

第 70 回(山岳)施工体験発表会、発表論文概要集（プログラム順）

「テーマ；課題克服に貢献した新技術・創意工夫例」

開催日：平成 24 年 6 月 26 日(火)、開催場所：虎ノ門発明会館「地下ホール」

1. 坑外、坑内の環境課題改善に向けた新技術の現場適応試験報告

－ 熊本 3 号 津奈木トンネル新設工事 －

西野 俊論*1 松野 徹*2 伊藤 哲*3

*1(株)大林組九州支店津奈木トンネル主任、*2(株)大林組九州支店津奈木トンネル所長

*3(株)大林組生産技術本部トンネル技術部副課長

(概要)

本稿はトンネル工事における環境課題改善に向けた新技術として現場適応試験を実施した「ブラストサイレンサー（発破低周波音消音器）」と、「トラベルクリーンカーテン（坑内粉じん低減工法）」についてその試験内容と結果について報告する。ブラストサイレンサーは従来、発破掘削により生じる低周波音を低減させることは非常に難しく、効果的な対策が模索されてきた。今回、その低周波音を低減させる防音扉で、模型実験を行いながら、設計や効果の検証を行い、さらに当現場において現場適応を行い、その効果を確認した。その結果、対象とする低周波帯域において最大 15 dB の低減効果を確認することができた。トラベルクリーンカーテンは切羽付近に坑内隔離壁を設置し、坑内作業で発生する粉塵を封じ込めることで効率的に集じんもので、現場適応の結果、粉じん濃度を 0.5～1.0m g/m³ 以下に、さらに換気設備で使用する電力を約 25%削減することができた。

【キーワード】 発破掘削、低周波、防音扉、粉じん低減工法

2. SD・EDD発破工法を用いた硬岩トンネルの低振動掘削

－国道 42 号紀宝バイパス・紀宝トンネル工事－

浜田 元*1・星野 直則*2・柴田 匡善*2・蛭子 清二*3

*1 (株)奥村組 東日本支社 土木技術部

*2 (株)奥村組 名古屋支店 土木部

*3 (株)奥村組 技術研究所

(概要)

国道 42 号紀宝バイパス・紀宝トンネルでは、硬質な花崗斑岩がほぼ全線に分布し、多数の家屋がトンネルルート周辺に存在した。周辺住民との協議を踏まえて、掘削時に伝播する振動の最大値を 0.1kine 未満とする厳しい許容値が課せられ、切羽と家屋の距離に応じて機械掘削区間と制御発破区間が設定された。制御発破区間で厳しい振動許容値を遵守することは難しい課題であったが、スロットと電子遅延式電気雷管を組合せた制御発破工法を用いて発破振動の抑制を図った。また、振動測定結果の統計処理から次発破の振動予測に用いる K 値の推定精度を高め、予測精度の向上を図って掘削を進めた。その結果、全線で振動許容値を遵守するとともに、当初設計よりも制御発破区間を延長でき、工期の短縮を実現できた。

【キーワード】 硬岩トンネル、振動抑制、制御発破、SD工法、EDD雷管

3. 「崖錐堆積物の分布する急傾斜地におけるトンネル坑口施工」

～東広島・呉道路 広石内トンネル～

今中 晶紹*1 中村 誠*2

*1 大成建設(株)関西支店北春日トンネル作業所長、*2 大成建設(株)中国支店島根原発輪谷貯水槽耐震補強工事主任
(概要)

東広島・呉道路広石内トンネル工事においては、トンネル貫通点側の本坑断面掘削に伴い、抱き擁壁の施工を事前しておく必要があった。そのため、トンネル貫通点側の起点側坑口からも施工を行った。この起点側坑口斜面は崖錐堆積物の分布する急傾斜地に位置しており、施工に当たっては多数の技術的課題を克服する必要があった。そのため、第一段階として起点側坑口に索道の設置、第二段階として斜面部の調査ボーリングの実施と設計の見直し、第三段階としてトンネル坑内から坑口部への小断面導坑による運搬経路の確保、第四段階として坑口周辺の明かり工事を昼夜間施工等の創意工夫を積み重ね施工を実施した。先進導坑および導坑の拡張掘削時には、懸念された地すべりやトンネル支保工の変状を生じさせることなく無事に掘削を完了した。その後、坑口周辺の明かり工事を昼夜間で施工したことにより大幅に工程を短縮させ、供用開始に間に合わせる事ができた。

