周辺環境に配慮したトンネル坑口付近における発破掘削について

（株）大林組　第二東名本宮山工事事務所　　正会員　○中戸 敬明，　阪口　雅信
倉光健太朗，　横山　吉和

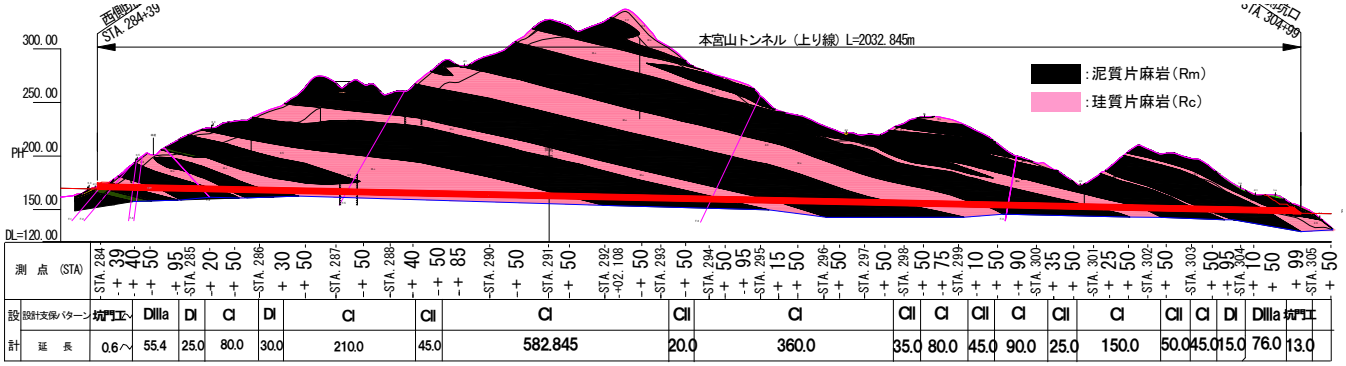
１．はじめに

本工事では，トンネル発進側坑口にて硬質な岩盤が確認され，初期掘削から「発破作業」を行う必要が生じた．しかしながら，トンネル坑口周辺には民家や生活道路が存在していることから，発破騒音対策および周辺環境モニタリングを積極的に行って地元住民からの理解を得ることができ，初期掘削から「発破作業」を実施することができた．

本報告では，その経緯および方法・効果について述べる．

２．工事概要

第二東名高速道路（新東名高速道路）本宮山トンネル工事は，愛知県豊川市の本宮山県立上長山町から千両町に至る工事区間 3,260mのトンネル工事および土工事である．トンネル工事については，延長約 2km の道路トンネル（上り線：2,033m，下り線：2,094m）を NATM による発破工法で施工する．トンネル周辺の基質岩盤は，領家変成岩類の泥質片麻岩（Rm）及び珪質片麻岩（Rc）であり，互層構造（縞状構造）を呈している．また，トンネル路線延長の80%以上がＣＨ～ＣＭ級の比較的硬質な岩盤と想定されている（図－1）．



図－1　本宮山トンネル　地質縦断図

３．坑口部発破掘削における課題とその対策

（１）試験発破の実施

トンネル東坑口（発進側坑口）の切付け作業を開始したところ，初期段階からＣＭ～ＣＨ級の比較的硬質な岩盤が出現した．このため，通常のトンネル初期掘削で行われる「ブレーカ主体による機械掘削」は非常に困難であった．また，発注者および地元住民との協議経緯をふまえて，早期に試験発破を行って地元住民の理解を得ることで，トンネル本掘削に着手できるように方針を決定した．

図－2　坑口周辺におけるモニタリング位置

これより，初期掘削から発破作業が可能となるように，トンネル仮設備（防音扉），施工方法（発破方法），周辺地域に対するモニタリング手法，適切な管理基準値などを計画・立案し，トンネル試験発破を実施した．

（２）周辺地域モニタリングおよび発破騒音レベル管理値の設定

トンネル坑口における，周辺地域の民家や構造物との距離関係及び発破音伝達エリアの調査・分析結果から，試験発破における対象物・測定地点を広範囲に設定した（図－2）．なお，最も近接する民家（対象民家：測点③）までの距離が 850m程度であることから，特に「発破騒音」に対する管理を重要視して，対象民家（測点：③）における発破騒音の管理目標レベルを「昼間：60dB 以下」，「夜間：55dB 以下」とした．

