

亀裂性地山トンネルにおける孔壁自立工法の適用

岐阜県古川建設事務所

浅原 敦

○五洋建設(株) 技術研究所 正会員 土田 淳也

五洋建設(株) 名古屋支店 正会員 本間 宏記

五洋建設(株) 技術研究所 フェロー 武内 秀木

1. はじめに

公共道路改築事業 蒲田トンネル工事が対象とする地山は、中尾層 溶結凝灰岩を主体とした亀裂性の高い地山である。ロックボルト穿孔において通常の水穿孔を行った場合、孔壁が自立せず、ビットやロッドの回収およびロックボルトの挿入が困難な状況となり、ロックボルト施工時間が増大し、トンネル施工時間に多大な影響を与えている。

本稿では、通常の水穿孔に代えて、人体にも自然環境にも無害な水溶性高分子水溶液を使用し、孔壁を自立させる「孔壁自立工法」を適用するに当たり、経済性および施工性の観点から、当該地山における本工法の有効性の確認と最適な仕様を決定することを目的として実施した試験施工について報告するものである。

2. 工法の特徴

本工法は、地山にロックボルト孔や火薬装填孔等を穿孔する際に、粘性のある薬液（ホールキーパー水溶液）をビット先端から圧縮空気と共に霧状に噴射しながら穿孔する工法である。以下に本工法の特長を示す。

- 穿孔水量が、従来の水穿孔の約 1/8 で済むため、穿孔水による地山の緩みや孔径の拡大が小さい。
- 薬液が粘性を有するため、地山亀裂細部深く浸入することがほとんどなく、岩片等の洗い出しがない。
- 薬液とくり粉の混合物が接着剤のような役割を果たし、岩片等が孔内に落下するのを防ぐ。
- 薬液は、食品添加物の一種で人体や自然環境に対して無害であるため、安心して使用できる。

3. 試験概要

3.1 試験項目と使用資機材

表-1 に実施した試験項目、表-2 に試験施工に用いた主要資機材を示す。本試験は、図-1 に示す断面において、上半：6 断面、下半：7 断面について実施した。なお、上半では、孔壁の自立性だけを確認した。

3.2 試験ケース

薬液吐出量が 7.0 L/min 以下になると、穿孔水による冷却効果が低下し、シャンクロッド等が破断する頻度が高くなったことから、過去の施



写真-1 孔壁自立工法試験施工状況

表-1 試験項目

分類	試験項目
品質	・ロックボルトの定着力に及ぼす影響
施工性	・孔壁の自立性 ・施工時間

表-2 主要資機材

名称	規格・寸法	単位	数量
ドリルジャンボ	3ブーム2バースケット 200kg 級	台	1.0
コンプレッサ	PDS390S 0.69MPa	台	1.0
グラウトポンプ		台	1.0
薬液タンク	1m ³	台	1.0
流量調節装置		台	2.0
薬液台車	4t 平ボディ	台	1.0
ボタンビット	φ45 mm	個	1.0
ロッド	φ38 mm L=3.0m	本	1.0
塩化ビニール管	VP25 L=3.0m	本	1.0
ロックボルト 引抜き試験器具		式	1.0
ボアホールカメラ	PT-400 D23N	式	1.0
薬液（3%水溶液）	ホールキーパー水溶液	リットル	3,000

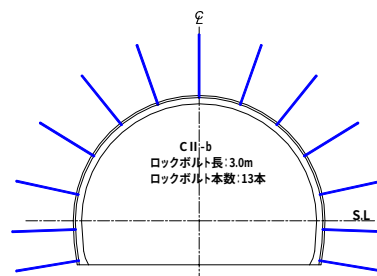


図-1 試験穿孔断面

キーワード：トンネル、亀裂性地山、薬液穿孔、孔壁自立工法

連絡先：〒329-2746 栃木県那須郡西那須野町四区町 1534-1 五洋建設(株)技術研究所 TEL:0287-39-2107

工実績を踏まえて、表-3 に示すようにドリルジャンボ 1 ブーム当たりの薬液吐出量を 8.0 ℓ/min に固定し、薬液濃度だけを変えた 4 ケースについて試験を実施した。