【キーワード】坑口、崖錐堆積物層、先進導坑

4. 工程短縮と安定性を考慮した偏圧地形における坑口部の設計・施工

北海道新幹線、泉沢トンネル

澤 正武*1、小林 一士*2、蛭谷 吉聡*3、宇都宮 基宏*4、森脇 丈滋*5

*1 飛島建設(株)札幌支店新幹線泉沢作業所現場代理人・監理技術者、*2 // 副所長、

*3 梅林建設(株)東京支店新幹線泉沢作業所主任技術者

*4 飛島建設(株)首都圏土木支店東村山立坑作業所

*5 飛島建設(株)建設事業本部土木事業統括部トンネルグループ 主任

(概要)

北海道新幹線は2005年4月に新青森～新函館間の工事実施計画が許可され、2015年の開業を目指し整備が進められている。このうち泉沢トンネルは、119 km 616m～121 km 578m間に位置し、上磯山地南東部の丘陵地性の山地を貫く延長1,720mの山岳トンネルである(図1.2)。トンネル工事はH21年11月に着手し、H23年5月に掘削が完了した。本稿は、始点側坑口部に関して、稀少生物の生息が河川上部に確認されたため作業横坑による本坑への取付きと切り上げを実施したことや、坑口部の偏圧・小土被り対策として一般的に採用される「抱き擁壁+保護盛土」工法ではなく、補強盛土(RRR工法)を使用したこと、また交差部の安定性と工程遅延の防止を図るために実施した内容等について、坑口部における一連の課題を克服するための設計・計画および施工について報告するものである。

【キーワード】稀少生物、作業横坑、偏圧地形、補強盛土(RRR工法)、交差部

5. 押出し性地山における双設トンネルの施工事例

- 新東名高速道路 鳳来トンネル工事 -

神澤幸治*1, ○石川俊明*2

*1 清水建設(株)名古屋支店土木部鳳来トンネル工事現場代理人、*2 同上 主任

(概要)

鳳来トンネルは押出し性を伴う破碎帯を通過する双設トンネルである。破碎帯の地山強度比は1を下まわり、標準パターンで施工したところ、過大な変位や支保部材の変状が発生し、縫返しを余儀なくされた。このため支保に作用する押出し性土圧の推定値をもとに、厚肉円筒理論を用いて必要支保耐力を算定し、高耐力の閉合支保構造を設計した。トンネル掘削は切羽から1D以内で早期閉合する補助ベンチ付き全断面工法を採用した。切羽前方の地質を把握するために数々の前方地質探査技術を駆使することで、早期閉合パターンや掘削補助工法の採用を遅滞なく効率的に行い順調に掘削した。しかし箱抜き掘削により閉合構造が成立しなくなった区間の一部において、双設トンネルの掘削影響を受けて支保部材が変状した。対策工として、箱抜き掘削を包含する拡幅閉合パターンを設計・施工した。これら高耐力の閉合支保構造の設計・施工により、押出し性地山区間を突破した。

【キーワード】 押出し性地山, 双設トンネル, 早期閉合, 三波川帯, 結晶片岩, 高耐力支保, 厚肉円筒理論

6. 山岳トンネルにおける鉛直離隔5mの構造物に対する沈下対策

—三原バイパス 第4トンネル工事—

田中 誠*1

*1 戸田建設(株)広島支店土木工事部作業所長

(概要)

本工事は、広島県三原市糸崎町地先に位置する延長154mの2車線道路トンネル工事である。本工事の特徴は、既設構造物の直下を5m~20mの小土かぶり掘削することであった。特に老朽化した給水施設である「広島県導水トンネル接合井」は、最小土かぶりが5mと本工事で最も小さい土かぶり区間に位置し、沈下に対する許容値が10mmと厳しい管理条件であった。ここでは注入式中尺鋼管先受け工法等による沈下対策工を主体に、試験施工の実施と先行沈下に着目した管理によって、無事トンネルを貫通させることができた。本報告では、沈下対策工の選定および施工に伴う最終沈下量の早期予測等、工事と施工管理のプロセスについて、その成果を報告する。

