

[18] マスコンクリート温度の実測と解析

正会員 ○長 田 晴 道 (国鉄構造物設計事務所)
 正会員 石 橋 忠 良 (国鉄構造物設計事務所)
 上 野 真 (国鉄下関工事局)
 正会員 小 野 定 (清水建設土木技術部)

1. はじめに

部材寸法の大きいコンクリート構造物を設計施工する場合 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 耐力的 機能的および耐久的に重要な問題である。

本報告は 幅3.6 m、高さ2.2 m、長さ27.0 mとマッシュな部材で構成されている仮受桁でコンクリート温度コンクリートひずみおよびコンクリート応力を測定し、その結果に基づいて行ったマスコンクリートの温度応力解析結果について考察したものである。

2. 測定構造物および測定項目

測定を行った仮受桁は図-1に示すような幅3.6 m、高さ2.2 m、長さ27.0 mのマッシュな部材である。

測定項目は表-1に示すようであり、測定期間はコンクリート打設後31日間である。

また この仮受桁に用いたコンクリートの配合は表-2のとおりで施工時期は4月である。型わくには合板を使用した。

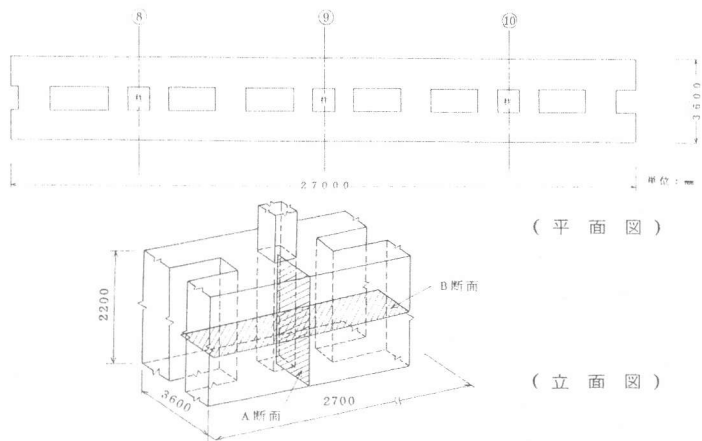


図-1 仮受桁の平面図および立面図

表-1 測定項目および使用計測器

測定項目	測点数	使用計測器
コンクリート温度	9	土木測器社製 GT-100E
コンクリートひずみ	21	土木測器社製 GL-10S
コンクリート応力	3	東横エルメス社製 GK-60-505

表-2 コンクリートの配合

セメントの種類	粗骨材の最大寸法 (mm)	スラングの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	水セメント比 W/C (係)	細骨材率 S/a (係)	単位量 (kg/m ³)				
						水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤
普通ポルトランドセメント	2.0	8±2.5	4±1	4.5	4.24	168	374	756	1184	0.935

設計基準強度: $f_{ck} = 30.0 \text{ kg/cm}^2$ 打込み温度: 24℃ (設計材令28日)

3. 測定結果

(1) コンクリート温度

コンクリート温度の経時変化を図-2に示す。中心部 (T-3) の最大温度は材令約1日で約72℃となっており、型わく側の表面部 (T-5) の最大温度は材令約1日で約56℃となっている。

打設時のコンクリート温度が24℃であるので内部温度上昇量の最大値は48℃でかなり大きい。表面部の温度上昇量の最大値は32℃となっており、この値はコンクリート自体の温度上昇がかなり高いことおよび型わく等の影響で無養生の場合 (T0-0) よりも大きくなっていると考えられる。

