

堆積岩を対象としたコンピュータジャンボの削孔方向と破壊エネルギー係数の傾向分析

鹿島建設(株) 正会員 ○瀧嶋 拓 北村義宜 村上和哉

1. はじめに

山岳トンネルの掘削工事では、コンピュータジャンボの岩盤削孔により収集される破壊エネルギー係数から岩盤の硬軟を判断する事例が近年増加しており¹⁾、著者らは岩盤削孔で得られた破壊エネルギー係数から、地球統計学によってデータの空間的連続性を考慮し精度よく補間（クリギング）することで、切羽周辺岩盤の硬軟分布を3次元で表示し、地山性状を定量的に評価する取り組みを進めている。岩盤の破壊エネルギー係数は、岩盤に内在する割れ目に影響され、とりわけ層理面が発達する堆積岩でこの影響が顕著になると考えられる。このため、本稿では頁岩を主体とするトンネルを掘削した際に取得した破壊エネルギー係数を分析し、層理面と削孔方向のなす角度によって破壊エネルギー係数がどのような影響を受けるか考察した。

2. 対象地山の地質状況

本稿で分析対象としたトンネルは、本坑のほか、本坑と直交する形で連絡坑を施工している。また、トンネル全線において削孔長 6m～20m の削孔検層を実施しており、そのうち約 10m の区間でロックボルト施工時の破壊エネルギー係数も取得している。掘削した地山は頁岩を主体とし、部分的に砂岩やチャートを含む。層理面はおおよそトンネル本坑の軸心に直交しており、水平に対して 70～90 度の高角度の傾斜（流れ盤）で分布している。

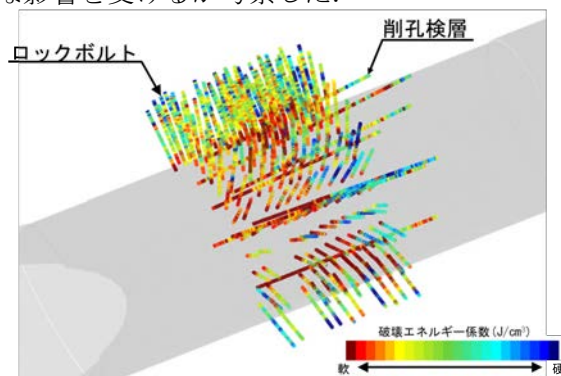


図-1 区間 A の破壊エネルギー係数

図-1にロックボルトと削孔検層から取得した区間Aの破壊エネルギー係数を、図-2に本坑と直交する連絡坑が位置する区間Bにおいて削孔検層から取得した破壊エネルギー係数を示す。これら2つの区間を対象に、コンピュータジャンボの削孔方向と破壊エネルギー係数の傾向を分析した。

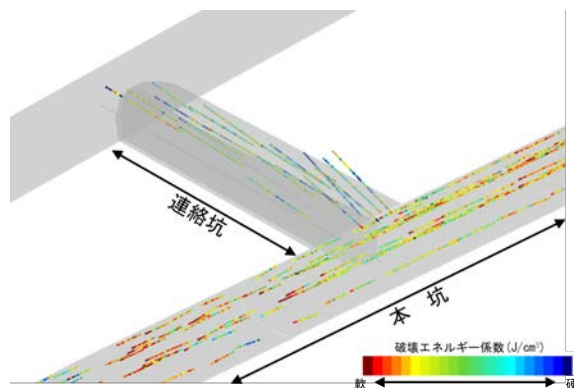


図-2 区間 B の破壊エネルギー係数

3. 破壊エネルギー係数の算出方法

破壊エネルギー係数は(1)式によって算出される。ここで、削孔速度はフィード圧と負の相関があることが確認されており²⁾、フィード圧の変化により、破壊エネルギー係数が変化することを避けるため、フィード圧を一定にして削孔した。

$$SE = (Ei \times bpm) / (P_R \times A_H) \quad (1)$$

SE : 破壊エネルギー係数 (J/cm^3), Ei : 削岩機のピストン運動エネルギー (J)

bpm : 打撃数 (blow/min), P_R : 削孔速度 (cm/min), A_H : 孔断面積 (cm^2)

4. 区間Aで得られた破壊エネルギー係数の傾向

区間Aでクリギングを実施することで得られた破壊エネルギー係数の分布を図-3に示す。削孔検層を実施している切羽面と、ロックボルトを施工しているトンネル壁面近傍の破壊エネルギー係数を比較すると、破壊エネルギー係数の分布が異なっていることが確認できる。図-4は削孔長と破壊エネルギー係数の関係を示したグラフだが、このグラフからロックボルトで得られた破壊エネルギー係数は、削孔検層で得られた破壊エネルギー係数の1.4～2倍の値であることが分かる。

キーワード トンネル, 削孔検層, コンピュータジャンボ, 破壊エネルギー係数, 堆積岩

連絡先 〒107-8477 東京都港区元赤坂 1-3-8 鹿島建設(株)土木設計本部 TEL 03-5544-1111

これは、トンネル本坑の軸心方向と層理面が直交しており、層理面に直交する方向は破壊しやすいため、トンネル本坑の軸心方向への削孔により得られた破壊エネルギー係数は、層理面と平行に削孔したロックボルトに比べて小さい値となったことが原因と考えられる。

