

電力中央研究所 正会員 ○山川秀次

電力中央研究所 正会員 笠原 清

電力中央研究所 正会員 小林精一

1. まえがき

マスコンクリートの温度応力に起因するひび割れ制御は、コンクリート構造物の大型化に伴い重要な問題となっている。マスコンクリートの温度応力を解析的に推定するためには、その前提としてコンクリート各部の温度分布を精度よく求める必要がある。コンクリートの温度は、一般に与えられた伝達境界条件を満足するように熱拡散方程式を解けば求まるが、熱伝導率等の熱定数は前もって実験等で求めておく必要がある。従来、マスコンクリートの熱伝導解析において重要な熱定数の一つである熱伝達率を実験結果より推定する場合、一般に定常時のコンクリート躯体の温度勾配と雰囲気温度との熱収支よりこれを求めてきた。本研究は、前報で報告したマスコンクリート用熱伝達率試験装置を用いて、コンクリート内部の任意点における温度を実測し、非定常熱伝導解析結果より求めた熱伝達率と、定常状態における温度勾配と雰囲気温度との熱収支より求めた熱伝達率とを比較し、熱伝達率試験方法の問題点について明らかにすることを目的としたものである。

2. 試験概要

コンクリートの熱伝達率測定用供試体の寸法は、 $500 \times 200 \times 3000$ mm (高さ×幅×長さ) の柱体供試体であり、温度測定用として、コンクリート打設時にC-C熱電対を図-1および図-2に示すように、3断面A, B, Cにそれぞれ10本、20本、30本づつ埋設した。この供試体は、熱伝達率測定試験中4側面を断熱材で覆われており、上下方向面のみ熱流が生じるようになっていた。本研究では、コンクリート構造物に高温負荷が作用することを前提として、コンクリート供試体下面をほぼ一定温度(約 40°C)の空気にふれさせ、ダクト内設定温度を約 60°C とし、一定温度、一定流速、一定湿度の空気を循環させた。ダクト内温度および湿度は定期的な測定により、常に一定であることを確認し、流速は熱線流速計を用いて測定した。また、本試験では、ダクト内雰囲気の流れを 0.5 m/s, 1.5 m/s および 3.0 m/s の3ケースについて実験を行い、それぞれの流速におけるコンクリート内部の温度を、埋設した熱電対を温度多点記録装置に結線し、非定常過程も含め実測した。

3. 試験結果

解析に用いる熱定数を求めるために、熱伝達率測定試験用供試体と同配合のコンクリートを用いて熱定数試験を実施した。

熱定数試験結果は表-1に示すとおりである。

熱伝達率測定試験では、3ケースとも試験開始後ほぼ75時間から96時間で定常状態に達した。また、コンクリート断面の温度勾配はダクト内流速の増大に伴い大きくなり、熱伝達率の値が流速の変化に非常に大きく左右されることが確認された。

本試験で行った3ケースの試験結果について、試験開始から定常状態に達した96時間後の断面の温度勾配よ

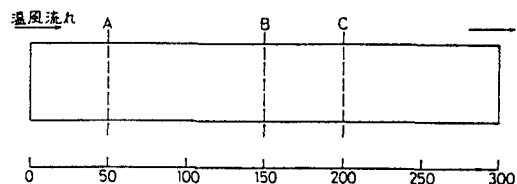


図-1 熱電対埋設位置

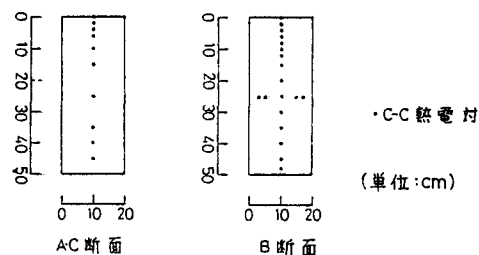


図-2 熱電対埋設位置

表-1 熱定数試験結果

熱伝導率 ($\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{C}$)	熱拡散率 (m^2/h)	比熱 ($\text{kcal/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$)
2.631	0.00311	0.366

り、従来の定常解析における理論式(1)を用いて、ダクト内のコンクリート表面での熱伝達率を求めると、風速0.5 m/sでは約4 kcal/m²・h・°C、風速1.5 m/sでは約10 kcal/m²・h・°C、風速3.0 m/sでは約15 kcal/m²・h・°Cであった。

$$K \frac{\partial \theta}{\partial x} = \alpha (\theta - \theta_0) \text{ ---- (1)}$$