キーワード：初期掘削，発破騒音，制御発破，二重防音扉
連絡先　　：〒441-1202　愛知県豊川市上長山町手取 8-50　（株）大林組第二東名本宮山（工）　TEL 0533-92-1029

（３）トンネル防音設備（坑口防音扉）の補強

トンネル坑口部に設置する防音扉は，以下に示す構造および補強を採用した．

①坑口防音扉：坑口部にシェルター（吹付け＋鋼アーチ支保工：L=4.5m）を延伸し，Con パネル製の防音扉（MODEL－30：テクノプロ社製）を設置した．

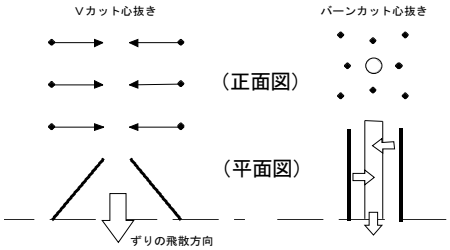
②坑口防音扉の背面側（坑内側）には，通常の防爆シートに加えて硬質のゴムマット（リサイクル品）を吊り下げし，発破による飛石の衝撃を抑制した．

③想定火薬量による爆風圧を想定し，正面側にはH鋼等の補強鋼材を設置した．

写真－1　坑口防音扉　全景

（４）初期掘削時における制御発破の実施

坑口防音扉を設置した状態で，第一回の発破地点（切羽）までの離隔距離が９m程度しか確保できないことから，坑口防音扉に作用する爆風圧および坑外へ伝播する発破騒音をさらに低減させるため，「バーンカットによる心抜き」，「心抜き孔＋周辺孔による分割発破」を採用した（図－3 参照）．



図－3　心抜き方法

写真－2　制御発破パターン

写真－3　制御発破（心抜き発破）

（５）夜間発破における追加対策の実施（二重防音扉の採用）

前述した坑口防音扉＋制御発破による対策だけでは，当初設定した夜間発破騒音の管理目標レベルをクリアすることができなかったため，夜間施工に向けた追加対策として，過去の実績も多い「防音扉の増設（二重防音扉）」を採用し，発破騒音レベルの更なる低減を図った．増設した防音扉は「仮設鋼材＋吹付けコンクリート」構造であり，発破騒音レベル低音域（低周波音）の共鳴透過損失 fr と扉間隔 d の関係から，坑口防音扉から 14.5mの離隔を確保した坑内に設置した．

写真－4　坑内防音扉（二重防音扉）

４．二重防音扉によるトンネル発破騒音の低減効果

二重防音扉の設置完了後，トンネル夜間試験発破を実施して追加対策による発破騒音の低減効果を検証した．発破騒音レベルの測定結果（昼間・夜間）を表－1 に示す．

表－１　夜間試験発破における発破騒音測定結果（夜間試験：赤字にて記載）

切羽～坑口までの距離(m)	37.5	38.5	40.5	41.5	42.5	43.5	44.5	45.5
火薬量(kg)	23.0	56.5	54.5	39.8	62.1	28.0	53.2	47.0
発破箇所(加背)	上半部	全断面	全断面	上半部	全断面	払い部	全断面	全断面
発破騒音ﾚﾍﾞﾙ(dB)(対象民家:測点③)	52	52	51	50 未満	53	55	55	54
地元住民に対するヒアリング	影響無	影響無	影響無	影響無	影響無	影響無	影響無	影響無

対象民家（測点③）における夜間発破騒音レベルの測定値は「55dB 以下」となり，二重防音扉による発破騒音低減効果が確認できた．この測定結果を地元住民に速やかに報告し，試験発破後も継続して夜間発破が実施可能となった．

５．おわりに

発破掘削によるトンネル施工は通常，①機械掘削による初期掘削（L=30m程度）→②インバート施工→③坑口防音扉の設置→④試験発破 という手順をとるのが一般的である．但し，中硬岩以上の岩盤が出現した場合には，初期掘削の施工日数が増加し，工程遅延の要因となる．

今回の手法は，創意工夫や汎用設備の組み合わせにより対策工のコスト増加を抑制し，過去に例のない切羽位置でトンネル試験発破を実施することができ，工期短縮に大変有効であった．また，周辺地域に対する広範囲のモニタリングや地元住民に対する積極的な広報の実施などの取り組みが，地元住民の信頼向上に大きく貢献することになった．