

建物外壁診断のための赤外線画像取得条件に関する研究
その3 建物外壁タイルの浮き部における表面温度差と日射・環境条件の関連性に関する実測研究

赤外線
メンテナンス

ドローン
ファシリティマネジメント

外壁診断

正会員
同
同
同
同

○白井 風生*
堤 洋樹 **
松本 浩幸 *
三田村 輝章 **
頭川 美穂 *

1. はじめに

前報（その2 赤外線・打診・引張接着強度試験による外壁タイル診断の総合評価と課題分析）に引き続き、本報では浮き部と健全部の表面温度差と壁面日射量・環境温度の関係を明らかにし、赤外線調査の最適化手法（最適時刻・注意すべき条件）について分析を行う。

2. 研究の背景

外壁タイルの浮きは剥落事故などにつながるため、赤外線調査の重要性が高まっている。
浮き部は空気層が断熱となり、日射時に健全部より高温になりやすい。しかし実務では、方位・季節・天候の影響で温度差が小さくなり、健全部＞浮き部の“逆転”が起こり判読は難しい場合がある。そのため、温度差と日射の関係を定量的に明らかにし、最適な観測タイミングの提示が求められていた。

3. 研究の目的と概要

長野市内の2棟（RC造）を対象に、表面温度・環境温度・壁面日射量・歪みの長期連続測定を行った。測定は10分（歪みは1分）間隔で記録し、方位・季節別に挙動を分析した。温度差のピーク、逆転の起きる条件を抽出し、赤外線調査の最適化に関する知見を整理した。

3.1 研究対象

対象は長野県長野市に立地するA社宅（RC造7階、1996年竣工）およびB寮（RC造5階、1999年竣工）の2棟である。両建物とも東西南北の各外壁タイル面に測定点を設けたほか、B寮では北面の外壁モルタル面も対象とした。A社宅は南側の日当たりが良く、北側は遮蔽物が少ない一方、北東側・西側に集合住宅が存在し下層階で時間帯によって日影の影響が想定された。B寮は南側の隣棟間隔が狭く1階での日影が懸念され、北側には集合住宅があるなど、周辺環境が日射入射と遮蔽の時空間パターンに影響しうる配置である。

3.2 測定機器

表面温度（浮き部・健全部）、環境温度（測定点近傍の外壁面に自作環境温度計を固定）、壁面日射量（薄型日射計 ML-02 を壁面に固定）、および歪み（A 社宅南面のみ）を測定した。表面温度・環境温度・壁面日射量は10分間隔、歪みは1分間隔でデータロギングし、数ヶ月ごとに回収した（図1,表1）。打診調査によりタイルの浮き部を判別し、浮き部とその周囲の健全部に個別の熱電対を貼付した。



図1 測定機器（左：熱電対等、右：歪みロガー）

表1 測定機器

項目	使用機器	設置方法
表面温度	● T型熱電対（二宮電線工業製，φ0.32 mm）	熱電対の先端部を測定箇所に
	● 小型熱電対ロガー（ティアンドディ製，TR75A2）	銅テープにて固定
環境温度	● 環境温度計（自作品，T型熱電対を使用）	自作した環境温度計を測定箇所に
	● T型熱電対（二宮電線工業製，φ0.2 mm）	所にて固定
壁面日射量	● 薄型日射計（英弘精機製，ML-02）	薄型日射計を測定箇所に両面
	● 小型電圧ロガー（ティアンドディ製，RTR505B）	テープにて固定
歪み	● メタルベース歪みゲージ（東京測器研究所製，WFLM-30-11-5LJQTA）	歪みゲージを測定箇所に接着
	● ハンドヘルドデータロガー（東京測器研究所製，TC-32K）	剤にて固定した上で防水処理

