

日本大学 〇竹内 十三男
 " 柳内 陸 人
 " 山本 高 義

1. はじめに

近年、エレクトロニクス技術の急速な発達に伴い、常温物体の表面温度を赤外線センサにより測定し、その測定結果を観察するためにコンピュータを利用した画像処理装置が開発されたことにより、面的な温度を定量的に、しかも視覚として捉えることができるようになった。本研究は、この赤外線センサを用いてモルタルの熱伝導の様子を量的ならびに視覚として捉え、その物性について述べるものである。



写真-1 赤外線センサによる表面温度測定状況

2. 赤外線データから観測温度への変換

本研究で使用した赤外線センサはスウェーデンAGA製サーモビジョンである。このセンサは測定物体表面から放射し、大気を伝播してきた赤外線を光子計量検知器により電気信号に変換して検知する。写真-1に赤外線センサによる供試体の表面温度測定状況を示す。赤外線センサにより測定される放射量は、測定物体の放射量、測定物体の反射による放射量、ならびに大気による放射量の合計でこのセンサが放射量とサーマル値が線形として検知する光子計量検知器を持つ事により、次式から測定物体表面の観測輝度温度を得ることができる。

$$I_o' = \tau_0 \cdot \epsilon_0 \cdot I_0 + \tau_0 (1 - \epsilon_0) I_a + (1 - \tau_0) I_{atm}$$

ここに、

I_o' : 測定物体表面から大気を通して受けとった放射量に対応するサーマル値

I_0 : 測定物体温度が t_0 の時の放射量に対応するサーマル値

I_a : 測定物体温度が t_a の時の放射量に対応するサーマル値

I_{atm} : 大気温度が T_{atm} の時の放射量に対応するサーマル値

τ_0 : センサと測定物体間の大気に対する補正值

ϵ_0 : 測定物体の反射率

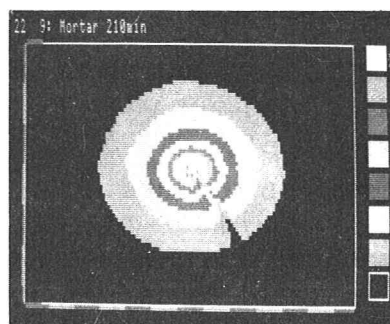


写真-2 a モルタル供試体円形断面の発熱温度分布 (縦置き法)

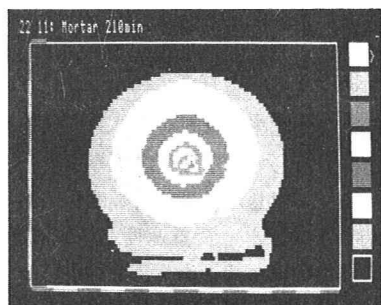


写真-2 b モルタル供試体円形断面の発熱温度分布 (横置き法)

3. 赤外線サンセにより測定されたモルタル表面の熱伝導

赤外線サンセによるモルタルの熱伝導の測定は大気温度を 20.0°C に保ち、直径 15.0 cm 、高さ 30.0 cm の中心軸に発熱体を埋め込んだ円柱供試体に 97.0 V 、 2.5 A の電流を流し、 270 分経過した (この時、発熱体の単位時間、単位長さ当たり供給される熱量は $192.5\text{ cal/s}\cdot\text{m}$ になる)、供試体円

