

VI-206

気温変化を利用した非破壊検査

日大 正員 坪松 学

この研究は気温変化を利用して壁面の表面温度データから壁面表層や内部の材質や構造に関する情報を得る方法について述べたものである。対象が屋外にあり直達日射が熱エネルギーとして利用できるような場所では十数cmの壁面厚に対し1cm程度の違いを表面温度の相対的な違いとして識別出来る。また材質の熱伝導率や熱容量の周囲との違いが数%であっても表層近ければ、その部分の識別が可能である。このことに関し、この場を借りて何回か述べてきた。しかし太陽の直達日射があたらない屋内の壁面や北半球での北向きの壁面、影の起こるような場所や入射光に対し様々な角度をもつ壁面などでは識別しにくかったり、同一精度での識別が難しい。そこで気温の表面温度への影響を利用し、このような場所での識別を行なうことを検討し良い結果を得ることができた。

表面温度を用いて識別する原理的な考えはすでに何度か述べているが、表面の温度やその経時変化は物質の熱特性、ひいては材質や構造と関係する値であることによる。今回物質表面への熱エネルギー源として気温を用いたが、その特徴は（1）エネルギー的には日射より小さいが識別に必要な熱エネルギー強度変化が気温の日変化としてあり（2）気温は広い範囲で一様で、したがって影が起らず、また壁面の向きや勾配による壁面へのエネルギー密度が異なることもない。（僅かな熱特性の違いの識別が可能）（3）気温変化は色々な気象条件や夜間にも存在し、屋内では暖冷房などによりより大きな気温変化をつくることが可能である。などである。

実際に物質表面と大気温との間の熱のやりとり大きな影響を与える伝熱量を自然対流として近似計算した一例を図-1に示す。一般的な垂直壁面と大気温との間の熱エネルギーの伝熱に関して、気温を10℃とし、壁面温度をパラメータに無風として計算した結果から判るように無風であつてもかなり熱エネルギーの移動があることが判る。

表面温度を観測した例を示したのが図-2、3で、図-2は屋内で厚さ200mmのコンクリート壁面の表面から5mmおよび80mmのところに5mmの間隙のある実験試料の表面温度の経時変化を比較してある。上段はその時の気温変化を、下段は双方の壁面の温度差および気温の上下変化に対する表面温度変化の特徴を示す。気温の日変化はゆっくりでまた双方に間隙があることから表面の温度の違いは必ずしも大きくはないが5mmと80mmの表面の温度差の正負は気温変動と相対的に関係していることがわかる。つまり気温の上昇や下降による表面温度の上昇下降率は当然熱容量の少ない方が大きく、とくに気温変化の初期に顕著である。

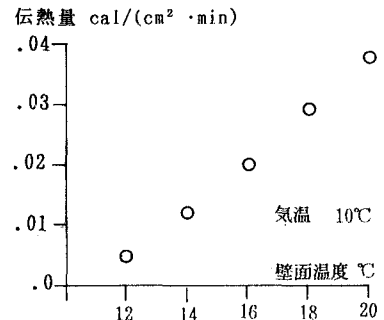


図-1 壁面と大気との伝熱量

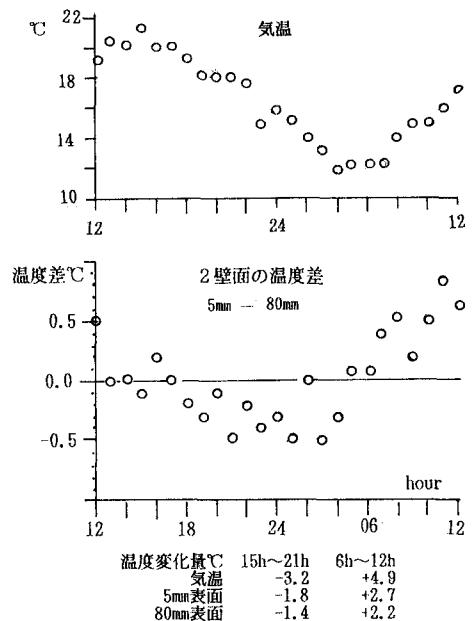


図-2 表面温度 順に気温、5mm、80mm 表面の温度差の経時変化と変化量

図-3は壁面の表面温度変化を熱映像装置を用いて映像として表したもので、上段に示すコンクリート壁面の平均厚は約180mm、そのほぼ中央に百数十mm幅（斜線部分）で表面から深さが10～20mmの所に空隙つまり剥離が生じている。気温変化は暖房を利用して中段に示すように短時間に大きく変化させた。下段は壁面の温度の経時変化を色で示したもので同一画面内では白いほど温度が高く一つの濃淡の違いは1℃に設定してある。写真の番号は気温変化に示した番号の時刻に撮影したものである。（1）長い間比較的同じ気温が続いた後で表面温度の場所毎の違いは少ない。（2）（3）室温上昇により熱特性の違いの影響が現われ内部に空隙のある部分は周囲と比べ温度が高くなる。（4）室温が上昇から下降に変わり熱容量が小さい部分が冷めやすく（5）やがて均一になり（6）気温の降下にもとない熱容量の小さい部分は周囲より温度が低くなる。これらの現象が写真からよく識別されることが判る。

