HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	打撃試験による落石危険度の評価
Author(s)	藤井, 義明; 菅原, 隆之; 小玉, 齊明 他
Description	資源・素材2011（堺）ー平成23年度資源・素材関係学協会合同秋季大会ー、2011年9月26日～2011年9月29日、大阪府立大学中百舌鳥キャンパス、堺市 ＊補筆版
Citation	資源・素材2011(堺)企画発表・一般発表 (A)講演資料集, 2011, 21-22
Issue Date	2011-09-26
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/47180
Type	conference paper
File Information	MMIJ2011.(A)21-22.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

藤井義明・菅原隆之・小玉齊明・内藤孝和（2011）、打撃試験による落石危険度の評価（補筆版）、資源・素材 2011（堺）企画発表・一般発表(A)講演資料集、pp. 21-22, 9/26、堺（オーサーバージョン）

打撃試験による落石危険度の評価

北大○藤井義明・菅原隆之、函館高専 小玉齊明、JR 東日本 内藤孝和

1. はじめに

落石の可能性がある路線において安全性を確保するには、落石頻度と地形・地質との関係を明らかにすることにより、路線上の要警戒斜面を特定できれば有利である。次に、落石頻度と気象との関係を検討し、要警戒時期を特定できると有利である。主にチャートで構成された付加体の岩盤斜面中を通る路線について行われた試みが、増井ら（2007）、小玉ら（2010）などにみられる。また、斜面風化の状況を点載荷試験で把握しようという試みもある（大村ら、2007）。

要警戒斜面、要警戒時期が明らかになったとして、さらに、斜面上での要警戒ブロックを特定したいとすれば、当然に開口亀裂により形成された岩盤ブロック、特にオーバーハングが危険と判断され、何らかの対策が必要になるであろう。

しかしながら、岩盤表面から見て亀裂が開口していても、奥部で密着していれば落石の危険性は少ない可能性があり、また、その逆も言える。そこで、筆者らは、簡便・迅速に要警戒岩体をピンポイントで予測し得る方法の開発を目的として、打撃試験と原位置引き剥がし試験を行ってきた。

打撃試験（森川ら、2009）では、インパルスハンマーで岩盤ブロックを打撃し、内蔵された加速度計によりその加力を記録する。また、岩盤表面に押し当てた別の加速度計により、岩盤中を伝播した加速度波形を記録する。加力波形から、岩盤のバネ係数を求めることができる。岩盤のバネ係数は、ハンマーが岩盤を押すとき（K_1）と岩盤がハンマーを押すとき（K_2）について求められ、前者は岩盤の塑性変形も含んだ値、後者は弾性変形を表す値になると期待される。前者は、打撃力への依存性が大きいが、後者は打撃力にほとんど依存せず一定の値を示すことが明らかにされており、以下、K_2 をバネ係数と呼ぶ。バネ係数の小さい部分として、岩石ブロックに人工的に作成したスリット形状を概ね再現することが可能であった。原位置試験においては、浮いている岩石ブロックについて小さなバネ係数が得られた例があった。

加力波形と加速度波形から、レイリー波速度、加速度ピーク値／加力ピーク値、亀裂に交差する経路とそうでない経路におけるこれらの値の比（Fracture Closure Ratio）、FCR1、FCR2などが求められる。原位置試験において、亀裂と交差する経路のレイリー波速度や加速度ピーク値／加力ピーク値が小さいことがわかっている。

原位置引き剥がし試験（藤井ら、2010）とは、原位置の、今にも落ちそうな岩石ブロックを、ロードセルのついた治具により荷重を計測しながら人力で引き剥がす試験である。岩盤不連続面の試験は、原位置でも種々行われているが、今にも落ちそうな岩石ブロックには、そのブロックが落ちないように試験機を取り付けることができないので、従来、試験を行うことができなかった。本試験では、得られた最大荷重から、ブロック付け根における見掛けの曲げ引張強度（以後、引き剥がし強度と呼ぶ）や岩石ブロックの耐加速度を計算することができる。引き剥がし強度は 0.025～0.05 MPa 以下が多く、耐加速度は 100-150 m/s^2 が多いことがわかっている。

ここでは、打撃試験と引き剥がし試験を同一の岩石ブロックについて実施し、打撃試験結果から剥がれやすい岩石ブロックを特定する方法について検討した結果について述べる。

2. 試験結果

寸法数 cm から数 10cm 程度の今にも落ちそうな岩石ブロック 23 個に対する打撃試験からバネ係数・レイリー波速度・FCR1・FCR2 を求め、引き剥がし試験から求めた引き剥がし強度・耐加速度との相関を調べたところ、亀裂と交差する経路のレイリー波速度と引き剥がし強度との間に正の相関が見られ、レイリー波速度 0.8 km/s 以下だと引き剥がし強度が小さかった（図 1a）。類似の関係はレイリー波速度と耐加速度との間にも見られた（図 1b）。その他の組み合わせでは明瞭な傾向はみられなかった。

