

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

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

1. はじめに

前報（その1 赤外線検査の基準となる外壁タイル打診精度）に引き続き、本報では赤外線・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について分析を行う。

2. 研究の目的

赤外線サーモグラフィ調査および打診調査の結果と、引張接着強度試験による実際の接着性能との関係を実測データに基づき評価する。

なお本報は、続く「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」の基盤となる。

3. 研究の方法

3.1 赤外線画像の状況

A 社宅の西面で撮影した赤外線画像を図1に示す。

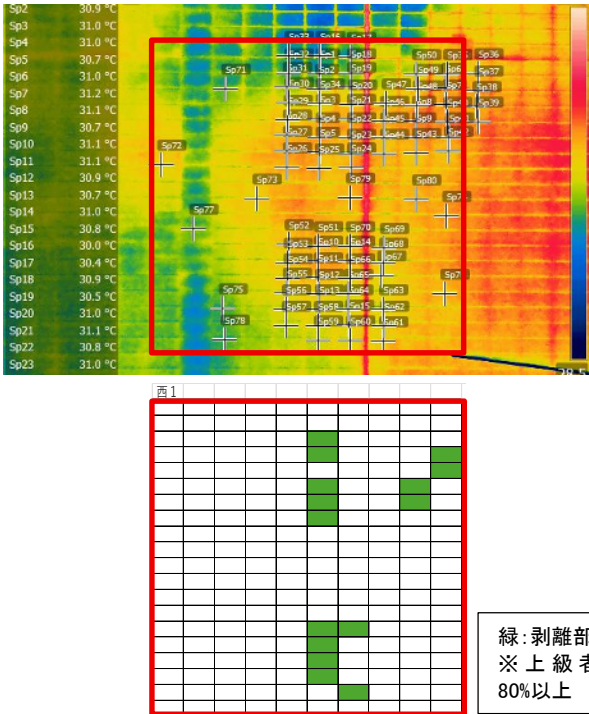


図1 赤外線画像（上）及びびファレンス（下）の比較例
剥離部（Sp1～Sp15）と隣接する健全部（Sp16～Sp64）

で-0.4～0.7℃の温度差が見られた。この結果から、一般的に言われているように剥離部が健全部よりも高い状況ではなく、逆転現象も生じていることが判明した。

また剥離部と健全部の温度差は概ね 0.5℃程度の温度差しかなく、温度測定や機器の誤差程度しかないこと、面内の熱的非平衡による温度差の方が大きいことなどが判明した。

3.2 研究方法の概要

長野市内の集合住宅（A 社宅、B 寮）において、外壁 4 面で非破壊検査（赤外線・打診・引張接着強度試験）を実施し、手法間の検出結果を比較したうえで抜き取りによる接着強度試験を行った。

4. 調査結果

4.1 非破壊検査（赤外線・打診）

表1 外壁4面における赤外線、打診による浮き検出数及び赤外線検出数に対する打診結果の適合率

面	赤外線浮き	打診浮き	適合率
北	426	28	6.6%
東	865	135	15.6%
南	136	81	59.6%
西	487	127	26.1%

適合率 = 打診浮き ÷ 赤外線浮き

赤外線は全体的に過大検出傾向を示し、打診との適合率は 6.6～59.6%であった。

4.2 相関分析

赤外線検出数と打診検出数の間には中程度の相関性（ $r \approx 0.54$ ）が確認され、赤外線は分布傾向の把握に有効である一方、絶対量評価には補正が必要である。

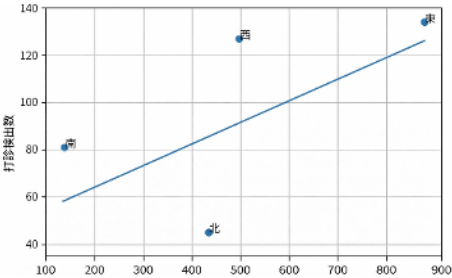


図2 赤外線検出数と打診検出数の相関図

5. 引張接着強度試験

5.1 試験概要

タイル 1 枚を対象に引張接着強度試験を実施し、基準値：0.4 N/mm²以上かつ界面破壊率 50%以下 を参考とした。

$$\sigma = \frac{P_{max}}{A}$$

- ・ P_{max}：破断時最大荷重 (N)
- ・ A=4275 mm² (45×95mm)

