

VI-169

室温変化を利用した壁面非破壊検査に関する考察

日大・生産 正 坪松 学

物質表面の温度はそこへ与えられる熱的エネルギーの多寡と表面や内部の熱的特性によって決まる。物質表面に与えられる熱エネルギーが場所ごとに違いがなければ、表面温度の値やその経時変化が周囲と異なる場所は、周囲と熱特性、つまり材質や構造が異なっていることを意味する。したがって表面温度の解析から表層や内部の材質や構造の相対的な状態の違いを識別することができる。屋外にある物質表面への熱エネルギーは主に太陽日射で、このエネルギーは広い範囲で均一であり、また一日の変化が大きいことから、熱特性の違いを識別するには都合がいい。日射エネルギーによる表面温度やその変化を温度撮像装置で映像として捉え識別する方法や識別精度、観測条件とともに多くの結果をこの場を借りて何度か発表し、表面温度データは内部状態を知る有効な手段であると述べてきた。当然壁面の向きが場所ごとに異なる、つまり日射量が異なるような凹凸のある壁面や直達日射の当たらない面、影の移動による影響や夜間での観測については問題となるが、観測時刻を考慮したり、識別精度を高くしなければ熱特性の違いを知ることは比較的可能である。このことは日射だけでなく天空光や気温のエネルギーも熱特性の違いによる表面温度に識別可能な影響を与えていることを意味している。しかし屋内の壁面などをこの方法で識別しようとする場合、日射や天空光の代わりに熱エネルギーは気温だけである。そこで室温を変化させることにより、気温と物質表面との熱伝達や熱放射量を変化させ表面温度から識別することを考え、今回検討を行なった。

エネルギー源として考えた気温の特徴は（１）気温は広い範囲で値が一樣でまた影がないことから壁面の向きや状態に関係なく同一精度で識別出来る。（２）夜間や室内でも観測可能である。（３）自然の気温の日変化の値は小さく、また単位時間当たりの変化量も少ないので高い精度での識別には必ずしも十分な値ではない。などである。

屋外にある物質表面の温度に関係する主なエネルギーは、太陽からの直達日射や大気で散乱や反射されてくる天空光、大気からの熱放射や熱伝達である。参考までに東京近郊で壁面の内部剝離状態の識別に関係する壁面の厚さの違いによる表面温度の違いについて厚さ40mmの表面温度と10mmおよび60mmの壁面温度の差の経時変化を南北面で比較して気温とともに図-1に載せてある。緯度の高いわが国では太陽日射は当然東南西面の順に移動するので順次壁面温度は変化していく。しかし直達日射のない北面であつても天空光や気温からの熱放射や熱伝達などで厚さの違いにより表面温度に違いを生じ時刻によっては違いを十分識別出来る。また表面温度が大きく変化するときほど熱特性の違いが表面温度の違いとして大きく現われ、わずかな状態の違いの識別も可能となる。しかし気温からの熱放射エネルギーは、仮に日変化が大きく気温が20℃から30℃になったとしてもその間の変化量は黒体として計算すると約 $0.006w/cm^2$ 程度の変化しかなく、また一例として図-2上

