

V-193

コンクリートの熱拡散の異方性に関する実験的研究

日本大学 正会員 竹内十三男
日本大学 正会員 柳内 睦人
日本大学 正会員 山本 高義

1. はじめに

すべての物体は、その物体表面温度と表面状態に関連した赤外線領域の電磁波を放射しており、電磁波を赤外線センサにより測定し、物体のおかれている状況の微妙な変化の映像を作ることができる。本研究は高温下におけるコンクリートの表面温度を面的にとらえ熱拡散の異方性について実験的に確かめ検討したものである。

2. 実験概要

コンクリートの高温下における熱拡散の様子を見るための供試体はモルタル、普通コンクリートおよびAEコンクリートの3種類であり、その配合を表-1に示す。供試体作成に使用した材料は、普通ポルトランドセメント（比重3.17）、鹿島産川砂（比重2.64、粗粒率2.61）、同産陸砂利（比重2.58、粗粒率7.40）であり、供試体の作成はJISA1132に準じて行った。供試体の中心軸に沿って埋設した発熱体で熱せられた筒状供試体を横置きにし、その円形断面内の熱分布を3.0～5.6μmの応答

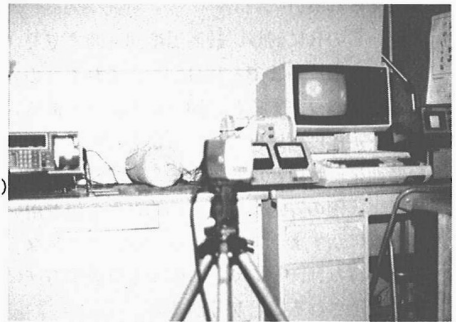


写真-1 赤外線センサによる測定状況

表-1 配合表

供試体の種類	最大骨材寸法 (mm)	w/c (%)	s/a (%)	C:S	スランプ (cm)	フロー値	空気量 (%)	単 位 量 (kg / m ³)				
								W	C	S	G	AE剤
モルタル	5	55	—	1:2	—	246	—	339	616	1232	—	—
普通コンクリート	20	50	45	—	7.8	—	2.2	160	320	852	1017	—
AEコンクリート	20	47	45	—	8.5	—	4.8	140	298	853	1019	0.745

波長域を持つ赤外線センサにより測定を行った（写真-1参照）。供試体を横置きにして測定する意味は、供試体を横置きにしてその円形断面での熱分布を測定すると熱の鉛直方向および水平方向の拡散の様子が観察できる。測定は強制対流された温度20℃、湿度60%の恒温恒湿室内で、コンクリートがさらされている周辺状態を一定に保ちながら、コンクリート内部の水分による影響を考慮して供試体を湿潤（所定的水中養生をした供試体）および絶乾状態（所定的水中養生後、110℃の乾燥器内で48時間乾燥した供試体）のものにて行った。また、発熱体によるコンクリートへの供給熱量は約180kcal/s・mで、内部温度変化が図-1に示すような定常状態になった時点で測定を行った。

3. 測定結果

写真-2に赤外線センサでとらえた表面温度分布画像の一例（モルタル）を示した。画像は温度の高低を白黒濃度に換算して画像出力させた映像で、白黒濃度の境界線が等温度線を示す。表-2に各供試体円形断面の中心から鉛直および水平方向線上の温度変化から算定した平均温度と温度勾配を示した。

図-2に赤外線センサにより測定された表面温度のデータを基に作図した乾燥状態の各供試体の等温度線図を示した（図中に等温度線のゆがみ程度を知るために供試体中心を中心とする円を点線で記入してある）。

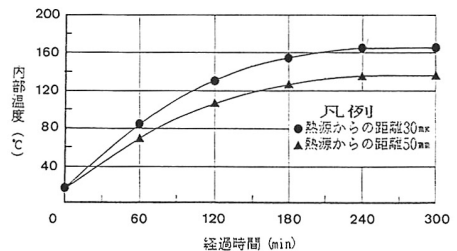


図-1 内部温度変化図（普通コンクリート・絶乾）

表-2 各供試体の平均温度および温度勾配

供試体	含水状態	熱量 (kcal/s・m)	表面温度測定値(℃)							
			水平方向左側		水平方向右側		鉛直方向上側		鉛直方向下側	
			平均温度	温度勾配	平均温度	温度勾配	平均温度	温度勾配	平均温度	温度勾配
モルタル	絶乾	178.6	91.5	-0.682	87.8	-0.695	95.4	-0.637	90.4	-0.612
	湿潤	175.0	80.5	-0.445	80.4	-0.469	83.2	-0.438	81.9	-0.400
普通	絶乾	178.6	97.3	-0.536	94.1	-0.573	105.4	-0.521	98.4	-0.514
	湿潤	176.6	88.7	-0.433	92.2	-0.477	94.7	-0.490	92.1	-0.460
AE	絶乾	178.6	86.2	-0.410	88.8	-0.413	91.0	-0.338	87.8	-0.317
	湿潤	182.5	91.6	-0.373	90.4	-0.382	92.3	-0.480	88.4	-0.437

