

V-356

コンクリート躯体温度に及ぼす気象現象の影響評価

東京電機大学 学生会員 高橋 誠二
西松建設(株)技術研究所 正会員 西田 徳行
西松建設(株)技術研究所 正会員 椎名 貴快

東京電機大学 フェロー会員 松井 邦人
The University of Iowa T. F. Smith

1. はじめに

セメントの水和熱により躯体内に生ずる非線形な温度分布は、ひび割れの一原因である。一般に温度解析は、コンクリート表面の熱収支を対流熱伝達のみと仮定して行っているが、野外にある構造物では日射、放射熱等による熱収支が存在し、影響を無視する事ではない。

本研究では、境界条件の異なる6種類の試験体を製作し、屋外にて気象ならびにコンクリート躯体温度を観測した。この結果から放射熱が躯体温度に及ぼす影響について述べるものである。またコンクリートの各種特性値に及ぼす影響を逆解析手法によって検討する。

2. 放射熱を考慮した温度解析

示方書に記載される時間依存の発熱モデルを用い、地盤上にコンクリートが打設されたとき、着目点の温度と時間の関係は次式のようになる¹⁾。

$$\rho_c c_c \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \dot{Q} \quad (1)$$

$$\dot{Q} = \rho_c c_c Q_\infty \gamma e^{-\gamma t} \quad (2)$$

$$k \frac{\partial T}{\partial x} + q = 0 \quad (3)$$

ここに $Q_\infty \gamma$ は発熱モデルのパラメータである。大気とコンクリート躯体表面での境界条件は式(3)で与えられる。 q は躯体表面における熱流束であり、対流伝達 q_{con} 、全天日射 q_{sol} 、天空放射 q_{sky} 、水分蒸発の気化熱による熱損失 q_{evp} の和となる。

$$q = q_{con} + q_{sol} + q_{sky} + q_{evp} \quad (4)$$

本論文では、式(4)の各項目を把握し、コンクリート躯体温度に及ぼす影響を検討している。

3. 実験概要

試験体作製(打設)、測定開始は11月7日(11時)であり、コンクリート(配合を表-1に示す。)の打込み温度は20℃であった。6種類の試験体の形状寸法および環境条件を図-1、表-2に示す。計測項目を表-3に示す。躯体内部温度測定には熱電対を用い、図-1のように配置した。コンクリート温度をできるだけ正確に測定するため、熱電対は設置用の鉄筋を使用せず、

塩化ビニール管を通し、定位置から先端部分を出す。管内は発砲ウレタンで充填した。温度の測定は30分間隔、気象に関する計器は6秒間隔のスキンを30分間平均で出力している。

4. 実験結果と考察

表-1で示した境界条件で測定したコンクリート躯体内部の温度履歴を、図-2に示す。

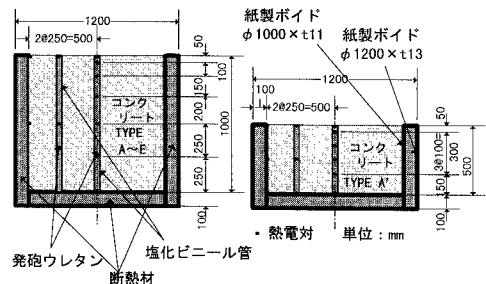


図-1 熱電対配置図(中央断面)

表-1 コンクリート配合

W	C	S	G	Air [%]	Slump [cm]
164	328	819	983	4.5	12

C: 普通ポルトランドセメント, 比重 3.16

呼び強度 30[N/mm²]

表-2 試験体環境条件一覧

TYPE	影響項目			コンクリート表面の熱収支			
	日射	風	水分逸散	q_{con}	q_{sol}	q_{sky}	q_{evp}
A, A'	○	○	○	○	○	○	○
B	×	○	○	○	×	○	○
C	×	×	○	○	×	○	○
D	○	×	×	○	○	○	×
E	×	×	×	×	×	×	×

表-3 計測項目

コンクリート温度 [°C]	気温 (乾球温度) [°C]
風向風速 [m/s]	降雨量 [mm]
露点温度 [°C]	全天日射量 [kW/m ²]
相対湿度 [RH%]	地面反射率(アルベド)
赤外放射量 [kW/m ²]	熱流計 [W/m ²]
コンクリートの断熱温度上昇量 [°C]	
コンクリートの圧縮強度 [N/mm ²]	

キーワード: 放射熱, 気象現象, 熱収支, コンクリート, モデル実験

連絡先: 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 TEL 0492(96)5731 内線(2734)