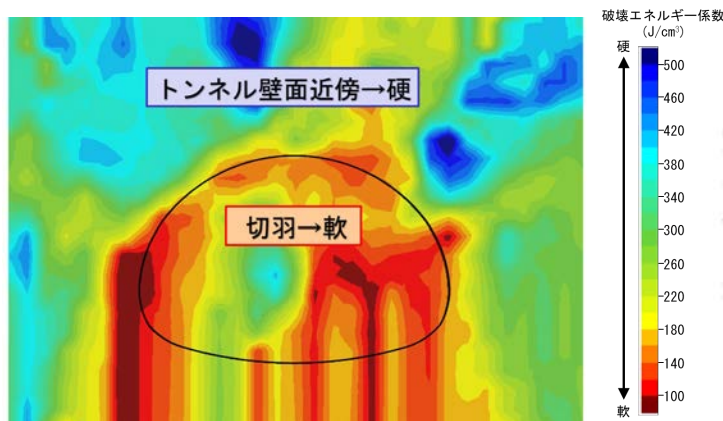


図-3 破壊エネルギー係数の分布（区間 A 横断面図）

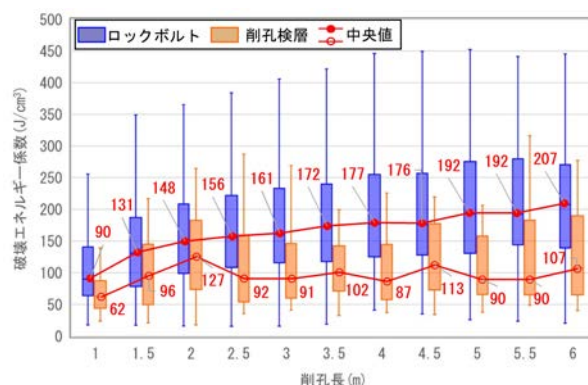


図-4 削孔長と破壊エネルギー係数の関係

5. 区間 B で得られた破壊エネルギー係数の傾向

区間 B は本坑と連絡坑の交差部であり、本坑で実施した削孔検層は層理面直交方向に、連絡坑で実施した削孔検層は層理面並行方向に削孔あり、クリギングを実施して得られた破壊エネルギー係数の分布を図-5に示す。本坑と連絡坑では破壊エネルギー係数の分布が異なることが分かる。これらの破壊エネルギー係数を比較することで層理面に対する削孔方向と破壊エネルギー係数の関係を確認できる。

削孔長と破壊エネルギー係数の関係グラフを図-6に示す。地層が頁岩主体となる範囲において、本坑と連絡坑の破壊エネルギー係数を比較すると、層理面と平行に削孔した連絡坑は、層理面と直交する方向に削孔した本坑と比較して 1.5～1.8 倍の値となっており、区間 A と同様の傾向を示していることを確認した。

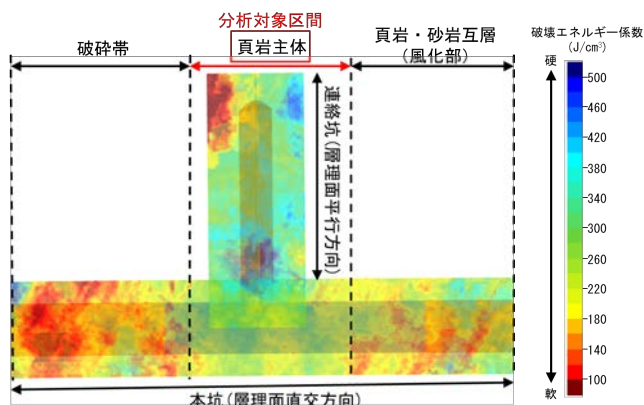


図-5 破壊エネルギー係数の分布（区間 B 平面図）

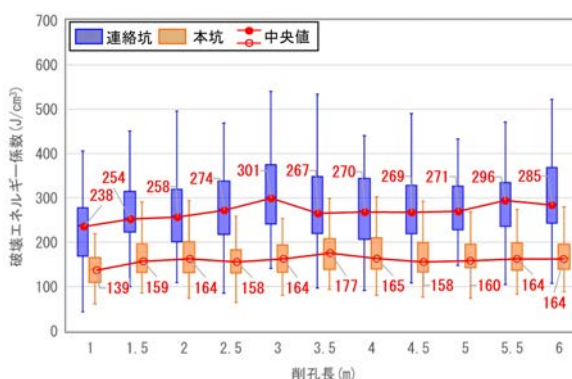


図-6 削孔長と破壊エネルギー係数の関係

6. まとめ

本稿では堆積岩を対象に、削孔方向と破壊エネルギー係数の傾向を分析した。削孔方向によって、破壊エネルギー係数は層理面となす角度による影響を受け、1.4～2 倍程度の差を生ずることを確認した。したがって、同じ尺度で破壊エネルギー係数を評価するためには地層の走行・傾斜を考慮した補正が必要であると考えられる。今後は、引き続きデータを蓄積し、削孔方向と破壊エネルギー係数の分析を進めていく。

参考文献

- 1) 白鷺ら：切羽崩落事故ゼロのための IoT によるリアルタイム切羽崩落予測システム，土木学会第 73 回年次学術講演会，IV-16，2018.
- 2) 引間ら：堆積軟岩地山における油圧式削岩機を用いた切羽前方探索とボーリングコアとの比較，第 30 回地盤力学に関するシンポジウム講演論文集，2000.