

交差角 41°で接続する避難連絡坑における覆工コンクリートの施工について

Construction report for concrete lining of evacuation adit connected to main tunnel at a angle of 41 degrees

瀬戸 智江*
Tomoe Seto
諏訪 至**
Itaru Suwa

宮西 昭宏*
Akihiro Miyanishi

要 約

本工事は、（仮称）岐阜 IC に隣接する坑口を起点としてトンネル総延長 4.9 km の内、本坑 2601 m、避難坑 2567 m および避難連絡坑（人道用 6 箇所、車道用 1 箇所）を施工するものである。

本稿では、これらを結ぶ 7 箇所の避難連絡坑の内、本坑・避難坑に斜めに交差する車道用避難連絡坑について、安全かつ高品質に施工するために実施したいいくつかの工夫点について報告する。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 地形・地質概要
- § 3. 施工上の課題
- § 4. 対策・工夫
- § 5. まとめ

§ 1. はじめに

（仮称）岐阜山県第一トンネルは、広域的なネットワークを形成する東海環状自動車道（延長約 153 km）の一部として建設する延長 4.9 km の長大トンネルである（図－1）。当工区は、岐阜市側より本坑 2,601 m、避難坑 2,567 m および避難用連絡坑（人道用 6 箇所、車道用 1 箇所）を施工するもので、表－1 に工事概要を示す。

本トンネルの特徴の 1 つは、本坑と避難坑の高低差が大きいことである。そのため、それらを結ぶ避難連絡坑の設計は緊急車両通行時の軌跡を確保するため、2 種類の断面形状の組合せとなり、また、縦断勾配は 11.7% を確保するため、本坑および避難坑と斜角を大きくして（本坑との交差角 40°、避難坑との交差角 41°）設計されている。

このような特殊な条件の避難連絡坑を安全かつ高品質に施工するために、接続部の形状を見直すと共に施工方法を工夫した。本稿ではその施工実績を示す。

表－1 工事概要

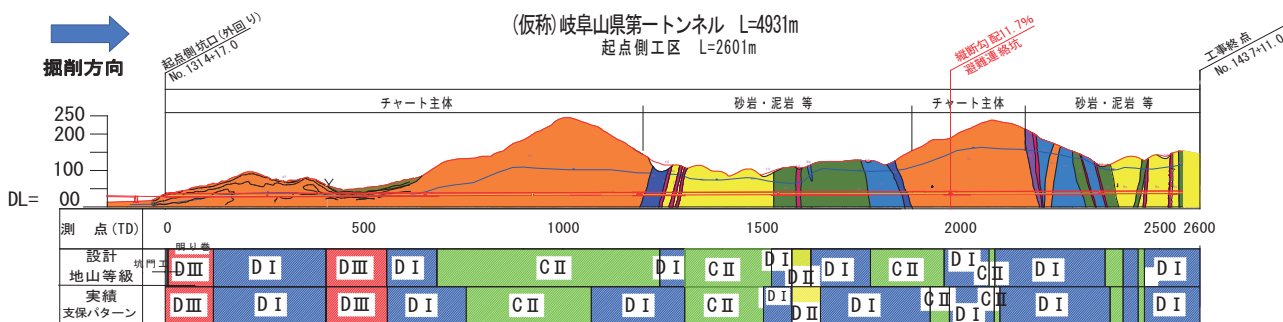
工 事 名	岐阜山県第一トンネル
工 事 場 所	岐阜県岐阜市城田寺
発 注 者	国土交通省 中部地方整備局 岐阜国道事務所
施 工 者	西松建設 株式会社
工 期	平成30年1月6日～令和5年5月29日
トンネル 延長	L=2601m(縦断勾配0.3%)
掘 削 断 面 積	代表内空断面面積 87.3m2
掘 削 方 式	NATM・発破掘削方式
掘 削 工 法	上半先進ベンチカット工法



* 西日本（支）岐阜山県トンネル（出）

** 土木設計部設計二課

図－1 東海環状自動車道 位置図



図一2 地質縦断面図 (本坑)

§2. 地形・地質概要

本トンネルは、中部地方の西南日本内帯における領家帯の北側に位置する。美濃帯堆積岩コンプレックス上麻生ユニットのチャートや砂岩、泥岩が分布しており、山地の南斜面の袖部には崖錐堆積物が堆積している。

トンネル周辺において、東西面に伸びる主稜線は比較的侵食されにくいチャートで構成され、主稜線間には侵食されやすい砂岩や泥岩が分布している。また、南北斜面は急崖地形となっていて、裾部において崖錐地形が発達している (図一2)。

