

亀裂発生方向の制御により高精度な発破掘削を実現 ～ 掘削面の平滑化を図り、余掘りを大幅に低減 ～

株式会社奥村組

株式会社奥村組（本社：大阪市阿倍野区、社長：奥村太加典）は、山岳トンネルの発破掘削において、外周部の亀裂発生方向を制御する技術として、(1) 装薬孔間に空孔を設けて瞬発雷管による同時起爆を併用する方式（空孔方式）および(2) 装薬孔に切欠きを形成する方式（ノッチ方式）を開発し、実工事での検証を経て、余掘り量を大幅に低減できることを確認しました。

【背景】

岩盤を対象とするトンネル掘削においては、岩盤に多数の孔を穿孔し、爆薬を装填して起爆する発破掘削が多く採用されています。同工法は、掘削の進捗が早い一方で、発破により発生する岩盤の亀裂方向を制御することが難しいため、発破後の掘削壁面の凹凸が大きく、余掘り^{*1}が過大になる傾向があります。過大な余掘りは、坑外に搬出する掘削ずり（岩石片）や発破後に施工する吹付けコンクリートおよび覆工コンクリートの増加によるコストの増大につながるため、発破による岩盤の亀裂方向を制御し、余掘り量を低減することが発破掘削の課題となっていました。

【工法の概要・特長】

今回開発した空孔方式およびノッチ方式は、標準的な穿孔・発破方法（以下、標準発破）に比べて、掘削断面の平滑性の向上および余掘り量の低減が可能となる工法で、施工方法の概要や特長は以下のとおりです（図-1）。

(1) 空孔方式

標準発破における外周装薬孔（穿孔径 45mm、孔間隔 750mm）の間に爆薬を装填しない同径の空孔を穿孔し、発破する方式。空孔を一方の装薬孔に近づけるとともに、外周装薬孔に瞬発雷管^{*2}を用いて、各孔を同時に起爆することで、発破による亀裂発生方向の制御を容易にし、少ない装薬量でも掘削計画線に沿って亀裂を進展させることが可能（特許出願済）。

(2) ノッチ方式

外周装薬孔内に、横方向両側から水を噴出する専用のノズルヘッドを装着したウォータージェットを挿入し、噴出方向を掘削計画線にあわせ、一定速度で引き出しながら 2 方向にノッチ（切欠き）を形成し（図-2）、装薬・発破する方式。空孔方式同様、亀裂発生方向の制御が容易で、装薬量の低減が可能。ノッチの形成深さは、発破時の亀裂進展シミュレーションをもとに 10mm 以上とした。

【実工事での実証実験】

開発した二つの方式の有効性を確認するため、当社が施工する山岳トンネルの一部区間（岩盤の一軸圧縮強度：100～200N/mm²）において、標準発破、空孔方式、ノッチ方式による発破後の坑壁の形状について、それぞれ比較する実証実験を行いました。

岩盤の違いが結果に及ぼす影響を避けるため、同一切羽を左右異なる工法により発破し、比較を行ったところ（**図-3**、**図-4**）、標準発破に対してノッチ方式の場合は平均約75%、空孔方式の場合は平均約70%の余掘り量を低減できることを確認しました。

また、掘削断面の平滑性を断面の凹凸の平均値に対するばらつき（標準偏差）により評価したところ、標準発破が119mmであったのに対し、ノッチ方式の場合は55mm、空孔方式の場合は63mmとなり、いずれの方式においても平滑性が向上することを確認できました。

さらに、使用する火薬の量についても、標準発破の場合は1孔あたり0.45kgであったのに対し、空孔方式およびノッチ方式では0.30kgと2/3に低減することができました。

【今後の展開】

今後、さらに技術的ブラッシュアップを図るとともに、両方式を山岳トンネルの発破掘削においてコスト削減に寄与する技術として積極的に提案していく予定です。

【お問い合わせ先】

株式会社奥村組 技術研究所

浅野 剛（あさの たけし）

TEL 029-865-1521/FAX 029-865-1522

E-mail takeshi.asano@okumuragumi.jp

※1 余掘り

発破による衝撃、亀裂の進展等に起因して計画断面よりも大きく掘削されること。余掘り量が過大になり過ぎると、トンネルの不安定化やコストの増大を招く。

※2 瞬発雷管

通電と同時に起爆される雷管（起爆装置）のこと。山岳トンネルの発破掘削では、発破効率を高めるため、時間を段階的にずらして起爆する段発雷管を使用するのが一般的である。

