

住宅近接部での制御発破技術

西日本高速道路株式会社

浜田 文年

大成建設株式会社

正会員

足達 康軌

大成建設株式会社

正会員

○清水 裕介

1. はじめに

新名神高速道路川西トンネル工事は NATM 工法による上下線 2 本(上り線 1100m, 下り線 1088m)の双設トンネル工事であり, トンネル中間部には上下線ともに住宅密集地が近接している. そのため掘削に伴う周辺家屋への振動・騒音などの影響が懸念された. 当初設計では住宅近接部の掘削方式は機械掘削が設定されていたが, 住宅近接部の地山は 80MPa を超える硬質なチャート層で構成されており, 機械掘削の適用が困難な状態となった. そのため発破掘削に切り替えたものの振動・騒音・低周波に対する問題が相次ぎ, 制御発破による掘削に変更した. ここでは, 現場で計測された制御発破の効果について記述する.

2. 地質概要

住宅近接部付近は事前の地質調査では亀裂に富んだ硬質なチャート優勢層であり, 地山弾性波速度は 4.6km/sec, 一軸圧縮強度は 87.8MPa の硬岩であるが, トンネル掘削により亀裂が開放し割れ目が開くことによる緩みが発生する恐れのある岩質とされていた. 点载荷試験機(ポイントロード)による掘削時の岩片試験では, おおよそ 60~200MPa 程度の一軸圧縮強度を示し, 事前調査と同等かそれ以上の硬岩であった.

3. 制御発破方法の選定

制御発破の方法については, 発破の段数を増やし 1 段当りの装薬量を分散する方法や, 電子雷管を用いて発破の秒時差を制御する方法などが挙げられる. 当工事では発破に起因する問題は, 住宅近接部では振動・騒音に対するもので, 坑口部付近の民家では振動・騒音・低周波に対するものであった. そのため発破振動を抑制することが可能な“導火管付き雷管”による発破と, 発破音の低減および振動時間の短縮, 低周波抑制効果が期待できる“電子遅延式電気雷管”による発破の 2 種類の制御発破方法を採用することとした.

(1) 導火管付き雷管

導火管付き雷管は静電気対策が必要な場合や, 多段発破が必要な場合に用いられる(図-1). 発破システムは, 起爆用の電気雷管, 導火管, コネクタおよび雷管で構成される. 電気雷管によりチューブの一端を起爆すると約 2,000m/s の速度で爆ごう波が伝達される. その後導火管と雷管のチューブをつなぐコネクタと雷管で秒時差を与えることができるため, 切羽断面を分割し多段発破することが可能である. 多段発破を用いることにより, 1 段当りの装薬量を少なくすることができるため, 発破振動を抑制することができる.

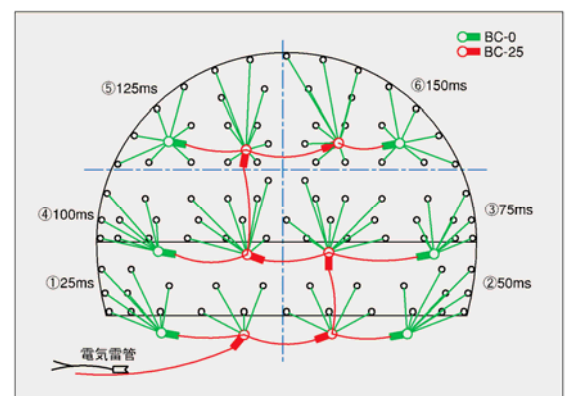


図-1 多段発破概要図

(2) 電子遅延式電気雷管

電子遅延式電気雷管は, IC チップを応用した電氣的タイマーを用いることにより極めて高い秒時精度で 1ms 刻みで任意の起爆秒時が設定可能である. 1ms 刻みの秒時であるため多段発破を行う場合でも極短時間で発破することができ, 発破音やその振動を感じる時間を短縮することが可能である.

4. 制御発破実施箇所(図-2, 表-1)

上り線の掘削については, 住宅近接箇所よりおおよそ 60m 手前より硬岩域となり機械掘削が困難となったた

キーワード 発破, 低周波, 導火管付き雷管, 電子遅延式電気雷管

連絡先 〒542-0081 大阪府大阪市中央区南船場 1-14-10 TEL 06-6265-4603

め発破掘削に切り替えたが、直後に振動・騒音に対する問題が生じたため導火管付き雷管による制御発破に変更した。住宅最接近部では硬岩専用の特殊掘削機械（TM-100）に変更してさらに慎重な施工を行い、20m 程度通過した後に振動・騒音に配慮して、昼間は導火管付き雷管による制御発破、夜間は進行は出ないものの機械掘削にて掘削した。夜間において発破掘削が必要な区間については、電子遅延式電気雷管を用いた制御発破にて掘削を実施し、工程上トンネル内部の防音扉を撤去した後も引続き電子遅延式電気雷管にて掘削した。