形断面での発熱温度分布を赤外線センサで計測すると共に、供試体長さ方向中心で中心軸から3.0 cm, 5.0 cmの位置で熱電対により内部温度を測定

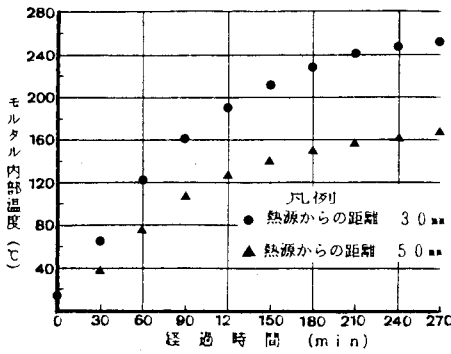


図-1 a 供試体内部温度変化図

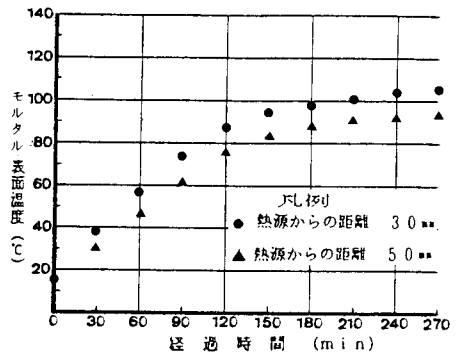


図-1 b 供試体表面温度変化図

した。供試体モルタルの配合はC : S = 1 : 2, W/C = 55.0%, 川砂使用である。写真-2 a は供試体を立てて置いた状態で真上から熱センサで捉えた210分経過時の温度分布を示した。又、温度分布上に現れている割れ目は発熱体に接続している電気コードの様子である。写真-2 b は供試体を横に置いた状態で真横から赤外線センサで捉えた210分経過時の温度分布を示した。写真は表面温度をいくつかの温度帯に分割して、それぞれ白黒濃度スライスで表示してある。写真からも明らかな通り、供試体を立てた状態では等温度線はほぼ同心円の状態を示しているが、供試体を横に置いた状態での円形断面の温度分布は等温度線が同心円を描かず、縦長の歪んだ状態を示しており、温度の伝達が上向きに強く働く状態が視覚として捉えた興味ある画像である。

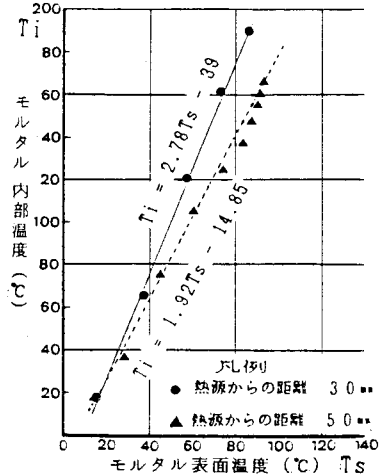


図-2 供試体表面温度と内部温度との関係

4. 測定結果および解析

写真-2からも明らかな温度分布に歪みの無い状態を例にとり供試体を立てた状態で供試体中心軸から半径方向3.0 cm, 5.0 cmの位置における熱電対で測定した内部温度と赤外線センサで測定した表面温度の経時変化をそれぞれ図-1 a, 1 bに示した。図-1の測定結果を基に表面温度と外部温度との関係を求めると図-2ようになる。図-1 a, 1 bを比較しても判る通り、供試体表面では空気中への放熱があるため内部ほど発熱温度は上昇しない。しかし、内部温度と表面温度との関係は図-2から明らかなように一価関係にあることから、内部温度の経時変化が表面温度から推定することが可能であり、表面温度分布画像が内部温度の伝導状況を示していることは明らかである。従って、供試体を立てた状態と横に置いた状態で、供試体円形断面の温度分布形状が違うことが本研究で確かめられたことになる。当然、供試体内部でも同じ状態になっていることが考えられることから、例えば、熱電対による内部温度測定により算出されている熱伝導率の算定率を例にとっても、その測定位置によりばらつきが出ることが予想される。表-1に円形断面の中心を原点として縦、横軸方向の測定点での熱伝導率を算出した結果を示した。

表-1 測定位置の違いに対して算出した熱伝導率

測 線		縦 軸		横 軸	
		上 側	下 側	左 側	右 側
表面温度 測定値 (°C)	中心軸より3.0 cm	118.0	107.0	112.0	107.0
	中心軸より5.0 cm	104.0	89.7	96.1	91.2
内部換算 温度 (°C)	中心軸より3.0 cm	286.9	256.4	270.2	256.4
	中心軸より5.0 cm	183.9	156.6	168.8	159.4
温 度 差 (°C)		103.0	99.8	101.4	97.0
熱 伝 導 率 (cal/m·hr)		0.517	0.534	0.525	0.549