【キーワード】 小土被り 先受け工法 先行沈下

7. 掘削ズリに砒素と黄鉄鉱を含むトンネルの施工

— 一般国道 167 号第二伊勢道路（2 号トンネル（仮称）堅神工区） —

岩田義弘*1 横山英樹*2 村上真一*3

*1(株)間組名古屋支店堅神作業所所長、*2(株)間組名古屋支店堅神作業所副所長、*3(株)間組名古屋支店堅神作業所主任
(概要)

第二伊勢道路 2 号トンネル（仮称）堅神工区の地質は、三波川帯および御荷鉾帯からなる。地山には自然由来による砒素と黄鉄鉱が含まれており、掘削ズリは環境汚染リスクを判定して要対策土と一般発生土に区分している。トンネル掘削に当たっては、切羽毎（全切羽）に試料採取を行い、迅速分析（砒素溶出試験、全硫黄含有量試験、および pH）によりリスク判定を実施している。ズリ出しにはベッセルダンプを使用し、分析中（判定待ち）のズリは、ベッセルに積んだまま隣接した既設トンネル内で保管して降雨による有害成分の流出などを防止している。切羽の地質状況は変化に富んでおり、探りボーリングや種々の掘削時安全対策を行いながら掘削を進めた。また、鏡吹付け、長尺鏡ボルト、注入式長尺先受工などの各種補助工法を採用して切羽の安定を確保した。

【キーワード】三波川帯、御荷鉾帯、砒素、硫黄、要対策土、補助工法

8. 急傾斜地斜面に配慮したトンネル発破掘削について

— 国道 156 号岐阜東バイパス岩田山トンネル工事 —

青木 哲男*1、加藤 公章*2、伊藤 俊光*3、谷川 隆之*4

*1 佐藤工業(株)岩田山トンネル作業所現場代理人、*2 佐藤工業(株)岩田山トンネル作業所監理技術者、
*3 佐藤工業(株)岩田山トンネル作業所工事課長、*4 佐藤工業(株)土木事業本部技術課長

(概要)

国道156号岐阜東バイパス岩田山トンネル工事は延長約1kmの2車線道路トンネルである。山岳トンネルとしては比較的市街地部に計画され、特に坑口付近は民家が密集し、更に両坑口とも「急傾斜地崩壊危険区域」に近接している。このうち貫通側となる日野坑口付近はトンネルと斜面が非常に近接しており、急傾斜地崩壊危険区域内の直下をトンネルが通過する線形となっている。また斜面の風化も激しく、最近でも年に数回、斜面表面からの小規模崩壊が発生しており、過去には平成11年9月の台風時に降雨に伴う斜面崩壊により、斜面下の住宅の一部に被害が発生した。地元住民からはトンネル工事による斜面への影響を心配しトンネル掘削開始に先立ち、地元説明会の開催を要望された。

このような環境のもと、斜面のロッククライミング調査を実施し、急傾斜地に対しIC雷管を使用した制御発破工法、発破振動速度管理値の設定等総合的な施工方法を検討し施工を行った。

【キーワード】急傾斜地崩壊危険区域、IC雷管、制御発破、振動計、振動管理値、ロッククライミング調査、RMS解析

9. 表面平滑型シート防水の適用事例とその効果について

－ 一般国道229号 余市町 梅川トンネル工事 －

池田 弘英^{*1}、梶山 孝司^{*1}、森田 篤^{*2}

^{*1} 前田建設工業(株)北海道支店、^{*2} 前田建設工業(株)土木事業本部トンネルグループ

(概要)

覆工コンクリート背面が凹凸だとコンクリート乾燥収縮時の妨げとなり内部引張り応力を発生させる要因となる。また、防水シートのたるませ具合が適切でないと、覆工コンクリート打設時に防水シートが引張られシート背面に空洞が発生するかシートが破れてしまう。一般国道229号余市町梅川トンネル工事では、上記の施工上の懸念を解消するため、防水シートの背面に空隙がなく防水シートをトンネル形状に沿って平滑に仕上げる表面平滑型シート防水(ハイ・イータス工法)を採用した。ハイ・イータス工法は、吹付けコンクリート面と防水シートの空隙に充填材を注入し密着した一体化構造とし、かつ防水シートはたるみのない平滑に仕上げるができる工法である。さらに、覆工背面が平滑となるハイ・イータス工法の効果を確認するため、覆工コンクリートにひずみ計(6箇所)を設置した。

