

V-122

熱映像で得られる表面温度分布特性と損傷の検知評価

日本大学大学院 学生員○宮崎 蒼士

日本大学 正会員 柳内 睦人

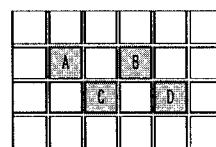
中央工学校 正会員 金光 寿一

1. はじめに

トンネル壁面に張られたタイル裏面の損傷診断にサーモグラフィ法を適用する場合、検知したい損傷部と健全部との相対温度差を明確にするために、タイル表面を人為的に加熱することが必要となる。著者らは、その検知手法としてタイル一枚当たりの平均温度を基準とした温度特性値¹⁾を比較して損傷検知のための指標を構築し、判定精度の向上に努めてきた。しかし、対象となるタイル裏面の損傷状態が様々な剥離面積と厚さが混在する場合には表面温度に相対差が生ずるものの、損傷状態を定量的に明確化するまでには至っていない²⁾。そこで、本研究ではこれらの要因に対し、タイル一枚当たりで得られる温度分布形状の相違を示す尖度及び歪度を用いて剥離検知の有効性について検討を行った。

2. 実験要因

実験に供した試験体は、既存のトンネル壁面に使用されている正方形タイル（白色、艶有り、一辺 97.75mm、厚さ 5mm）をプレキャスト版に張付けたものである（図-1 参照）。疑似損傷はタイル一枚当たりの剥離面積を発泡スチロールで加工してモルタル部に一時的に配置し、硬化後に除去してその上部にタイルを張付けた。その実験要因を表-1に示す。ここに、検知したい剥離面積は建設省の補修指針³⁾に準拠して剥離面積率 30%以上とする。熱赤外線センサによる温度測定は、タイル表面を 1.0m 離れた位置から高圧噴霧式温風ヒータで 1 分から 4 分まで 1 分間隔毎に加熱し、1.7 m の位置から加熱停止後 5 秒から 7 分までリアルタイムに熱映像を撮り込んだ。なお、測定時の外気温は 20 ± 2℃であった。



□ : 無損傷タイル
A, B, C, D: 剥離配置箇所

図-1 剥離配置図

表-1 実験要因

試験体 No.	剥離厚さ (mm)	剥離面積率(%)			
		A	B	C	D
1	10	60	40	20	30
2	5				
3	3				
4	1				

3. 実験結果

3.1 タイル面の温度分布特性

図-2は、加熱時間3分の加熱停止後2分経過時の熱映像から求めた剥離厚さ 1mm の温度分布曲線である。この温度分布曲線は、表面温度と画素数の関係を示し、タイル裏面の損傷状態が分布形状差となって明確に現れている。従って、検知したい損傷部の抽出には、形状パターンの差異を定量化することで検知精度の向上が図れるものと考えられる。

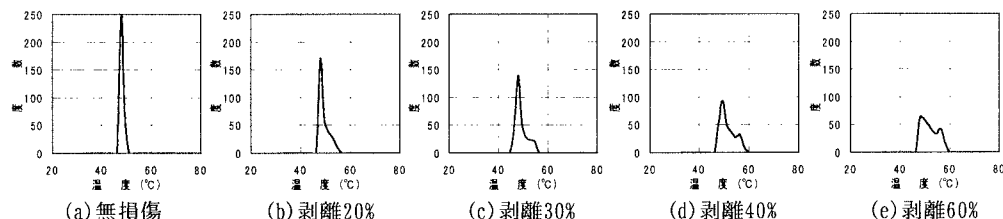


図-2 相対画素数と表面温度の関係

キーワード：熱映像、損傷評価、確率変数、表面温度分布特性

連絡先：〒 275-8755 千葉県習志野市泉町 1-2-1, 柳内研究室, TEL:047-474-2441, FAX:047-474-2441

3.2 冷却時間の設定

剥離検知へ分布形状差を適用する場合には、様々な剥離厚を有する剥離面積率 30%と 20%とが明瞭に分離できる冷却時間の設定が必要となる。その冷却時間の設定には、尖度及び歪度を用いて検討した。図-3 に 3 分加熱時に得られた尖度と経過時間の関係を示す。この尖度は、剥離厚さ 1mm ～ 10mm の平均値で示しており、剥離面積率 30%と 20%の相対差は 2 分経過時において最も大きくなっている。歪度と経過時間との関係においても同様であり、加熱停止後 1 分から 3 分経過時の近傍では変化が少なく比較的安定していること、また、実務的な簡便さや迅速性を考慮して冷却時間は 2 分を採用した。

