

トンネル硬岩部の機械掘削における先行削孔の効果に関する一考察

大成建設(株) 正会員 ○山田 貴久 正会員 羽生 剛
四国電力(株) 正会員 松田 光司 正会員 仙波 慧多 非会員 野村 悠太

1. はじめに

本トンネルは、掘削断面積 60m²、延長 355.5m の対向二車線の道路トンネルである。

掘削対象となる地質は、弾性波速度 5.0km/sec を超える堅硬な塩基性片岩であり、新鮮部の一軸圧縮強度は平均 80MN/m²と想定されていた。

トンネル掘削にあたっては、近接する施設への工事による振動の影響を避けるため、全線にわたり機械掘削が条件となっていたことから、軟岩～中硬岩の確実な掘削が可能で、かつ想定を超える硬岩が出現した場合でも柔軟に対応できる大型ブレーカ (4t) を採用した。

実施工では、図-1 に示すとおりトンネル全長の約 30% (約 100m) の区間に 100MN/m² を超える硬岩が出現し、大型ブレーカ単独での効率的な掘削が困難となったため、掘削補助工法として切羽面に複数本のボアホールを削孔する「先行削孔」を併用し掘削を行った。

本稿では、本トンネルの施工実績に基づき、硬岩地山における先行削孔併用掘削の効果について報告する。

2. 先行削孔併用掘削の概要

先行削孔併用掘削は、掘削に先立ちドリルジャンボを用いて切羽面に φ100mm のボアホール群を形成して見掛けの強度を低下させ、大型ブレーカで自由面を作成、切り上げながら掘削を行うものである。特殊な機械や装備を必要とせず、切羽の状況に合わせてボアホールの施工位置や数量等を柔軟に変更できることが利点として挙げられる。

本トンネルの標準削孔パターンを図-2 に示す。掘削に時間を要する踏前部及び隅踏前部に自由面作成用の削孔を 30 cm 間隔で集中し、また、外周部にも縁切り用の削孔を 30 cm 間隔で 2 列配置した。削孔径は φ100 mm、削孔長は掘進長 + 100 mm、標準削孔数は約 250 孔である。

なお、実施工においては、対象とする切羽の状況に合わせて孔配置、孔間隔、削孔数を調整した。

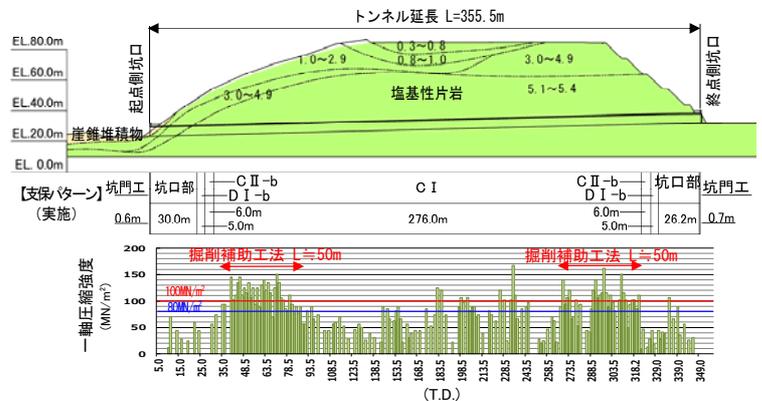


図-1 地質縦断面図と切羽の一軸圧縮強度

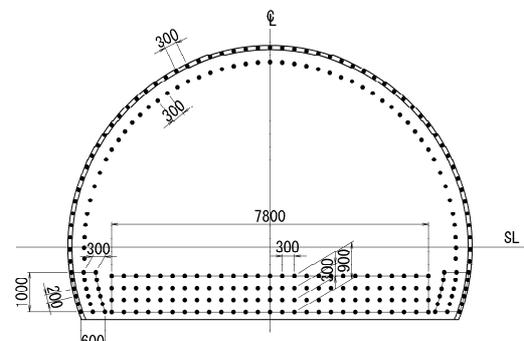


図-2 標準削孔パターン(CI)

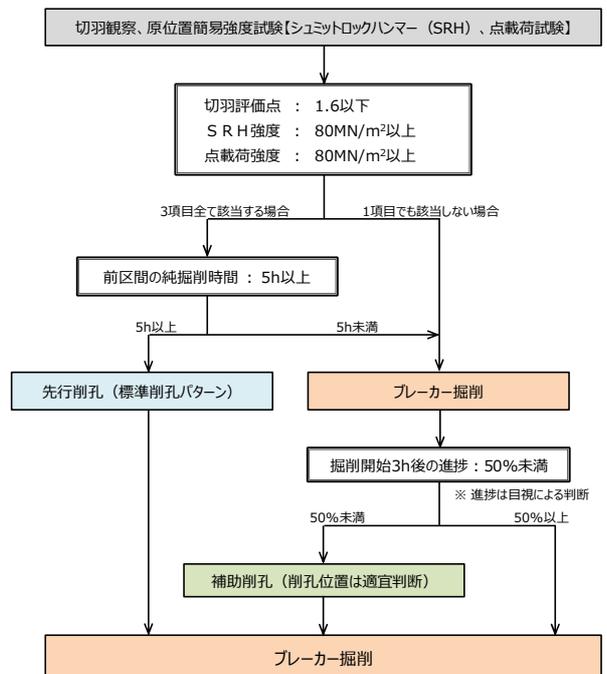


図-3 先行削孔適用フロー

キーワード トンネル, 硬岩, 機械掘削, 補助工法, 先行削孔

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設(株) TEL 03-5381-5930

先行削孔併用掘削は、図-3 に示す先行削孔適用フローに基づき実施した。先行削孔適用の判断は、切羽観察による地山評価に加え、原位置簡易岩盤強度試験（シュミットロックハンマー（SRH）反発度試験，点載荷試験）を実施し、定量的評価に基づき行った。さらに、一軸圧縮強度が 80MN/m² を超える切羽であっても、片理面の走行や傾斜，密着度の微妙な変化で「掘り易さ」が大きく異なることから、ひとつ手前の切羽における掘削実績（掘削時間）を判断基準に加えることで無駄な削孔を排除し、作業時間の短縮を図った。また、先行削孔を適用せずに直接ブレイカ掘削を実施した場合でも、局所的に硬い部分が存在すると掘削に多大な時間を要することから、掘削開始3時間（計画掘削時間の約 1/2）経過時の進捗率が 50%以下であった場合には、必要に応じて補助削孔を併用することで作業効率の改善に努めた。