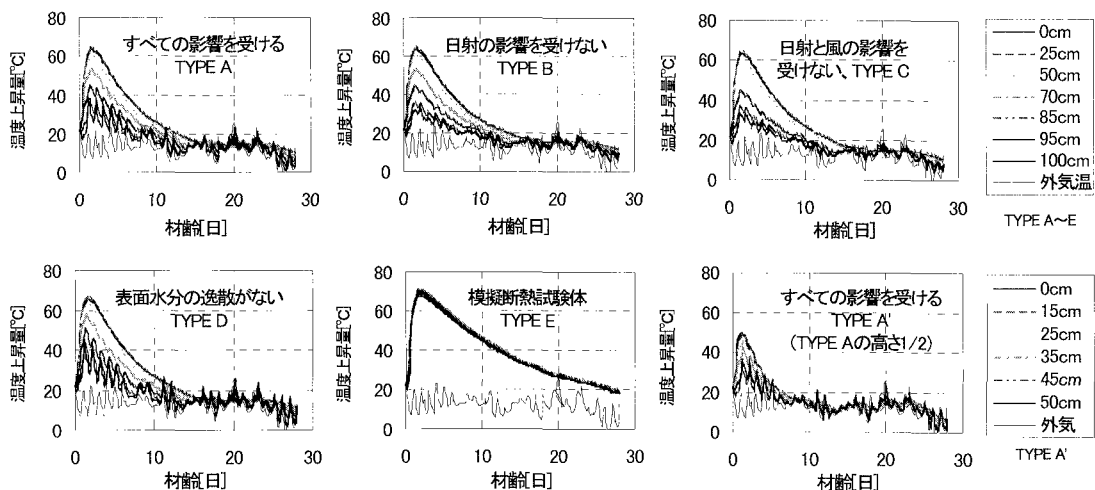


図-2 温度履歴

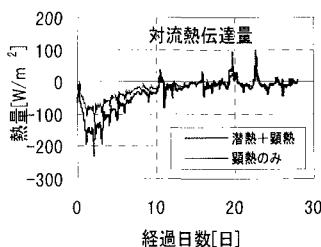


図-3 対流熱伝達量

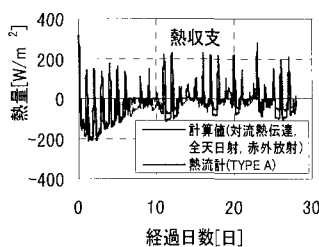


図-4 熱収支

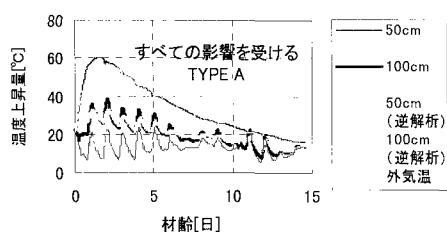


図-5 逆解析値との比較

TYPE E を除いた試験体では，表面部の温度履歴が外気温の上下に伴って，変動が見られる。

式(4)の各項目を TYPE A の実測データに基づき検討した。対流熱伝達についての式は，幾つか示されている。本実験ではコンクリートを無養生としているため，コンクリート表面の熱収支は，実際に熱流計で測定した値と顕熱のみ考慮した式より求めた対流熱伝達量を用い，全天日射量，赤外放射量をあわせた熱収支量と，近似している。また実測データを用い，表-4の解析条件の基で逆解析を行った。表記したパラメータは，別途実施した断熱温度上昇試験結果を用いている。境界条件としては，従来通り対流熱伝達のみとし，高さ 50cm, 100cm で温度の変化を測定値と比較した。図-5 に示す。

5. 結論

本実験結果より，以下の事が明らかになった。
全天日射による熱収支の絶対値は常に大きいが，若材齢期間には他の熱収支が大きい。気象現象の影響はこの期間に強く現れる。また逆解析結果をまとめた図-5

表-4 初期値と同定結果

TYPE A	K_e	Q_{in}	γ	C_e	α_e
初期値	2.3	51.56	0.914	0.28	12.8
同定値	3.449	59.56	0.993	固定	16.5

より，初期材齢期間では，解析値が測定値よりも低く同定された。この理由として，境界条件を対流熱伝達のみと仮定したことが原因で，温度上昇量が制限されてしまったと考えられる。

今後としては，コンクリートの養生を行った場合の温度を精度良く予測するため，熱収支に関する気化熱の影響を検討する。温度応力解析を行う過程において，従来の対流熱伝達のみと仮定するのではなく，全天日射，天空放射，水分蒸発の気化熱による熱損失等も，考慮した温度予測解析の手法を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 松井邦人, Smith, T.F., 西田徳行, 椎名貴快
：輻射熱を考慮したマスコンクリートの温度解析，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 18, No, pp. 1281-1286, 1996. 6