

破壊エネルギー係数による圧縮強度の定量評価手法の検討

鹿島建設(株) 正会員 ○女賀崇司 福島大介 宮嶋保幸
松田雅和 藤井広志 山本拓治

1. はじめに

山岳トンネルの掘削において、品質と安全を合理的に確保するためには、地質状況に応じた適切な支保パターンを選定することが不可欠である。このため、トンネル掘削時には、1日1回の頻度で実施する切羽観察によって地質状況を確認しながら支保パターンの選定を行っている。切羽観察は日常の掘削作業の合間の限られた時間内に目視観察を主体として行われているが、客観的かつ定量的な評価が可能となることが望ましい。本稿では、近年導入が進むコンピュータジャンボから得られる穿孔データを利用し、切羽の圧縮強度の定量評価を行った検討結果を報告する。

2. 検証データの収集方法

トンネルの切羽観察簿では、切羽の天端、右肩、左肩に3分割し、それぞれについて表-1に示す基準にしたがった圧縮強度評価点で評価を行っている。

今回、定量評価のために、コンピュータジャンボによるロックボルトや発破孔を穿孔した時のデータを利用した。穿孔データは1サイクル毎に穿孔位置とともに自動的に保存されており、穿孔速度・フィード圧・打撃圧・トルクなどのデータが取得されるが、切羽の強度を評価するにあたっては破壊エネルギー係数を利用した。筆者らは、トンネル周辺や切羽前方の地質状況を高精度に予測することを目的として、1サイクル毎に取得される破壊エネルギー係数を自動的に統合し、データの空間的連続性を考慮し精度よく補完する(クリギング)『3次元リアルタイム地質状況予測システム』を開発し、コンピュータジャンボ導入現場で利用している。今回システムで得られる破壊エネルギー係数により切羽観察簿の圧縮強度評価点と比較するために、切羽観察と同様に、クリギング後の破壊エネルギー係数の分布を3分割して部分ごとの平均破壊エネルギー係数を出力するシステムを開発した。図-1に穿孔データから3分割毎の破壊エネルギー係数を出力する過程を示す。

3. 検討対象としたトンネルの地質概要

検討対象としたトンネルの地質は四万十帯に位置する付加体であり、切羽では主に粘板岩と砂岩が出現した。粘板岩は割れ目が発達し、鏡肌が見られる切羽は非常に脆弱であり、砂岩は強度が高く切羽は安定している。
キーワード：トンネル、切羽定量評価、破壊エネルギー係数、切羽評価点

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL042-489-6593

表-1 圧縮強度評価点

圧縮強度		
一軸圧縮強度 (N/mm ²)	ハンマーの打撃による 強度の目安	評価点
100以上	岩片を地面に置きハンマーで強打しても割れにくい。	1
100～50	岩片を地面に置きハンマーで強打すれば割れる。	2
50～25	岩片を手にとってハンマーで叩いて割ることができる。	3
25～10	岩片どおしをたたき合わせて割ることができる。	4
10～3	両手で岩片を部分的にでも割ることができる。	5
3以下	力を込めれば小さな岩片を指先でつぶすことができる。	6

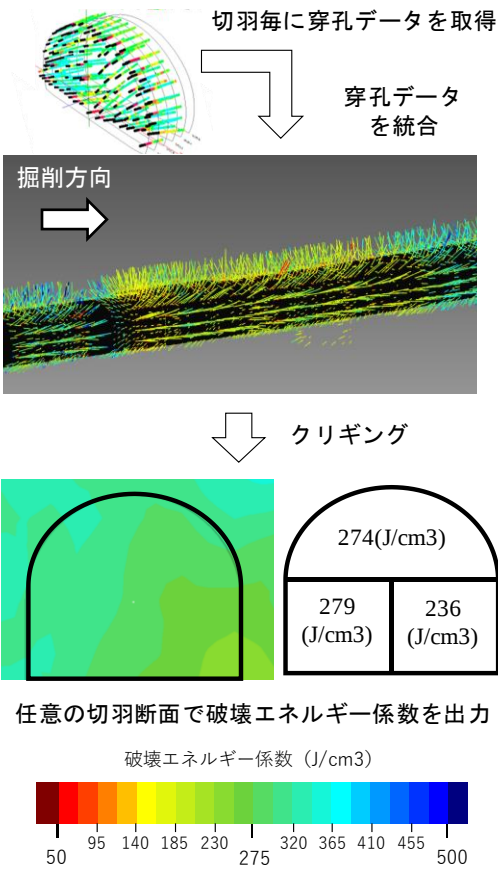


図-1 平均破壊エネルギー係数算出の流れ

また、部分的にチャートが出現した。

4. 破壊エネルギー係数による圧縮強度評価点の相関

図-2に、距離程毎の天端部の平均破壊エネルギー係数、切羽観察による圧縮強度の評価点、切羽で確認できた岩種を示す。図-2を見ると、圧縮強度評価点は4点から2点が分布し、破壊エネルギー係数が小さいところでは、圧縮強度評価点が大きくなるような相関関係の傾向が見られることが分かる。

図-3に左肩に粘板岩を有する切羽と、砂岩主体の切羽の切羽写真と破壊エネルギー係数分布を示す。比較的脆弱な粘板岩が出現している左肩部分では、破壊エネルギー係数が $140\text{J}/\text{cm}^3$ と小さいのに対し、硬質な砂岩主体の地山では全体的に $230\text{J}/\text{cm}^3$ 以上の大きな破壊エネルギー係数となることから、破壊エネルギー係数の値と地質状況の整合していることを確認した。

