

愛 知 県 正 員 飯田正幸
 愛 知 県 大谷永次
 (株) 大本組 正 員 ○ 巢元利博

1. まえがき

橋梁の橋脚においては、マスコンクリートであるがゆえの表面クラックの事故例が、報告されている。¹⁾ 本報告書は、その解明のための一連の実測である。すなわち、木曽川にかかる尾濃大橋 (L = 767.5 m, W = 10.0 m) の橋脚一基について、温度、コンクリート応力、鉄筋応力の測定を行ったものである。

2. 測定の方法

測定する位置は、図-1に示すものであり、ピアース部 (断面; 長径7.5 m, 短径3.6 m, 長さ13.08 m) のうち、水の影響が少なく、長期計測の可能な上半分6.08 mについて行った。測定計器は、温度計 (共和電業製) 19個, 鉄筋計 (共和電業製) 6個, コンクリート有効応力計 (東横エルメス製) 9個である。

3. 測定の結果および考察

3-1 温度について

コンクリートは、10℃～15℃で打設され、なめらかに上昇し、打設後4～4.5日で最大となり、最高温度は中心部で54.6℃となった (図-2)。これによれば、コンクリート表面より2 m以深においては、外気温の影響を、受けていないように思われる。

コンクリート内部の任意の点の温度上昇を推定するには

① 断熱温度上昇曲線を決定し²⁾

$$T = K (1 - e^{-\alpha t}) \quad (1)$$

ここに T: 断熱温度上昇 (℃), t: 経過日数 (日)

e: 自然対数の底, K, α: 係数 ② 熱拡散係数を決定し、シュミットの方法等により、推定することが、可能である。(1)式の係数の決定にあたって、単位セメント量より推定する実験式が、通常用いられる。普通ポルトランドセメント使用の場合

$$K = 5.2 + 0.107C \quad \alpha = 0.43 + 0.0018C \quad (2)$$

であり、この場合の係数は、打設温度20℃に相当するものであり、打設温度13℃に対して補正を行うと、最終的に(1)式は $T = 36.4 (1 - e^{-0.860t})$ となる。

また、シュミットの方法では、分割時間 Δt (日), エレメントの長さ Δx (m), 熱拡散係数

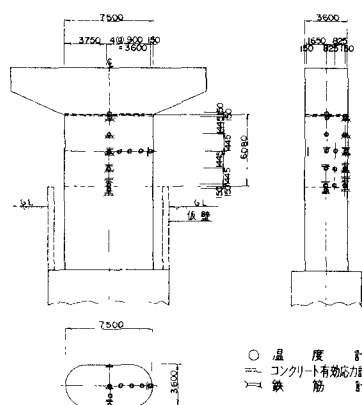


図-1 計器取付位置図

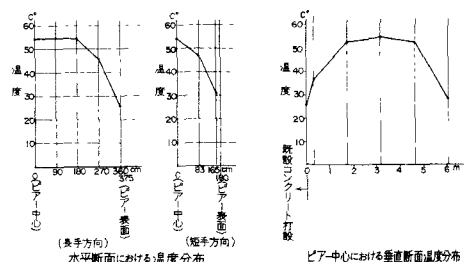


図-2 水平断面および垂直断面における温度分布 (最高温度上昇時)

h^2 ($m^2/日$)の間には、(3)式で示される物理的な条件が、成立しなければならない。

$$\Delta t = (\Delta x)^2 / (2 h^2) \quad (3)$$

熱拡散係数については、 $h^2 = 0.072 \sim 0.129 m^2/日$ の範囲という報告がある。³⁾

これらによって、計算値と実測値を比較したものが、図-3である。その結果は、必ずしもよい一致を示していない。すなわち、最大温度は、中央部で $7^\circ C$ 程度低目を算定していることになる。

