度ひびわれと称す)がコンクリート構造物の品質保証上重要な問題である。このひびわれは、構造物の耐力、耐久性、機能性、美観の面から制御する必要がある。一般に、マスコンクリートの温度ひびわれの原因は、部材内の不均一な温度分布が生じ自己拘束された場合(内部拘束による温度応力)、あるいは部材の体積変化が外的に拘束されることにより生じる温度応力(外部拘束による温度応力)の二つに大きく分けて考えることができる。¹⁾

本報告は、十勝河口橋P3橋脚フーチングマスコンクリートの内部拘束によって発生する温度ひびわれを発泡スチロールによる保温養生で制御した結果をとりまとめたものである。

2. 工事概要

十勝河口橋は、一般国道 336号の路線の中で豊頃町大津～浦幌町吉野を結ぶ橋で、昭和58年度から工事を着手して昭和68年度完成の予定である。

- 1) 発注者 帯広開発建設部
- 2) 工事名 十勝河口橋下部工事
- 3) 施工業者 清水・地崎・萩原共同企業体
- 4) 工事場所 中川郡豊頃町大津
- 5) 工期 昭和59年3月17日～昭和59年11月1日 (P2, P3橋脚)
- 6) 工事規模 {P3橋脚}

躯体コンクリート量 500 m³
 フーチングコンクリート量 570 m³
 基礎杭 SPP 1219.2 mm t=14 mm L=18 m n=24本



図-1 位置図

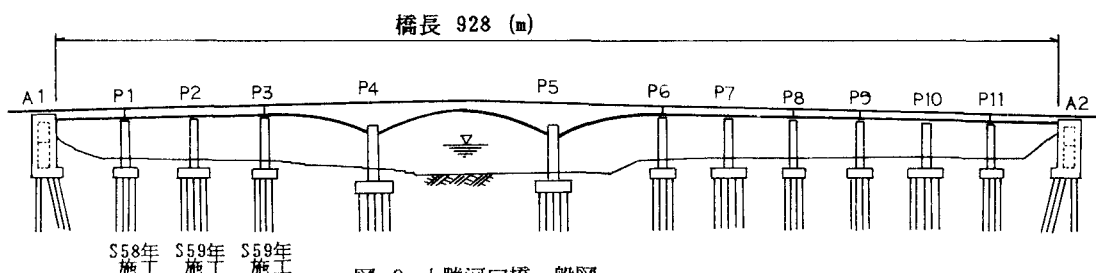


図-2 十勝河口橋一般図

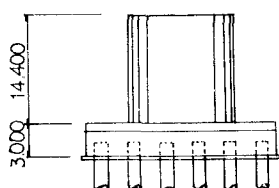


図-3 正面図

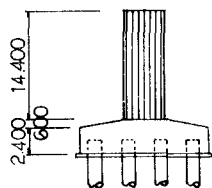


図-4 側面図

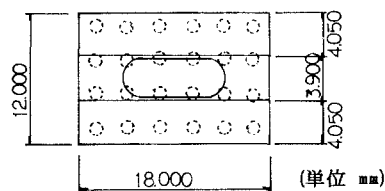


図-5 平面図

(単位 mm)

3. 温度ひびわれ制御対策

マスコンクリートの温度ひびわれ制御対策として各種の提案があるが、本工事では以下の対策が採用された。

- ① 発熱量の小さいコンクリートとするため、低熱性セメント（高炉セメントB種）を使用した。
- ② 部材表面部から熱の放散を小さくして断面内温度差を低減するために、発泡スチロール（t=25mm）を全面に敷き、その上を養生シートで覆う保温養生を行った。さらに、表面が乾燥しない程度に養生水の補給を行った。養生期間は、埋設してある温度計（熱電対）で自動計測を行い、実測値と計算値を比較し中心部と表面部の温度差を確認しながら養生の撤去を行った。

表-1 コンクリート配合

設計基準強度 (kg/cm2)	使用セメント	G max (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水セメント 比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m3)				
							水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤
225	高炉セメント B種	40	8	4.5	50.0	38.0	141	282	725	1206	0.127

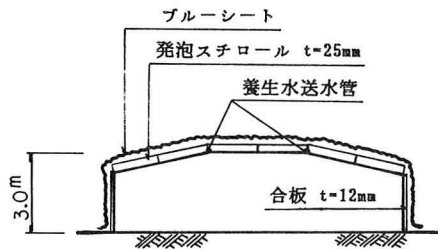


図-6 保温養生

表-2 試験結果（現場養生）

スランプ cm	空気量 %	圧縮強度 (kg/cm2)				
		3日	5日	7日	14日	28日
7.0	4.4	80.0	130	141	177	239
8.5	4.2	90.5	137	151	189	250

