

IV-63 吹付のり面老朽化診断における熱赤外線映像の活用

(株)復建技術コンサルタント 正会員 ○渡辺敏三

(株)復建技術コンサルタント 鎌田直哉

1. はじめに

吹付のり面老朽化診断は、近年、のり面観察調査や従来型の地質調査に加え、熱赤外線カメラで撮影した熱画像の解析を行い、面的な吹付け背後の状態把握が行われている¹⁾²⁾。

本論では、当社で実施した吹付のり面老朽化診断の事例の内、硬岩地山（石英安山岩貫入岩体）、軟岩地山（溶結凝灰岩非溶結部・弱溶結部）、膨潤性地山（スメクタイトを含む第三紀凝灰岩）の代表的3例に関し報告³⁾し、熱画像活用上の課題について考察する。

2. のり面の特徴と観察調査による変状

(1). のり面の形状や位置的特徴

「硬岩のり面」：施工後約30年経過、高さ20～30m、ダム湖畔付替え道路、現況のり面平均勾配1：0.6。

「軟岩のり面」：施工後約20年経過、高さ20～30m、奥羽山脈脊梁、高標高積雪寒冷地、現況のり面勾配は上部1：0.8～1.0、下部1：0.8～0.5。

「膨潤性岩のり面」：施工後約10年経過、高さ30m、平均のり面勾配1：0.6。地すべり地周辺に位置する。

(2). 吹付モルタル・コンクリートの変状

a) ひび割れや変状

硬岩地山の吹付のり面では、背後の地下水の浸出と凍結融解、地山表層の緩みによって形成されたとみられる法面中・下部の水平亀裂が特徴的である。

軟岩吹付のり面では、劣化や凍結融解によると考えられる亀甲状亀裂が発達するが、連続性の良い亀裂は見られない。

膨潤性地山の吹付のり面では、背後地山緩み帯の押出しによって中腹の亀裂が発達したものと推察され、のり面下端の側溝側壁の明瞭な押出しが発生している。

b) 表面剥離

表層剥離は、亀裂形成やモルタルの風化劣化・凍結融解の著しい箇所が発生している。

c) のり面の凹凸や施工時崩壊跡

硬岩のり面、軟岩のり面共に上部のり面にスプーン状やテラス状に施工時に小規模な崩壊が生じたとみられる凹地がある。また、膨潤性岩のり面には、幅15m、高さ20mの施工時崩壊跡とみられる凹地がある。

3. 熱赤外線カメラ撮影と画像

熱赤外線撮影は、(株)日本アビオニクス製の熱赤外線カメラNeoThermoTVS-610を用い、路肩や道路の屈曲部、ダム湖対岸を利用した地上撮影によった。撮影は、早朝と日昼の2時刻撮影を行い、温度差画像を作製した。

硬岩のり面の吹付け表面は、温度差の高温箇所がスポット状に分布する。

軟岩のり面は、水平性層状構造のため、高温な上部土砂地山（非溶結部）と比較的低温な下部の塊状地山（弱溶結部）の二層構造が明瞭である。

膨潤性岩のり面の温度差高温部は、横断方向に連続する傾向が認められる。

4. 熱赤外線画像解析のコア抜き検証

熱画像解析において、表-1. に従い温度差画像から法面背面区分を推定した。その代表的区分域でコア抜き検証を行った。

a). 硬岩のり面

空洞部Ⅰと予測した4箇所内の1箇所が空洞（厚さ4cm）と判明し、他にのり面脚部で行った水平ボーリングで厚さ3cmの空洞を確認した。空洞化を予測したがこれを確認できなかった箇所は背面地山の風化変色が観察された。

