

VI-126

表面温度を用いた非破壊検査に関する考察

日本大学 正員 坪 松 学

物質表面の温度データから屋外にあるレンガやコンクリートなどの壁面の厚さの違いや壁面内部の剥離状態、また水利施設で外からは知ることの出来ない漏水などの状態を知る方法について、何度か報告してきた

温度データを用いる基本的な考えは、物質表面の温度の値やその経時変化は、そこへの熱エネルギーの値と物質の材質や構造により決まる熱的特性を利用するもので、表面の温度の値やその経時変化が周囲と異なっていれば、その部分は周囲と熱特性、つまり内部の材質や構造が違っていると考えられる。媒体としての熱エネルギーは伝播の性質から壁面から深い部分の状態に関して距離的な分解能などは必ずしも十分ではないが、エネルギー源として日射を用いる場合、他のX線や超音波などのように媒体を発生させる必要がなく、また熱撮像装置などにより広い範囲の情報を同時に得ることが出来る。今までこの方法による多くの識別結果、識別しようとする状態の熱的特性や表面からの深さの違いなどの表面温度への影響の大きさ、僅かな熱特性の違いによる表面温度の違いの識別方法などについてを発表しい結果を得ている。しかしいずれも媒体となる日射が十分で、表層に近い内部状態の識別が主だった。実用に用いるには太陽日射は、季節や時刻、気象などによる変動の他、とくに壁面の向きにより日射量は大きく異なるがこの違いに関係なく識別出来ること、壁面の汚れや凹凸などによる温度ノイズの問題、さらに少ない観測回数で識別が可能であることなどが問題となる。これらのことについて検討を行なった

識別手順の一例として図-1に西向壁面で表層近くの内部分離部分の抽出を示す。図-1 a, b, c, dは順に対象とした壁面の写真、壁面が授熱時の表面温度の写真、放熱時の写真、およびb, cを用い授熱時周囲より温度が高く放熱時低い部分を抽出した写真(白い部分)で、別の方法による剥離していると思われる部分とよく一致する。(温度は実際にはレインボーカラーで示され暖色系程高い)

物質表面への単位時間当たりの日射エネルギーの値やその変化量が大きいほど熱特性の違いによる温度の違いは大きくなる。主なエネルギーは直達日射、天空光、反射、気温などで、特に大きな影響を与える直達日射は壁面の向きや時刻により大きく異なる。緯度の高い日本などで北面の壁やビルの谷間では、直達日射はほとんどなく、天空光や反射光、気温などだけである。

図-2に例として東西南北を向く垂直な壁面への日射量の実測値を気象と共に載せてある。同時に載せてある直達日射量の計算値との差が天空光や反射光などで、北面でも天空光、反射光によりかなりのエネルギーやその日変化があり、熱特性の違いによる壁面温度への違いが現われることが予想される。実際に温度変化を求めた図のcから、各面ともはっきりとした日変化がみられる。

図-3、a, b, cは東西南北を向く各壁面での剥離部分と周囲の剥離が生じていない部分の温度差の日変化を示したもので、bは各面の向きの違いを比較するため同じ剥離状態(材質 $\rho c=0.44$ 、壁面厚110mm、剥離部分は表層から5mm、剥離間隙5mm)を人為的に作り用いたまたcは実際の東西南北壁面で剥離状態の場所を探し、剥離のない部分との温度差の経時変化で、東西南面だけでなく温度に気温が大きく影響している北面でも温度差の日変化に違いが十分現われている。

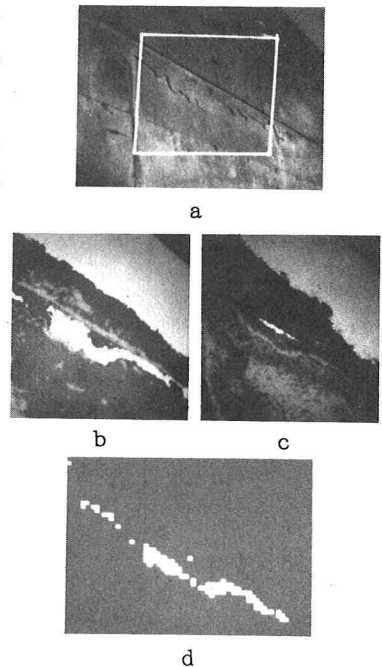


図-1 壁面剥離部分の抽出過程

しかし識別しようとする部分の温度差が先に述べた温度ノイズより大きいことが必要で、この温度ノイズの目安として各壁面での約1平方m範囲の表面温度のバラツキの標準偏差を求めたところ、表面温度が高いと比較的バラツキも大きい、剥離のある部分とない部分の温度差も大きく、また温度差が小さい面では相対的にノイズも小さくなっている。各面でのこの値は大体1℃より小さく、温度差の経時変化と比較してみると、各面とも十分識別可能な観測時間帯があることが判る。