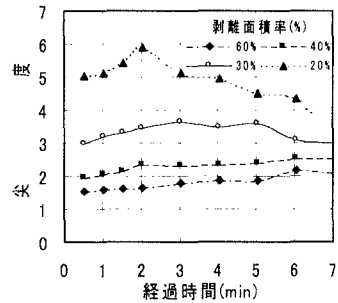


図-3 尖度と冷却時間

3.3 尖度及び歪度による剥離検知

加熱条件は、冷却時間 2 分経過時に得られた尖度及び歪度から検討した。図-4 及び図-5 に剥離厚さ 1mm ～ 10mm の 3 分加熱時に得られた尖度及び歪度と剥離面積率の関係を示す。剥離面積率 30%以上を検知するために必要な上昇温度は、剥離面積率 20%の最小値と 30%の最大値が互いに分離する時の加熱時間として検討すれば良いことになる。表-2 は、

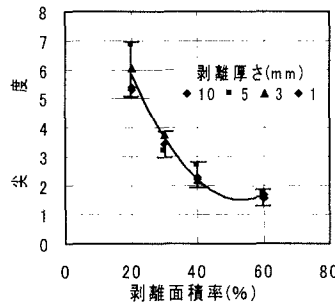


図-4 尖度と剥離面積率

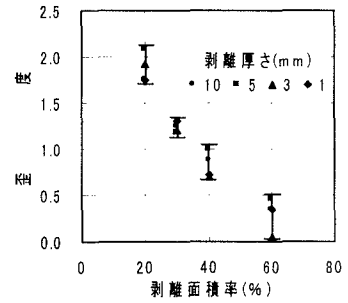


図-5 歪度と剥離面積率

表-2 は、各加熱時間で得られた相対温度差の一覧である。この相対差の正の値は、剥離面積率 20%と 30%が重なり合っていることを示し、負の値を取ると完全に両者が分離していることを示す。従って、剥離厚 1 ～ 10mm を有する剥離面積率 30%を精度良く抽出するためには、3 分加熱で得られた 37 ± 3.6 °C に上昇させなければならないことが分かる。また、画像処理に用いる閾値は剥離面積率 20%と 30%の中間値として求めると、尖度は 4.5、歪度は 1.5 が得られる。

表-2 損傷検知の評価一覧

確率変数	加熱時間 (min)	上昇温度 (°C)	剥離30% 最大	剥離20% 最小	相対差
尖度	1.0	27.1	4.26	2.96	1.30
歪度			1.25	0.65	0.60
尖度	2.0	32.7	3.92	3.32	0.60
歪度			1.29	1.13	0.17
尖度	3.0	36.9	3.75	5.30	-1.55
歪度			1.30	1.75	-0.45
尖度	4.0	42.3	3.85	3.29	0.56
歪度			1.29	1.07	0.21

4. まとめ

本実験では、以下に示す結果が得られた。

- (1) 剥離面積率 30 % を精度良く抽出するためには、外気温に対して 37 °C 前後上昇させ、冷却時間 2 分間必要であることが分かった。
- (2) 温度分布の形状差を尖度及び歪度を用いて定量化することで、剥離厚さの異なる損傷を精度良く抽出することができた。
- (3) 剥離面積率 30 % を抽出するために、特に尖度及び歪度などの分布形状の相違を適用することで検知精度を向上させることができた。

【参考文献】 1) 柳内睦人, 金光寿一, 原洋平: 熱映像によるトンネル壁面の損傷診断に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.18, No.1, pp.1209-1214, 1996 2) 金光寿一, 柳内睦人, 原洋平, 宮崎啓士: 熱赤外線を利用した壁面損傷の判定指標の構築と定量化に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.20, No.1, pp.323-328, 1998 3) 建設省官房技術調査室監修: 外装仕上げ及び防水の補修・改修技術, 第4編, p38, (財)日本建築センタ, 1992