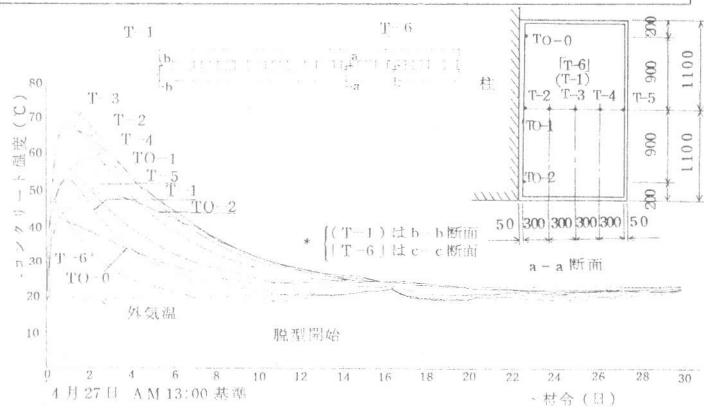


図-2 コンクリート温度経時変化図

温度降下は放熱面が多いため、コンクリート打設後約2週間で外気温近くまで降下している。

(2)コンクリートのひずみおよび応力

コンクリートの軸方向のひずみの経時変化を図-3に示す。表面部(F-1)は材令約2日まで引張ひずみが増加し、その後は少しずつ引張ひずみが減少している。中心部(F-2)は材令初期に圧縮ひずみを示し、その後材令5日で引張ひずみを示している。中心部および下部で材令を解るにつれて引張ひずみが増加する傾向は温度降下に伴う収縮ひずみが既設の柱等により拘束されたためであると思われる。

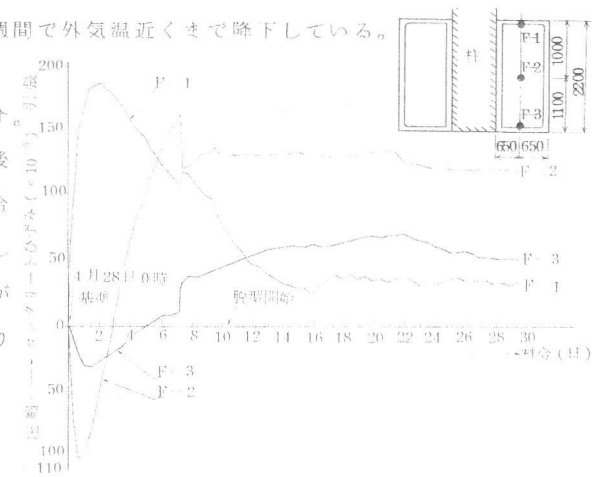


図-3 コンクリートひずみ経時変化図

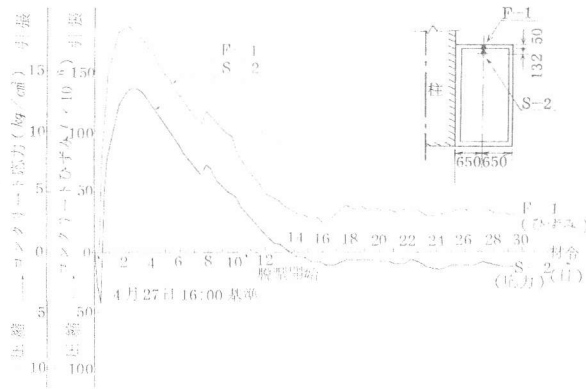


図-4 コンクリート応力およびひずみ経時変化図

図-4にコンクリート表面に近い部分のコンクリートのひずみと応力(いずれも軸方向)を示したものである。いずれのピーク材令もほぼ一致しており、またコンクリートのひずみの最大値185 μ 、コンクリート応力135 kg/cm^2 でありひずみと応力との経時変化はよく対応している。

図-5, 6, 7は直角方向のコンクリートのひずみの変化を示したものである。図-5と図-6を比較すると経時変化の傾向は同じであるが、仮受桁の軸に対して対称に仮受桁の変形が生じていることがわかる。

図-6と図-7を比較するとひずみの経時変化の傾向は同様であるが、その変化量が両者で大きく異なっている。このことはコンクリート温度が最大に達した後の温度降下時には直角方向の変形は図-8に示すようになると思われる。

