

III-528 赤外線放射温度計を用いたモルタル吹付け斜面の空洞探査に関する一考察

宮崎大学工学部	正	出口近士
〃	正	藤本 廣
〃	正	横田 漢
大東建設工業㈱		坂本英光

1. はじめに

モルタル吹付け斜面では、太陽光の日照変化による膨張・収縮の繰り返しや水の浸透作用によって、表面にひび割れが生じたり、地山の風化等の変状が起こってくる。これが進行すると、モルタルと地山の間に空洞が生じて、斜面下部に土砂が堆積したり、モルタル表面のひび割れを増長し、モルタルの剥離や斜面すべりを助長することになる。

本研究は、モルタル吹付け斜面の変状調査方法の開発を目的として、赤外線放射温度計を使ってモルタル表面の温度を測定し、モルタル裏面の空洞の有無の判別と、空洞の深さの推定を行なったものである。

2. 空洞とモルタル表面温度の関係

太陽光(電磁波)を受ければ、物質はそれを反射、吸収する性質をもつ。吸収された電磁波エネルギーは、原子や分子の振動を通じて熱(運動)エネルギーを生み、電磁波の形で放出(熱放射)される。黒体の放射エネルギー $E_b(\lambda)$ は絶対温度 T の4乗に比例するが、一般の物体の放射は黒体のより小さく、検出する波長をある領域に限定すれば、放射エネルギーは $E = \varepsilon \sigma T^4$ で与えられる。すなわち放射率 ε が既知であれば、 E を計測することによって、温度 T を求めることができる。

モルタルに吸収されたエネルギーの一部はモルタル裏面に伝熱され、残りは表面から放射される。したがってモルタル厚が均一であれば、表面から

放射される電磁波エネルギー(表面温度)は、裏面の物質に依存すると考えられる。

一般に固体より液体、液体より気体の方が熱伝導率が低い。したがって、モルタル裏面に空洞があれば、岩盤に比べて熱伝導率が低い分だけ表面温度が高くなることになる。

3. 調査および解析結果

使用した赤外線放射温度計は、熱赤外線域波長 $8\mu\text{m} \sim 12\mu\text{m}$ を感知するもので、最小検知温度差が 0.1°C 、10m地点での観測範囲は $4.9\text{m} \times 5.4\text{m}$ 、分解能は15mm四方であり、モルタル表面の放射率は $\varepsilon = 0.91$ とした。

吹付けられたモルタルの厚さが均一で、裏面の岩・土質が均質であれば、モルタル表面の温度差はモルタル裏面の変状に関して十分な情報をもつと考えられる。しかしながら、一般のモルタル吹付け斜面においては、モルタル厚さは不均一で、裏面の岩質も一様でない。また表面は凹凸になっており、日照も均一ではない。そこで本研究では、これらの要因を考慮するために、数量化理論第II類を用いて空洞の有無を判別した。

図-1は、表面温度、表面の凸凹、ならびに表面のひび割れを説明変量とした数量化II類による空洞の判別結果を図示したもので、現場において、○印は空洞有り、×印は空洞無しと確認されたことを意味している。図より、左側中央寄りの部分で2箇所の誤判別が見られるものの、概ね良好な判別が得られている。

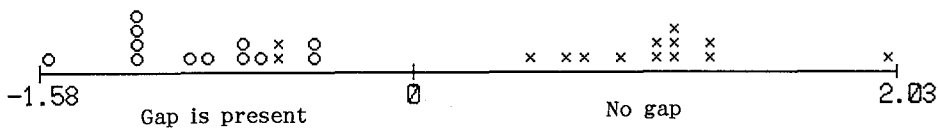


図-1 空洞の有無の判別(3アイテム)

表-1 解析結果(4アイテム)

