

放電衝撃破壊技術を用いた小断面トンネル坑口部の施工

農林水産省中国四国農政局高知三波川帯農地保全事業所 非会員 森 洋
 (株)鴻池組土木技術部 正会員 ○坂口 和雅
 (株)鴻池組土木技術部 正会員 山田 浩幸
 (株)鴻池組桃原トンネル工事事務所 非会員 三浦 邦武
 日立造船鉄構(株)鉄構建設部放電破碎グループ 非会員 石橋 一郎

1. はじめに

近年、民家やトンネル等の既存の構造物に近接してトンネルが計画される事例が増加している。このような工事では、構造物や人体に対して影響の小さい機械掘削工法が採用されるケースが多いが、地山が堅硬な場合や、断面が小さく大型の施工機械が採用できない場合には、掘削効率が極端に低下することが懸念される。

本稿では、高知三波川帯農地保全事業桃原区域 (C-1) 排水トンネル建設工事の坑口部において、転石対策として採用した放電衝撃破碎工法の施工結果を報告する。

2. 工事概要・放電衝撃破碎工法採用の経緯

本工事は、図-1に示す桃原区域(地すべり防止区域)の地すべり土塊の安全率向上による農地保全・良好な住環境の確保を目的に、排水トンネル(L=462.82m、矢板工法、全断面発破掘削)を設置した後、トンネル内から集水ボーリングを実施し、地下水位低下を図る事業である。

地質は、中央構造線と御荷鉾構造線の影響を強く受け、極めて強いせん断作用を受けた強剥離性の黒色片岩(千枚岩)や地下深いところで高圧変成作用を受けた結晶片岩、塩基性片岩であった。

坑口部では、ルーズな崩積土と風化岩が分布し、図-2に示すとおり、天端の安定性を確保するため、シリカレジン注入式長尺鋼管フォアパイリング(AGF工法)を採用し、小型ブレイカ(0.1m³級)によりトンネル掘削を行っていたが、切羽に径1.5~3m程度の堅硬な転石が出現し、掘削効率が低下した。対策として、坑口より平面離隔距離60~80mの民家に対する騒音・振動の影響を考慮し、1)昼間一方施工とする、2)静的破碎剤で転石に亀裂を発生させ、ブレイカで破碎する、方針とした。

しかし、静的破碎剤の養生に12時間程度を要することに加えて、転石の一軸圧縮強度が100~200N/mm²と非常に大きかったため、破碎効果が小さく、サイクルタイムが改善されなかった。さらに、無支保時間が長くなり、転石周囲の脆弱地山部分で緩みが拡大し、トンネルの安定性が損なわれることが懸念された。そこで、ズリ出しや資材搬入時に撤去可能な簡易の防音パネルを設置した上で、発破に近い破碎効果が得られる放電衝撃破碎工法を転石対策として採用した。

3. 放電衝撃破碎工法の概要

放電衝撃破碎工法は、金属細線に高電圧、高電流の電気エネルギーを瞬時に供給することで、金属細線が瞬間的に溶液・気化し、衝撃力を発生し、この発生衝撃力が液性媒体に伝達し、更に大きな破碎力が発生して、岩盤等を破碎する技術である¹⁾。金属細線と液性媒体は、軽量かつ安全に取扱いが可能な小型カートリッジ式

キーワード 放電衝撃破碎、小断面、騒音、振動、トンネル

連絡先 〒530-8517 大阪市北区梅田3-4-5 TEL06-6343-3290

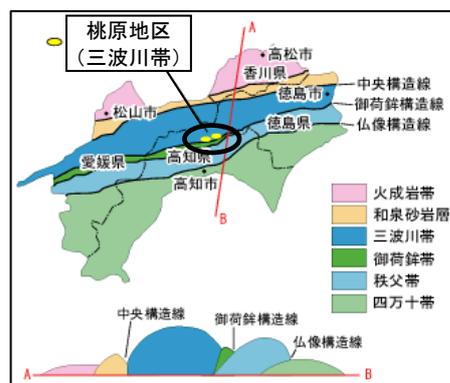


図-1 工事位置と地質構造

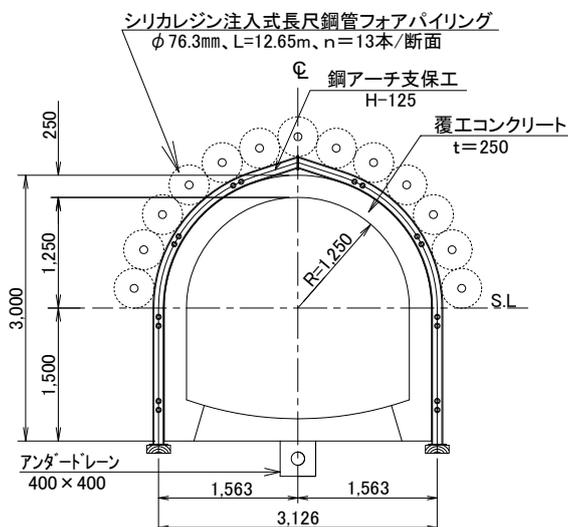


図-2 標準断面 (D2)

