

Ⅲ-A296

熱赤外線による岩盤斜面不安定ブロック調査の試み

西松建設 正会員 荒井紀之
西松建設 正会員 石山宏二
建設省土木研究所 正会員 門間敬一

1. はじめに

岩盤崩落箇所を事前に予測することは、豊浜トンネル崩落事故等の岩盤斜面災害を予防する上できわめて重要な課題の一つである。熱赤外線映像法は、測定が容易で遠隔から非接触で物体の状態を調査できるため、吹付のり面の老朽化診断や岩盤斜面調査等に応用されつつある。本研究は、安山岩溶岩からなる節理の発達した自然斜面に対し熱赤外線映像法を適用し、不安定ブロックの評価を試みるとともに、1次元熱伝導解析を行い表面温度による不安定ブロックの判読可能性について考察した。

2. 調査サイトおよび熱画像撮影時の気象条件

調査対象斜面は、ほぼ南北方向に伸びる谷地形の左岸に位置し、直高は約10m、幅約20m、ほぼ垂直の西向き斜面である。斜面の中位には、厚さ7~10mの塊状安山岩がほぼ水平に露岩している。安山岩中には、不規則な縦方向の節理が数m間隔で分布している。特に、岩盤表面とほぼ平行方向に発達した節理面により、いくつかのブロックは板状に剥がれやすくなっている。この安山岩の下位には自破砕状の安山岩、上位には段丘堆積物が分布している(写真-1)。

熱画像は、赤外線カメラを斜面から約45m離れた地点に固定し15分間隔で撮影した。撮影期間中は、気温、風速を計測した。計測期間中の天候は、初日がほぼ快晴に近く、翌日は雲量が30%程度であった。最低気温は、初日の午後19時に1.4℃、最高気温は翌日の午前9時半に10.6℃であり、寒暖の差は約9℃であった。斜面が西向きであり、周辺が谷地形を呈しているため、直達日射が斜面に照射するのは正午過ぎの数時間に限られる。

3. 表面温度変化特性による不安定ブロックの評価

図-1は、岩盤ブロック表面の向きがほぼ同一方向の面を測量により抽出し(写真-1中の多角形領域に対応)、その平均温度の時間変化を示したグラフである。図中には、比較のために気温を太い実線で描いてある。また、表-1に14日15時と22時の各ブロック毎の表面温度差を示す。

図-1と表-1より、A、F、Eブロックの表面温度変化幅が他のブロックにくらべ相対的に大きいことがわかる。AやEブロックの背面には目視により節理が確認されている。また、周囲の地質調査や

表-1 2時刻の表面温度差(14日15時-22時)

ブロック記号	A	B	C	D	E	F
温度差(℃)	6.1	3.9	3.6	3.8	4.7	5.3

岩石試験結果より安山岩溶岩の岩石組織は風化・変質をあまり受けていない。したがって、これらのブロックの表面温度差が大きくなったのは、背面に節理が存在することにより、温度低下量が相対的に大きくなったことが考えられる。これに対し、B、C、Dブロックは相対的に表面温度変化幅が小さい。Bブロックは、図-1に示すように、どの時刻においても周辺部に比べ低温部として写っている。面の向きや表面形状が周囲と