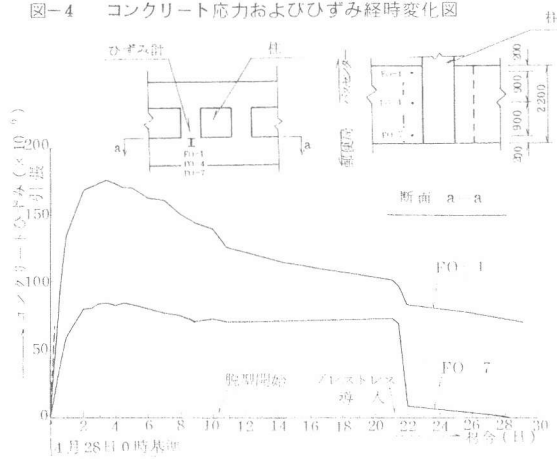


図-5 コンクリートひずみ経時変化図

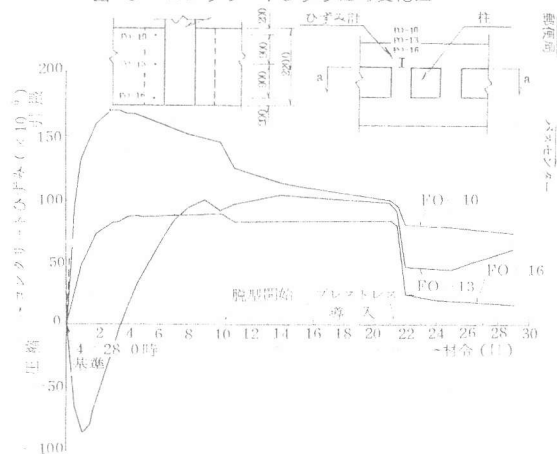


図-6 コンクリートひずみ経時変化図

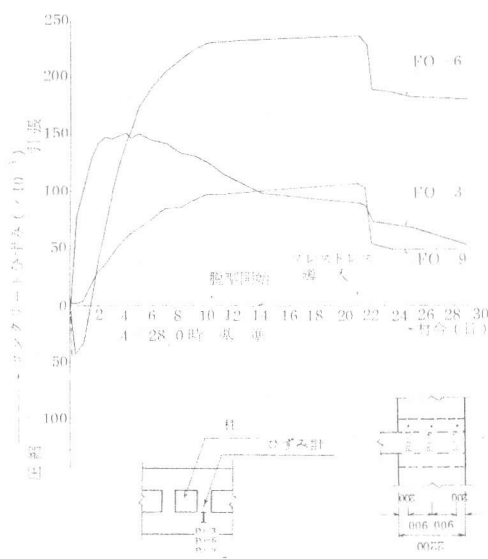


図-7 コンクリートひずみ経時変化図

(3)ひびわれ

ひびわれはコンクリート打設後2週間で認められ ひびわれ展開図は図-9のとうりて ひびわれ幅は0.05~0.12mmと微細なものであった。側面のひびわれは中心部と表面部との温度差が最も大きくなる時期に内部拘束による温度応力によって発生したと思われる。隅角部のひびわれは温度降下に伴う収縮ひずみが直角方向のはりや既設の柱等によって拘束されて生じたものと思われる。

