

長尺穿孔データを用いた切羽前方地山評価法に関する一考察

(株)熊谷組 正会員 ○柴田 和樹*
(株)熊谷組 片山 政弘*

1. はじめに

岩盤内にトンネル等を掘削する場合、事前に切羽前方の地質状況を把握しておくことは、施工性・経済性・安全性を確保するうえで非常に重要な要素である。近年、ドリルジャンボのロッドを継ぎ足しながら数十m前方までノンコアで穿孔し切羽前方の地山状況を把握する方法が開発され、施工中の切羽前方地山予測の手法として、数多く実用化されている。本報告では、トンネル全区間にわたり実施した調査結果を通じて、これまで慣用的に採用されている評価法の問題点を考察し、今後の同事例評価時の留意点について述べる。

2. 工事・地質概要

調査対象工事は断面積約80m²、延長約2450mのトンネルをNATMにて施工するものである。工事区域の地質は秩父中古生層に属する混在岩であり、中粒砂岩、玄武岩、石灰岩、チャート等の硬質な礫とこれらを取り巻く軟質な泥岩等の基質で構成される。

$$E(J/cm^3) = \frac{I \times k}{A \times V} \quad (\text{式1})$$

A: 穿孔面積 (cm²)
I: 1打撃エネルギー (J)
V: 穿孔速度 (cm/sec)
k: 打撃数 (bps)

3. 長尺穿孔システムと切羽前方予測評価の概要

長尺穿孔システムは、トンネル掘削のための汎用機であるドリルジャンボのロッド (L = 3.0m) を継ぎ足し穿孔しながら、切羽前方の地山状況を把握するものである。図 - 1 に穿孔状況を示し、表 - 1 に取りまとめ結果の一例を示す。調査項目は、2秒毎に自動検出される穿孔時間 (速度) 等から算出される打撃エネルギー (E) と、穿孔時のスライム状況、湧水量等であり、これら結果を整理・評価することで、切羽前方地山状況を毎回 (毎週) 30m ~ 40m程度把握可能としている。尚、打撃エネルギー (E) とは削岩機の特長や穿孔時の負荷を考慮した定数であり、式1で示される。

表 - 1 地山評価表の一例

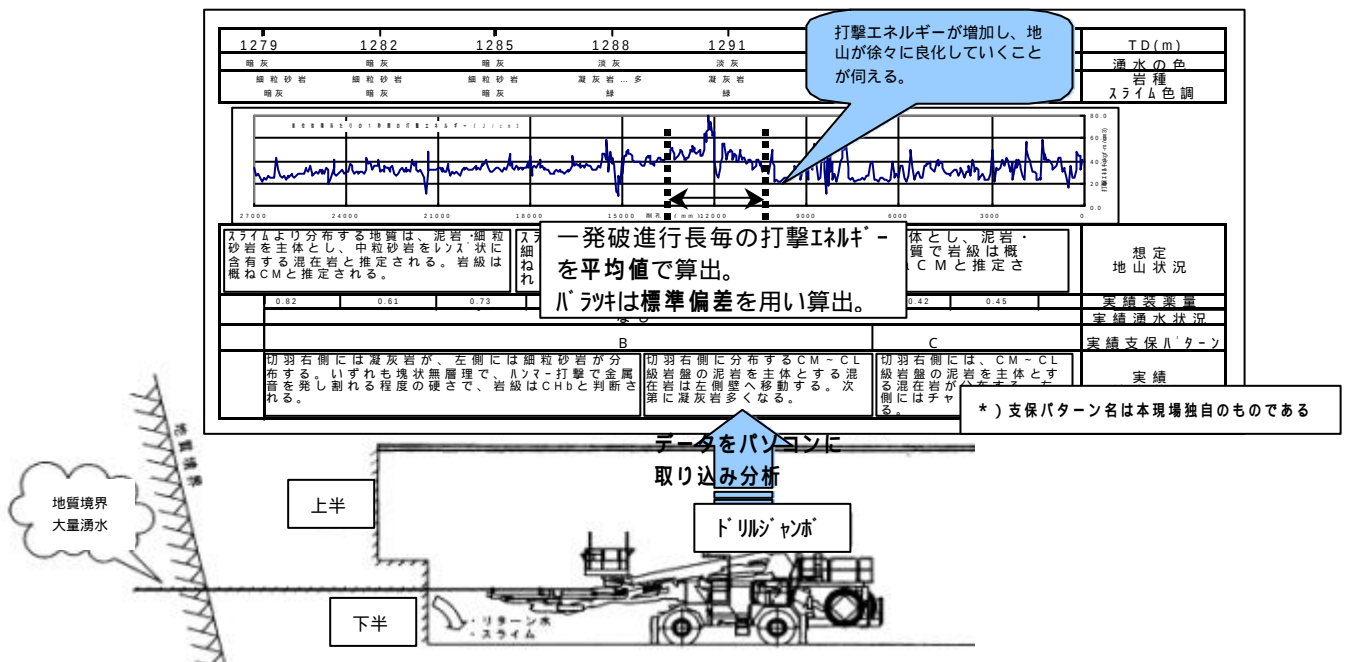


図 - 1 穿孔状況概要図

キーワード: トンネル、穿孔データ、切羽前方予測、評価法

* 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2-1 (株)熊谷組 ・TEL 03-3235-8622 ・FAX 03-3266-8525