Item : Surface temperature					
Category	No.	Freq.	Cat.score	Range	Partial
< 15.7	1 :	(2)	0.43	1.82	0.76
< 16.7	2 :	(7)	0.62		
< 17.7	3 :	(8)	0.65		
< 18.7	4 :	(7)	-1.17		
> 18.8	5 :	(2)	-1.13		
Item : Temperature change					
Category	No.	Freq.	Cat.score	Range	Partial
< 9.7	1 :	(3)	0.25	0.70	0.34
< 10.8	2 :	(9)	0.10		
< 11.9	3 :	(7)	-0.19		
< 13.0	4 :	(4)	0.25		
> 13.1	5 :	(3)	-0.45		
Item : Unevenness					
Category	No.	Freq.	Cat.score	Range	Partial
Convex	1 :	(9)	0.97	1.64	0.77
Flat	2 :	(14)	-0.67		
Concave	3 :	(3)	0.20		
Item : Crack					
Category	No.	Freq.	Cat.score	Range	Partial
No	1 :	(10)	0.86	1.40	0.70
Narrow	2 :	(3)	-0.54		
Wide	3 :	(13)	-0.54		
Outside variable					
		Freq.	Cat.score	Cor. ratio	
Present	1 :	(12)	-0.93255	0.75	
No	2 :	(14)	0.79933		

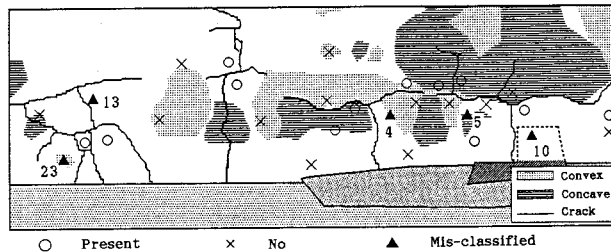


図-2 判別結果(3アイテム)の現場位置

表-1は、上記の3つの変量に表面温度変化を加えた場合のカテゴリースコアである。表より、表面温度においては、温度が高いカテゴリーでは負値のスコア(-1.17, -1.13)が得られており、上述の熱伝導率の差異により温度差が生じることの妥当性を裏付けている。表面温度変化においては、4番目のカテゴリースコア(0.25)を除けば、温度差が大きい程、スコアも負値で大きく、表面温度の時間的変化(温度上昇)が大きい程、空洞が生じている可能性が高いことを示している。

上述の判別分析では、表面温度変化を説明変数として用いた。この情報は空洞の有無の判別に有効であるが、情報の収集に時間がかかるという問題がある。そこで、表面温度変化を除いて解析した。図-2は、判別効率の1つの指標である相関比が0.76から0.40と低下した例をとり、判別結果を現場斜面図上にプロットしたものである。図中、○印が空洞あり、×印が空洞なしと判別されたが

イントである。▲印は誤判別されたポイントであり、No.23以外は、実際には空洞がないにもかかわらず、空洞ありと誤判別された。なおこの場合でも、30サンプル中25ポイントが正しく判別され、的中率は約80%である。

つぎに、表面温度、表面の凹凸、ひび割れを説明変数とした数量化理論第I類により、空洞の深さを推定した。図-3は、空洞深さの測定値を横軸に、推定値を縦軸にとったもので、概ね良好な推定値が得られていることが視覚的に確認できる。

4. 結 論

以上より、目視的観察結果(ひび割れ、表面の凹凸)に、赤外線放射温度計によるモルタル表面温度の情報を加えて多変量解析を行えば、モルタル吹付け斜面の空洞の有無、および空洞深さを概ね推定可能であることが確認できた。

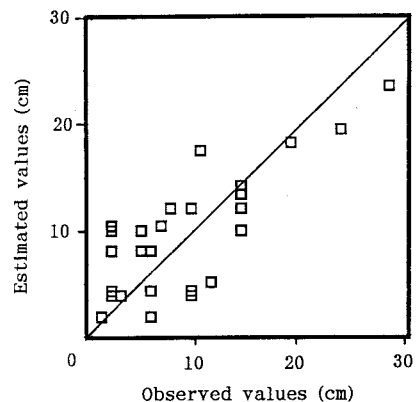


図-3 空洞深さの推定結果

参考文献: 1) 日本写真測量学会: 熱赤外線リモートセンシングの技術と実際, pp.36-44, 鹿島出版会, 1986.