表-1. 吹付のり面の地山性状と表面温度パターン¹⁾

区分	吹付背後の性状	深夜・早朝	日中	2時刻の温度変化
I	空洞部	低温	特に高温	特に大きい
II	土砂部	低温	高温	大きい
III	湿潤部	低温	特に低温	特に小さい
IV	健全部	高温	やや低温	小さい

b). 軟岩のり面

空洞部Ⅰ＋土砂風化部Ⅱとした箇所はすべてⅡと判

明した。一部の岩盤の良好箇所で局部的に 1cm 程度の空洞が見られるものの、全般に吹付モルタルと地山は密着性で背面における空洞域は認められなかった。しかし、全般にのり面背後の地山風化・黄色化が確認され、これが比較的高い温度差の原因と考えられる。

c). 膨潤性岩のり面

空洞部Ⅰ及びⅠorⅡと予測した箇所の6箇所がすべて1～5cm空洞化している。コア抜き工掘削水が吹付けと地山の間に流入することがあった。

5. のり面地質

地表踏査・ボーリング・弾性波探査・試験によって判明したのり面背後の地山性状は次の通りである。

「硬岩地山」;のり面地質は石英安山岩の貫入岩体から成る。のり面中・下部は大半が軟岩Ⅱ～硬岩を呈する。弾性波速度は主に1.2～3.6 km/sで、一軸圧縮強度 $qu=87\sim102$ MPaが得られた。

「軟岩地山」;のり面地質は溶結凝灰岩（非溶結、弱溶結）から成る。のり面上部が土砂状非溶結部で、下部が塊状で比較的硬い弱溶結岩を呈する。弾性波速度は大半が0.7～2.0 km/sで、弱溶結部の一軸圧縮強度は $qu=10\sim34$ MPaを示す。

「膨潤性地山」;のり面地質は新第三紀凝灰岩（グリーンタフ）であり、N値の測定可能な軟岩から構成される。弾性波速度は主に0.5～1.8 km/sである。X線回折試験で顕著なスメクタイトが検出された。

6. 吹付のり面診断と補修設計への課題

吹付のり面補修工は、一般に、「モルタルの顕著な劣化部：はつり+再吹付け工」、「空洞化：鉄筋挿入工、セメントミルク注入」、「経年風化による緩み帯の形成：のり枠+ロックボルト（+アンカー工）」が選定される¹⁾。

熱赤外線画像による背後状態区分（Ⅰ～Ⅳ）の予測と効率的なコア抜き調査のために、亀裂の形状・延長、のり面湧水の形態、側溝水路の押出し等の「モルタルと地山の密着不良」に着目したのり面観察・スケッチは重要である。また、空洞化（あるいは温度差高温域）面積率の導入が有効とみられる。

10～30余年、おおむね安定であった吹付のり面に対し、経年の風化・劣化によって、背後地山にゆるみ帯やすべり面を想定し、必要抑止力に対する設計が行われている。対策工の選定指針として、「広範な温度差高温域が分布→斜面の安定に関わる土砂化や風化が予測される」や「のり面各所の横断方向の温度差高温域

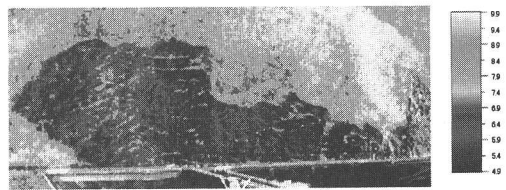


図-1.「硬岩吹付のり面」温度差画像例

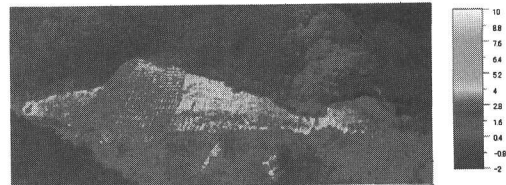


図-2.「軟岩吹付のり面」温度差画像例



図-3.「膨潤性岩吹付のり面」温度差画像例

が分布→背後地山のブロック状変状・押出しが発生している可能性が大い」とする等の判定を取入れた安定性評価手法の構築が望まれる。

謝辞：平素より御指導・御協力を頂いている当社調査防災部三上登志男部長、菊地良昭課長（現青森支店調査課）に感謝申し上げる。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所（現独立行政法人）：熱赤外線映像法による吹付けのり面老朽化診断マニュアル,1996.
- 2) 藤原鉄朗・金本康宏：熱赤外線映像法による斜面調査、地すべり学会誌. Vol. 38, No. 1, pp9-13, 2001.
- 3) 鎌田直哉・渡辺敬三：吹付のり面老朽化診断における熱赤外線映像装置の運用、(株)復建技術コンサルタント技術報告TECHNICAL REPORT Vol.9, pp45-51, 2002.