4．打撃エネルギーと支保パターンとの関係と地山評価時の問題点

図 - 2 に各支保パターン毎の打撃エネルギーの全平均値を示す。支保パターンが重い支保になることに対応して打撃エネルギーが低下する傾向が見られるが、Dパターンでは高い打撃エネルギーを示した。一般的には表 - 1 に示すように打撃エネルギーが上昇すれば、地山状況が良化すると判断するが、Dパターンとなるような地山では、穿孔時にロッドがジャミングなどを起こすことで穿孔速度が減じ(硬質地山と判断してしまう)高い打撃エネルギーを示す場合があると考えられる。また、Cパターン以上の地山でも打撃エネルギーが $200\text{ J/cm}^3 \sim 450\text{ J/cm}^3$ の範囲でかなり重複しており、施工時にパターン選定するうえで、明確な判断材料とはなり難い等の問題が考えられる。これまで筆者らは、泥岩などの基質に砂岩などの礫が混在する地質では、岩種毎に打撃エネルギーの大小やバラツキに特性があると報告¹⁾した。このような地質では、打撃エネルギーの大小だけでなくバラツキも考慮し、地山状況(パターン選定)を判断することが有用であると考えられる。

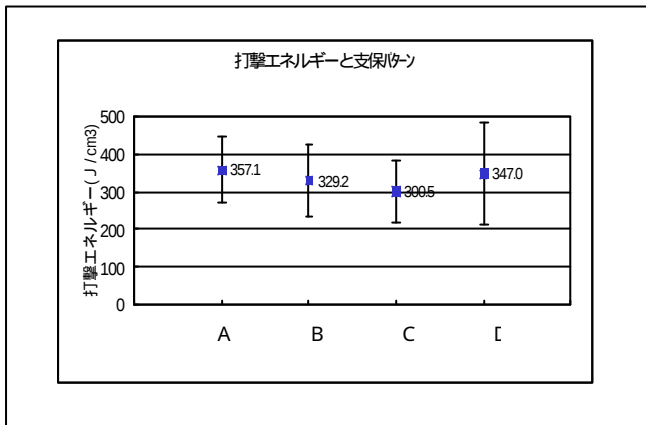


図 - 2 打撃エネルギーと支保パターン

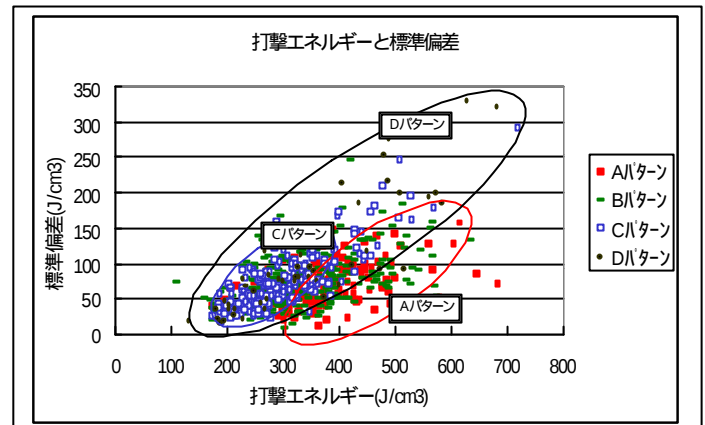


図 - 3 一発破進行長毎の打撃エネルギーと標準偏差

5．打撃エネルギーと標準偏差

これまで、打撃エネルギーのバラツキの大小は、岩盤の(切羽安定性に関与する)割れ目などが影響していることを示唆してきた¹⁾。今回、一発破進行長毎の打撃エネルギーの区間平均値と、バラツキの指標となるその標準偏差(表 - 1 参照)を散布図化し、各パターン別に領域区分した結果を図 - 3 に示した。全体的に打撃エネルギーの増加に伴い、標準偏差の値も増加するが、各パターン別に特徴が認められる。特にAパターンとCパターンでは分布領域に違いが認められる。これは、同程度の打撃エネルギーを示していても標準偏差が小さい場合は良好な地山状況であると考えられ、打撃エネルギーに加え、標準偏差を併用することで地山状況予測の精度が向上することが期待できる(但し、BパターンはA、Cパターンとデータがかなり重複し今後の課題)。また、Dパターンでは広範囲での分布が認められる。低打撃エネルギー・標準偏差分布域は極軟質な岩盤に相当する箇所と考えられ、高打撃エネルギー・標準偏差分布域は岩盤の軟質に関わらず、岩盤がクラッキーなため、ロッドがジャミングしている箇所に相当していると考えられる。Dパターンの場合、打撃エネルギーと標準偏差に加え、穿孔時の状況などもよく観察した上で、総合的に判断する必要があると考えられる。

6．まとめと今後の課題

- 1) 混在岩では、打撃エネルギーの大小だけでは精度良く支保パターンを予測することは困難な場合がある。
- 2) Aパターン、Cパターンでは打撃エネルギーに加え、標準偏差を併用することで前方地山予測の精度が向上することが期待できるが、Bパターンではデータがかなり重複しており今後の課題となる。
- 3) Dパターンの場合、打撃エネルギーと標準偏差に加え、穿孔時の状況などもよく観察した上で、総合的に判断する必要があると考えられる。
- 4) 他の地質帯を掘削対象としたトンネルでのデータの蓄積が必要である。

【参考文献】

- 1) 橋本 他(2001): 第二東名浜松トンネル(下り線)で実施したTBM坑内からの長尺穿孔データと地質特性、土木学会第56回年次学術講演会講演概要集