ここで、K:熱伝導率(Kcal/m・h・°C)、 θ :コンクリート表面温度(°C)、 α :熱伝達率(Kcal/m²・h・°C)、 θ_0 :(雰囲気温度)

3. 非定常熱伝導解析結果による検討と考察

図-3、図-4、図-5は、ダクト内の風速0.5 m/sにおける熱伝達試験結果と解析結果とを比較したものであり、それぞれ定常時(96時間後)の温度分布、およびダクト内のコンクリート表面よりス5cm、ス5cm(断面中心)の代表点における温度の経時変化を示したものである。本研究では、実測値と解析値とを定常時、ならびに非定常過程も含めて比較することにより、熱伝達率を従来の方法より厳密に求めたものである。これによれば、ダクト内風速が0.5 m/sの場合には、ダクト内のコンクリート表面でのコンクリートの熱伝達率はス5 kcal/m²・h・°Cであり、同様に風速1.5 m/s および3.0 m/s では、それぞれ6 kcal/m²・h・°C、11 kcal/m²・h・°Cであった。図-4の解析値Dは、ダクト内風速が試験開始後約15時間までの間に漸減したため、解析上この現象を簡略化し、試験開始後1ノス時間後に熱伝達率を最初に仮定したス5 kcal/m²・h・°Cからス5 kcal/m²・h・°Cに変化させたものである。このため、解析値Dに試験開始後1ノス時間から1ノス時間の間で若干の温度降下が生じた。

本研究の主旨より求めた熱伝達率は、上記の定常理論式から求めた値に比べ、いずれも低い値であった。それは、熱伝達率を温度分布のみから推定する場合には、図-3より明らかのように、解析上の熱伝達率をス~3 kcal/m²・h・°C変化させても断面内温度分布には、明瞭な差が生じにくく、この結果として、定常理論式を用いる場合には、実測上の誤差が、熱伝達率の推定値に大きな影響をおよぼしていると考えられ、このため、非定常解析結果より求められる値と異なった値になったものと判断する。

本研究において求めたダクト内のコンクリート表面でのコンクリートの熱伝達率と風速の関係を図-6に示す。

4. 参考文献

1) 笠原清, 阿部博俊, 田辺忠顕: マスコンクリート用熱伝達率試験装置の製

作について、第36回土木学会年次学術講演概要集(サース), 1981 図-6. 熱伝達率と風速の関係

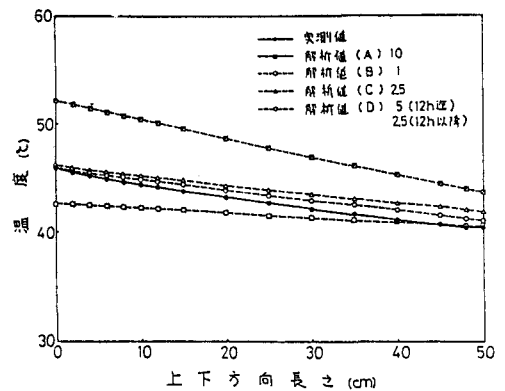


図-3 上下方向温度分布

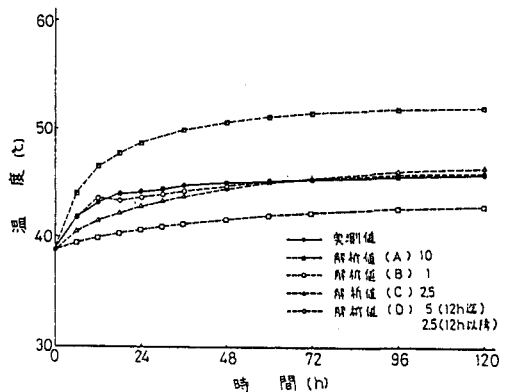


図-4 温度経時変化

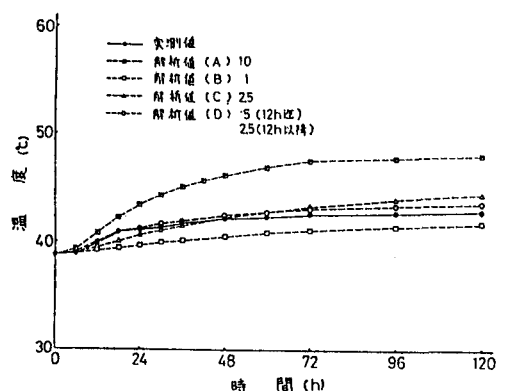


図-5 温度経時変化