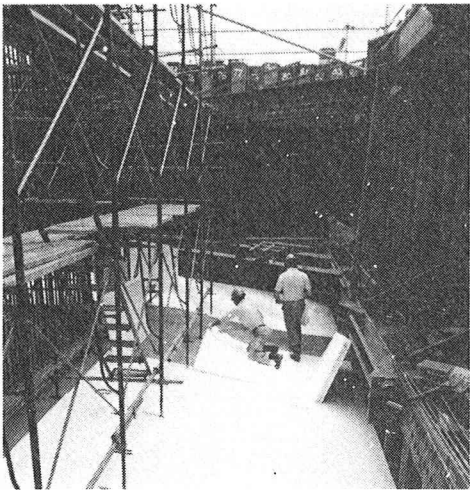


写真-1 発泡スチロール取付け状況

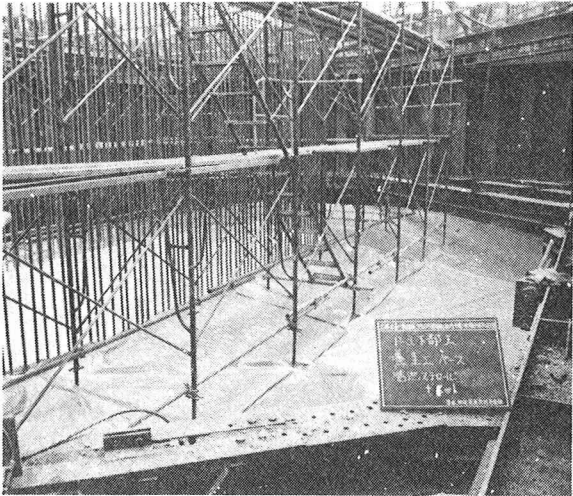


写真-2 保温養生取付け完了

4. コンクリート温度の予測および実測結果

コンクリート温度の予測は、一次元有限差分法による熱伝導解析で行った²⁾。解析に用いたモデル図を図-7、計算因子を表-3に示す。コンクリートの断熱温度上昇特性は、 $Q(t) = Q_{\infty}(1 - e^{-rt})$ で表現し、熱伝導率などの熱的性質は、既存のデータを参考にして求めた。外気温は、計画段階では過去の気象データを用いて解析したが、本報告では実測値を用いた。

図-8および図-9にコンクリート温度の経時変化を示す。図-10に材令ごとの厚さ方向コンクリート温度分布を示す。

図-8から明らかなように保温養生撤去後、表面部は温度降下量が大きく外気温の影響を受けている。

図-9および図-10から実測値と計算値とを比較してみると、全般的に良い対応を示している。

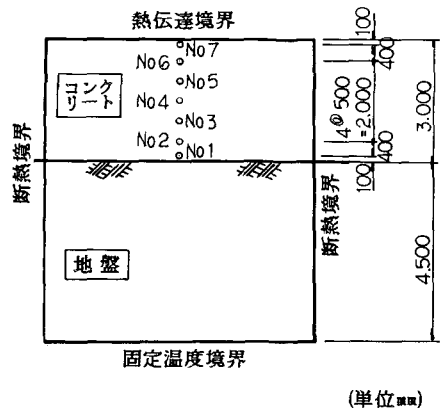


図-7 解析モデル図

表-3 計算因子

項目		水準
打込み温度	(°C)	21
地盤温度	(°C)	15
リフト高さ	(m)	3.0
コンクリートの比熱	(Kcal/kg°C)	0.25
熱伝導率	(Kcal/mh°C)	2.06
単位体積重量	(Kg/m3)	2350
地盤の比熱	(Kcal/kg°C)	0.36
熱伝導率	(Kcal/mh°C)	1.26
単位体積重量	(Kg/m3)	1600
断熱温度上昇実験定数		$Q_{\infty}=45.6 \quad r=0.812$
熱伝達率	(Kcal/m2h°C)	3.6
セメントの種類		高炉セメントB種
単位セメント量	(kg/m3)	282
外気温	(°C)	図-8参照

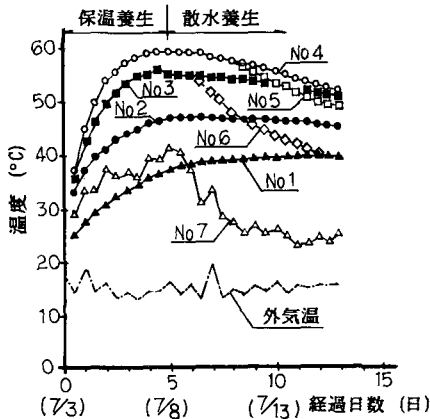


図-8 コンクリート温度の経時変化 (実測値)