§3. 施工上の課題

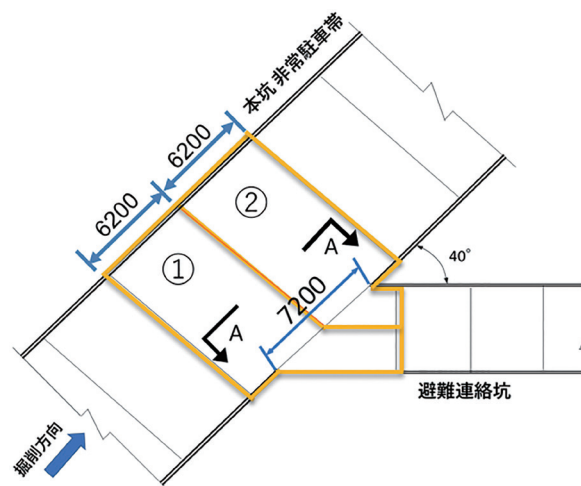
車道用避難連絡坑は、延長 3,000 m 以上のトンネルに設ける設備であり、災害発生時に緊急車両が通行できるようにすることを目的として設置される。当初設計では緊急車両が旋回できるようにするため、車道用避難連絡坑と避難坑の接続部において両トンネルの断面を拡幅させて交差する計画であった。覆工コンクリートの施工に関しては、本坑および避難坑との大きな交差角、また設計の見直しから生じた交差部付近の拡大した避難坑覆工断面の施工など、本坑と避難連絡坑との取り付け部の施工に課題があった。これらの課題を以下に示す。

3-1 避難連絡坑と本坑の取合部に発生するひび割れ (課題①)

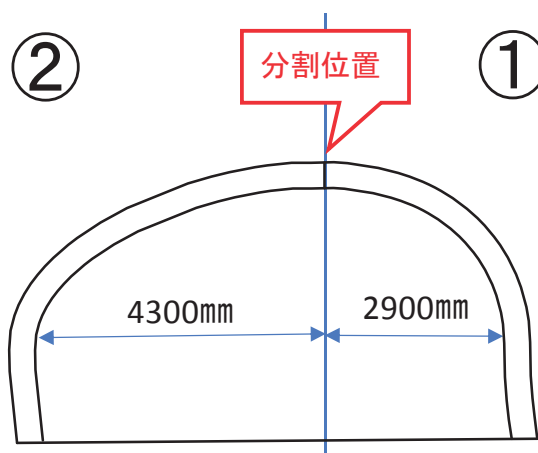
避難連絡坑の幅が 7.2 m に対して、本坑非常駐車帯のバラセントルの延長が 6.2 m と短いため、避難連絡坑との取合い部を 2 回に分割して打設する必要があった (図一3、図一4)。分割施工により避難連絡坑天端中央に打継部が発生し構造上の弱点となりひび割れが懸念された。

3-2 避難連絡坑覆工の分割施工においてコンクリート打設時に発生する偏圧 (課題②)

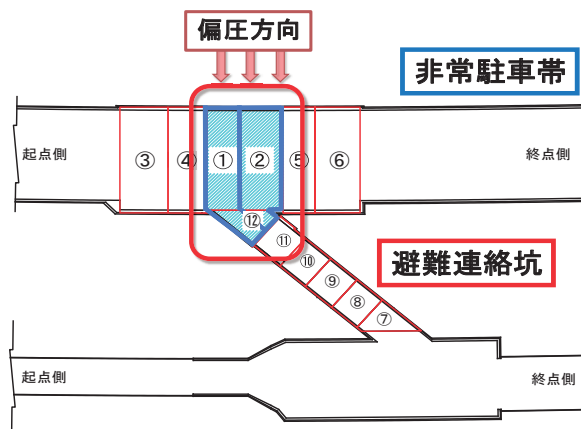
非常駐車帯部と避難連絡坑は図一5 の順番で打設を行った。交差部の覆工コンクリートは、本坑非常駐車帯と避難連絡坑を同時に打設することになる。この時、本坑の覆工コンクリートが左右対称でない為、偏圧が発生し型枠全体が避難連絡坑側に大きく変位することが懸念さ