($\phi 32$ mm、長さ約 70 mm) であり、今回は、カートリッジ 6 個を同時使用可能なシステムを採用した。

4. 施工結果

4. 1 破碎手順

放電衝撃破碎は、図-3に示す作業フローで実施した。穿孔は、タンピング(カートリッジ周囲に砂を充填する)作業の時間が少なくかつ確実な破碎が可能な削孔径 $\phi 35$ mmのレッグドリルと、転石の強度が 100N/mm^2 を超えるため作業員の負担を考慮して削孔径 $\phi 45$ mmのレールジャンボの2ケースで実施した。なお、後者のケースでは、タンピング時間の短縮を目的に、最後の 20 cmは火薬用の詰め物を充填した。

4. 2 施工結果

図-4は $\phi 35$ mmのレッグドリル採用時の穿孔パターンの一例であり、矢印は穿孔方向を示し、点線は風化岩の傾斜を示している。

転石①に対しては、Vカットで穿孔・破碎を行い、十分に破碎できた(写真-1)。転石②、③に対しては、何れも、切羽面にほぼ水平に穿孔・破碎を行い、転石②は完全に破碎され、転石③は完全な破碎には至らなかったが、大きな亀裂が発生し、ブレーカで容易に破碎が可能であった。

また、削孔径 $\phi 45$ mmのレールジャンボを採用したケースでは、亀裂が発生する程度で期待した効果は得られなかった。これはトンネル断面が小さいため、転石の破碎に最適な角度で穿孔できなかったことが原因と考えられる。

表-1に坑口より 60m離れた民家における、放電衝撃破碎工法と放電破碎完了後の分割発破時の騒音、低周波音および振動の測定結果を示す。

放電衝撃破碎工法では、1)騒音の一部を除いて、低周波音・振動とともに、管理目標値を下回った。2)単純に比較できないが、発破工法と比較して、騒音・振動が 10dB、低周波音が 15dB 程度、小さな数値を示した。

表-1 騒音・低周波音・振動測定結果

破碎方法	養生方法	液量or装薬量	騒音(dB)	低周波音(dB)	振動(dB)
放電衝撃破碎	簡易防音	120~270cc	46~67(50)	70~77(72)	30~41(35)
分割発破	パネル等	1.2~1.6kg	57~70(61)	85~90(87)	42~48(45)
管理目標値	昼間	—	65	130	60
	夜間	—	55	100	50

※)()内の数値は平均を示す。

5. まとめ

放電衝撃破碎工法について、本工事により、以下の知見を得た。

- ① 放電衝撃破碎工法は、一軸圧縮強度 $100\sim 200\text{N/mm}^2$ の硬岩に対しても、十分な破碎効果が得られる。
- ② 効率的な破碎を行うため、岩盤の状況(亀裂の有無・方向)に応じて、適切な穿孔角度を選定する必要がある。
- ③ 現時点では同時破碎の数量が限られるため、発破工法に代えて、切羽で全面的に採用することは困難であるが、本工事のように坑口に民家が近接する場合や市街地で火薬が使用できない等、環境に配慮が必要なケースで転石等の地山の一部を効率的に破碎することが可能である。

参考文献

- 1) 放電衝撃破壊技術の開発 日立造船技報 第56巻 第4号、平成8年1月 pp52-57

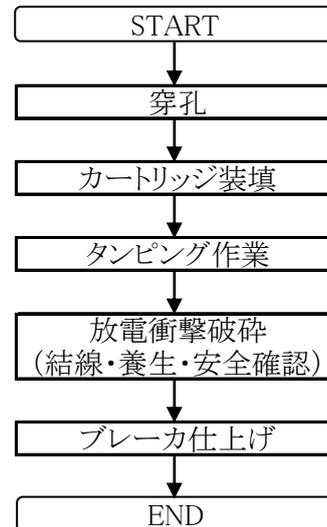
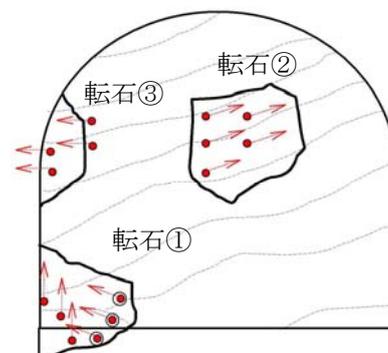


図-3 作業フロー



【穿孔径 $\phi 35$ mm、長さ 60 cm、間隔 40 cm、抵抗線 40 cm】

図-4 穿孔パターンの一例



写真-1 転石①の破碎状況