4. 実測結果

4.1 A社宅

図は示さないが、6月の南面・東面では10時頃に温度差が明瞭となり、西面では15時頃に温度差はピークとなった。北面では測定配置の影響で終日温度差が大きかった。

4.2 B寮

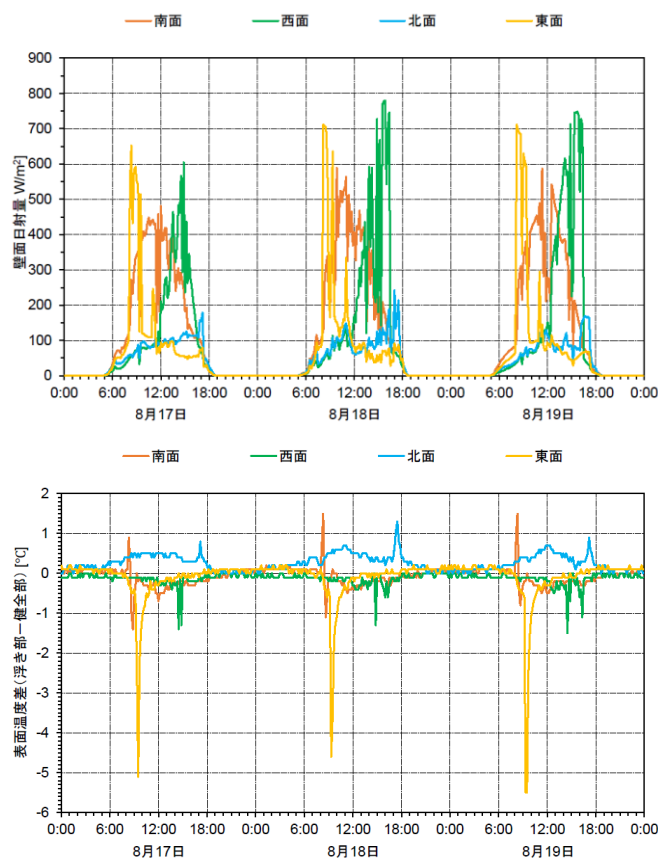
図2に壁面日射量と表面温度差の推移を示す。8月の東面では10時、西面では15–17時に温度差が明確となり、南面では複数のピーク（日射二峰性）が見られた。

5. 分析と考察

建物外壁の浮き部と健全部における赤外線温度差は、方位・季節・現場の遮蔽条件によって大きく変動する。特に東・西面では日射の立ち上がりや急減に伴い温度差の分布ピークが明確に現れる。浮き部は空気層が断熱的に働くため日射時に表面温度が高くなりやすく、日射が途切れると急冷しやすい（図2）。

一方健全部は熱容量が大きいいため温度変化が緩やかである。この熱応答の違いによって温度差の符号反転（健全部＞浮き部）が朝・夕・影の通過時に生じる。方位ごとに温度差が大きくなる「観測に適した時刻帯」が存在し、赤外線調査の巡回順や撮影時刻の設計に活用可能である。

図3に歪みと表面温度差の関係を示す。回帰分析では浮き部の方が歪み変化が大きく、潜在的に劣化指標となり得るが、実務適用には計測精度とコストが課題である。



（上：壁面日射量、下：表面温度差）

図2 壁面日射量と表面温度差の推移

6. 結論

本研究では、実在建物2棟を対象に、浮き部と健全部の表面温度差と環境温度・壁面日射量の関係を長期

連続実測により検討し、以下を得た。

(1) 日射が増加する時間帯に浮き部＞健全部が卓越する一方、日射の急減時に逆転が生起すること、(2) ピーク時刻は方位・季節に強く依存し、冬季は温度差が3～6℃に達すること、(3) 歪みは浮き部が健全部より温度変化に敏感であることを見いだした。これらは赤外線調査の最適時刻設定や誤判読回避指針に直接資する知見である（図3）。

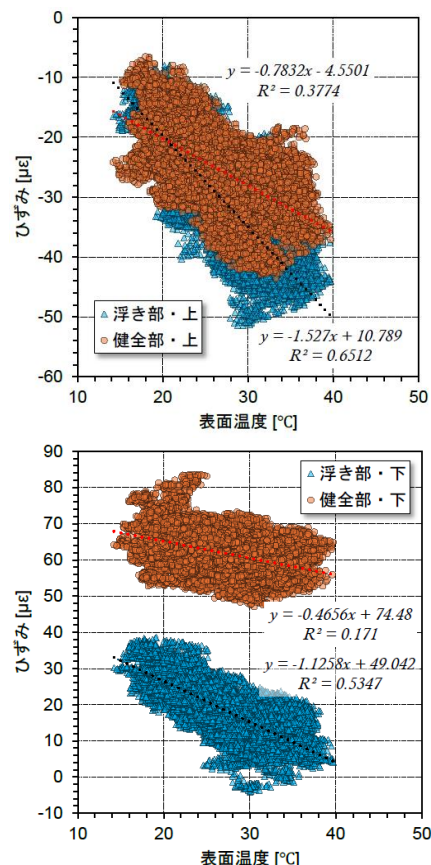


図3 歪みと表面温度差の関係（上：上部、下：下部）

7. 今後の課題と展望

本研究では、外壁タイルの浮き部と健全部の表面温度差について、調査によりピーク時刻やその挙動を明らかにした。しかし調査期間が6月から翌1月までと限定されているため、季節による違いを把握するには、1年間を通した継続的な調査が必要である。また熱電対による測定結果を基に考察したが、赤外線カメラの熱画像で同様の温度差が明確に確認できるか十分に検証されていない。その為、熱画像の連続測定による再現性確認が求められる。さらに温度差がプラス・マイナスに変動する要因について物理的根拠を得るためには、外壁タイルとコンクリート躯体をモデル化した有限要素解析による温度分布シミュレーションが必要である。

*JR 東日本ビルテック

**前橋工科大学

* JR East, Facility Management Company

** Maebashi Institute of Technology