

熱赤外線映像法を用いた既設モルタル吹付法面の評価

(株) 復建技術コンサルタント
柴崎 進・石川 信一

1. はじめに

最近、既設モルタル吹付法面の崩壊による災害が頻発している。崩壊の主な原因としては、吹付け背後地山の風化による土砂化及び空洞化又はモルタル吹付工自体の劣化などが挙げられる。従来、モルタル吹付法面背後地山状況の評価には、ハンマーによる打音調査やコア抜き調査が一般的であったが、これら手法では、法面全体を客観的に評価することは困難であった。近年の評価方法として、リモートセンシング技術である「熱赤外線映像法」がマニュアル化され適用されてきている。同方法は、法面全体を非破壊的かつ客観的に評価することが可能であり、吹付法面の対策工を検討する際の有力な情報になるものと考えられる。崩壊した既設モルタル吹付法面において、同調査法の適用性について検証した結果を報告する。

2. 地表踏査結果

平成12年7月8日に、国道沿いの既設モルタル吹付法面で幅20m規模の崩壊が発生した(写真-1)。



写真-1 法面崩壊状況

本法面を構成する地質は新第三紀中新世高館層に該当する安山岩質溶岩及び同質集塊岩を主体としている。

法面崩壊の素因としては、モルタル吹付け背後の地山が強風化することによ

り、土砂化(一部空洞化)していること、誘因としては、集中豪雨(120mm/日)が想定された。

崩壊後、地表踏査を行った結果、崩壊箇所以外の吹付法面にも、オープクラック、ヘアークラック、表層剥離等の変状が認められた他、苔・植生等の生育も認められた(図-1)。

3. 調査方法及び調査結果

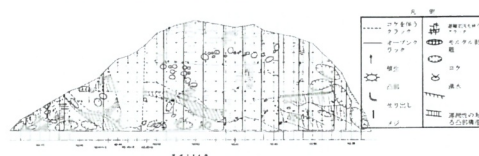


図-1 法面スケッチ図

今後の復旧対策工を検討する上で、モルタル背後の地山の状態を面的に把握する必要性があったため、熱赤外線映像法を適用した。

また、同調査後にコア抜きにより、調査の精度について評価した。

3-1.熱赤外線映像法

(1)調査方法

本調査法は、低温時(早朝)および高温時(昼間)の2時期の測定を行い、その温度差からモルタル吹付工背後の状態を想定する手法である。

対象法面の立地条件により、地上からの撮影は困難であり、計測精度も劣ることから、ヘリコプターにより撮影した(図-2)。

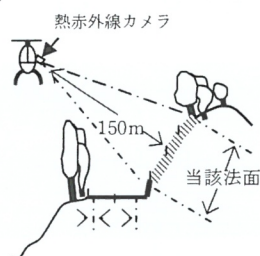


図-2 熱赤外線測定概念図

(2)調査結果

温度計測結果を図-3～図-5に示す。

モルタル吹付法面の温度差は、法面中央部で、最大9℃、縁辺部では5℃程度であった。

この結果を、可視画像(写真イメージ)に重ね(図-6)、温度差で区分し、考察を加える。

- 1)温度差(大:A、B、C):背後地山に水が関与していない場合、相対的に空洞の存在する可能性が高い。
- 2)温度差(小:D、E、F):背後地山に水が関与している可能性があり、相対的に空洞や水みちの存在する可能性が高い。

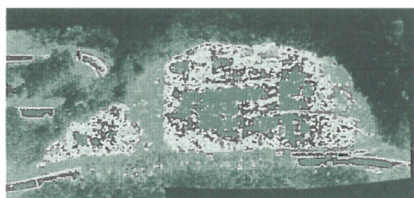


図-3 1回目測定 5:40am (a)



図-4 2回目測定 12:40pm (b)

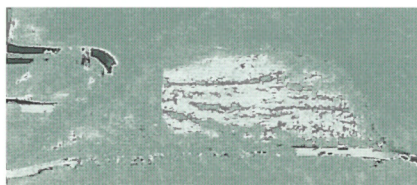


図-5 温度差 (b-a)



図-6 可視画像+温度差 合成図

これらのことを総合的に考察した結果、対象法面で空洞化等の変状が存在する可能性の高い部分として、大きく以下の4ブロックが認められる。

- ①対象法面右側の開口性クラック上部に分布する部分。
- ②対象法面中央部の広い範囲に広がる部分。
- ③対象法面中央下部から左上側へ斜めに伸びる部分。
- ④仮復旧部(崩壊箇所、ソイルセメント吹付)