3-2 コンクリートの応力について

コンクリート温度の経時変化にともない、コンクリート中には、温度応力が、発生する。温度応力には、断面内の不均等な温度分布に起因する内部拘束応力と、最高温度到達後の温度降下に起因する外部拘束応力とがある。今回、これらを分離する目的で、ゲージを鉛直方向に配置し内部拘束応力のみをとりだす応力計を設置した。このデータをもとに、単位温度変化量に対する内部拘束応力変化量を決定し、それによって、各点の実測応力値を、内部拘束応力と外部拘束応力とに分離した。

測定および検討結果より、以下のことが、推論できる。

1) 応力の経時変化の一般的傾向として、コンクリート表面においては温度上昇とともに、除々に引張応力が増大し、最高温度到達の2~3日後にピーク値(約 $13 kg/cm^2$)に達し、以後は、温度の降下ともない、やや急速に減少する。内部の応力傾向は、この逆である。

2) 断面内平均温度の変化量と内部拘束応力変化量の相関を、図-4に示す。同図の直線の傾きは、コンクリートの線膨張係数、弾性係数、クリープ等による応力緩和係数、拘束度等のすべてを包含した値であり、温度上昇時と降下時における係数の比は、約1:3.5である。

3) ひびわれの発生しやすいコンクリート表面部について、実測応力を内部拘束応力と外部拘束応力とに分離した結果(図-5)によれば、旧コンクリート(外部拘束体)に近い下部には、外部拘束応力の引張成分が認められるが、一般に、内部拘束応力が、卓越している。

3-3 鉄筋の応力について

ひびわれ発生時の、コンクリートと鉄筋の応力分担をみるために計画したが、ひびわれの発生がなく、表面部コンクリート応力と同一の傾向を示した。

参考文献 1) 立田大橋の橋脚に関する応力及び温度測定結果報告書(鹿島建設技術研究所)

2) 塚山隆一; マスコンクリート工事とひびわれ

3) タムおよび他の大型構造物に用いるマスコンクリート(ACI 207委員会)

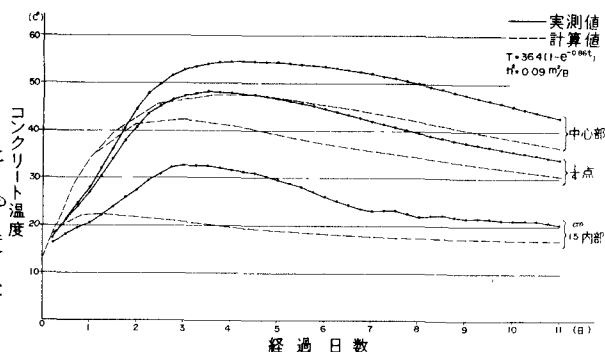


図-3 上昇温度の実測値と計算値

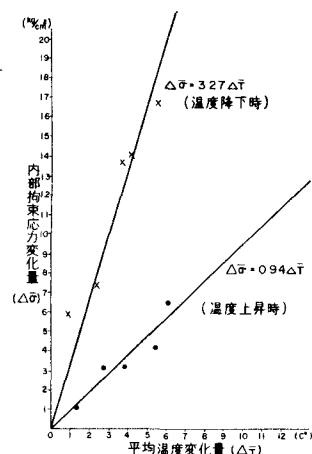


図-4 平均温度変化量と内部拘束応力変化量の関係

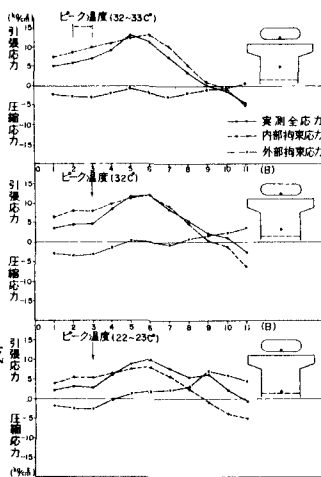


図-5 コンクリート表面部における応力経時変化