

赤外線サーモグラフィを用いた吹付けのり面の背面空隙調査分析に関する基礎的研究

長崎大学工学部 学生会員 ○仲村公輝 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 学生会員 荒木郷士
 長崎大学工学部 正会員 杉本知史 日本地研(株) 正会員 佐藤秀文

1 研究の背景・目的

近年、コンクリート・モルタル吹付けのり面の老朽化が目立ってきており、防災上の見地から改修の必要とされる箇所が増えてきている。そこで、吹付けのり面の点検にかかるコスト面および変状部を精度よく発見するという観点から、老朽化診断手法として赤外線サーモグラフィによる手法が提案されている¹⁾。

赤外線サーモグラフィの老朽化診断には、変状部の有無や平面的な大きさを、熱画像から判断する手法がある。しかし、背面の老朽化の度合い(空隙の深さ等)を判断する手法については、モルタル表面に削孔を行い目視点検する手法が一般的に用いられている。そこで、本研究では、赤外線サーモグラフィで得た熱画像から背面の空隙の深さを判断するために、空隙の深さとモルタル表面の温度変化の関係を明らかにすることを目的とする。

2 人工吹付けのり面の供試体を用いた比較・検討

2.1 場所Aにおける供試体作成方法と設置概要

場所 A において、原位置吹付けモルタル供試体を作成した。地山に直接厚さ 8cm のモルタル吹付けを行い、内部に 40cm 四方で深さ 2cm、4cm、6cm、8cm、10cm の空隙を作成した(図-1)。使用した吹付けモルタルの配合を表-1 に示す。

2.2 場所Aにおける測定方法と結果

2010 年 8 月後半から 10 月前半にかけて、原位置で吹付けのり面供試体の表面温度を赤外線サーモグラフィにより測定した。この時、供試体がサーモグラフィの画面内に収まるように測定した。測定は 30 分間、または 1 時間間隔で継続して行った。表-2 に測定の概要を示す。

図-2 はモルタル供試体の表面温度の変化率を表したグラフである。変化率とは、測定時間内のモルタル表面の最高温度と最低温度の差(ΔT_c)を最高温度と最低温度になる時刻の時間差(Δt)で除した値である。また、日中に外気温が上昇する過程での表面温度の変化率を点線、日中から夕方にかけて外気温が下降していく過程での表面温度の変化率を実線で表している。表面温度を評価する際に、サーモグラフィにより得られた熱画像の内、供試体の中央部分となる領域(1600 ピクセル)を用いて解析し、その領域の中に分布している各ピクセルの温度を平均化したものを表面温度とした(図-3)。

表面温度が上昇していく過程での変化率は 2cm、若しくは 4cm にピークとなり、表面温度が下降していく過程での変化率は、異なる空隙の深さにおいて差異が殆ど見られなかった。また、変化率は測定日によって差がかなり大きかった。

表-1 モルタルの配合

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

表-2 測定概要

測定日	測定時間(時刻)	測定日	測定時間(時刻)
8月31日	7:40-11:30	9月29日	13:40-19:30
9月6日	16:00-19:00	10月7日	8:30-13:00
9月11日	12:30-19:30	10月7日	15:30-20:00

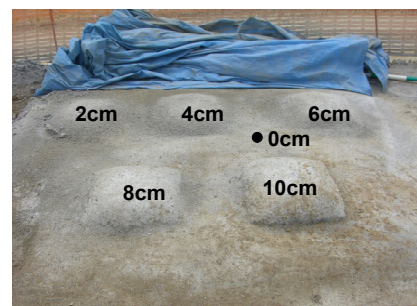


図-1 モルタル供試体(場所 A)

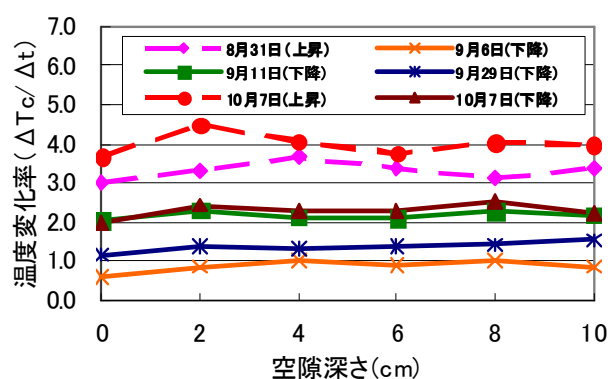


図-2 表面温度変化率(場所 A)

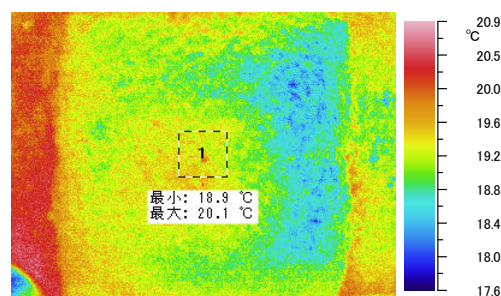


図-3 熱画像(空隙 8cm, 10 月 7 日, 20:00 測定)

2.3 場所 B における供試体作成方法と設置概要

原位置供試体では、表面が凸状になっており、日射の当り具合や風の影響により差が生じ易かったと考えられる。それらを改善するため、場所 B では平らなモルタルブロックの背面に空隙を作成し、実際の吹付けのり面の状態に近づけた供試体を作成した。背面の空隙として、締固めた真砂土に 40cm 四方で、深さ 0cm(空隙なし)、2cm、6cm、10cm の穴を掘って、空隙を作成した(図-4(a))。その上にそれぞれ一つずつモルタルブロックを設置した(図-4(b))。モルタルブロックは、90cm 四方で厚さ 8cm の型枠の中にモルタルを吹付けて作成した。モルタルの配合は場所 A で使用したものと同等である。

