HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	インパルスハンマーを用いた岩盤亀裂開口状況の調査
Author(s)	森川, 雄太; 藤井, 義明; 内藤, 孝和
Description	資源・素材2009（札幌）ー平成21年度資源・素材関係学協会合同秋季大会ー. 平成21年9月8日～平成21年9月10日. 北海道大学高等教育機能開発総合センター、北海道札幌市.
Citation	資源・素材2009（札幌）企画発表ー般発表(A)(S)講演資料, 209-210
Issue Date	2009-09-08
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/39945
Type	conference paper
File Information	morikawa.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

インパルスハンマーを用いた岩盤亀裂開口状況の調査

北大○森川雄太・藤井義明、JR 東日本　内藤孝和

1.　研究の背景

岩盤は種々の原因により風化し、風化程度が進行していた方が落石の危険は大きいと予想される。風化に伴い岩盤の剛性は低下すると予想される。また、岩盤の亀裂が開いていれば剥離・落下する可能性が高く、密着していれば可能性は低いといえる。亀裂を跨いだ弾性波速度は、前者で小さく、後者で大きいことが予想される。

以上から、乾電池駆動の小型・軽量なシステムにより、岩盤の剛性と弾性波速度を測定できれば、落石危険度検査手法として有望と考えられる。そこで、ここでは、インパルスハンマーと加速度センサーを用いた岩盤の剛性（ここではバネ係数として求める）と弾性波速度の測定を試みた。

2.　計測システム

実験に用いたシステムを図 1 に示す。岩石ブロックをインパルスハンマー（小野測器、GK-3100、2.3Hz～8.0 kHz、31 kHz 共振）で打撃し、加速度センサー（リオン、PV-85、0.714 pC/(m/s^2)、1 Hz～10 kHz）でブロックを伝播した弾性波を受振する。インパルスハンマーの信号をプリアンプ（小野測器、460M96A、0.15 Hz～100 kHz）で、加速度センサーで得た信号は別のプリアンプ（TEAC、SA-611、0.2 Hz～30 kHz）で増幅し、それぞれ感度 459 N/V、100 m/s^2/V とする。インパルスハンマーの信号を閾値 0.5 V で外部トリガーとし、インパルスハンマーと加速度センサーの信号をデータロガー（キーエンス、NR2000）のフラッシュメモリーに 200 kHz、14 bit で 1000 データ（プリトリガ 500 データ）記録する。記録したデータはパソコンで読み取り、バネ係数や弾性波速度の解析に用いる。

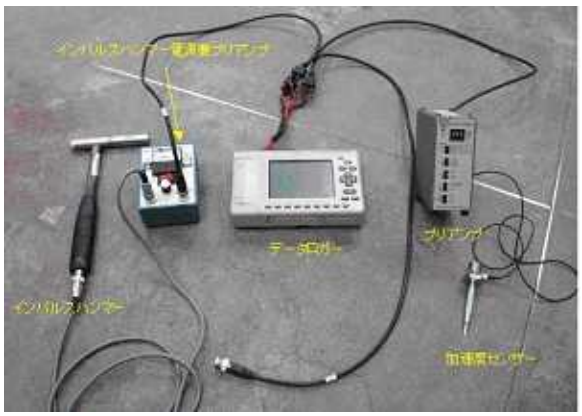

図 1　計測機器

3.　解析方法

上記システムを用いて得られる波形の例を図 2 に示す。

計測距離を、弾性波の初動時刻からインパルスハンマーによる発振時刻を差し引いた時間で除して弾性波速度を求める。

また、得られた発振波形を図 3 のように近似し、運動量と力積の関係より、岩盤のバネ係数を以下の式で算出する。

$$K_1 = \frac{4M}{t_1^2}$$

$$K_2 = \frac{4M}{t_2^2}$$

ここで K_1 は、ハンマーが岩盤を押して行く時のバネ係数であり、塑性変形を含む見掛けの値になると期待される。また、K_2 は、岩盤がハンマーを押し戻す時のバネ係数であり、弾性的な挙動に伴う値になると期待される。ここで M はハンマーの質量である。

林（2008）は以下を明らかにした。

(1) 支笏溶結凝灰岩に関する試験において、K_1 はインパルスハンマーの打撃の強さに影響されが、K_2 はほとんど影響されなかった。

(2) 来待砂岩・支笏溶結凝灰岩・稲田花崗岩を対象にした試験において K_2 と一軸圧縮強度やヤング率との間には正の相関があった。

(3) スリットを入れた支笏溶結凝灰岩に関する試験においてスリット上を打撃した場合にはそうでない場合よりも小さい K_2 が得られた。

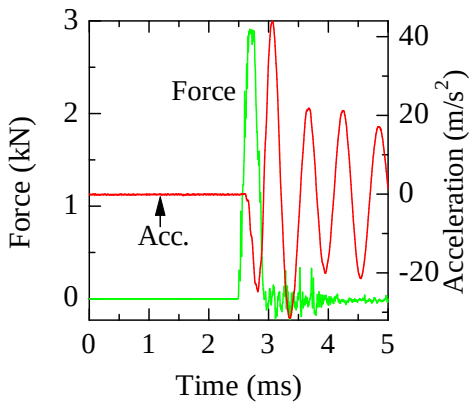

図 2　図 4 の BF 間(距離 200mm)で得られた波形

4.　現場試験結果

岩手県内の節理が見られる斜面にて行った試験結果を示す。

測点間にはっきりと目視できる開口幅 0.4～2 mm 程度の節理がある（図 4）。特に BC 間の節理が大きく、目視

により節理近辺にコケが発生しているのを確認した。節理に垂直な方が節理に平行よりも弾性波速度が小さい（図5）。特に大きい節理を挟んだ BC 間の弾性波速度が遅くなっている。H 点のバネ係数が小さいのは浮きを表していると思われる（図 6）。

