

斜面地付近の民家近傍におけるトンネル掘削時の振動対策

(独)鉄道・運輸機構 九州新幹線建設局 正会員 ○小松 有由美, 竹井 修
鹿島建設(株) 扇 裕次

1. はじめに

新長崎トンネル(西)工区は、長崎県長崎市に位置する新長崎トンネル(L=7,460m)の内、終点側3,575mの施工を行うものである(図-1)。本トンネルの掘削対象地質は、軟質な凝灰角礫岩及び、硬質な安山岩を主体とする地山であり、地表には土被り80m程度で民家が密集していることが特徴である(図-2)。斜路トンネルより掘削を開始し、本坑に到達後、終点方である長崎市街地に向け通常発破で約100m掘削した際、発破に伴う振動・騒音について多くの苦情が寄せられた。また、作業ヤード付近の住民からは低周波音についての苦情も寄せられた。その後、折り返して起点方へ掘削する際には斜面地付近の民家近傍を通過することから、振動・騒音の抑制のため制御発破での施工を実施した。

本稿では、試験発破の結果を踏まえた斜面地付近の民家近傍における合理的なトンネル掘削計画の策定及び、特に苦情が寄せられた振動の対策と施工結果を中心に述べる。

2. 対象区間の概要

当該地区は斜面に住宅が密集している地域であり、トンネルと最近接の寺院との純離隔(斜距離)は約90mである。寺院近傍には500体あまりの石仏と不安定な巨石もあることから密集家屋に加え巨石の崩落防止のため振動対策が必要であった。

3. 振動低減対策

3-1 制御発破の検討

施工当初は電気雷管(約12段)での制御発破を行ったが効果が薄く、苦情を抑えるまでには至らず、昼間一方施工を余儀なくされた。本工区は開業までの工程が厳しく、一方施工での掘削では開業工程に影響を与えることから、近隣住民への振動・騒音の影響を抑え、かつ工程を確保するため、高精度電子雷管を用いた昼夜二方施工が可能な制御発破に切り替えることを検討した(表-1)。

標準的な制御発破で用いる従来型電子雷管は秒時間隔が30ms程度に固定されるのに対し、高精度電子雷管は秒時間隔を現場で1ms単位(設定秒時±0.01%)に設定できるため、振動の増幅や低周波の低減を図ることが可能となる。また、秒時間隔を短く設定することで、発破継続時間を短縮し、振動値と体感振動を抑える事が期待できる。



図-1 新長崎トンネル位置図

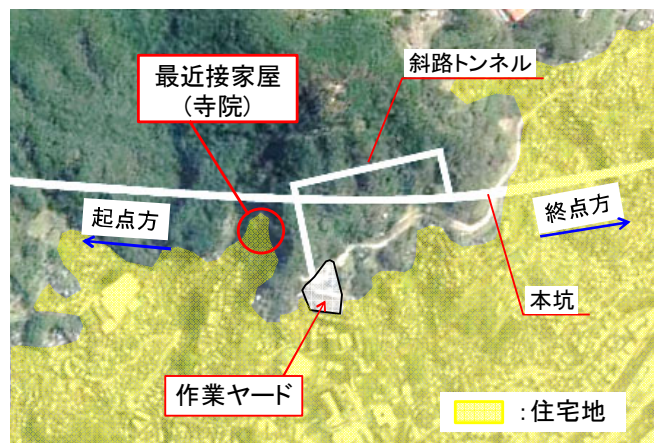


図-2 作業ヤード付近位置図

表-1 各種雷管比較

項目	電気雷管(標準)	従来型電子雷管	高精度電子雷管
秒時間隔	250ms	30ms (1000分の30秒) 精度:±1ms	1ms (1000分の1秒) 精度:0.01%
設定最大段数	20段	200段	500段
現地での段数	12段	106段	106段
発破継続時間	約3秒	約3秒(30ms)	約0.7秒(7ms)
一段当り薬量(W)	約18kg	約2kg	約2kg
特徴	振動を段毎に分離する事が可能	全孔分離が可能 工場出荷時に秒時間隔が固定	全孔分離が可能 現場で秒時間隔を設定可能
振動の大きさ	×	○	○
体感振動	△	△	○
経済性	1	1.13	1.16
評価	×	△	○

※○内は秒時間隔

キーワード 山岳トンネル、発破掘削、振動対策

連絡先 福岡県福岡市博多区祇園町2番1号(シティ17ビル) TEL:092-283-9623 FAX:092-283-9592

3-2 振動・騒音管理値の設定

一般的に発破振動による影響は、家屋やコンクリート構造物に与える物理的要素と人体が感じる感覚的要素の2種類を考える。構造物に対する影響を評価する場合には、物理的要素を表す変位速度(単位はcm/sec=kine(カイン))で表す場合が多く、人体への影響を評価する場合には、感覚的要素を考慮した振動レベル(単位はdB)で評価する場合が多い¹⁾²⁾。