判定基準は 0.4 N/mm²以上かつ界面破壊率 50%以下 を参考とした。

試験体は非破壊検査との整合性を検証するため、A～D の 4 区分に分類した。

表 2 引張接着強度試験の分類区分 (A～D)

区分	判定基準	非破壊検査との関係
A	健全部	打診：健全、赤外線：異常なし
B	打診異常部	打診：浮き、赤外線：異常なし
C	赤外線異常部	赤外線：浮き、打診：異常なし
D	判定不一致部	両手法で判定が分かれる

5.2 測定結果 (有効 14 点)

表 3 引張接着強度試験結果 (有効測定 14 点)

区 分	点数	代表値：
良好 (≥0.8)	6	・ 最小値：0.023
境界 (0.4～0.8)	5	・ 中央値：0.664
不適合	3	・ 平均値：0.863
不可	2	・ 最大値：2.039
		・ 合格率：78.6%

0.023～0.032 N/mm²の極端な低強度が 3 点確認され、局所的な接着不良が示唆された。

5.3 方位別傾向

- ・ 北面：全点が基準値以上 (平均 1.30)
- ・ 西面：概ね良好
- ・ 東面：境界帯が多く、不適合 1 点
- ・ 南面：ばらつき大、局所的な低強度あり

施工条件・環境条件の差が付着性能に影響した可能性が高い。

6. 考察

6.1 接着性能の局所的不良

極端な低強度点は、下地含水、モルタル充填率、圧着条件など局所的な施工条件の差によるものと考えられる。

6.2 非破壊検査との整合性

打診調査は接着不良箇所との整合性が高く、赤外線調査は過大検出傾向があるものの、面単位では高い相関を示した。

6.3 調査者スキルの影響

赤外線解析は色調設定や解析者の判断に、打診調査は

聴覚特性や集中力に依存し、両手法とも人的要因によるばらつきが避けられない。

7. 結論

本研究により、外壁タイルの非破壊検査に関して以下の知見が得られた。

①引張接着強度試験の結果から、全体としては概ね良好な付着性能が確認された

78.6%の測定点が基準値 (0.4 N/mm²以上) を満たしており、建物全体としては一定の施工品質が確保されていると判断できる。

②一方で、0.023～0.032 N/mm²という極端な低強度点が局所的に存在した

これらは建物全体の施工不良ではなく、下地の含水状態、モルタル充填率、圧着条件 など、局所的な施工条件の差によって生じた接着不良である可能性が高い。

③打診調査は接着不良箇所との整合性が高く、局所的な不良を的確に捉えていた

特に低強度点との一致度が高く、点検精度の観点から信頼性の高い手法であることが再確認された。

④赤外線調査は過大検出傾向があるものの、浮き分布の傾向把握には有効である

面単位での検出数は打診と中程度の相関性 (r ≈ 0.54) を示し、「分布の広がり」や「相対的な量的差異」を把握する用途には適している。ただし、絶対量評価には補正が必要である。

⑤精度向上には、赤外線・打診・抜取試験を組み合わせた総合評価が不可欠である

単独手法では限界があるため、

- ・ 赤外線：分布傾向の把握
- ・ 打診：局所的な不良の特定
- ・ 抜取試験：定量的な裏付けという役割分担に基づく三位一体の評価体系が最も合理的である。

8. 続報への展開

本章で得られた知見は、外壁診断の信頼性向上に向けて、浮き位置の基準化 (正解の定義) と温熱環境に基づく撮影条件の最適化が不可欠であることを示している。

そこで、その 3 では、外壁表面温度と温熱環境の関係を実測により明らかにし、赤外線画像取得条件の最適化に向けた理論的基盤を構築する。

【参考文献】

- 1) 国土交通省：定期報告制度における赤外線調査 (無人航空機による赤外線調査を含む) による外壁調査ガイドライン, 2022.
- 2) 日本建築防災協会：外壁タイル等の調査診断指針 (改訂版), 2015.

*JR 東日本ビルテック

**前橋工科大学

* JR East, Facility Management Company

** Maebashi Institute of Technology