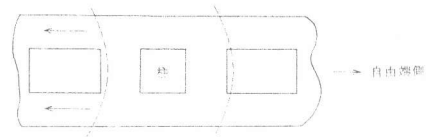


図-8 直角方向の変形

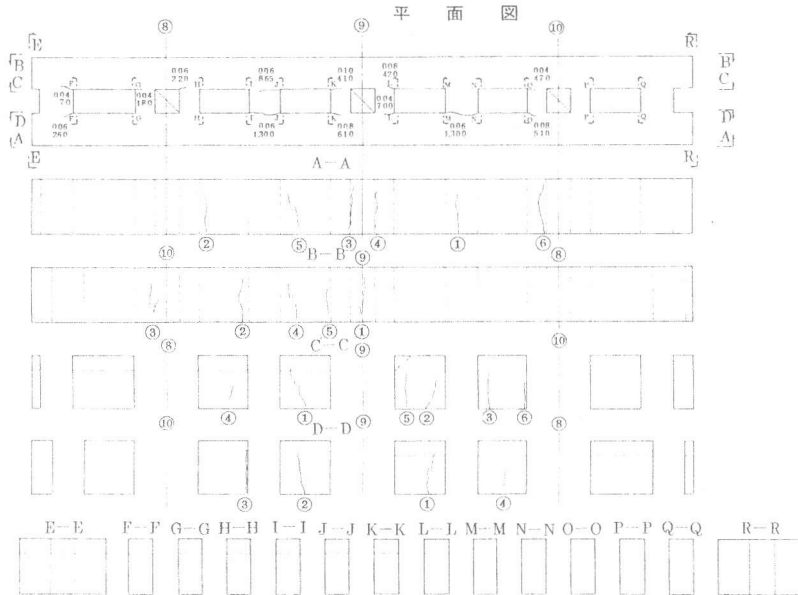


図-9 ひびわれ展開図

4. 実測値の解析*

コンクリート温度実測に基づいてコンクリート温度を有限要素法により解析した。モデルは軸に水平な面(モデルA)と軸に鉛直な面(モデルB)の2通りで二次元である。解析は表-3に計算因子および水準で行った。

解析に用いる断熱温度上昇特性は実測値に近似すると 注)モデルAで $Q_{\infty}=6.4.1$, $r=2.40$, モデルBでは $Q_{\infty}=6.1.4$, $r=3.70$ となるが, モデルBの場合解析面に直角の方向が断熱境界となるので, モデルAの Q_{∞} , r を使用した。

注)コンクリートの断熱温度上昇を $Q(t)=Q_{\infty}(1-e^{-rt})$ で近似させた時の係数, ここに t は時間(日)

計算因子	水準
コンクリートの打込み温度(°C)	24
" 比熱(Kcal/kg°C)	0.292
" 熱伝導率(Kcal/m/hr°C)	2.424
" 熱容量(Kcal/m³°C)	735
" 単位体積重量(kg/m³)	2.483
単位メント量(kg/m³)	374
コンクリート断熱温度上昇式のタイプ	$Q(t)=Q_{\infty}(1-e^{-rt})$
終局断熱温度上昇量 Q_{∞} (°C)	6.1.4
温度上昇速度に関する実験定数 r	3.700
外気風	実測値
壁・柱面の熱伝達率(Kcal/m²/hr°C)	5.2
壁・柱の存続期間(日)	11

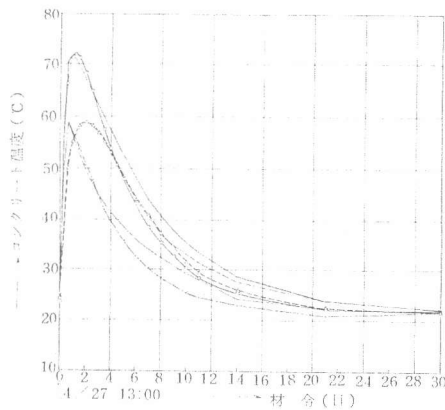


図-10 コンクリート温度経時変化図(モデルB)

TO-1 :
実測値 T-3 :
T-5 :
計算値 314 :
191 :
68 :

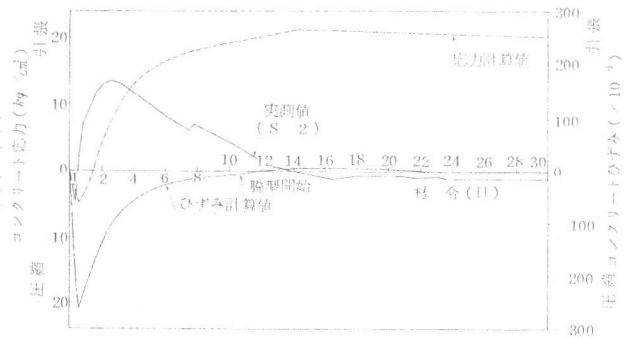


図-11 コンクリート応力およびひずみ経時変化図

図-10にモデルBでのコンクリート温度の経時変化を示す。計算値と実測値はほぼ一致していると思われる。

図-10のコンクリート温度の経時変化に基づいて 応力解析を行った結果を図-11に示す。図-11にはコンクリート表面部に近い部分の実測値と計算値を示した。解析結果は定量的には満足のゆくものではないが、柱の拘束によって桁に生じる温度応力の発生傾向はある程度推定することができると考えられる。