キーワード：熱赤外線映像法、岩盤斜面、岩盤評価、節理

〒242 神奈川県大和市下鶴岡2570-4 TEL 0462-75-1135 FAX 0462-75-6796

〒305 茨城県つくば市大字旭1番地 TEL 0298-64-4460 FAX 0298-64-0903

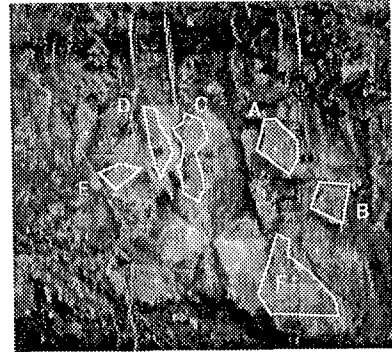


写真-1 調査対象岩盤斜面

写真中の多角形領域は、図-1の岩盤表面温度プロット箇所に対応している

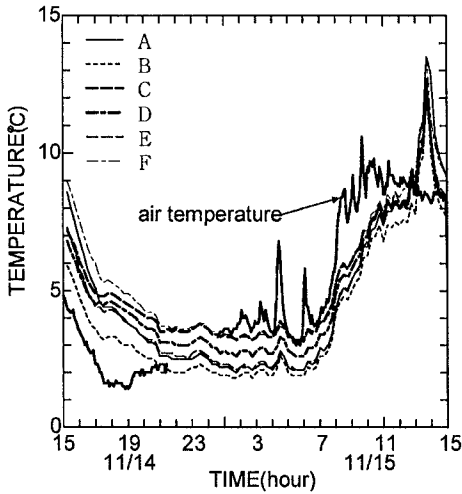


図-1 ブロック毎の岩盤表面温度の時間変化

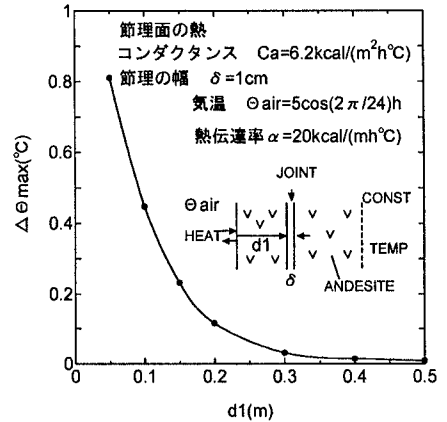


図-2 岩盤斜面に平行な節理面を含む岩盤表面温度の1次元熱伝導解析（外気との熱伝達のみ）

大きく異なるわけではないので、背面に地下水が湧出している可能性がある。Cブロックは塊状であり目視では背面に節理が認められない。

4. 1次元熱伝導解析による一考察

岩盤ブロック背後の節理面の存在を、岩盤の表面温度から調査可能かを検討するために、1次元熱伝導解析を行った。解析モデルは、図-2中に示すように、表面から d_1 の位置に、幅 δ の節理（空気層）が斜面と平行方向に存在すると仮定した。そして、節理の幅 δ を固定し、節理面の表面からの距離 d_1 と表面温度との関係を調べた。ここでは、気温の日変化による岩盤表面温度変化特性を調べるために、外気との熱伝達のみを考慮した。外気温は、図中に示すように振幅 5°C の余弦関数として近似した。 $\Delta\Theta_{\text{max}}$ は、節理を含まない岩盤の表面温度と節理を含む岩盤表面温度の差の最大値である。節理面は鉛直の空気層として扱い、空気層の熱コンダクタンスをRowley, Algrenの実験結果より与えた¹⁾。また、岩盤の熱物性値は、安山岩を想定し、密度 $2.68\text{g}/\text{cm}^3$ 、熱伝導率 $1.5\text{kcal}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C})$ 、比熱 $0.18\text{kcal}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ とした。

解析の結果、節理面の位置が表面から 20cm 以上離れていると、節理を含まない岩盤との温度差が 0.1°C 未満であり、熱赤外線カメラの最小検知温度差が 0.1°C であることから、表面温度から節理の存在を検知することは困難である。また、今回の安山岩斜面を考えた場合、表-1に示すようにブロック間の温度変化幅に約 2.5°C の開きがあり、外気との熱伝達のみでは説明がつかない。実際の自然斜面における熱収支は、外気との熱伝達以外に日射や長波放射が存在するため、これらが影響したものと推察される。今回のような簡易なモデルで全ての現象を説明できるわけではないが、気温の日変化を利用して岩盤背後の節理を評価する場合の調査限界を把握することができたと考ええる。

5. おわりに

岩盤崩落箇所の判読を目的として安山岩斜面の熱赤外線調査を行った結果、以下のことがわかった。

1. 面の向きがほぼ等しい複数のブロック表面温度を比較した結果、背後に節理面を介在するブロックは相対的に温度変化幅が大きい傾向にあることがわかった。また、表面温度がすべての時間帯において相対的に小さいブロックは、背面に地下水が湧出している可能性があることが推定された。
2. 1次元熱伝導解析の結果、気温の日変化を利用して背後の節理面の有無を判読する場合、ブロック表面から 20cm 以上奥にある節理は判読不能であることがわかった。

今後は、岩盤斜面の凹凸が表面温度に与える影響、日射や長波放射の影響を検討したい。

（参考文献）1）渡辺要：建築計画原論II，丸善，pp. 98, 1965.