3.3 測定方法

以下に各試験項目の測定方法を示す。

○ロックボルトの定着力に及ぼす影響：薬液濃度毎に引

抜き試験を実施（施工後 3 日目）

○孔壁の自立性：塩化ビニール管（VP25 L=3m）をロックボルト孔に

挿入、またボアホールカメラにて孔内を観察

○施工時間：穿孔およびロッド回収時間を記録（下半で実施）

4. 試験結果と考察

4.1 ロックボルトの定着力に及ぼす影響

図-2 にロックボルト引抜き試験結果の荷重－変位曲線を示す。日本道路公団試験法¹⁾では、引抜き耐力 100kN 以上かつ変位量 5 mm 以下であれば合格とされている。試験の結果、薬液濃度による明確な差は見出せず、いずれの薬液濃度においても、引抜き耐力は 100kN 以上あると判断でき、変位量についても 5 mm 以下であった。これより、孔内残留薬液および薬液濃度の違いがロックボルトの定着力に及ぼす影響はほとんどないものと考えられる。

4.2 孔壁の自立性

穿孔した孔に塩化ビニール管（VP25 L=3m）がすべて挿入できた孔を自立孔とした。表-4 に孔壁の自立性結果を、写真-2 にボアホールカメラにて撮影した孔内映像（水穿孔時と薬液濃度 1.5% 時）を示す。

本試験において、水穿孔では穿孔数 4 本いずれも自立せず、孔壁自立工法の有効性が確認できた。また、薬液濃度 1.5% と 2.0% では孔壁自立性に明確な差は見られなかった。

4.3 施工時間

図-3 に水穿孔と薬液穿孔（薬液濃度 1.0%～2.0% の平均値）の穿孔時間と、ロッド回収時間の平均を示す。薬液穿孔による穿孔時間は水穿孔の約 1/4、ロッド回収時間も約 1/20 であった。穿孔時間とロッド回収時間を合わせると、約 1/6 の施工時間の短縮となった。

なお、薬液穿孔では濃度の違いによる明確な施工時間差は見られなかった。

5. おわりに

本試験結果より、当該地山においては孔壁自立工法の適用が不可欠であり、その仕様は、孔壁自立性が比較的良く、薬剤使用量が比較的少ないものとし、薬液濃度：1.5 %、空気圧：0.69 MPa、薬液吐出量：8.0 ℓ/min（1 ブーム当たり）とすることが最適であるとの結論を得て、実施工に適用した。

本工法の適用により、孔壁の崩壊によるトラブルの発生が抑えられ、比較的円滑に施工することができている。

（参考文献） 1) 日本道路公団：日本道路公団試験法 第 7 編 トンネル関係試験法, p14, 平成 12 年 12 月。

表-3 試験ケース

ケース No	薬液濃度 (%)	空気圧 (MPa)	薬液吐出量 (ℓ/min)	穿孔本数 (本)
1	0.0	0.69	8.0	4
2	1.0	0.69	8.0	26
3	1.5	0.69	8.0	26
4	2.0	0.69	8.0	26

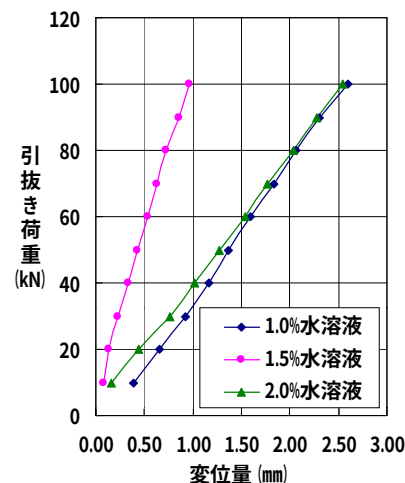


図-2 ロックボルト引抜き試験結果

表-4 孔壁の自立性結果

ケース No	薬液濃度 (%)	穿孔本数 (本)	自立孔数 (本)	自立率 ^{※1} (%)
1	0.0	4	0	0
2	1.0	26	10	38
3	1.5	26	21	81
4	2.0	26	19	73

※1: 自立率(%) = 自立孔数(本) / 穿孔本数(本) × 100



写真-2 孔内映像
水穿孔（自立せず） 薬液濃度：1.5%（自立）

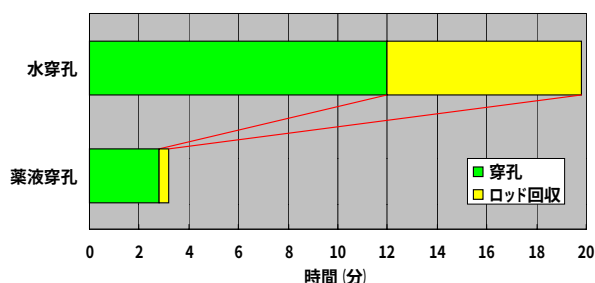


図-3 ロックボルト 1 本当たりの平均施工時間