

熱赤外線映像法と GIS を活用した吹付けのり面背面空隙調査分析手法の提案

長崎大学大学院 学生会員 ○荒木郷士 工学部 フェロー会員 蔣 宇静
 長崎大学大学院 フェロー会員 棚橋由彦 工学部 正会員 杉本知史
 長崎大学工学部 学生会員 仲村公輝 日本地研(株) 正会員 佐藤秀文

1 研究の背景・目的

コンクリート・モルタル吹付けのり面の老朽化を短時間でかつ効率的に発見する方法として、熱赤外線映像法という手法がある。その手法は、赤外線サーモグラフィを用いて吹付けのり面の熱画像を取得し、その温度分布によって背面の空隙部や湿潤部を、非接触、非破壊、広域に調査する手法である¹⁾。しかし、熱赤外線映像法で異常部の有無や異常部の平面的な大きさについては判断できるが、吹付けのり面の損傷度合い（空隙の深さ等）を判断するためには、表面に削孔を行い背面を目視点検する手法が一般的に用いられている。

本研究では、熱画像から背面の空隙深さを判断するために、空隙深さとモルタル表面の温度変化の関係を明らかにするとともに、GIS（地理情報システム）による熱画像解析を行い、異常部の抽出技術と調査分析システムの構築を目的とする。

2 老朽化吹付けのり面供試体の測定

2.1 測定概要

平らなモルタルブロックの背面に空隙を作成し、実現場の吹付けのり面を模擬した供試体を作成した（図-1）。供試体を作成する際、締固めたまさ土の中央に40cm四方で深さ2cm、6cm、10cmの空隙を作成した。モルタルブロックについては90cm四方で高さ8cmの型枠にモルタルを吹付けて作成し、まさ土の上に設置した。またモルタルブロックの一つは、空隙なしの平らな土の上に設置し健全なり面を模擬する供試体を作成した。本論文では、各供試体を0cm供試体、2cm供試体、6cm供試体、10cm供試体と呼ぶ。なお、モルタルの配合設計を表-1に示す。

測定は2010年11月に、赤外線サーモグラフィを用いて供試体を真上から垂直になるように行った。また、サーモグラフィによる測定を行わない日に、モルタル表面に熱電対を張り付け温度変化を計測した。外気温を随時に測定し、天候については晴れ日、もしくは曇り日を選んだ。

2.2 測定結果

図-2に11月3日に得られた各供試体の表面温度測定結果を示す。日中の空隙部の表面温度は健全部と比べ高い。また、夜間においては、空隙部の表面温度は健全部よりも低くなっている。これらより、モルタル吹付けのり面の健全部と空隙部の温度特性を再現できていると考えられる。

最高気温時における供試体ごとの表面温度については、サーモグラフィで測定した結果では11月3日と11月17日、両日共に高い順に6cm、10cm、2cm、0cm供試体の順になっていた。また、熱伝対で測定した結果では、11月18日を除いて、高い順に6cm、2cm、10cm、0cm供試体の順になっていた。夜間においては空隙深さの違いによる温度差があまり見られなかった。図-3は、朝方の一日の最低気温時から、日中の最高気温時に測定した表面温度差（ ΔT_c ）を0cm供試体の温度差（ ΔT_0 ）で除した温度差倍率である。健全部に比べ空隙部の温度差が大きく表れている。また、空隙深さが0cm、2cm、6cmと大きくなるに連れて温度差（温度差倍率）は増加し、6cmで全てピークになり、10cmで温度差が小さくなっている。