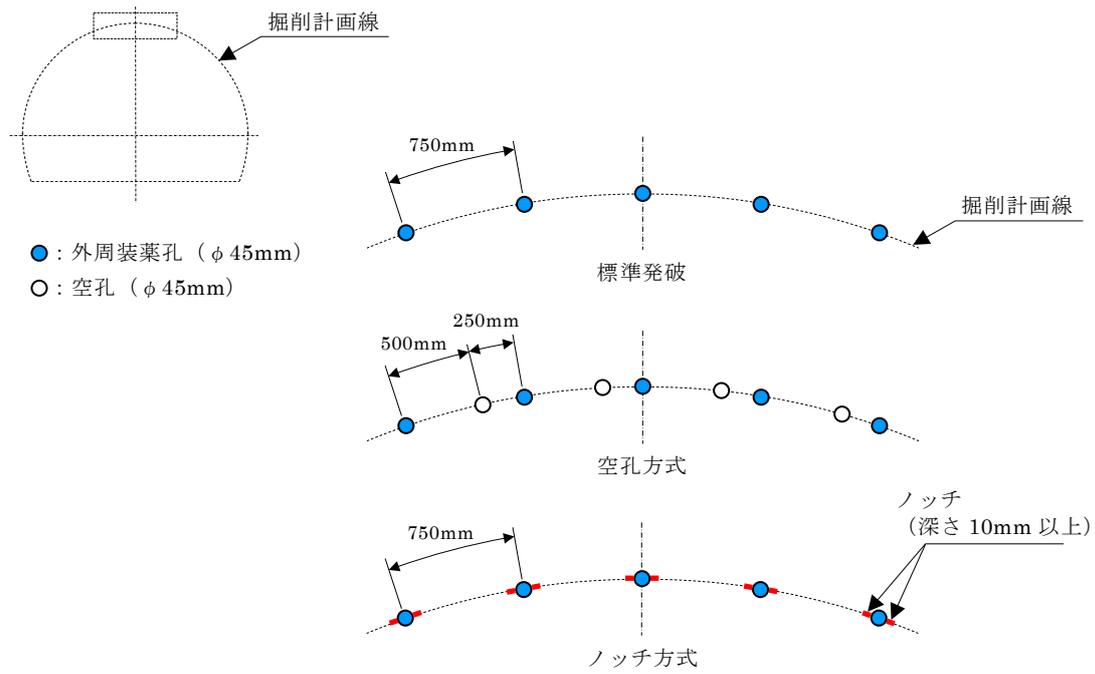


図-1 標準発破、空孔方式、ノッチ方式における外周装薬孔の状況



図-2 装薬孔におけるノッチの形成状況

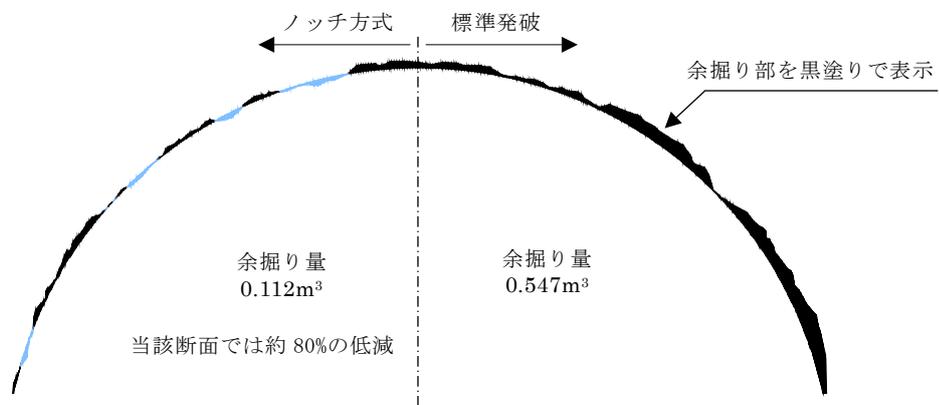


図-3 発破後の坑壁の状況 (標準発破とノッチ方式の比較)

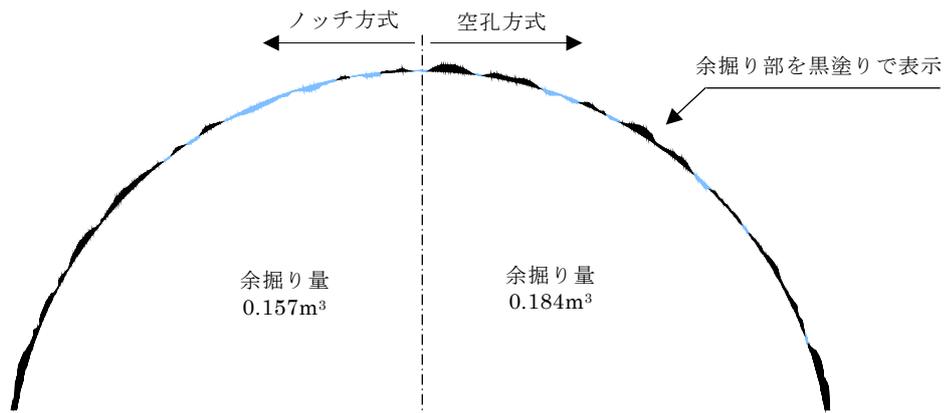


図-4 発破後の坑壁の状況（ノッチ方式と空孔方式の比較）