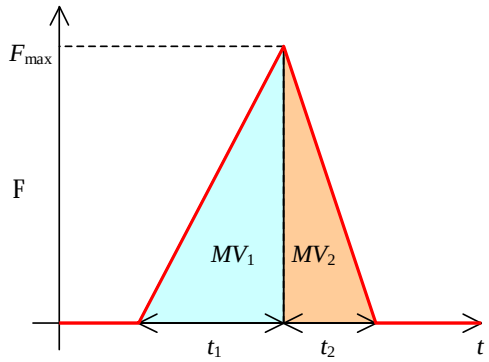

図 3　発振波形の近似

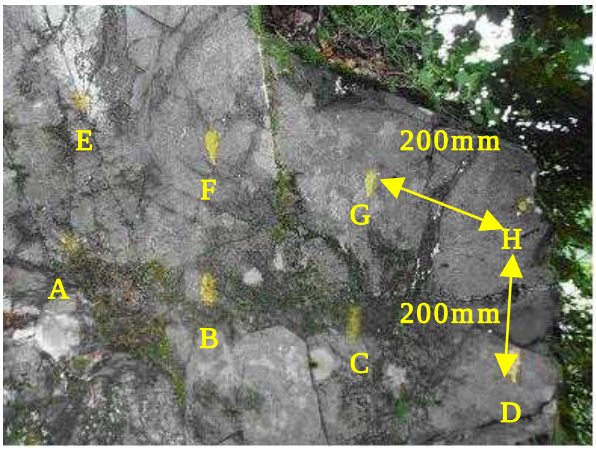

図 4　試験対象岩

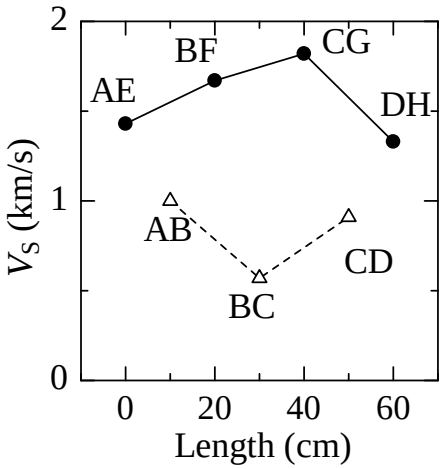

図 5　弾性波速度

ここで、以下のように定義される亀裂密着度 *FCR*（Fracture Closure Ratio）を示す(図 7)。

$$FCR = \left(\frac{\text{亀裂を跨いだ弾性波速度}}{\text{亀裂を跨がない弾性波速度}} \right)^2$$

BC 間の節理を挟んだ BCF 点の *FCR* が小さい値となっており、この面での密着度は低いと考えられる。

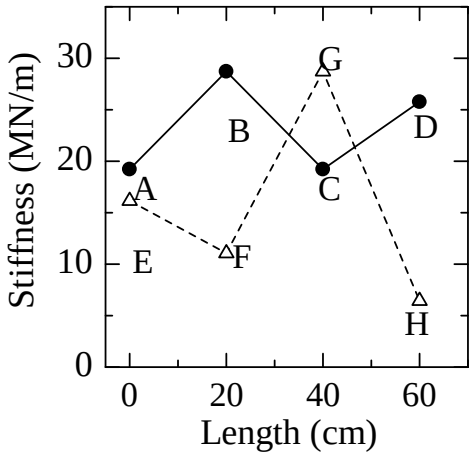

図 6　バネ係数

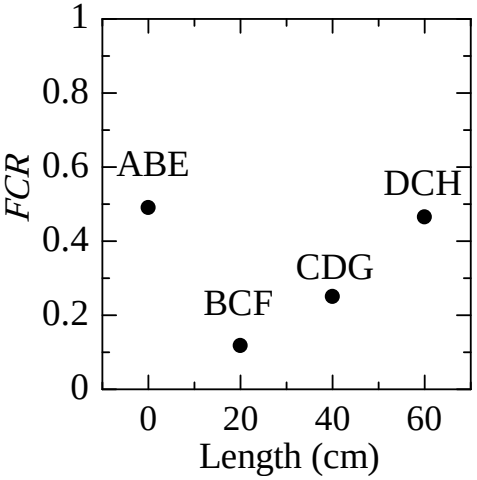

図 7　亀裂密着度

5.　まとめ

インパルスハンマーと加速度センサーを用いて岩盤の剛性（バネ係数）と弾性波速度を現場で迅速に測定できる小型･軽量な乾電池駆動システムの開発と同システムの岩盤斜面への応用を試みた。

弾性波速度の測定値から算出する亀裂密着度については亀裂密着の程度を表す指標として有望な結果を得た。また、バネ係数も室内試験・現場試験でデータを蓄積することによって将来実用化できる可能性があると考えられる。

引用文献

林歩（2008）、ロックテスターの開発、平成 19 年度北海道大学工学部資源開発工学科卒業論文