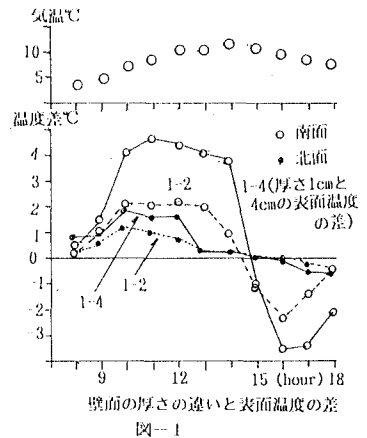


図-1

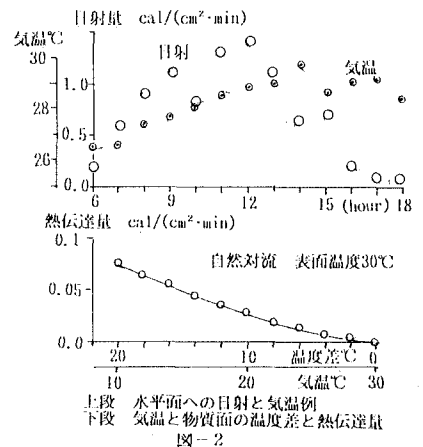


図-2

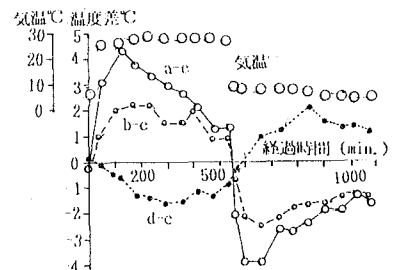
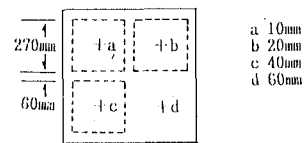
段に地表へくる直達日射や天空光の電磁波エネルギー量の経時変化を下段に計算による大気と物質の間の熱伝達量を、壁面が30℃で気温が色々な値の場合、壁面と大気の間が自然対流として求めている。気温と物質の間の温度差が小さい場合熱伝達量は日射に比べかなり少ないことが判る。

そこで冷暖房を利用して人為的に室温を大きく、また出来るかぎり急激に変化させることにより、熱特性の違いを表面温度に大きく影響させることを考えた。気温による識別の特徴を調べるため、夜間実験室で人為的に大きな気温変化をつくり観測を行なった。資料は表面が一樣な平面で裏面に凹凸のある場所ごとに厚さの異なるコンクリート壁面で裏面や側面は十分断熱されている。この壁面の厚さと表面温度との関係調べた結果を資料の形状とともに図-3に示す。表面の温度が気温に近く、場所ごとにあまり温度差が認められなくなった資料を暖房を利用して急激に室温を上昇させ、図に示してある厚さの異なる4箇所（a=10mm, b=20mm, c=40mm, d=60mm）の温度の経時変化を調べ、厚さ c=40mm を基準にその表面温度と他の厚さの場所との温度の差を気温とともに示してある。室温を変化させるだけで、厚さの違いと表面温度の間には十分識別出来る程の温度差が生じることが判る。同一材質であっても表面形状や内部の状態によって、各部分での単位表面積当たりの熱容量が異なる場合、当然大気と接触している表面積が大きいほど気温の影響を受けやすい。また材質の違いや形状の違いなど多くの実験からも同様な結果を得ることが出来た。また熱伝導率が大きい金属であってもこのことは図-4に示す通り十分識別可能であった。場所毎に太さの異なる連続した約1m金属棒の場所毎の表面温度変化を調べたもので、単位表面積当たりの熱容量が 0.76 cal/cm^2 の部分に対する各異なった太さ（熱容量）の部分の温度の差の経時変化を室温とともに載せてある。

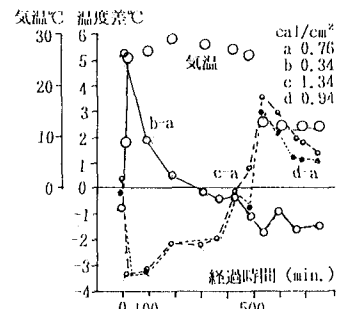
実際の識別方法は日射による識別の論文で述べた表面の吸熱および放熱状態での相対的な温度変化速度、つまり熱容量の小さな物質は大きなものに比べ、熱しやすく冷めやすいことから昇温および降温時の2時期での表面温度の相対的な比較から推測する。

いずれも資料の形状、表面積に対する熱容量などの熱特性が異なるほど、気温変化量が大きいほど、気温の時間当たりの変化率が大きいほど表面温度に大きな違いを得ることが出来る。また熱特性の違いが小さなものや複雑な形状の識別には初期条件として資料表面や内部の温度に差が少ないことが当然必要であった。室温の変化には、大型の冷暖房装置の利用や外気導入でこの二つの状態（昇温状態と降温状態）をつくることは容易である。また表面温度データは放射温度を利用した熱画像装置により広い範囲のデータを0.1℃の感度で容易に得ることが出来る。

以上の結果から建物内部の壁面などに対する非破壊検査の方法の一つとして、冷暖房による室温変化を利用して、表面温度データから表層や内部の熱特性の違い、つまり材質や構造の相対的な違いを知ることが十分可能と思われる。室温からのエネルギーは日射のように大きな値ではないが、エネルギーの影が生じることはなく、また周囲からの反射や屋外の複雑な気流などによるノイズもほとんどないことから、10℃程度の室温の変化があれば比較的小さな熱特性の違いであっても識別が十分可能であった。したがって冷暖房による室温変化の利用は、ビル内部壁面などの検査には有効な方法と思われる。



資料の形状と厚さ40mmの表面温度との差
図-3



単位表面積当たりの熱容量の違いによる
表面温度の差（金属）
図-4