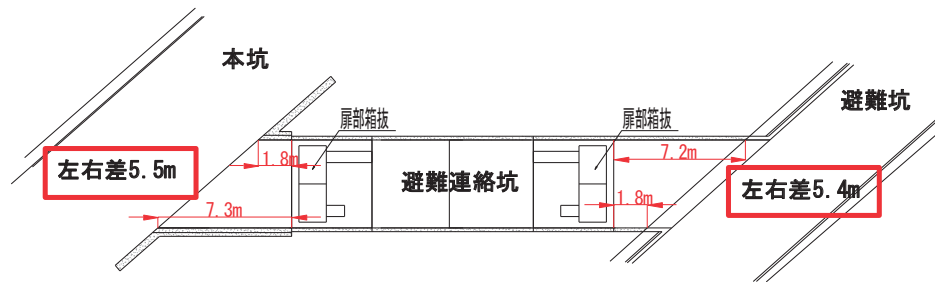
図一3 本坑と避難連絡坑との交差部 平面図



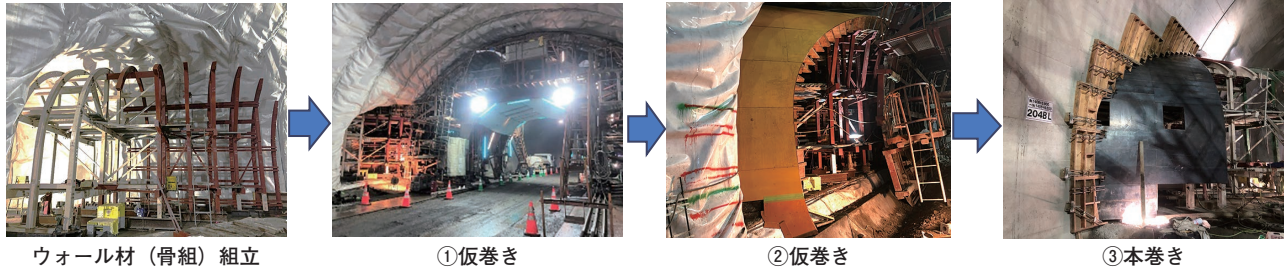
図一4 本坑との交差部断面図 (A-A 断面)



図一5 覆工 打設順番



図一6 避難連絡坑 交差部左右延長平面図



写真一1 避難連絡坑取合部施工フロー

れた。

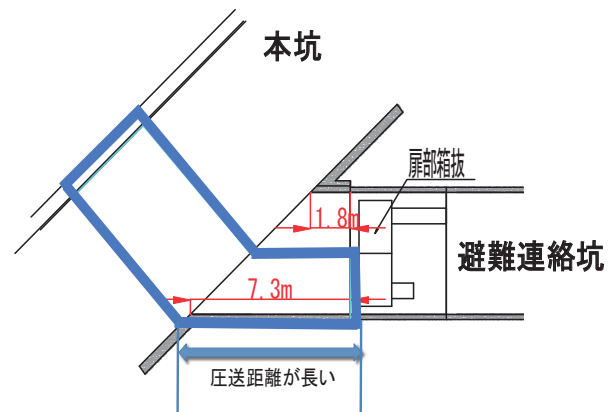
また、①番目と②番目の2回（図一5）に分割する場合、1回目の打設でわずかでも変位が生じると、2回目の型枠の取り合わせが困難となるため、変位を抑制する必要がある。

さらに、⑦番目および⑫番目に打設する避難連絡坑では、図一6のように左右差（長辺と短辺の差）が5.5mあり、バラセトルが偏圧により短辺方向に変位することが懸念された。

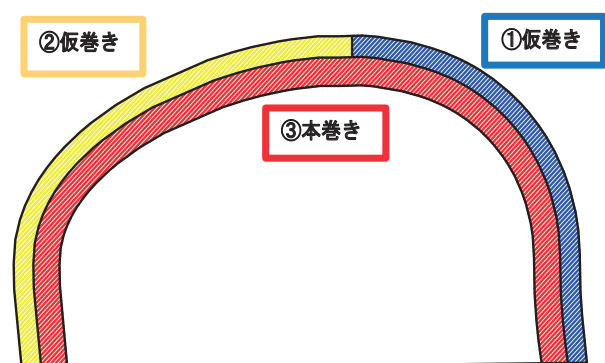
3-3 本坑覆工との一体化打設時の避難連絡坑覆工のコンクリート充填不足、材料分離の懸念（課題③）

通常、本坑非常駐車帯と避難連絡坑の取合部は、非常駐車帯セトルと避難連絡坑用バラセトル（ $L=1.5$ m程度）を使用して非常駐車帯と一体構造となるように打設を行う。この時、避難連絡坑の取り合い部は比較的距離が短いため、非常駐車帯セトルの打設口を使って打設する。