引き剥がし強度の小さい岩石ブロックに関する加速度波形には、高周波の振動が見られる場合があり（図 2a）、フーリエスペクトルには 11-14 kHz のピークとして現れた（図 2b）。このピークは、岩石ブロックの寸法・ヤング率・密度から計算される横自由振動の周波数と概ね一致しており、岩石ブロックへの周囲からの拘束が弱いことをあらわしていると考えられる。そこで、フーリエスペクトルの高周波ピーク値をスペクトル全体のピーク値で除して強度と比較してみたところ、引き剥がし強度・耐加速度ともに、1 つのデータを除いて負の相関関係が見られた（図 3）。また、横軸を高周波振動の継続時間にしてみても、1 つのデータを除いて負の相関関係が見られた（図 4）。たとえば、継続時間 1.5 ms 以上の 4 つのデータではいずれもレイリー波速度は 0.8 km/s 未満であった。

3. まとめ

ある斜面上での要警戒岩体をピンポイントで予測するための簡便・迅速な方法の開発を目的として、打撃試験と引き剥がし試験を行ったところ、以下の知見を得た。

亀裂を交差する経路のレイリー波速度が 0.8 km/s 以下の場合は引き剥がし強度が小さかった。

加速度にみられる高周波振動のスペクトルのピーク値や時系列データ上での継続時間と岩石ブロックの引き剥がし強度との間には負の相関関係があった。

レイリー波速度や高周波振動の継続時間またはスペクトルのピーク値を利用すると、引き剥がし強度が小さい岩石ブロックをある程度特定することができる。規模の大きな岩盤ブロックへの適用や他の斜面にも適用するための汎用化についてさらに検討したい。

謝辞

原位置試験とデータ解析に協力いただいた北海道大学工学部山根佑典君に謝意を表する。

引用文献

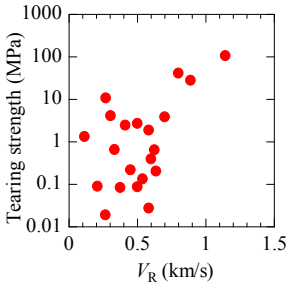
藤井義明・菅原隆之・小玉齊明・内藤孝和(2010)、原位置引き剥がし試験による岩盤不連続面の引張強度の測定、土木学会第 65 回年次学術講演会、III-203

小玉齊明・藤井義明・内藤孝和(2010)、北部北上帯の岩盤変位に及ぼす気象の影響、土木学会第 65 回年次学術講演会、III-206

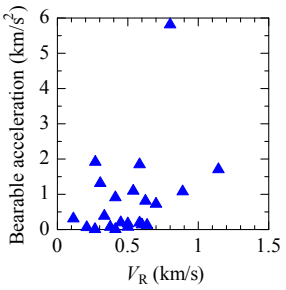
増井洋介・藤井義明・小玉齊明・赤川敏(2007)、JR 東日本管内における落石の要因に関する考察, 平成 19 年度土木学会全国大会第 62 回年次学術講演会, 4-321

森川雄太・藤井義明・内藤孝和(2009)、インパルスハンマーを用いた岩盤亀裂開口状況の調査、資源・素材 2009(札幌)企画発表一般発表(A)(S)講演資料、pp. 209-210

大村淳・小玉齊明・増井洋介・藤井義明・赤川敏(2007)、落石多発地域における岩盤弱面の強度評価、資源素材学会北海道支部春季講演会講演要旨集、pp. 5-6

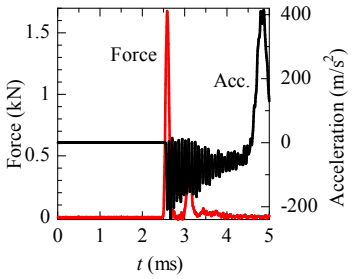


(a) 引き剥がし強度

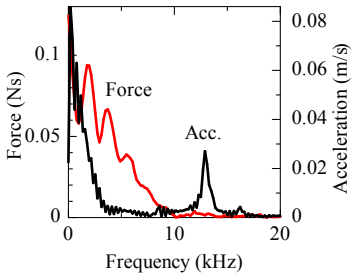


(b) 耐加速度

図 1 亀裂と交差する経路のレイリー波速度と強度との関係

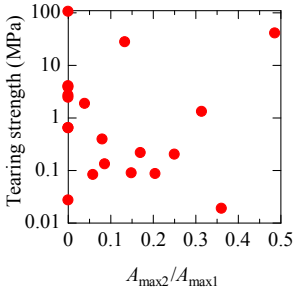


(a) 時系列データ

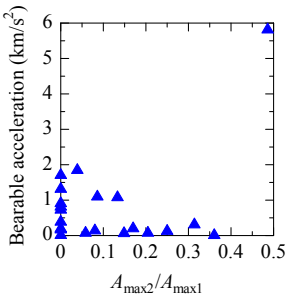


(b) フーリエスペクトル

図 2 高周波の振動がみられたデータの例

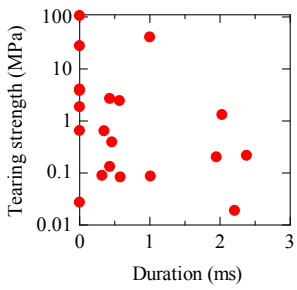


(a) 引き剥がし強度

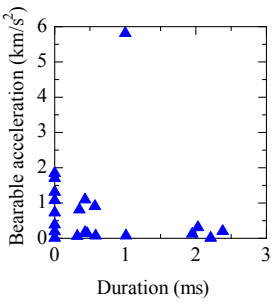


(b) 耐加速度

図 3 加速度スペクトルの高周波ピーク値／ピーク値と強度との関係



(a) 引き剥がし強度



(b) 耐加速度

図 4 加速度時系列データの高周波振動継続時間と強度との関係