

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 1 赤外線検査の基準となる外壁タイル打診精度

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
打診

正会員

同

同

同

同

○堤 洋樹*

松本 浩幸**

白井 風生**

三田村 輝章*

頭川 美穂**

1. はじめに

建物外壁の劣化・損傷は、建築物の安全性および長寿命化に直結する重要な課題である。近年、外壁タイルの浮き・剥離を非破壊で検出する手法として赤外線サーモグラフィが広く普及し、国土交通省ガイドライン（以後「ガイドライン」）に基づく撮影・解析が一般化している。しかし、赤外線画像は環境条件（時間帯・外気温・日照・湿度・風速など）に大きく依存するため、必ずしも現場の実態を正確に反映しない事例が報告されている。

これまでの非破壊検査においても、夏季の日照時間帯に実施した外壁赤外線点検では、赤外線解析結果と打診調査結果が大きく一致しないケースが確認された。特に、赤外線では多数の異常が検出される一方、打診では健全と判定される例が多く、従来の撮影条件が必ずしも最適ではない可能性が示唆された。こうした背景から、赤外線画像取得条件の再検討が必要であると考えられる。

2. 研究背景

赤外線サーモグラフィは、タイル浮き部に生じる温度差を利用する手法であるが、その温度差は建物形状・仕上げ材や躯体の熱特性そして環境条件など複合的な要因に左右される。なおガイドラインでは「日中の昇温後」などが推奨されているものの、これが全ての建物にとって最適とは限らない。

実際に、長野市内の 2 施設で 2024 年 8 月に実施した調査では、ガイドライン通りの条件で撮影したにも関わらず、赤外線と打診の結果が大きく乖離した。そのため従来の夏季中心の点検体制では、建物特性や環境条件の違いを十分に反映できていない可能性がある。

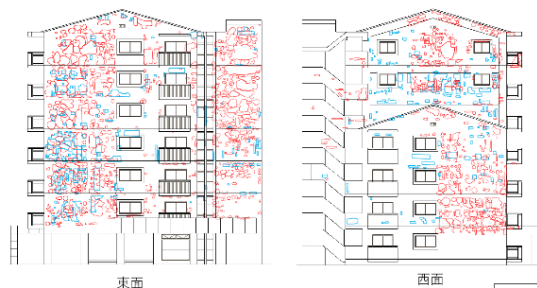


図 1 赤外線検査による浮き推定部事例

3. 研究の目的

本研究の目的は以下の 3 点である。

- ① 赤外線画像取得条件と外壁浮き推定精度の関係を明確化する。
- ② 夏季偏重の点検体制を見直し、通年で安定した診断条件を確立する。
- ③ 理想的な赤外線撮影条件を体系化し、実務で利用可能な指標として提示する。

そこで本報では、2025 年度(5 月～3 月)に実施した RC 造外壁タイルを対象に、剥離の有無の基準となる打診調査に関する診断精度とその誤判定の傾向を明らかにする。なお赤外線に関する調査結果は、続報で報告する。

- ・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」
- ・その 3「建物外壁の表面温度と温熱環境の関係についての基礎的研究」

4. 調査方法

被験者は、専門業者、教員、学生を含む計 13 名を選定し、経験年数に基づき「上級者（経験 5 年以上、3 人）」「中級者（経験 5 年未満 4 人）」「初級者（学生 6 人）」の 3 つの熟練度レベルに分類した。

また前述の 2 施設において、方角別壁面に 1m×1m の調査区画を設定し、被験者は区画内のタイルを全数打診して「浮き」か「健全」かを判定・記録した（図 2）。

さらに評価の基準となる「リファレンス（正解）」については、判定が安定した上級者の 8 割以上が合意した箇所を正解と定義し、各被験者の判定結果との整合性を F 値（適合率と再現率の調和平均）により評価した。



図 2 外壁タイル打診の様子

5. 実験結果と考察

5.1. 熟練度と診断精度の一般的傾向

A 社宅における熟練度別の平均 F 値を図 2 に示す。上級者は平均 85% と高く、箱ひげ図の四分位範囲も狭いことから、安定して高い精度を維持していることが確認された。一方、中級者（81%）と初級者（80%）の平均値に大きな差は見られないものの、データのばらつきが大きく、壁面の難易度や個人の調子によって結果が左右されやすい傾向が見られた。