今回の施工では、避難連絡坑側の取り合い部が斜角（41°）で特殊であったため、長辺方向ではバラセトルに木製型枠を継ぎ足し、7.3m（図一7）となる。しかし、当初は、避難連絡坑側には打設口も検査窓も設置する計画になっておらず、非常駐車帯セトル側から、避難連絡坑妻部までコンクリートを打設する計画となっていた。このため、コンクリートの圧送距離が長いことによる材料分離、締固め不良による充填不足が懸念された。



図一7 避難連絡坑と本坑非常駐車帯の交差部 平面



図一8 避難連絡坑2重巻き構造

§ 4. 対策・工夫

避難連絡坑の覆工コンクリートに関する上記課題に対して検討¹⁾を重ね、綿密な計画のもと、以下の施策を講じた。

4-1 覆工コンクリート2重巻き打設を実施（対策①）

本坑と避難連絡坑の取合部は掘削断面を20cm大きくし、仮巻き（ $t=20$ cm）+本巻き（ $t=20$ cm）の2重巻き構造とした（写真一1）。まず1層目（①、②仮巻き）を非常駐車帯と一緒に通常の避難連絡坑断面より20cm

大きく打設する。2層目（③本巻き）は避難連絡坑単体を一体化構造とすることで、1層目で発生した打継目地による脆弱箇所を補強した（図-8）。

また、コンクリート強度について、繊維補強コンクリート（30-15-25N）を採用し強度、靱性、耐久性の向上を図った。

4-2 コンクリート偏圧に対する対策（対策②）

まず、非常駐車帯①と②打設時のセントルの変形・移動を防止するため、コンクリートの打ち上がり高さが左右均等になる様に、防水シートに打設ピッチをマーキングし打設管理を行った（写真-2）。

また、非常駐車帯セントル天端、両肩、両側壁の計5箇所プリズムを設置し、光波測距儀により1層ごとに計測し、疑似3次元的にセントルの変位を管理することで、変位・移動量を5mm以内に抑えることができた（図-9）。

次に、左右でセントル長が異なる避難連絡坑⑦と⑫（図-5）は、打設中、偏圧によりセントル脚部が動かないよう、底盤は基礎コンクリート（ $t=100\text{mm}$ ）を打設し、更にアンカー（4分）と、繋ぎ材（ $L-50\times50\times5$ ）でバラセントル脚部を固定することで、セントルの短辺方向への変位を抑制した（写真-3、図-10）。