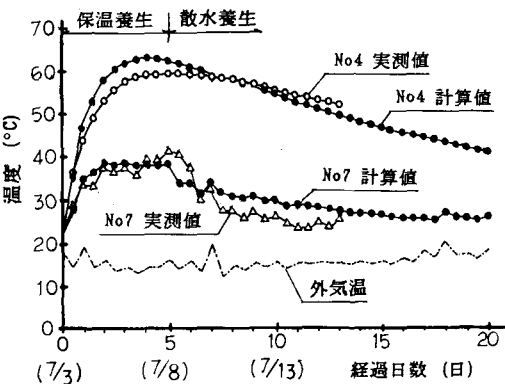


図-9 コンクリート温度の経時変化 (実測値と計算値)

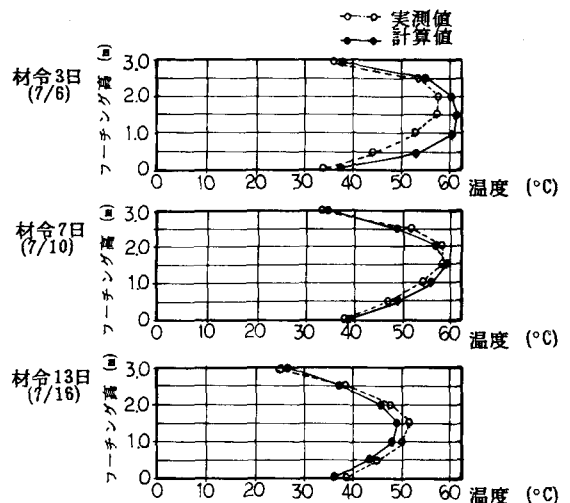


図-10 コンクリート温度深度分布 (実測値と計算値)

5. 温度ひびわれ指数法による施工管理³⁾

温度ひびわれ発生有無の判断として、多数の実構造物の実測資料を基に温度ひびわれ発生確率を求めた温度ひびわれ指数法によって施工管理を行った。

本工事においては、温度ひびわれ発生確率30%以内を目標とした。

図-11に部材表面部と中心部との温度差の管理結果、図-12に温度ひびわれ指数の経時変化を示す。図-11および図-12からわかるように、温度ひびわれの発生確率は30%以内に管理されていたことがわかる。保温養生終了後、温度ひびわれ発生確率が大きくなっているが、下がった状態でも発生確率は30%を上回っており、保温養生の撤去つまり養生期間の決定が適切であったことが認められる。

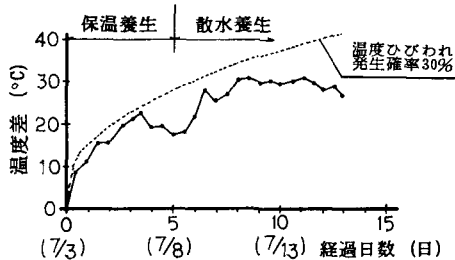


図-11 表面部と中心部の温度差管理図

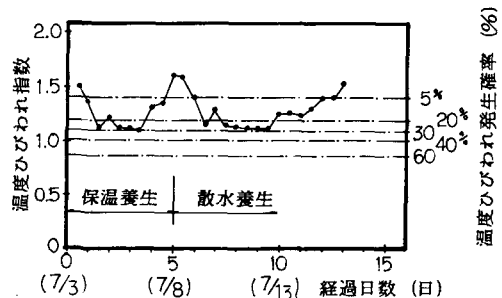


図-12 温度ひびわれ指数の経時変化

6. あとがき

フーチングマスコンクリートの温度ひびわれ制御実施例について報告した。計画段階で内部拘束による温度ひびわれの発生が予測され、さらに、このひびわれがフーチングの耐久性に影響を及ぼすと判断されたことから、本工事では、低熱性セメントの使用、保温養生の実施などの制御対策が採用された。その結果、本工事では、温度ひびわれの発生は認められず、当初の目標を達成することができた。本報告が、今後の同種工事の参考になれば幸いである。

最後に、本工事を進めるにあたって、帯広開発建設部（大津道路建設事業所）および工事関係者の御協力を頂き、さらに本報告をまとめるにあたって、清水建設（株）北海道支店土木技術課および本社土木技術部小野 定 氏の御指導を受けました。ここに深く感謝いたします。

参考文献

- 1) マスコンクリートの温度応力に関する研究委員会：
コンクリートの温度応力推定方法に関する既往の研究とその総括
コンクリート工学 Vol21, No8, 9, 11, 1983, Vol22, No1, 1984
- 2) 小野 定：マスコンクリート打込み後の温度上昇に関する二、三の考察
コンクリート工学 Vol115, No1, 1977
- 3) 小野 定：マスコンクリートの温度ひびわれ制御に関する一考察
セメント技術年報 33, 昭和54年