なお、「タイル全体が浮いている」明確な劣化箇所においては、熟練度や建物の難易度（B 寮含む）に関わらず、全被験者が F 値 90% 以上の高い精度を記録した。これにより、打診調査における精度のバラつきは、基礎的な聴取能力の差ではなく、曖昧な音をどう処理するかという「判定基準」の差に起因することが示唆された。

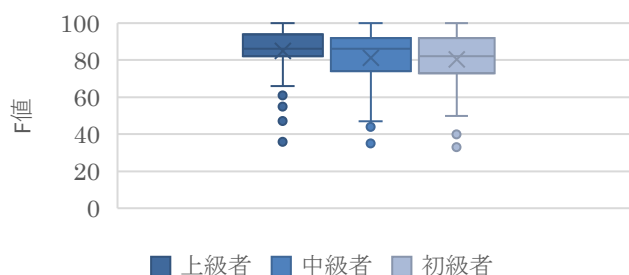


図 2 熟練度別 F 値の分布 (A 社宅)

5.2 誤判定の傾向と要因分析

リファレンスとの不一致箇所を「青色（過剰検出：FP）」、「赤色（過少検出：FN）」で可視化し、特に判断が困難な「一部の浮き」や「境界領域」における診断特性を分析した（図 3）。

(1) 上級者（安全管理型）

リファレンスの周囲に青色（FP）が分布する傾向がある。これは、剥落事故を未然に防ぐため、「疑わしきは浮き」と判定する安全側の基準を意図的に設けているためである。このスタンスにより、実務上最も忌避すべき見落とし（FN）をほぼ完全に抑制している。

(2) 中級者（確実性追求型）

青色（FP）は少ないが、A 社宅の判断が難しい壁面において赤色（FN）が増加する傾向が見られた。これは、知識があるがゆえに、一部の浮きや境界領域の微細な音の変化を「施工精度の誤差」等と論理的に解釈して除外してしまう「深読み」が原因と推察される。正確さを追求するあまり、リスクを見落とすジレンマが確認された。

(3) 初級者（基準変動型）

壁面によって精度が乱高下する（例：ある面では 100%、別の面では 50% 以下）。確固たる判断基準（閾値）を持たないため、その場の迷いや自信の有無により判定ラインがブレており、青色と赤色が一貫性なく混在している。



図 3 診断結果の可視化例 (A 社宅東 1)

5.3 繰り返し調査による精度の変化

複数回調査の分析では、上級者は回数を重ねることで微細な音に対する感度が向上する一方、難所においてはその高まった感度が過剰検出（F 値の低下）に繋がる傾向が見られた。

これは、診断精度を安定させるためには、単に回数をこなすだけでなく、予備調査で全体傾向を把握し、本調査で適切な閾値に落とし込む「キャリブレーション（基準合わせ）」のプロセスが重要であることを示している。

6. 本報の結論

本研究により、打診調査の信頼性を左右するのは聴覚能力ではなく、曖昧な音に対する「判定基準（スタンス）」であることが明らかとなった。診断精度の向上と標準化に向けて、以下の展望を提言する。

(1) 安全側基準の標準化

上級者に見られる「微細な兆候も異常とみなす安全側の判定基準（過剰検出の許容）」を業界の標準モデルとして定義し、教育の主軸に据えるべきである。

(2) 熟練度別のアプローチ

中級者にはノイズ除去バイアス（深読み）の是正を、初級者には迷いを断つための明確な閾値（物理的なリファレンス音）の提示を行うことで、効果的な技能向上が期待できる。

(3) 標準リファレンス生成手法の確立

実務展開のためには、調査者同士で判断基準を確かめ合い、曖昧な部分についての判断について共通認識を持つ時間を確保することが望ましい。

(4) 継続的なデータ蓄積による「判断基準」の客観化

現在は個人の感覚に依存している「剥離音の閾値」を、継続的なデータ蓄積を基に客観的な指標を確立する必要がある。

参考文献

- 1) 関和彦、岩佐宏一、堤洋樹：RC 外壁診断における打音検査判定結果の相違と新技術による高度化に関する研究、インフラメンテナンス実践研究論文集、土木学会、2022.3
- 2) 関和彦、岩佐宏一、堤洋樹、石田航星：RC 造外壁タイルの打診調査の診断手法に関する考察、日本建築学会技術報告書第 28 巻 第 70 号、2022.10

* 前橋工科大学

** JR 東日本ビルテック

* Maebashi Institute of Technology

** JR East, Facility Management Company