写真-2 防水シートマーキング状況

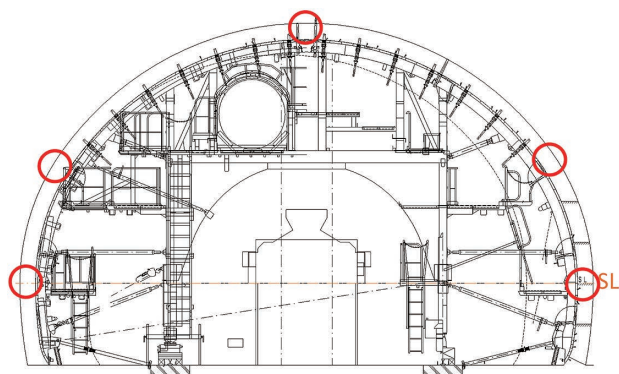


図-9 プリズムの設置位置

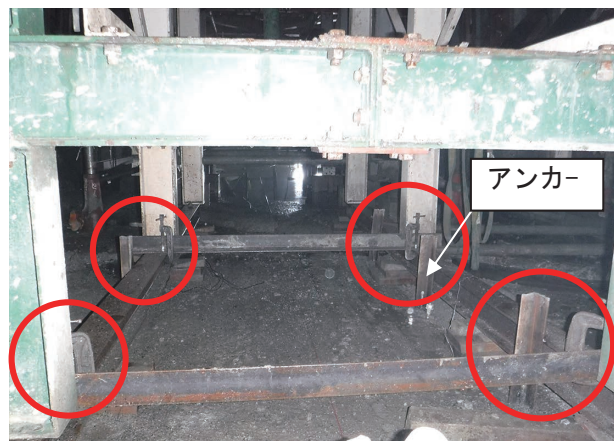


写真-3 セントル脚部溶接固定状況

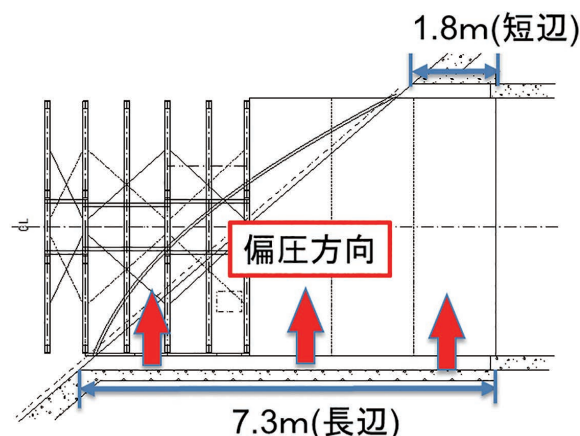


図-10 避難連絡坑の取合部 平面図

また、⑧から⑪までは既存バラセントルの長さは $L=4.5\text{m}$ であったが、⑦と⑫は長辺で $L=7.3\text{m}$ と長いため、追加でセントル（ $L=3.0\text{m}$ ）を連結させた。打設時に接続部から折れ曲がり、バラセントルが変位する恐れがあったため、長辺方向側壁部を3箇所の通し材（H-200）により2つのバラセントルを連結し、打設中にセントル接続部が折れないよう補強した（図-11、図-12）。

さらに、バラセントルに継ぎ足した木製型枠内にセパレータ（3分）を設置した。セパレータの設置間隔は構造計算上@600～@750であったが@250～@500に変更

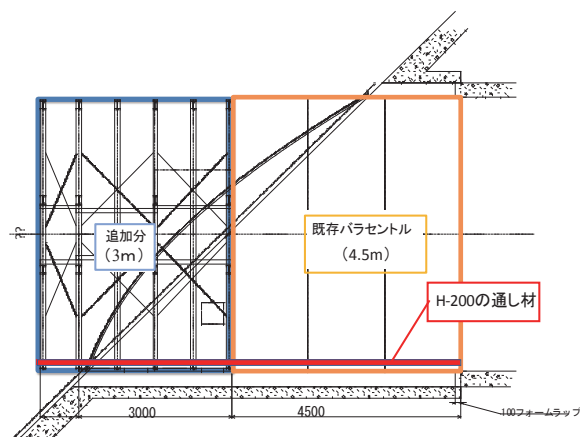


図-11 本巻き時の H-200 通し材 平面図

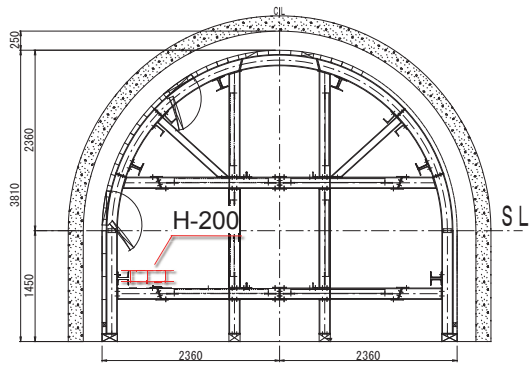


図-12 本巻き時の H-200 通し材断面図

し、セパレータの本数を増やすことで型枠の固定を強化した（写真-4、写真-5、図-13）。

4-3 打設口・検査窓の設置（対策③）

避難連絡坑取合部の打設は、コンクリートの圧送距離が長くパイプレーターによる締固めが困難であったため、避難連絡坑バラセントルを改良し、天端部には打設口を各1カ所ずつ、SL部には検査窓6カ所を増設した（写真-6、写真-7）。増設位置の詳細は図-14に示す通りである。

