

コンピュータジャンボ削孔データにおける割れ目の影響の評価

鹿島建設(株) 正会員 ○熊谷丈瑠 栗原啓丞 宮嶋保幸

1. はじめに

コンピュータジャンボの普及により、装薬孔やロックボルト孔の削孔時に取得される削孔データから、トンネルの掘削を進めながら、周辺岩盤の硬軟分布を把握することが可能となった。岩盤の硬軟分布の評価には、破壊エネルギー係数という指標が採用されることが多いが、支保パターン選定や岩盤の物性値を評価するための定量的な評価基準はまだ確立されていない。例えば、破壊エネルギー係数と一軸圧縮強度の間には正の相関があることが確認されているが、同等の破壊エネルギー係数から予測される一軸圧縮強度には1オーダー以上のばらつきがあり、その精度は十分とは言えない¹⁾。そこで本稿では、このばらつきの要因として割れ目の存在があると考え、その影響についての評価結果を行った。

2. 削孔試験の概要

割れ目が破壊エネルギー係数に与える影響を評価するため、コンピュータジャンボによって坑道の側壁に長さ 3.5m、20 本の削孔を実施した後、ボアホールカメラ (BTV) を挿入して孔内状況を確認する試験を実施した。試験を行った坑道の地質は、花崗岩と同じ工学的性質を有するメタベシサイト²⁾であった。試験箇所近傍に実施したボーリングコアからは、岩石は硬質なものの、割れ目が約 5~10cm 間隔に発達していることが確認された。

3. 割れ目状況と削孔データの対比

本試験で取得した破壊エネルギー係数の深度分布と BTV で観察された割れ目位置の対比を行った。図-1 にはその一例を示す。割れ目位置で必ずしも破壊エネルギー係数の低下が認められなかったため、ビットが割れ目を通過する際に削孔速度は一時的に増加すると推定し、削孔速度の変化率に着目することで、割れ目を捉えることが可能かの検討を行った (図-2)。この結果、削孔速度変化率の増加箇所 (ピーク位置) は割れ目位置と関係していることが確認できた。そこで、試験孔 20 本を対象として、削孔速度変化率 15%以上における 1m 当たりのピーク

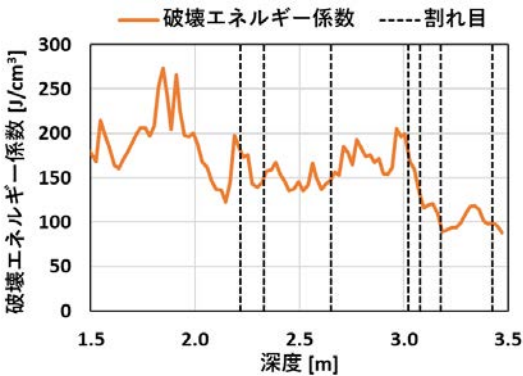


図-1 破壊エネルギー係数分布と割れ目位置

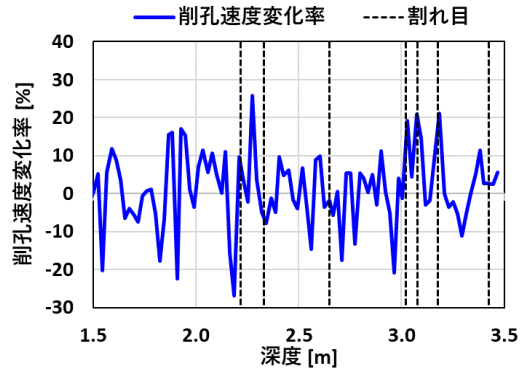


図-2 削孔速度変化率分布と割れ目位置

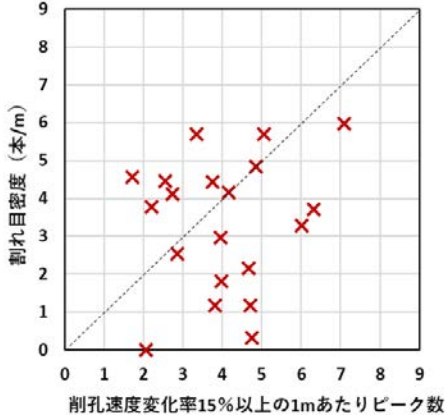


図-3 削孔速度変化率と割れ目密度の関係

表-1 各ゾーンにおける割れ目密度と削孔データ

孔No.	ゾーン	区間 [m]	割れ目密度 [本/m]	破壊E平均 [J/cm³]	削孔速度変化率 振幅平均
①	①-1	0.48~1.18	4.30	209	20.44
	②-2	1.18~2.32	4.37	160	15.92
	③-3	2.32~3.39	4.69	229	20.99
②	②-1	0.50~1.92	2.81	106	9.65
	②-2	1.92~3.41	5.38	167	18.35
③	③-1	0.54~1.59	3.83	165	19.63
	③-2	1.59~2.79	5.79	118	17.65

キーワード 山岳トンネル, コンピュータジャンボ, 削孔データ, 岩盤性状, 割れ目分布

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) TEL 042-485-1111

ク数と BTV で確認された割れ目密度を比較した図-3 に示す通り、削孔速度変化率のピーク数と割れ目密度は概ね比例関係にあることがわかったが、割れ目密度に対しピーク数を多く判定した孔が確認された。これは BTV では捉えられなかった割れ目の存在が要因と考えられる。

