

○ 建設省土木研究所 正会員 三原慎弘

日本工営（株）

（株）興和

（株）地研コンサルティング

藤原鉄朗

那須野郁夫

長谷川秀人

建設省土木研究所

朝日航洋（株）

日本電気三栄（株）

古田光弘

境野庄司

松永徹志

1 熱赤外線映像法の原理

熱赤外線映像法は物体の表面温度を計測する手法であり、非接触で広範囲のデータを瞬時に取得できるという特徴を有している。一方、物体表面付近の欠陥や変状は表面温度にも影響を及ぼすことから、熱赤外線映像法を非破壊調査法として利用することが可能である（図-1）。

熱赤外線映像法を吹付のり面の老朽化調査に適用することにより、吹付背後における空洞および土砂部、湧水部などの変状を検出することができる。表-1に各吹付背後の変状が表面温度に及ぼす影響を示す。

2 吹付のり面老朽化調査への適用事例

吹付のり面老朽化調査では熱赤外線映像法で得られたデータと目視調査や対象のり面周辺の踏査結果をもとに、老朽化の形態や程度などを総合的に判断する必要がある。

以下に実際に熱赤外線映像法を吹付のり面の老朽化調査に適用し、老朽化総合評価を行った事例を示す。

(1) 表層風化型の老朽化の検出事例

対象吹付のり面の地山条件は花崗岩類であり、周囲の状況からかなり風化が進行している可能性があると調査当初から予測された。一方、目視調査の結果では吹付表面には開口したひびわれはあるものの、相互の連結は認められなかった。

図-2に熱赤外線映像調査により得られた温度差画像の模式図を示す。熱差画像では吹付のり面の上部に昼夜の温度変化が大きい部位が広く存在することが確認できた。

熱差画像およびその他の結果から、対象のり面の地山上部は土砂化しており、洗いだしを受けて空洞が発生していると判断された。これらの結果を総合し、図-3に示す老朽化断面図を作成した。

この事例では吹付背後の地山の風化が進行し吹付面に対して土圧が発生しているものの、吹付面にひびわれを生じさせるほどではなく、現在は安定しているものと考えられた。しかし、今後、地山の風化進行により吹付モルタルに顕著な段差ひびわれや開口ひびわれが新たに発生するようであれば、のり面の切り直しなどの対策を検討する必要があると判断された。

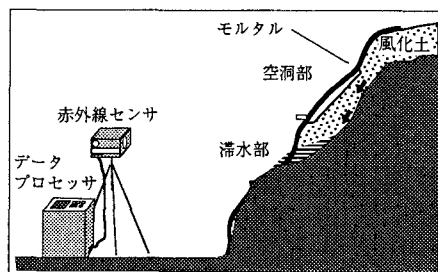


図-1 熱赤外線調査の模式図

表-1 吹付背後の性状と吹付の表面温度

吹付背後の性状	深夜・早朝の画像	日中の画像	2時刻の温度変化
空洞部	低温	とくに高温	温度変化がとくに大きい
土砂部	低温	高温	温度変化が大きい
湿潤部	低温*	とくに低温	温度変化がとくに小さい
健全部	高温	やや低温	温度変化が小さい

* 冬期、地下水温が相対的に高い場合は夜間の画像において湿潤部が高温部として検出されることがある

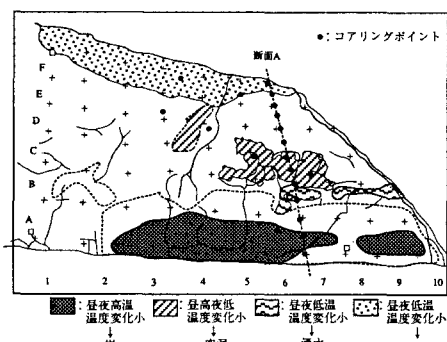


図-2 熱画像判読図1

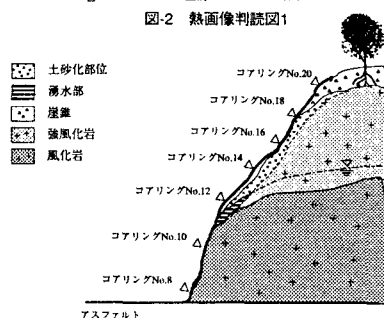


図-3 老朽化診断図1

(2) 凍上による吹付層の押し上げの検出事例

対象の吹付のり面では水抜孔やのり肩から常時顕著な湧水が認められたことから、調査当初から吹付背後に洗いだしや凍上による空洞の存在が予測された。

目視調査ではのり面全面に水平・垂直方向に連結した開口ひびわれがあることが明らかになった。

図-4に熱赤外線映像調査により得られた温度差画像の模式図を示す。

熱画像では破線で示した部位の温度が昼夜で逆転していることが確認でき、この部位に空洞があると判断された。さらに、コア抜き調査などの調査結果を考察することにより、本対象のり面では冬期にモルタル背後の湧水が凍結し、モルタル全体を押し上げることによって吹付背後の空洞および吹付表面の開口ひびわれが発生していると推定された(図-5)。