【キーワード】 NATM、防水工、ハイ・イータス工法、覆工ひずみ計測

10. 大規模地すべり斜面に対する押さえ盛土内のトンネル施工

－ 北海道新幹線、新茂辺地トンネル東工区 －

山崎 貴之^{*1}・堂藤 和雄^{*2}・中世古 敦司^{*3}・大畑 雅義^{*4}

^{*1} 鉄道建設・運輸施設整備支援機構北海道新幹線建設局北斗鉄道建設所所長、

^{*2} (株)熊谷組東北支店国道45号釜石山田道路作業所所長、

^{*3} (株)熊谷組九州支店蒲江トンネル(南)作業所所長、^{*4} (株)熊谷組東北支店国道45号釜石山田道路作業所工事課長

(概要)

新茂辺地トンネルは北海道新幹線「新青森－新函館」間(工事延長L=149km)のうち、北海道北斗市柳沢地内に計画されている新幹線複線トンネルである。工事は、総延長L=3,335mのうちトンネル東工区区間延長L=2,695mの掘削工事、L=205mの坑口工工事(保護盛土)、L=2,695mの覆工付帯工事、及びL=2,695mの路盤工工事(路盤コンクリート本体工、突起コンクリート工)を施工するものである。本工区の坑口部は高低差約100mに達する長大法面の法尻部と平行して計画されていた。このため坑口部の設計は地すべりの影響が新幹線構造物に及ばない構造とする必要があった。

【キーワード】 地すべり、押さえ盛土

11. 堆積軟岩における大深度立坑の施工

—幌延深地層研究計画地下研究施設整備（第Ⅱ期）等事業—

萩原 健司^{*1}，名合 牧人^{*2}，工藤 元^{*3}，津坂 仁和^{*4}

*1 大成・大林・三井住友特定建設工事共同企業体工事課長、*2 大成・大林・三井住友特定建設工事共同企業体現場代理人、

*3 独立行政法人日本原子力研究開発機構幌延深地層研究センター、施設建設課主査、

*4 独立行政法人日本原子力研究開発機構幌延深地層研究ユニット堆積岩工学技術開発グループ

（概要）

（独）日本原子力研究開発機構は、堆積岩を対象とした高レベル放射性廃棄物の地層処分技術の信頼性向上を目的として、北海道天塩郡幌延町にて、幌延深地層研究計画を実施している。工事請負業者の大成・大林・三井住友特定建設工事共同企業体は、平成 17 年 10 月から平成 24 年 4 月までに、換気立坑および東立坑について深度約 350m まで、西立坑について深度約 50m まで、深度 140m および深度 250m の調査坑道については掘削を完了しており、深度 350m の調査坑道は総延長 752m のうち、27m まで掘削している。本稿では、地下施設建設の特徴的な、1) 堆積軟岩での深度 500m までの大深度立坑の情報化施工、2) 堆積軟岩中の割れ目帯におけるプレグラウト工の実施、3) 湧水に伴うメタンガスの発生に対する坑道内の通気とその濃度の常時モニタリングについて報告する。

【キーワード】堆積軟岩，大深度立坑，地層処分，情報化施工，プレグラウト，孔内循環型二重管式パッカー，メタンガス，坑道換気，部分電源遮断

12. 硬岩地山における長孔発破（最長 7.2m）の施工

— 亥谷山（いがたにやま）トンネル（賀田工区） —

川島 義和^{*1}、田辺 洋一^{*2}

※1 鉄建建設(株)土木本部課長代理、※2 鉄建建設(株)名古屋支店尾鷲作業所所長

（概要）

一般国道 42 号熊野尾鷲道路の亥谷山（いがたにやま）トンネルは、全長 3,197m の本坑および避難坑を構築する道路トンネルである。トンネルの施工基面上は、極めて硬質な熊野酸性岩類花崗斑岩が分布することが想定された。この基盤岩は、非常に新鮮で亀裂も非常に少ないため、設計段階における掘削支保パターンは、ほとんどが B パターンで設計された。本文では、当該トンネルの賀田工区（1,511m）の本坑掘削で B パターンを対象として、従来の設計一掘進長（2.0m）に対して最長 7.2m、平均一掘進長 6.3m 以上の長孔発破を実施したので、その施工内容について報告する。

【キーワード】長孔発破，大口径パラレルカット，アンホ爆薬，粒状エマルジョン爆薬，導火管付雷管