4. 削孔データによる岩盤性状の評価方法の検討

次に、No.①～③の3か所の試験孔について、破壊エネルギー係数の大小から領域に分割し、各ゾーンにおける割れ目状況と削孔データの分析を行った（表-1、図-4）。破壊エネルギー係数が低下している領域（ゾーン①-2、②-1、③-2）に着目すると、同じ程度の破壊エネルギー係数でもゾーン②-1と③-2で割れ目密度は大きく異なることがわかる。この違いは、BTV の画像から、ゾーン②-1では緑色変質部が確認でき基質の岩盤が脆弱であること、ゾーン③-2では割れ目の密集により岩盤が破砕されていることが要因と考えられる。削孔データの内、削孔速度変化率の振幅の大きさを比較すると、ゾーン②-1ではゾーン③-2に比べ振幅は小さく、基質が脆弱なほど小さくなることを示している。また、ゾーン①-2では振幅が両者の中間の値であり、BTV の画像から白色変質部が確認できていることから、基質と割れ目の両方の要因で低下していると考えられる。これらの結果から、破壊エネルギー係数に加え削孔速度変化率を考慮することで、削孔データから岩盤性状を評価できる可能性が示せた。

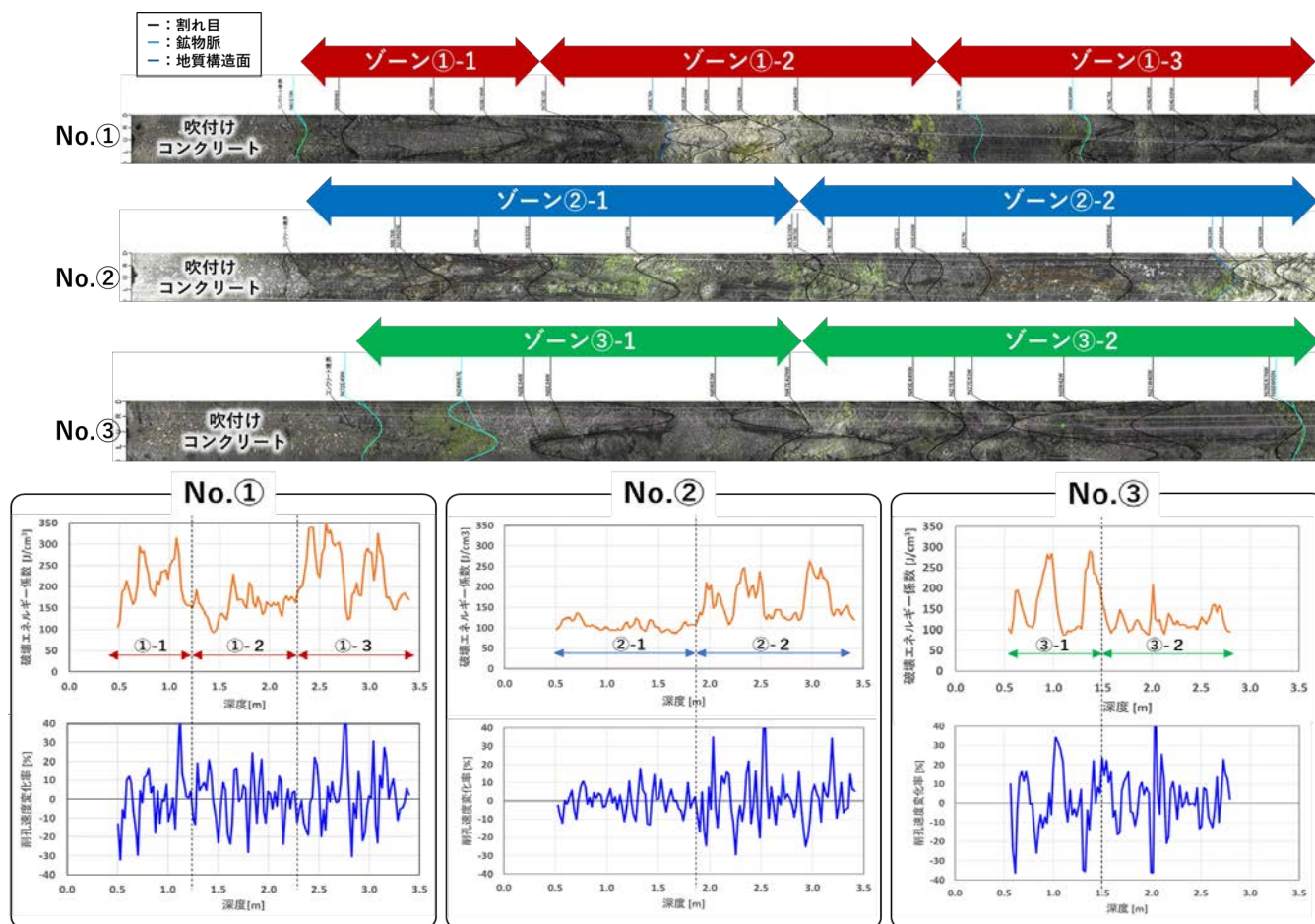


図-4 ボアホール写真と削孔データ

5. おわりに

本研究では、破壊エネルギー係数を活用した岩盤物性評価の精度向上を目的とし、削孔試験を実施した。その結果、岩盤物性の評価には破壊エネルギー係数だけでなく、割れ目分布が重要で、削孔速度変化率がその指標となることが示唆された。今後は、削孔速度変化率を考慮した岩盤物性評価手法の検討を進めていく。

参考文献

- 1) 小関ら：破壊エネルギー係数による本坑の地山状況の予測と施工実績，トンネル工学報告集，第32巻，I-6，2022.
- 2) 加藤隆：飛騨帯の地質と岩石，加納標本，富山市科学文化センター収蔵資料科目録，第18号，2005.