単位:cm ※奥行きは横幅と同値

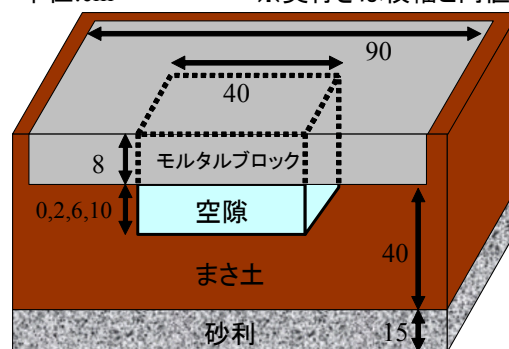


図-1 供試体設置概要図

表-1 モルタル配合設計

水セメント比 W/C(%)	単位量(kg/m ³)		
	水(W)	セメント(C)	細骨材(S)
55	228	414	1656

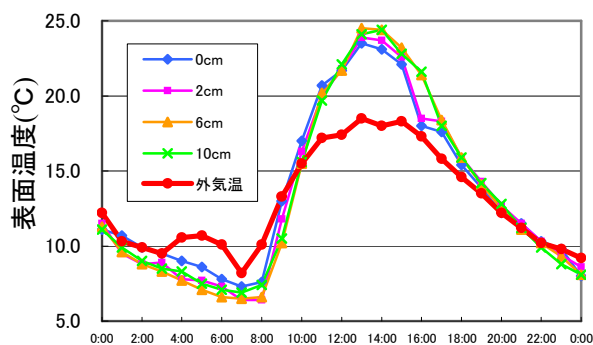


図-2 サーマグラフィによる表面温度測定結果

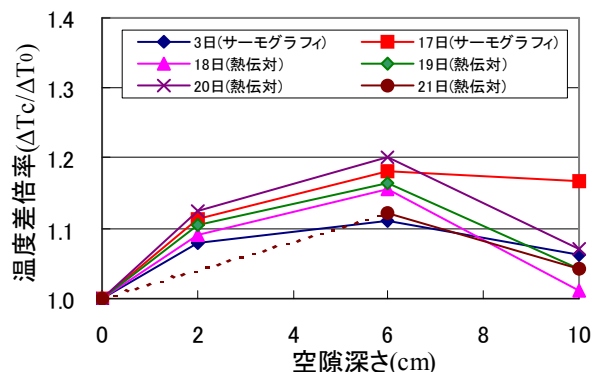


図-3 温度差を0cm供試体の温度差で除した温度差倍率

3 GISを用いた熱画像解析

3.1 GISによる温度差画像の表示

供試体測定で得られた熱画像を、CSVファイルに変換しGIS上に表示した。また、測定の際にモルタルブロックの四隅に設置したアルミホイルの座標参照で、画像を補正し、供試体を並べた状態での画像解析を行った。

11月3日の7:00と13:00に測定した表面温度差の画像を図-4に示す。黒枠内は、モルタルの背面に40cm四方の空隙が存在する場所を示し、左から0cm、2cm、6cm供試体である。空隙が存在する部分(黒枠内)は、温度差が大きく供試体中央に空隙部が存在していることを判断できる。また、0cm供試体と黒枠外は、地面と接しているため、温度差が小さく健全部と判断できる。温度差画像を用いて異常部を発見する手法は以前からも推奨されており¹⁾、GISを用いても従来と同様の手法で判断が可能である。なお、0cm供試体のモルタルブロック作成時に、中央部が自重で若干湾曲しており、周辺が地面とうまく接していない可能性がある。

3.2 GISを用いた熱画像解析結果と考察

11月3日に得られた熱画像の解析を行い空隙深さの抽出を行った。解析に用いた各供試体の温度差倍率を表-2に示す。これらの値は、図-3で示した各供試体の温度差倍率を基に設定した。また、10cm供試体の温度差倍率が2cm供試体の値と非常に近い値となっているため10cm供試体の空隙深さの抽出は困難と判断し、本論文では0cm、2cm、6cm供試体の熱画像解析を試みた。

図-5は解析結果を供試体の写真と重ね表示した図である。2cm供試体と6cm供試体においては、解析で判断した空隙深さと実際の空隙深さがある程度合致していることがわかる。しかし、0cm供試体の周辺部においては、実際とは異なる空隙深さを示した。

図-6は、解析結果の空隙深さを標高として設定し、三次元で表示した図である。三次元化することで背面の状態が視覚的に推測しやすくなったが、2cm供試体と比べ6cm供試体は、空隙の平面的な広さは同じにも関わらず、解析で判断した空隙部では、かなり広い分布を示している。その原因として、6cm供試体では表面温度の上昇が激しくなり、周囲に熱が伝わったためであると考えられる。

4 おわりに

本研究は、空隙を有する供試体の温度変化測定により、空隙深さと表面温度に関係があること、また、空隙深さによって温度差倍率のピーク値が存在していることが分かった。熱画像のGISによる解析では、温度情報に加え空隙深さなどの情報を付加することができ、三次元化を行うことで背面の空隙の状態を推測することができる。本紙の最後に現段階で考えられる、GISを用いた吹付けのり面の調査分析システムのフローチャートを図-7に示す。今後は、データベースを蓄積し、GISを用いた熱画像解析法の精度向上を進め、熱画像から吹付けのり面の損傷度合いを判断する技術の実用化を目指していく。

