

熱赤外線カメラを用いた法面安定度評価事例

(株)藤井基礎設計事務所 ○岡 淳一
永田 和之

1. はじめに

モルタル吹付けによる法面保護工が行われるようになり、約30年以上が経過した。老朽化や変状が進行し、維持管理が重要なテーマとなってきた。少ないコストで維持管理するためには、より効率的に危険箇所を抽出することが重要である。本稿は従来、目視観察のみで実施されてきた道路防災点検に、熱赤外線撮影結果を反映させ、精度を向上させた事例を紹介する。

2. 熱赤外線撮影の調査原理

モルタル吹付表面の温度変化に着目すると、背面の空洞がある部分は、空気層により熱移動が妨げられ、地山と密着している部分に比べ“熱しやすく冷めやすい”性質を持つ。そこで、高温時（日中）と低温時（早朝）に、モルタル表面温度を熱赤外線カメラで測定し、二時刻間での温度差が大きく、高温時により高温、低温時により低温という温度変化パターンをもつ部分を抽出することで、モルタル背面の空洞化範囲を推定することができる。

3. 熱赤外線撮影結果

ある山間部を通る国道沿いのモルタル吹付法面は、施工後30年近く経過しており、吹付面の経年劣化や背後地山の緩み等により損傷が生じてきている。

まず、対象区間全体（延長5.5km）を目視点検し、変状が発生しているモルタル吹付法面を11箇所抽出した。これらのモルタル吹付法面を、早朝（6:00）と日中（12:00）に熱赤外線カメラで撮影し、空洞箇所を判定した。

11箇所のうち、No.6区間の1枚（ポール間延長10m）を図-1に示す。図-1の a) は早朝、b) は日中、c) はこれら差分の熱赤外線映像で、d) は同位置での可視画像である。実線で囲んだ範囲は、空洞と判定した箇所である。撮影時期は11月中旬で、早朝の気温は約8℃、日中の気温は約18℃であった。空洞箇所は、早朝は温度が低い所、日中は温度の高い所となる。本地はモルタル吹付の凹凸により、日中は日照条件が均一でなく、空洞箇所が明瞭に現れていない。一方、早朝画像は夜明け前で日照条件に影響されないため、空洞箇所が明瞭に現れている。よって、解析は早朝画像の表面温度を重視した。

熱赤外線映像から、法面中央部の横に延びる水平クラックと、亀甲状クラック箇所に空洞が推定された。水平クラックは、目視では連続性が曖昧だったが、熱赤外線映像から約60m 連続して空洞が生じていることがわかった（図-2参照）。このような連続性のある空洞は、11箇所中、5区間で確認された。

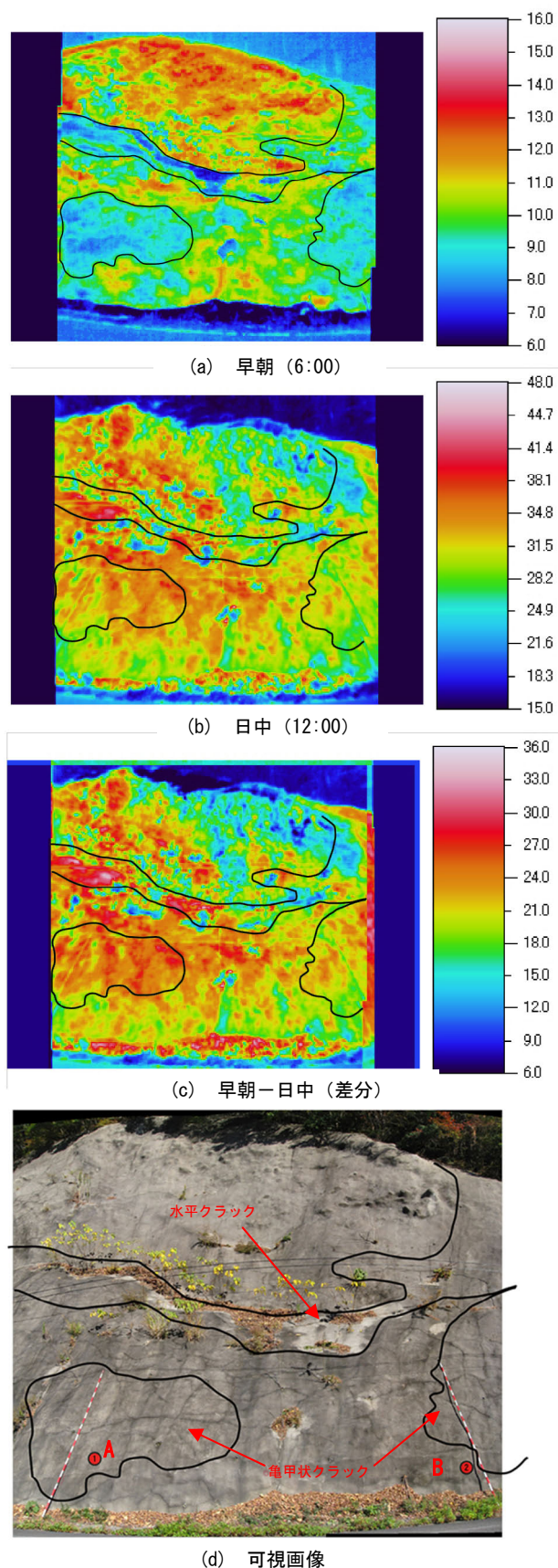


図-1. 熱赤外線映像と可視画像

写真の A, B 位置でドリル削孔を行い、モルタル厚、空洞幅、地山の風化土厚を確認した。Aはモルタル厚3cm、空洞幅12cm、風化土厚20cmで、Bはそれぞれ17cm、4cm、10cmであった。Aの空洞幅が大きく、熱赤外線映像と一致する結果となった。

