

復建調査設計 正員○中山 誠

シ 吉原 康行

1. まえがき

コンクリートは、水・セメント・細粗骨材の混合物であり、その硬化の際にはセメントの水和作用により反応熱が発生する。そしてこの熱による温度上昇のために構造物が重大な影響を受けることもあり、特に最近のマシブな鉄筋コンクリート構造物においては、この影響を無視することはできない。しかしながら現設計指針にはこの種の問題に対する設計・施工への具体的な方針は示されておらず、したがって特定な工事において、調査・検討をおこなうことが必要となる。本報文は、現場での計測結果とそれをモデル化した数値計算結果をもとに、ケーソン中埋コンクリート打設時の温度上昇および温度応力について述べるものである。

2. 計測概要

今回の計測対象となったのは、ケーソンの主構造である吊桁部で、この吊桁部に温度計・コンクリート有効応力計・鉄筋計を設置し中埋コンクリート打設後の測定をおこなった。(図1、図2)

3. コンクリートの断熱温度上昇

一般にコンクリートの断熱温度上昇は近似的に次式で表わされる。

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

上式中、 $K \cdot \alpha$ はセメントの種類・単位セメント量・コンクリートの打込み温度等により決定される定数であり、過去の経験式(参考文献1)等によると今回の中埋コンクリートの場合 $K = 35$ 、 $\alpha = 1.0$ 程度となる。

一方、本解析では中埋コンクリート自身の温度計測をおこなっていないため、吊桁部に設置した温度計の実測値をもとに中埋コンクリートの断熱温度上昇についてこれを逆算した。すなわち中埋コンクリート周辺(エ・作業室スラブ・

吊桁等)をモデル化し、中埋コンクリートの断熱温度上昇定数 $K \cdot \alpha$ を種々変化させ、吊桁部の温度分布について有限要素法による数値計算結果と実測値とを比較検討した。その結果、実測値と比較的よく一致した中埋コンクリート断熱温度上昇式は

$$T = 53(1 - e^{-1.5t}) \text{ (図3)}$$

これは過去の経験式を50%程度上回るものであるが、この原因として(1)コンクリートの種類(2)打設時の状況(2気圧という圧力下での打設)(3)コンクリートの打設量(打設量 2000m^3)等が考えられる。有限要素法による数値計算結果は、温度上昇・下降曲線の形状、ピークに達する時間、温度分布形状などの点で実測値と比較的よく一致しており、中埋コンクリート自身この程度の温度上昇があったものと推定される。

図1 ケーソン断面図

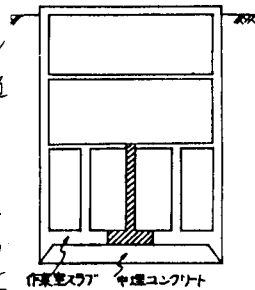


図2 計器配置図

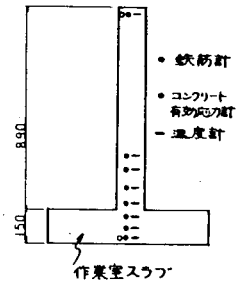
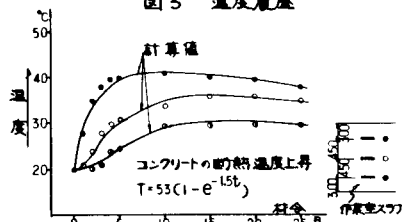
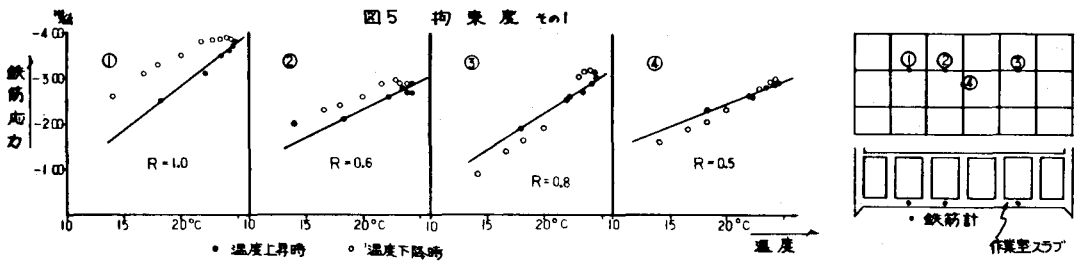
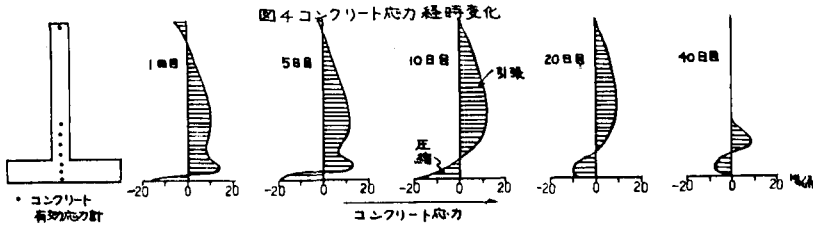


図3 温度履歴



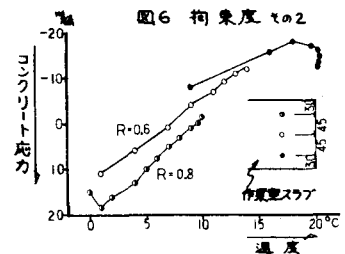
4. 温度応力および拘束度

中埋コンクリート打設後のコンクリート応力の経時変化を図4に示す。中埋コンクリート打設直後作業室スラブ下側(中埋コンクリートに接する面)で圧縮力が生じ、これに釣り合うためにスラブ上側および吊桁中央部で引張力が発生している。そして時間の経過とともに中埋コンクリートの反応熱が吊桁部へ伝達され、それに伴い応力分布状態にも変化がみられる。一方、温度応力を推定する上で最も重要となる拘束度について、今回の計測結果を整理すると図5、図6のようである。鉄筋応力の変化から推定すると拘束度は $R = 0.5 \sim 1.0$ 、コンクリート応力から推定すると $R = 0.7 \sim 0.8$ 程度となり、拘束度としては一般の構造物よりかなり大きいものとなる。これについては、今回の解析対象となった作業室スラブが、一般のスラブや側壁に比べて地中構造となっているため外部拘束が強い状態であったためと推定される。



5. あとがき

中埋コンクリート打設後、中埋コンクリート自身で $40 \sim 50^\circ\text{C}$ 、作業室スラブで $20 \sim 30^\circ\text{C}$ の温度上昇が認められ、これらより中埋コンクリート自身の断熱温度上昇を推定すると $T = 53(1 - e^{-1.5t})$ という結果が得られた。またこれによる温度応力については、最高で $\sigma_s = 700 \text{ kg/cm}^2$ 程度の鉄筋応力(圧縮)が計測され、拘束度についても $R = 0.7 \sim 0.8$ 程度という結果が得られた。ケーソン沈設中の吊桁最大鉄筋応力が $\sigma_s = 1000 \text{ kg/cm}^2$ 程度であったことを考えると、この中埋コンクリート打設による熱応力は単に2次応力として簡単に処理されるべきものでもないものと思われる。尚、詳細については講演当日発表する予定である。



参考文献

1. 塚山: コンクリートの断熱温度上昇推定、セメント技術年報XXX (昭和51年)
2. 塚山: マッシュな鉄筋コンクリート構造物の温度ひびわれ発生条件、セメント技術年報XXXI (昭和52年)
3. 泉, 他: マッシュな鉄筋コンクリート構造における温度ひびわれ、コンクリート工学 Vol.16, No.8