図-4に、平均破壊エネルギー係数を $50\text{J}/\text{cm}^3$ ごとに区分分けした各区分における圧縮強度評価点のデータ数と各評価点における、破壊エネルギー係数の平均と分散を示し、図-5は、平均破壊エネルギー係数 $50\text{J}/\text{cm}^3$ で区分分けした各区分における、圧縮強度評価点の割合を示す。図-4をみると、評価点ごとに大きな分散が発生している。これは、表-1のように圧縮強度評価点では評価に幅をもっているからだと考えられる。また、図-5をみると、平均破壊エネルギー係数から一義に圧縮強度評価点を決定することはできないが、平均破壊エネルギー係数と圧縮強度評価点に相関があることが確認できた。たとえば、平均破壊エネルギー係数が $150\text{J}/\text{cm}^3$ 未満の場合、圧縮強度評価点は4点となり、 $150\text{J}/\text{cm}^3$ から $250\text{J}/\text{cm}^3$ 未満では圧縮強度評価点は3点、 $250\text{J}/\text{cm}^3$ 以上では圧縮強度評価点は2点と評価できると考えられる。

6. まとめ

切羽観察の定量化を目的として、コンピュータジャンボの穿孔データを利用した切羽の圧縮強度の定量評価について検討した。今後は、引き続きデータを蓄積し、一軸圧縮強度等のデータと比較・検討を進めていく。

参考文献

- 1) 白鷺卓ら：トンネルの施工穿孔データを利用したオンタイム切羽評価と前方予測，トンネル工学報告集，第27巻，I-19，pp.1-5，2017。

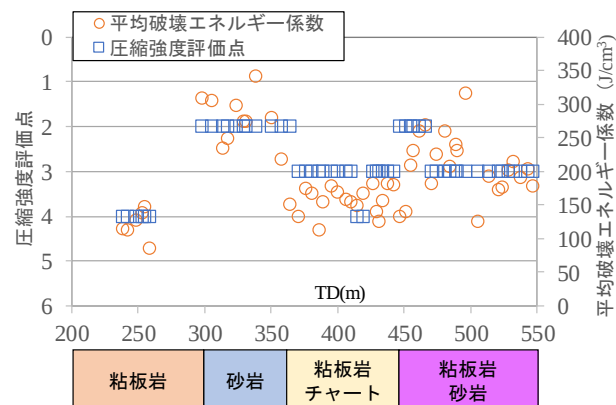


図-2 圧縮強度評価点と破壊エネルギー係数分布

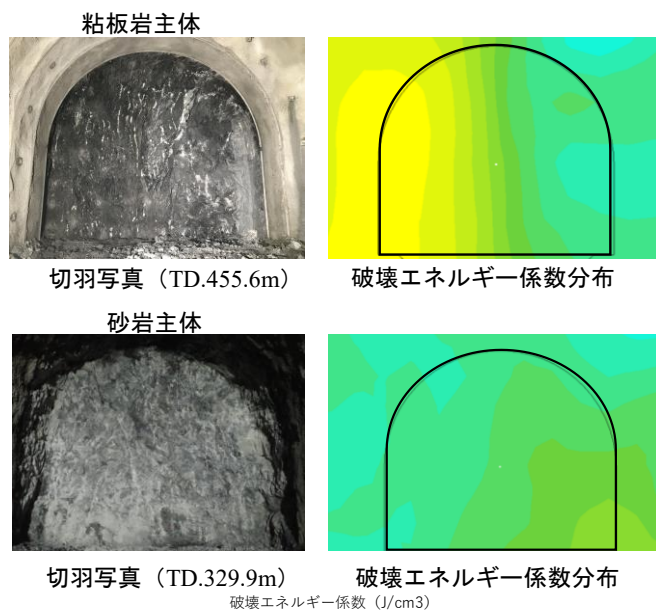


図-3 切羽の状況と破壊エネルギー係数分布

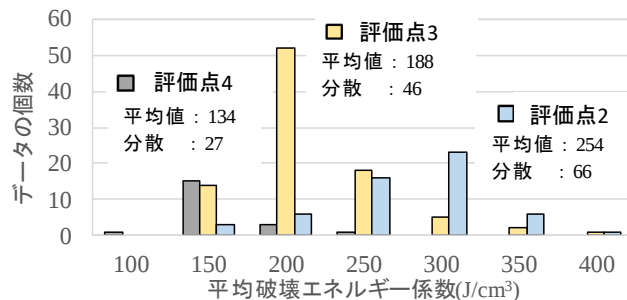


図-4 破壊エネルギー係数と圧縮強度評価点の分布

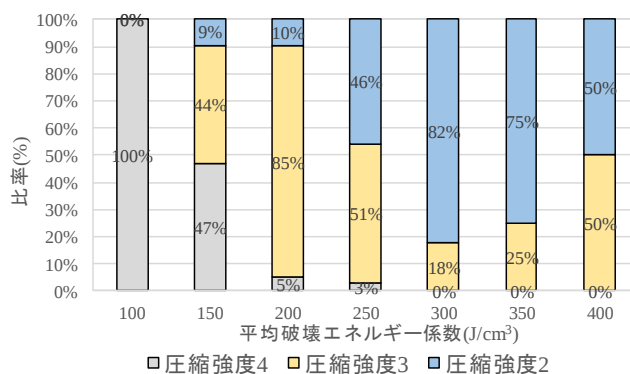


図-5 平均破壊エネルギー係数の圧縮強度評価の割合