どの程度識別出来るかは気温変化の状態や対象とする部分の周囲との熱特性の違いの程度やその広さによる。剥離などによる空隙が壁厚に対し表層に近く、またその面積が広いほど識別は容易である。気温変化に関しては気温の上昇と降下があり、時間当たりの変化率が大きいこと、そして物質内部が複雑な温度分布にならないよう気温が短い周期で変化しないことなどである。

自然の気温変化の状態について、1991年の札幌、東京、鹿児島県の気象庁のデータから調べた。気温変化は一般に晴れた日に大きいことから、雲量をパラメータに時間あたりの気温の変化量を求めた結果を表-1に示す。雲量は3時間データを按分して用い、各雲量のひと月の時間（%）と時間当たりの気温変化の平均で、気温変化の少ない夜間の値も含まれているが、雲量6以内であればかなり変化があると思われるまた8時や18時前後数時間は1～2℃の大きな変化がある

先に述べたように気温には影がないことや広い範囲で一様であることから屋内や物陰での識別に向いている。さらにデータ収集に放射温度計を用いることによりビル壁面など広い範囲の情報や直接観測しにくいような壁面のデータを離れたところから得ることも可能である。他の非破壊検査方法と比較して識別精度に欠けるが、気温変化の方向（上昇、下降）が変わる前後2時期の関係を調べることや冷暖房を利用することにより識別精度を上げることが可能である。また物質表面から放射される電磁波を収集するので能動的なエネルギー発生装置を必要とせずデータ収集が容易である。したがって自然の気温変化を用いて壁面などの表面温度データから、内部の材質や構造に関する相対的な違いを知ることは有効な手段であると思われた。

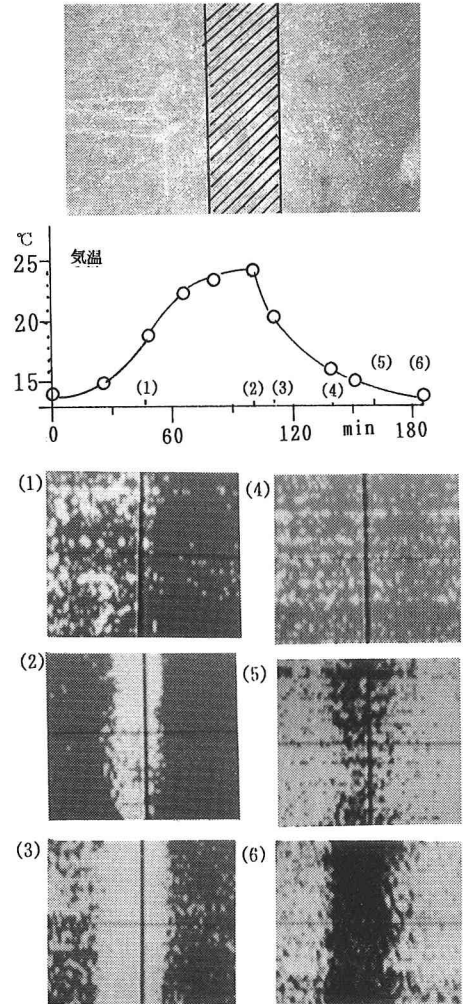


図-3 表面温度写真 上段は気温変化
下段表面温度写真（白い色ほど高温）

表-1 気温変化率の特徴

	札幌			東京			鹿児島		
雲量	0-3	4-6	7-10	0-3	4-6	7-10	0-3	4-6	7-10
1月 %	6.5	7.8	85.8	62.8	12.2	25.0	29.8	13.0	57.2
°C	.62	.59	.51	.89	.61	.44	.87	.61	.52
4月 %	31.7	10.7	57.6	26.3	7.7	65.9	14.7	9.7	75.5
°C	.88	.63	.60	.69	.61	.46	.97	.79	.48
7月 %	7.0	14.5	78.5	5.8	13.0	81.2	9.9	17.2	72.8
°C	.83	.77	.54	.56	.64	.52	.56	.66	.57
10月 %	16.4	15.6	68.0	13.7	8.2	78.1	33.7	10.8	55.5
°C	.89	.93	.57	.59	.43	.36	.84	.74	.52