これらの部分における変状状況としては、次の事項が挙げられる。

表-1 変状状況

変状の要因	変状以外の要因
空洞	・モルタル厚さの不均一性
土砂化	・表面起伏
	・植生及び植生の影

また、図-7に法面スケッチ結果と熱赤外線映像結果を重ね、以下に空洞化等の変状が存在する可能性の高い各部分について、現地状況も含め考察する。

- 1)温度差(大):現地では表面剥離やヘアークラックおよび横方向に走るオープンクラックも確認できるため背後地山の空洞化、及び脆弱化による緩み土圧の可能性も伺える。
- 2)温度差(小):法面の周辺部に低温部が分布している。この付近では水の染出しも確認されており背後地山の湿潤化が推定される。また、ここは起伏が生じている部分でもあり、日射の影響がなかったことを考慮すると「湿潤な」又は「脆弱な」地質構造が現れているものと考えられ、仮復旧を行っている範囲にも及びさらにその左側へと

続いている可能性もある。

- 3) 仮復旧部は、最近の施工にも関わらず、脆弱化による緩み帯が残留しており、温度異常部が認められる。

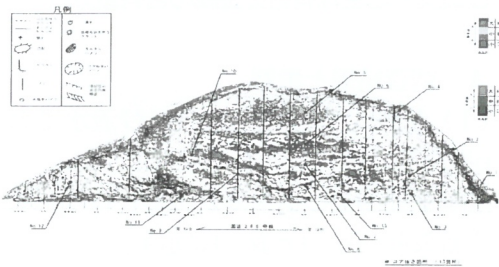


図-7 温度差・法面スケッチ合成図

3-2. コア抜き調査

温度差区分毎に、代表的な位置13箇所(図-7)においてコアボーリングによりモルタル吹付背面状況を確認した結果(表-2)、次のことが判明した。

表-2 モルタル吹付法面 コア抜き結果一覧表

箇所 No	モルタル厚さ cm	空洞 cm	岩盤 区分	温度差		記事
				色調	区分	
1	6.5	2.5	D	茶褐色	F	周辺に開口亀裂L=5mあり
2	10.0	なし	D	茶褐色	C	
3	11.0	1.0	D	茶褐色	B	
4	8.5	なし	D	灰褐色	D	
5	9.0	3.0	D	茶褐色	A	
6	6.5	なし	D	茶褐色	C	
7	8.0	1.0	D	茶褐色	B	
8	6.3	なし	D	茶褐色	E	
9	10.5	なし	D	茶褐色	E	
10	8.5	3.0	D	茶褐色	A	
11	13.0	1.0	D	茶褐色	D	
12	7.0	なし	D	茶褐色	C	
13	6.0	4.0	D	茶褐色	B	法尻部開口亀裂あり
相対的高温部	温度差大 試料数	最大 9.0	3.0	空洞3.0cm程度認められる。地山は、土砂状で脆弱である。		
	最小	8.5	3.0			
	平均	8.8	3.0			
相対的低温部	温度差大 試料数	最大 11.0	4.0	空洞1.0cm程度認められる。地山は、土砂状で脆弱である。法尻部の開口亀裂付近は空洞化が顕著である。		
	最小	6.0	1.0			
	平均	8.3	2.0			
相対的高温部	温度差小 試料数	最大 10.0	なし	空洞はないが、地山は土砂状である。		
	最小	6.5	なし			
	平均	7.8	なし			
相対的低温部	温度差大 試料数	最大 13.0	1.0	相対的高温部に比べ、モルタルが厚い。空洞も1.0cm程度認められる。		
	最小	8.5	1.0			
	平均	10.8	1.0			
相対的高温部	温度差中 試料数	最大 10.5	なし	モルタル吹付が最も厚い。空洞は認められないが、地山は土砂状を呈する。		
	最小	6.3	なし			
	平均	16.8	なし			
相対的高温部	温度差小 試料数	最大 6.5	2.5	モルタルの縁辺部で、開口亀裂2cmが見られ、亀裂沿いに段差が生じている。モルタル自体も脆弱化している。		
	最小	6.5	2.5			
	平均	6.5	2.5			

- 1) 温度差(大)A・B部分と温度差(小)D、即ち最も空洞存在の可能性

の高いと思われた部分(温度異常部)では、それぞれ空洞(1~3cm)が確認された(図-8)。

- 2) コア抜き箇所モルタル背後の地山はすべて土砂化している。
3) 既設モルタルの平均厚さは、約10cm程度であった。

4. まとめ

熱赤外線映像法により、温度異常と診断された箇所とコア抜き結果は、良く対応している。今回の結果では、モルタル吹付け背後の空洞に加えて、地山は土砂化(脆弱化)しており、モルタル吹付け後比較的早急に風化が進行していることが判明した。

この調査法は、法面全体を非破壊的かつ客観的に評価する上で有力であり、法面对策工の検討資料として非常に有効と考えられる。

本調査は概査としては優れるものの、単独での法面全体の評価としては、不十分であり、特にコア抜き調査等による検証は不可欠である。従って、従来通りの機械ボーリングや弾性波探査等の付加価値調査として位置づけるのが望ましい。

さらに、本手法は気象条件に大きく左右されることから、日照時間の短い冬期の調査については、法面の方向等を十分に考慮した上で、施工計画を立案する必要がある。

以上

《参考文献》

- ① 建設省土木研究所: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。
② 地質調査所:5万分の1地質図幅「仙台地域の地質」、1986。