この吹付のり面では背後の地山は比較的安定しているものの、吹付背後に広範囲の空洞が存在していることから、密着不良により吹付モルタルが崩落する危険性が指摘された。

これに対する対策としてはのり肩に排水路を施工し、吹付背後への水の侵入を防ぐ必要があると判断された。

(3) すべり線付近の湧水の検出事例

対象吹付のり面は第3段以下がモルタル吹付後に枠工が施工され、さらに枠工を受圧板として鋼棒によるアンカー工が施工されていた。対象のり面において施工後数ヶ月でアンカー頭部に破損が生じたため、熱赤外線映像法による調査を実施し、吹付背後の地山性状について調査した。なお、調査は枠工の凹凸の影響を避けるため、日没後に実施した。

熱赤外線映像調査の結果、第2～4段のり面に背後からの地下水の供給によると考えられる低温部が認められた。また、目視調査ではこの低温部を中心にひびわれが多数確認された。

さらに、後背地調査を実施した結果、のり面頂端部40m上方自然斜面に水平に点在・連続する段差や開口亀裂が認められた。これらのことからのり面は初生的地すべりの末端部にあたる可能性があると判断した。今後は地盤伸縮計などの計測調査によりすべりの範囲を確認するとともに、ボーリングなどによる詳細な地質調査を実施することが望まれる。

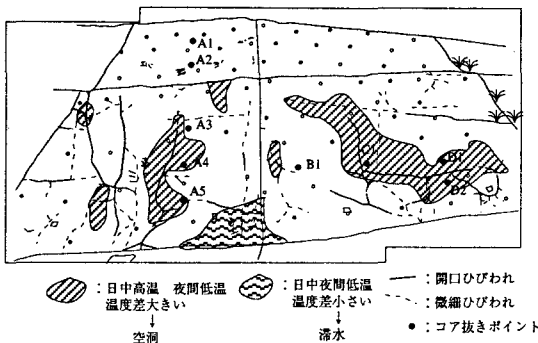


図-4 熱画像判読図2

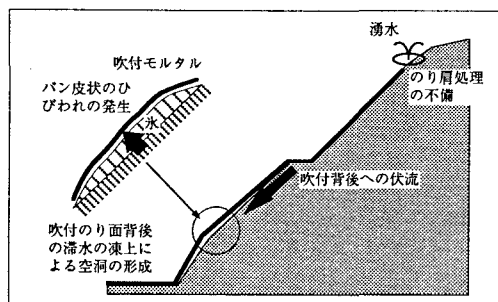


図-5 老朽化診断図2

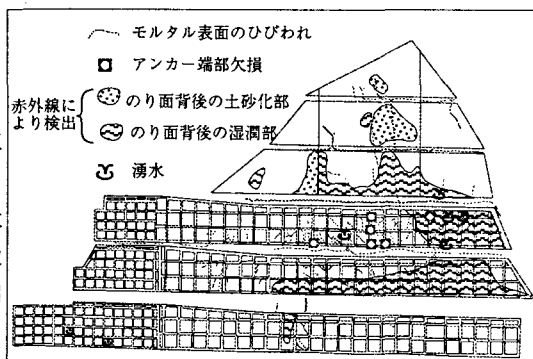


図-6 熱画像判読図3

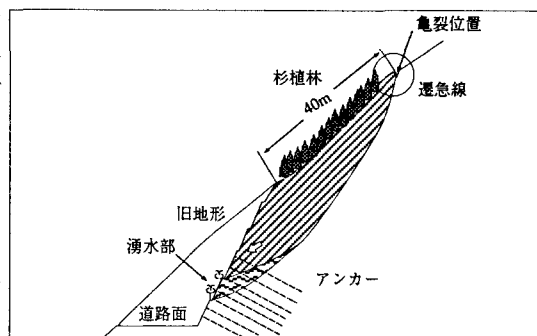


図-7 吹付のり面断面図