下り線の掘削は住宅近接部は昼間施工のみであったため、導火管付き雷管による制御発破により掘削を行っていたが、夜間の発破掘削を開始するに当たり、電子遅延式電気雷管による制御発破を採用して掘削を行った。

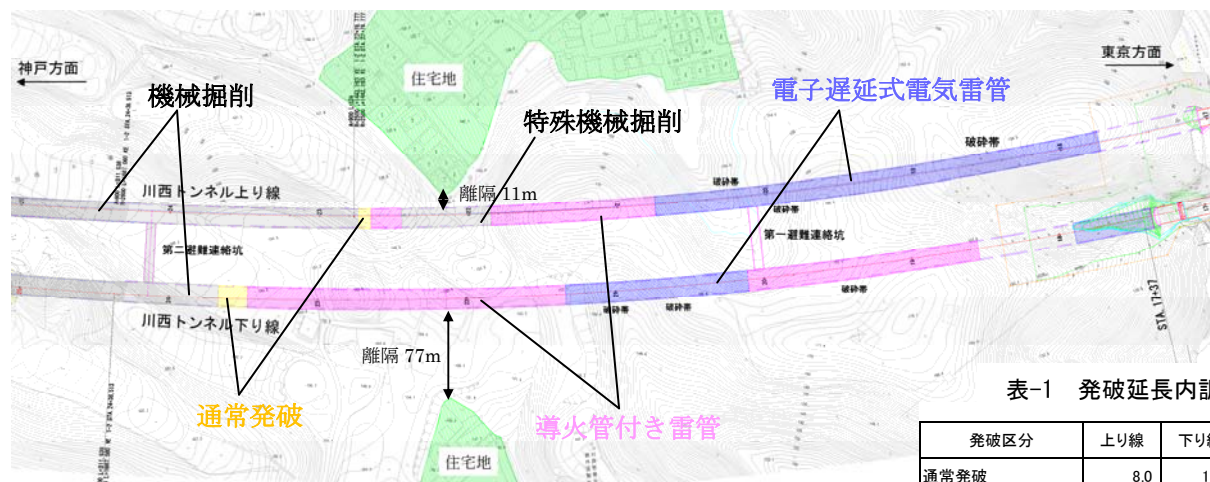


図-2 制御発破実施平面図

表-1 発破延長内訳

発破区分	単位:(m)		
	上り線	下り線	合計
通常発破	8.0	19.4	27.4
導火管付き雷管	130.6	369.2	499.8
電子遅延式電気雷管	300.8	122.8	423.6

5. 制御発破の効果

(1) 振動（表-2）

発破掘削に起因する振動については、地質および地山の硬さなどによりばらつきが生じるものと考えられるが、相対的に通常発破（DS雷管）と制御発破を比較すると、制御発破の方がおよそ 5～8dB 程度振動が小さくなるという測定結果を得た。また導火管付き雷管と電子遅延式電気雷管の振動比較については、電子遅延式電気雷管の方が 1～2dB 小さいがそれほど大きな差を得ることは出来なかった。しかしながら振動時間は長く感じられるものの、体感する振動の大きさとしては導火管付き雷管による制御発破の方が小さく感じられる。

(2) 騒音

騒音については、多段発破により発破時間が 5～7 秒程度と長くなる導火管付き雷管に対して、1～2 秒程度と発破騒音の体感時間が極めて短い電子遅延式電気雷管の方が住宅近接での施工には適しているものと判断される。しかしながら、瞬時の騒音の大きさは電子遅延式電気雷管の方が大きかった。

(3) 低周波（表-3）

低周波は総爆薬量に依存するため、通常発破と制御発破において同等の薬量を使用した場合では低周波の低減効果を得ることはできない。しかしながら、導火管付き雷管と電子遅延式電気雷管の同薬量での比較では 4dB 程度電子遅延式電気雷管の方が低周波が小さい測定結果を得た。

表-2 振動の比較

発破区分	爆薬量 (kg)	測定点からの離隔 (m)	振動値 (dB)
通常発破(DS雷管)	31.8	155.6	52.1
導火管付き雷管	31.8	146.8	45.5
導火管付き雷管	60.2	79.7	67.8
電子遅延式電気雷管	60.2	78.1	65.2

表-3 低周波の比較

発破区分	爆薬量 (kg)	測定点からの離隔 (m)	振動値 (dB)
通常発破(DS雷管)	33.4	547.8	98.9
導火管付き雷管	33.0	548.9	97.6
導火管付き雷管	50.6	769.5	88.1
電子遅延式電気雷管	50.4	762.7	84.3

6. まとめ

当工事において、2 種類の制御発破を行いその効果について検証を行ったが、近隣住民への配慮および経済性を鑑みると、昼夜それぞれの近隣住民の生活を考慮し、制御発破を組み合わせ使用することが望ましいと考えられる。