管理値を設定するにあたり、トンネルの発破に関しては行政の規制値がないことから、火薬学会の提言値及び類似施工事例を参考に以下のとおり定めた¹⁾²⁾。また、振動については昼間と夜間でそれぞれ管理値を設定した。なお、試験発破においては高精度電子雷管の低周波への低減効果も確認するため、参考として低周波の管理値も設定して試験した。

(振動・騒音・低周波音の管理値)

振動 : 昼間 70dB (0.2kine)

夜間 64dB (0.1kine)

※寺院周辺は昼夜 64dB (0.1kine)

騒音 : 70dB

低周波音 : 100dB

3-3 試験発破

高精度電子雷管の採用にあたり、効果の検証のため、起点方掘削時に図-3に示す位置に計測器を設置し、振動レベル・振動速度・低周波音を測定する試験発破を実施した。

また、高精度電子雷管の起爆間隔を極力短くする事による発破継続時間の短縮を目指すため、5ms、7ms、17msに設定し試験を行った。

試験発破の結果、振動、低周波音ともに高精度電子雷管での測定値が電気雷管での測定値を下回り、振動、低周波音の低減には高精度電子雷管が有効であることが確認できた。

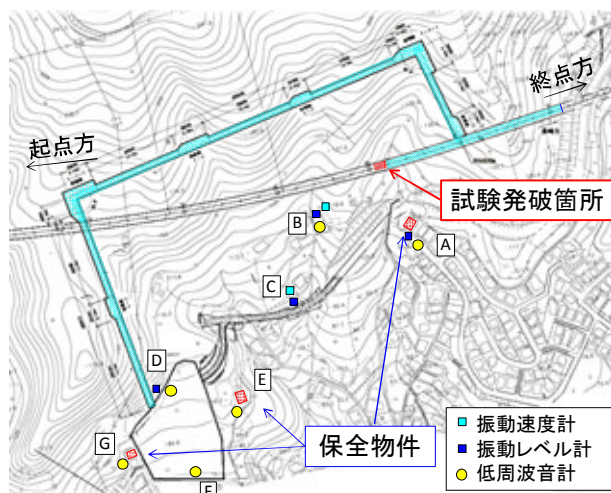


図-3 試験発破時の計測箇所

3-4 適用範囲の検討

試験発破の測定結果および管理値を基に、参考文献2に記載の振動予測式①より、管理値を超える発破位置からの距離D(m)を逆算した。次に、算定したDを対象家屋からの純離隔として高精度電子雷管による制御発破の適用範囲を設定した。適用範囲を図-4に示す。

$$V = K \times W^{0.75} \times D^{-2} \quad \cdots \text{式①}$$

V: 変位速度 (cm/sec, kine)

K: 地質等により変化する係数 (K=640)

W: 一段あたりの装薬量 (kg)

D: 発破位置からの距離 (m)

4. 施工結果

制御発破適用時の計測結果は、寺院に最接近した際(D=88m)の振動速度0.082kine(<0.1kine)となり、その他の測定結果でも概ね昼夜それぞれの管理値を下回ることができた。また、発破継続時間を短縮し体感振動を押さえることにより終点方掘削時のように地元から振動に対する苦情を寄せられることもなく、近隣住民の受忍の範囲内での振動で夜間も発破掘削し進捗を落とすことなく施工することができた。

5. おわりに

高精度電子雷管による制御発破を行うことで昼夜二方施工を可能とし、工程を確保しつつ振動を抑え住宅地近傍を掘削することができた。また振動予測式を用いて適切な制御発破適用区間を設定できた。

今後、起点側は大規模住宅密集地直下の掘削となるためより慎重な施工が求められる。今回の施工実績を反映させるとともに、住民の方の気持ちに立ち発破施工前に広報活動、情報公開を積極的に進め、工程を確保しつつ工事を進めていきたい。

参考文献

- 1) 山田隆昭: わかりやすいトンネルの発破技術
- 2) 日本火薬工業会: あんな発破こんな発破 発破事例集 2004

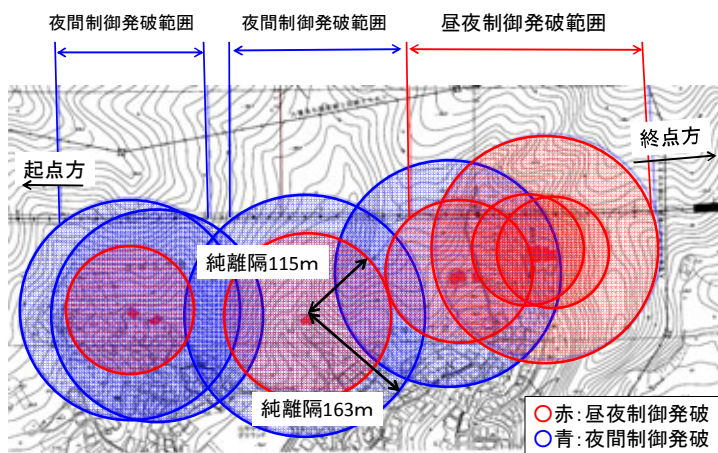


図-4 制御発破適用範囲