4. 調査結果のまとめ

熱赤外線撮影により判明した水平方向に延びる空洞は、約60mも連続性があった。これは、目視では捉えることができない、モルタル背面の地山の変状を示していると考えられ、地すべりや岩盤崩壊等の前兆現象となっている可能性がある。亀甲状クラック箇所の空洞は、モルタルの老朽化によるものと考えられる。

図-2の平面図に調査結果を示す。

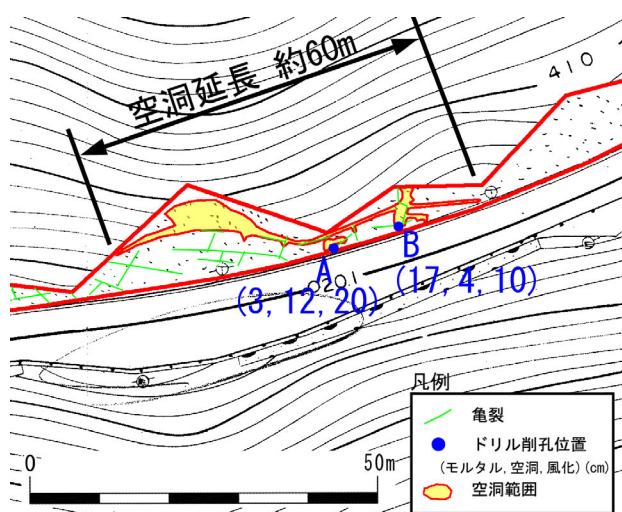


図-2. 調査結果平面図 (No. 6区間) の一部抜粋

5. 安定度調査表への反映

モルタル吹付法面の安定度評価は、道路防災点検の安定度調査表²⁾を使用し、詳細調査の優先順位を決めるために点数付けを行った。安定度調査表の作成には、目視点検のみではモルタル背面の地山状態を判断しきれないため、熱赤外線撮影結果を反映した。

熱赤外線撮影で明らかになった空洞の連続性は、次のような原因が考えられるので、安定度調査表の「崩壊性の構造」に反映できると考えた。また、空洞の存在自体は、「のり面斜面の変状」項目に反映できる。

- ・モルタル背面に、地すべりや岩盤のゆるみが広範囲に発生している場合
- ・モルタル背面に、断層などの弱層が存在し、変状発生の原因となっている場合

6. 安定度評価結果

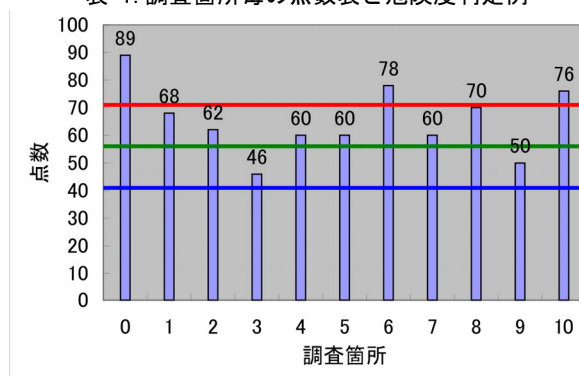
熱赤外線撮影を行った11区間のモルタル吹付法面について、安定度調査表の点数を表-1に示す。点数は100点満点で、点数が高いほど危険な法面であることを示す。

本調査地においては、71点以上は危険度 A ランクで、

最も崩壊性の高い法面とした。56点～70点は危険度 B ランクで、崩壊性は高いが、既設ロックネットがあるので、A ランクに比べて危険性が低減された法面とした。41点～55点は危険度 C ランクとし、崩壊性は低いが見視が必要な法面とした。40点以下は抽出した11箇所該当するものはないが、崩壊の緊急性が低い法面とした。

空洞の連続性が顕著な区間 (No.0, 1, 6, 8, 10) は、いずれも A～B ランクで崩壊の危険性が高い結果となった。これらの法面は大規模崩壊が予想され、対策工が必要になる可能性が高い。よって、調査ボーリング、弾性波探査、ボアホールカメラ等の詳細調査を、優先的に提案することにした。

表-1. 調査箇所毎の点数表と危険度判定例



危険度	点 数	評 価
A	71点以上	崩壊の危険性が高く、早期に対策が必要な法面
B	56～70点	崩壊性は高いが、法高が低いことやロックネットがある等、危険性がやや低い法面
C	41～55点	崩壊性は低いが見視が必要な法面
D	40点以下	老朽化しているが、緊急性が低い法面

7. おわりに

本事例では、安定度評価に熱赤外線撮影結果を反映することで、効率的に危険箇所を選定することができた。

熱赤外線撮影は予備調査の有効な手段であるが、次の条件を理解し、計測・解析精度の向上を計る必要がある。

1. 熱赤外線撮影は、日照条件、気温、凹凸、モルタル厚等の、測定条件の影響を受ける。特に本事例のようにモルタル吹付けに凹凸があり、日中の日照条件が均一でない場合は、早朝の測定結果を重視して評価すべきである。
2. 熱赤外線撮影は、植生に覆われた法面や、湧水が多い法面などでは適用が困難であるため、適用ケースが限定される。
3. 熱赤外線撮影は、コア抜き、ドリル削孔を併用することで精度を向上できる。

《引用・参考文献》

- 1) 建設省土木研究所編：熱赤外線映像法による吹付のり面老朽化診断マニュアル、1996.1.
- 2) 財団法人道路保全技術センター発行：道路防災点検の手引き（豪雨・豪雪等）、2007.9.