3. 先行削孔の効果

図-4 は、各切羽における一軸圧縮強度と掘削作業時間を重ねて示したものである。一軸圧縮強度は高いが比較的割れ目が多く掘り易くなっていたトンネル中央部の一部を除けば、一軸圧縮強度と作業時間の傾向は概ね同調している。

この結果から先行削孔の効果を検証するため、作業時間を作業能力に換算し、作業形態別に一軸圧縮強度との関係を簡略的に直線近似で整理したものが図-5 であり、これらを重ね合わせて示したものが図-6 である。

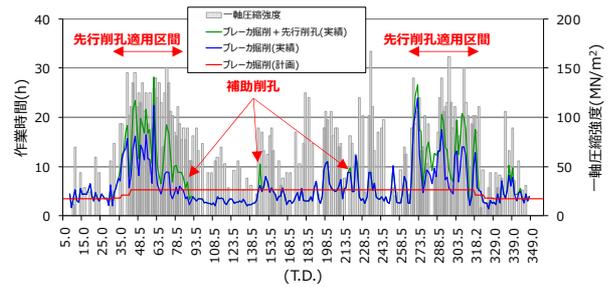


図-4 一軸圧縮強度と掘削作業時間

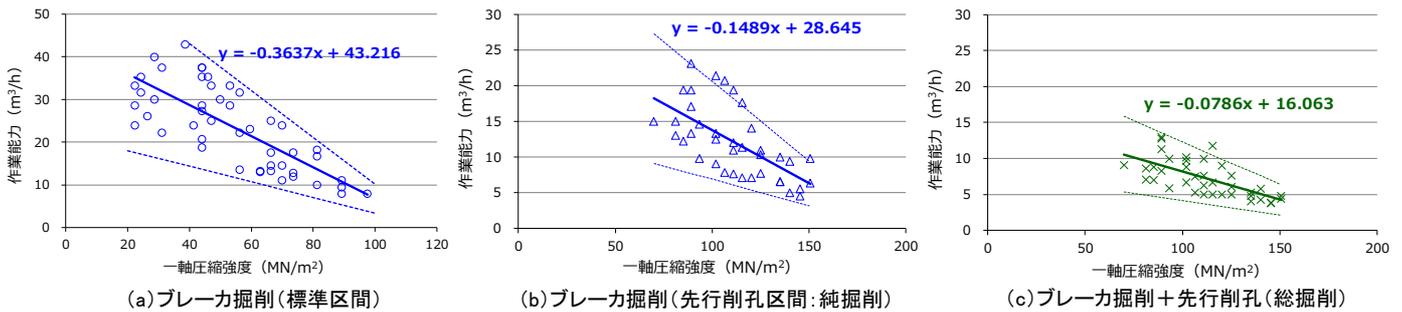


図-5 作業形態別の一軸圧縮強度と作業能力の関係

図-6 より、標準区間と先行削孔区間の作業能力を比較すると、100MN/m² を超える硬岩に対しては、先行削孔を併用することで純掘削，総掘削ともに作業能力は改善しており、先行削孔の有効性が確認できる。また、一軸圧縮強度の増大に伴うブレイカ掘削能力の低下傾向についても、標準区間に比べて傾きが緩やかになっており、ブレイカの負荷軽減に寄与していることがうかがえる。先行削孔を併用したとしても掘削作業時間の大幅な短縮は期待できないが、確実な進行の確保，作業効率の改善，掘削機械の負荷軽減等の効果が認められる。

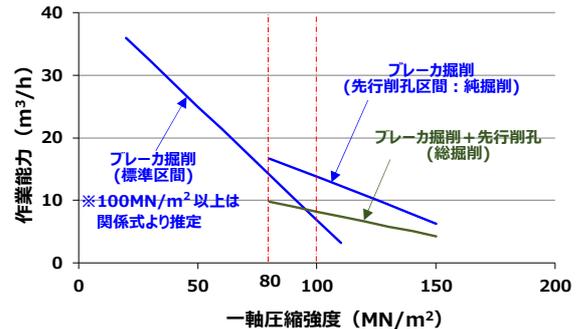


図-6 一軸圧縮強度と作業能力の関係

4. おわりに

本トンネルでは、局所的に 150MN/m² を超える硬岩も出現したが、先行削孔を併用して自由面を作成することで 1.5m/日の進行を確保できた。先行削孔の施工には数時間単位の時間を要するため、無作為に削孔数を増やしても削孔時間が増大し、作業時間の短縮には繋がらない。掘削に時間を要する踏前部等に削孔を集中し、しっかりと大きな自由面を作成することが効果的であった。また、先行削孔の効果は、岩種や節理の状態によっても異なるため、試験施工によりその地山に適した効果的な削孔パターンを見出すとともに、施工状況を反映した適用基準を整備・運用し、極力無駄な削孔の排除に努めることが作業効率の改善に繋がると考える。