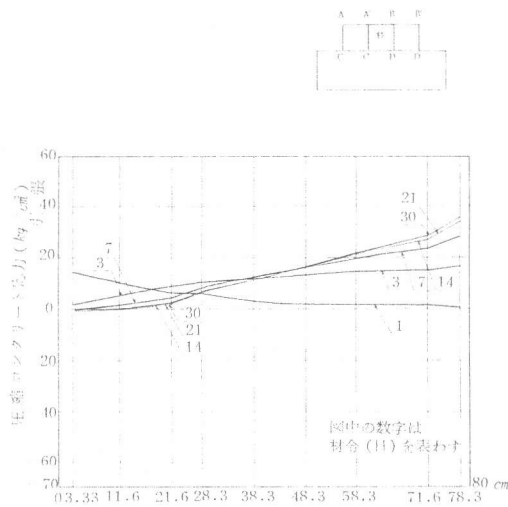


図-12 仮受梁方向主応力分布図 (A-A断面)
(計算値)

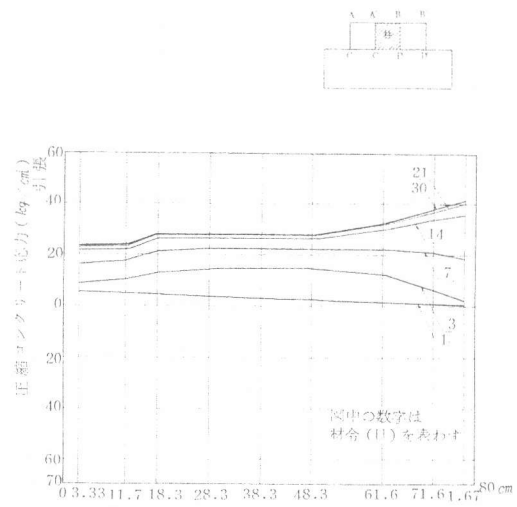


図-13 仮受梁断面主応力分布図 (B-B断面)
(計算値)

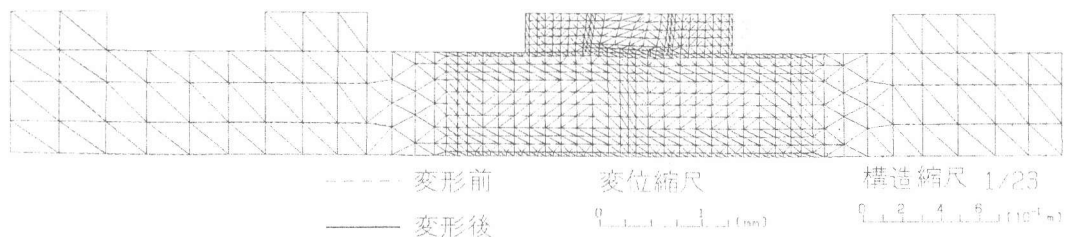


図-14 変形 (計算値)

図-12, 13に仮受桁の自由端側の柱付近における直角方向のはりの主応力 (解析結果) を示す。主応力方向はほぼ柱をはさむ短いはりの方向と一致している。

図-14に変形図を示すが、図-8に示した変形と同様な傾向がみられる。

5. まとめ

既設の柱等の拘束が予想される仮受桁の施工に際して 直角方向のはりのコンクリート打設は軸方向のはりのコンクリート打設後約2~3週間経過してから打設すれば 柱の拘束による温度応力はかなり低減できると考えられる。

(参考文献) *小野定, 外: マスコンクリートの硬化熱による熱伝導および熱応力解析システム, 土木学会第4回電算機利用に関するシンポジウム, 1979. 11