この観測時期に関して、熱容量の違いによる温度への影響の時間的変化の違いが大きい程周囲と熱特性が大きく異なっていることを意味し、観測はこのことが読み取れる時刻に行なう。例えば図-4は壁面の構造（厚さ）の違いによる熱容量の変化の表面温度への影響の違いを、計算により比較したもので、厚さ16cmの南向き垂直壁面温度といろいろな厚さの表面温度との差の日変化を示してあり先の条件を満たすデータ収集の2時期の目安の一例となる。

計算要素は日付= 9/21、緯度=N35、晴天で大気頂での日射エネルギーは 1.94cal/cm^2 、大気通過による到達エネルギー比は垂直大気量に対する通過大気量の比をAM、係数を $(.7)^{\text{AM}}$ で表されるとし、気温は東京の9月の平均気温と平均日変動幅を用い図に示すように変化するとし、風速は1m/sで壁面に平行としました壁面の電磁波吸収率 = .9、壁の熱容量 = $.441\text{cal}/(\text{cm}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ 熱伝導率 = $1\text{kcal}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})$ とした。

表面温度データを用いた内部剥離部分や壁面の厚さの違いの識別に関し、最も少ない2回の壁面温度の観測から出来るかぎり正確な情報を得ようとする場合この2時期として剥離部分とそうでない部分の温度差の正負が逆転し、その差が温度ノイズより十分大きいような時刻がよい。これは表面が授熱状態の時および放熱状態の2時期でかつ変化率の大きな場合に対応している。日射量の日変化による

温度差の変化パターンは季節や識別しようとする状態にあまり関係なく定性的に似ており、図-3、4などから判る通り壁面の向きにかかわらず、深さ十数cm程度までの状態の識別が可能と予想される。具体的なデータ収集時刻に関しては多くの観測結果や計算から東南北北面ではそれぞれ、9時前後と17時前後、11時と17時前後、14時前後と8、18時前後、12時と8、18時前後付近での観測が考えられる。

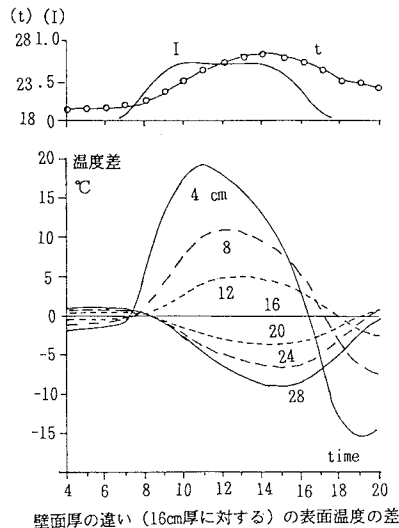


図-4

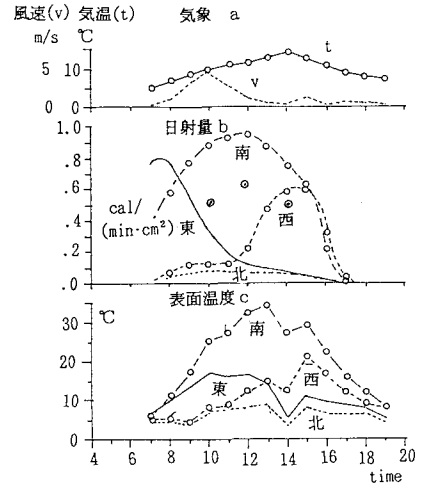


図-2 壁面への日射量と表面温度

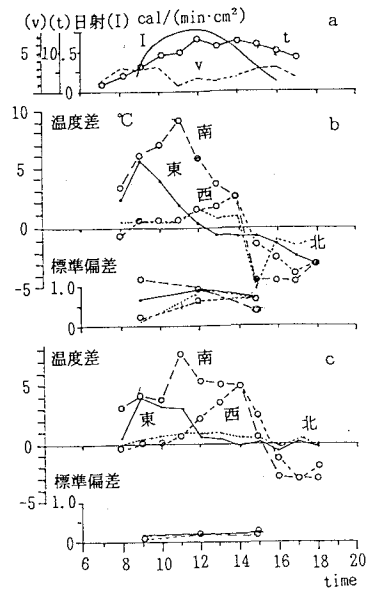


図-3 内部剥離の有無による表面温度の差