

コンクリート打設時の温度上昇と温度応力について

復建調査設計 吉浪 康行

○ , 中山 誠

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、特に最近のマンション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なされておらず、したがって特定の工事において、調査・検討をおこなうことが必要となる。

本報文は、大型ケーソンの中埋コンクリート打設後におけるコンクリート温度・コンクリート応力等の計測結果および数値計算結果をもとに、コンクリート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. コンクリートの断熱温度上昇

コンクリートの断熱温度上昇特性を知ることができれば、実際の施工時における温度変化を推定することができ、しかし、現場計測をおこなう場合、完全な断熱状態を得ることは非常に難しく、また本計測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。そこで本解析では、吊桁部に設置した温度計の計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、それと過去の経験式による結果とを比較することにする。

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・単位セメント量等により決定される定数であり、過去の経験式によると今回の中埋コンクリートの場合

$$K = 35, \quad \alpha = 1.0 \quad \text{程度となる。}$$

一方、右図に示すように中埋コンクリート周辺（土・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 $K \cdot \alpha$ を種々変化した吊桁部の温度分布について、有限要素法の計算結果と実測値とを比較検討した。

その結果、実測値に比較的良好一致した中埋コンクリートの断熱温度上昇式は

$$T = 53(1 - e^{-0.5t}) \quad \text{であった（図3）}$$

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 2000 m^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・降下曲線の形状、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良好一致しており、中埋コンクリート自身この程度の温度上昇であったものと思われる。

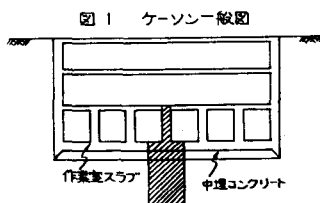


図2 解析対象面

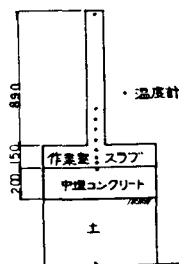
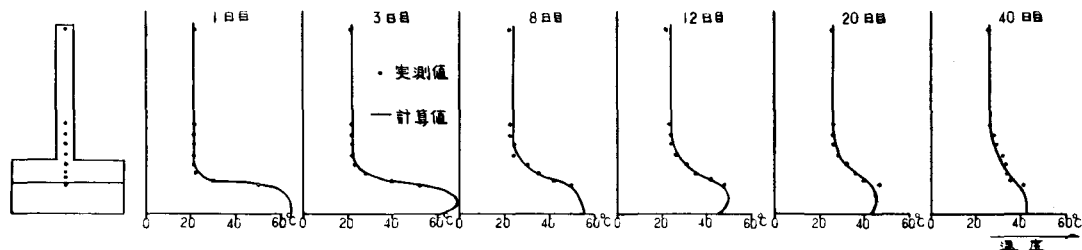


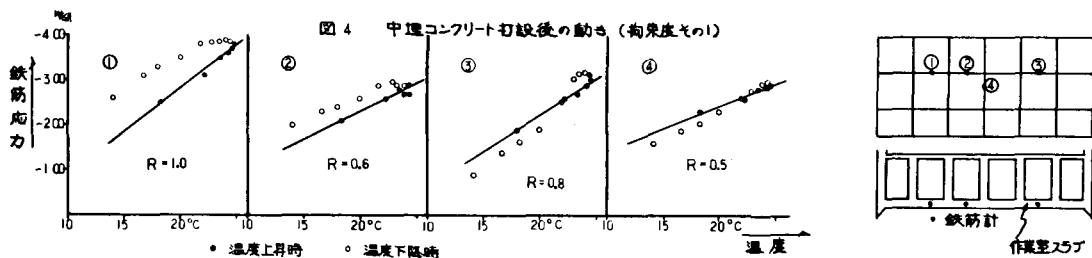
図3 実測値と計算値との比較



3. 温度応力

一般に温度応力とは物質の温度上昇に伴う体積膨張に何らかの拘束を加えることによって生ずる応力という。コンクリートの温度変化に伴う生ずる作業室スラブの温度応力を大別すると、外的な拘束に基づく応力および内的な拘束に基づく応力の二通りが考えられる。前者は温度上昇による作業室スラブの体積膨張を、側壁等が拘束することによって生ずる応力を意味し、後者は作業室スラブ内に生じた不均一な温度分布により生ずる応力を意味する。

しかしながら、実際にはこれらが同時に存在し互いに影響を及ぼし合うため、これを分離して取り扱うことは困難となる。今回の計算結果を整理し、温度と応力の関係より拘束度についてまとめると図4、図5となる。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 $R=0.7 \sim 0.8$ 程度となり一般の構造物よりもかなり大きいものとなる。これに関しては、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物となっているため外部拘束が強い状態である。ためて推定される。



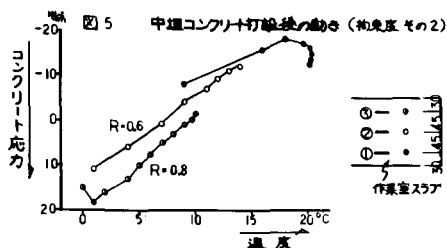
4. まとめ

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、今回の解析結果から中埋コンクリートの断熱温度上昇式を推定すると、

$$T = 53(1 - e^{-0.5t})$$

が得られた。また温度応力に関しては、吊桁下端鉄筋応力が最高 $\sigma_s = 700 \text{ MPa}$ 程度の圧縮応力が認められた。一般に吊桁下端部はケーソン沈設中にあって引張応力の発生する場所であり、この圧縮応力は結果的には応力を緩和することになった。しかし、中埋コンクリート

打設時の温度応力を単に2次応力として簡単に処理することには問題があるものと思われる。



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：マッシブ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：マッシブ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