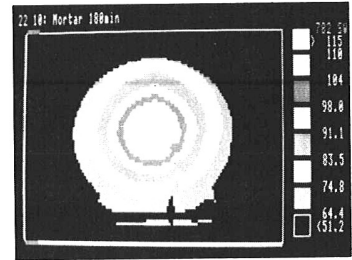


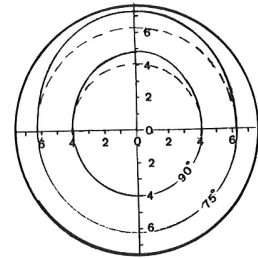
写真-2 モルタル供試体の発熱温度分布

4. 考察

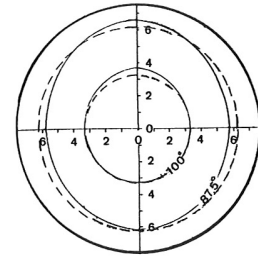
写真-2に示した画像は、赤外線センサで測定された供試体表面の縦3.57mm、横2.08mmのメッシュ交点上の温度をディスプレイ上の輝度値に変換し、任意の温度は幅（画像右側に表示されている値）で濃度スライスして画像出力したもので、外側が温度が低く、内部では高い横置きモルタル供試体における円形断面内の温度分布を示している。右下の温度分布が乱れている部分は発熱体に接続している電気コードによるものである。

画像から濃度変化境界線が示す等温度線が同心円を描かず、僅かではあるが上方にゆがんでいる様子が明瞭に判読される。この画像は本研究で記述した測定法によりコンクリートにおける熱拡散の鉛直方向と水平方向の異方性が視覚として現実にとらえることのできることを示したものである。写真-2で示されるような発熱源を中心として放射状に熱が拡散してゆく様子を示す画像からわかる熱の伝導は、コンクリート内の熱移動と内部の水分による物質移動が相乗されている。コンクリート内部に空隙が多いと熱移動が阻害されて熱伝導率は小さくなる。この現象は表-2に示された空隙混入率の異なるモルタル、普通コンクリートおよびAEコンクリートの乾燥状態における水平方向の温度勾配の大小の違いに現れている。すなわち、各供試体を比較するとAir混入率の大きいAEコンクリートの温度勾配が最も大きく（熱伝導率が小さい）、普通コンクリートが中間（熱伝導率が両者の中間）そして混入率の小さいモルタルの温度勾配が一番小さく（熱伝導率が大きい）になっている。また、コンクリートが湿潤状態であると空隙が水分で満たされ熱移動が良いため乾燥状態に比べて熱伝導率が大きくなる。この現象も含水状態の異なる各供試体の水平方向の温度勾配の大小の違いに現れている。また、鉛直上下方向の平均温度および温度勾配を見ると、いずれの供試体においても鉛直上下方向の平均温度は下方向の温度より高く、温度勾配は小さい（熱伝導率が大きい）。図-2から等温度のゆがみはモルタルが最も大きく、普通コンクリート、AEコンクリートの順で小さくなっていることがわかる。

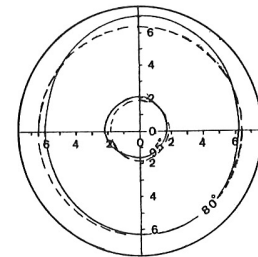
以上の両観測結果から、鉛直上向き方向の熱移動が他方向より大きいという熱伝導の異方性があり、コンクリートにおいてはその異方性は空隙の多いコンクリートほど小さいと言ったことがわかった。この現象は供試体が乾燥状態でも湿潤状態でも見られ、両者を比較すると多少湿潤状態の方が大きい。



（モルタル・絶乾）



（普通コンクリート・絶乾）



（AEコンクリート・絶乾）

図-2 各供試体の等温度線図