【参考文献】

- 1) 熱赤外線映像法によるのり面診断研究会:熱赤外線映像法による吹付けのり面老朽化診断マニュアル, (財) 土木研究センター, pp17-55, 1996

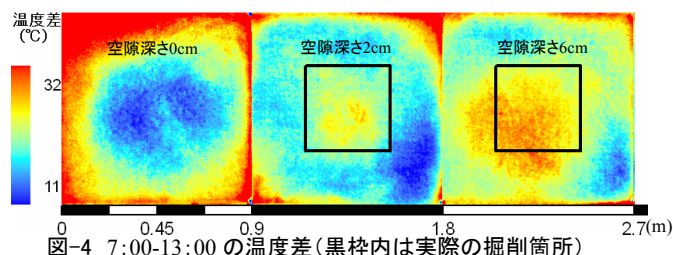


図-4 7:00-13:00の温度差(黒枠内は実際の掘削箇所)

表-2 解析に用いた各供試体の温度差倍率

空隙深さ(cm)	0	2	6
温度差倍率($\Delta T_c/\Delta T_0$)	0.96-1.06	1.07-1.09	1.10-1.12

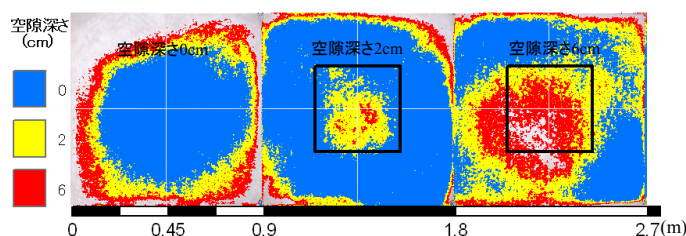


図-5 熱画像解析による空隙深さの表示(黒枠内は実際の掘削箇所)

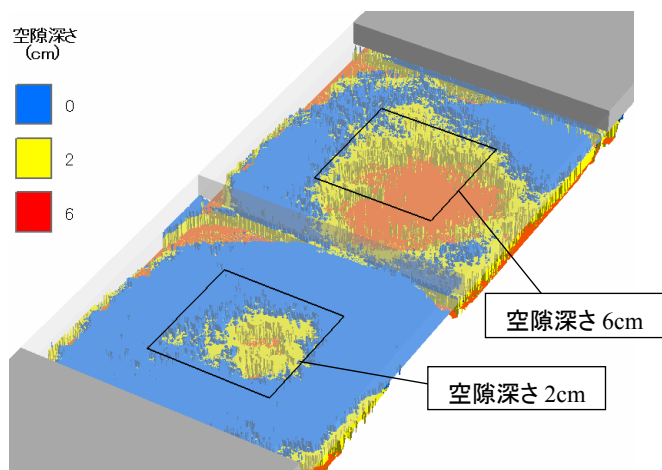


図-6 解析結果の三次元表示(黒枠内は実際の掘削箇所)

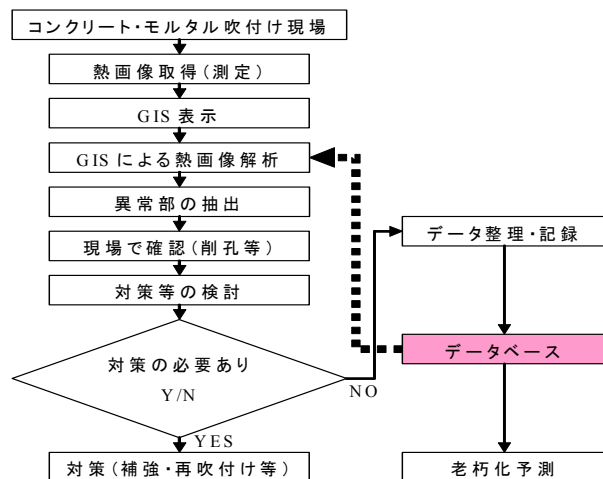


図-7 GISを用いた調査分析システム