2.4 場所 B における測定方法と結果

2010 年の 11 月前半から後半にかけて、場所 B に設置した供試体を赤外線サーモグラフィを用いて真上から垂直になるように測定した。また、サーモグラフィによる測定を行わない日には、熱伝対を供試体の表面に設置し、測定を行った(図-5)。両者共に、熱伝対を用いて外気温も併行して測定した。

図-6 に 11 月 17 日において 1 時間毎に継続してサーモグラフィを用いて供試体を測定した結果を示す。この図から、健全部(空隙 0cm)と空隙部が存在するモルタル供試体の表面温度に差異があることが分かる。そして、日中に外気温が最高になる時(13:00)の供試体毎のモルタル表面温度は高い順に、6cm、10cm、2cm、0cm となった。一方、熱伝対による測定結果では、日中に外気温が最高になる時のモルタル表面温度は、高い順に 6cm、2cm、10cm、0cm となった。夜間においては、サーモグラフィ、熱伝対共に、健全部と空隙部との間に温度差があるが、空隙の深さによって明確な温度差がなかった。

図-7 にモルタル供試体の表面温度の変化率を示す。この図から、背面空隙の深さが 0cm、2cm、6cm と大きくなるにつれて、変化率も増加し、全てのケースにおいて空隙 6cm でピークを示すことが分かる。

3 考察

場所 A、B における吹付けモルタル供試体の表面温度を測定した結果、表面温度と背面に存在する空隙の深さには関係性があることが分かった。測定を行う前は、空隙の深さが大きくなるにつれ、表面温度も高くなると考えていたが、今回の結果からは一概にそれが言えることができなかった。また、背面空隙の深さの差異により、モルタル表面温度の変化率がピークを有することを明らかにした。しかし、この変化率のピークは場所 A、B において異なっており、測定日の気温や日射量、風量などの要因により大きく変化すると考えられる。以上のことから、空隙の深さの差異から表面温度の変化率の関係を求めるには、日射量や風量などの要因も取り入れて総合的に考慮する必要があると考えられる。

4 おわりに

本研究は、二つの場所においてサーモグラフィにより吹付けモルタル供試体の表面温度を測定し、モルタル表面温度と空隙の深さとの関係性を考察した。その関係性をさらに明らかにするためには、気候などの要因を取り除いて検討する必要がある。今後は、モルタル供試体の設置条件や計測条件を改善し、実現場における吹付けモルタルのり面の測定と合わせて比較・検討し、より信頼性の高い関係性を求めていく予定である。

【参考文献】

- 1) 熱赤外線影像法によるのり面診断研究会：熱赤外線影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，pp.17-55, 1996

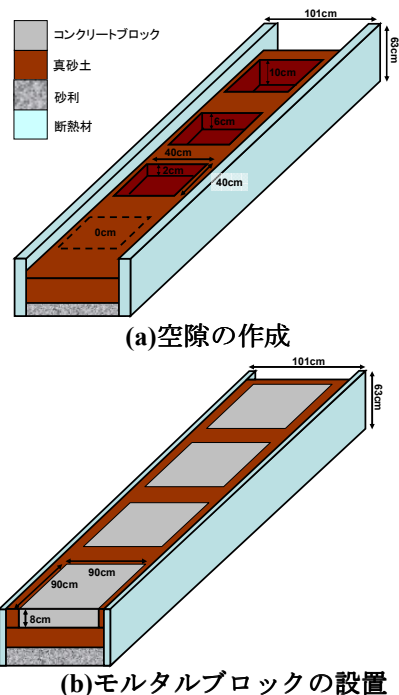


図-4 供試体の設置概要(場所 B)



図-5 熱伝対設置図

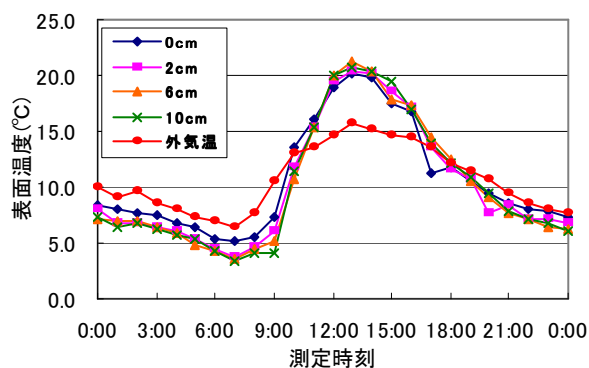


図-6 表面温度の変化(11月17日)

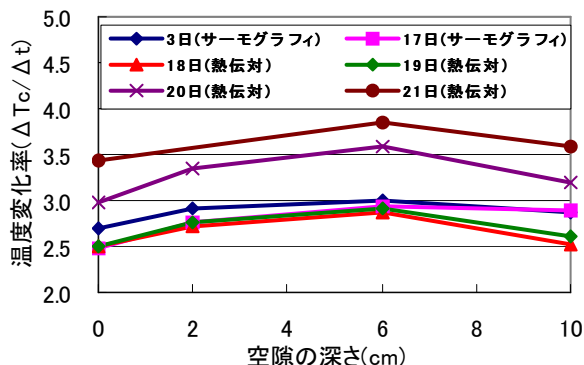


図-7 表面温度変化率(場所 B)