結果として、打設口と検査窓を増設したことで、圧送

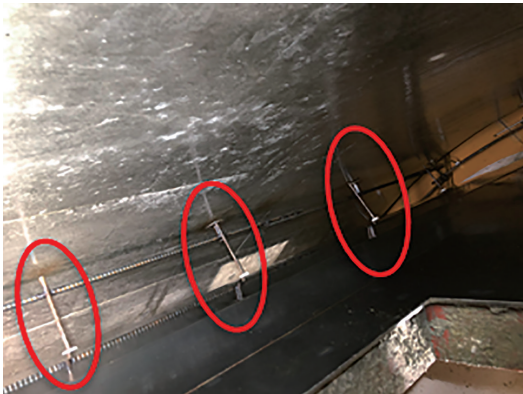


写真-4 セパレータ設置状況（セントル内面）

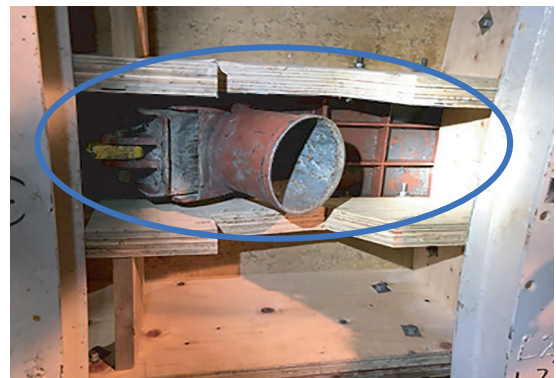


写真-6 天端打設口



写真-5 セパレータ設置状況（セントル外面）



写真-7 側壁部 検査窓

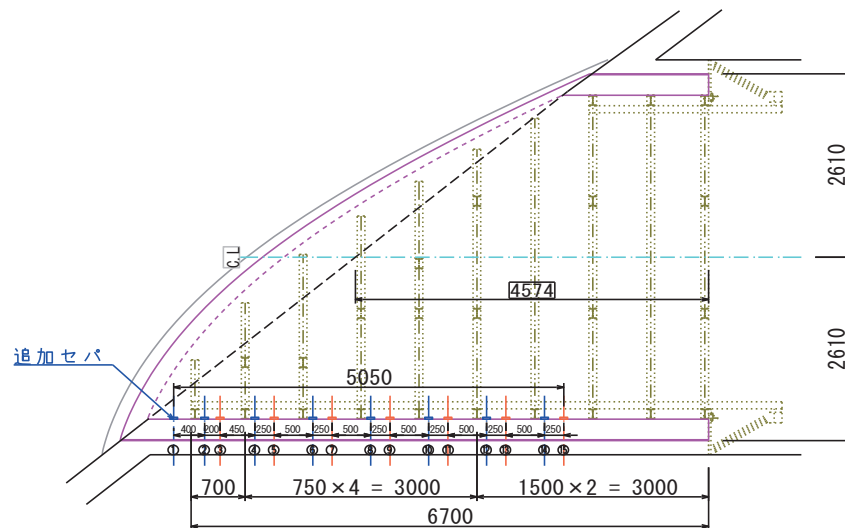


図-13 セパレータ配置位置 平面図

距離を 7.3 m から半分の 3.5 m に短縮することができ、材料分離を防止し、バイブレーターによる締固めを確実にすることができた。打設完了の状況を写真一8 に示す。

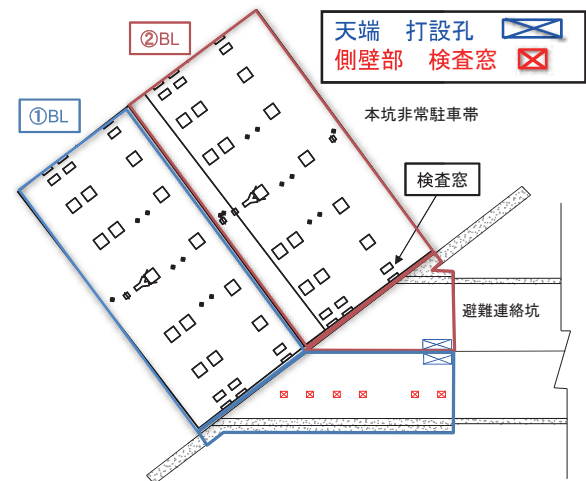
§5. まとめ

以下にまとめを示す。

- ① 2 回打設となった非常駐車帯と避難連絡坑交差部を 2 重巻きにしたことで、構造上の弱点となる天端中央の施工目地を補強し避難連絡坑を一体化構造とすることができた。
さらに、繊維補強コンクリートを採用したことで、強度、靱性、耐久性が向上すると共にひび割れの抑制に繋がった。
- ② 偏圧が非常に大きい斜めに交差する非常駐車帯と避難連絡坑の打設において、事前検討により、セントル補強と緻密な打設管理を行うことで、打設時のセントル変形・移動量を上下左右方向共に 5 mm 以内に抑制することができた。
- ③ 非常駐車帯と一体化打設する避難連絡坑側パラセントルに打設口と検査窓を増設したことで、コンクリートの圧送距離を短縮し、材料分離を抑制すると共に締固め不良による充填不足を防止することができた。

本施工は、本坑と避難連絡坑が交差角 41°で接続する非常に稀なケースではあるが、セントルメーカー、協力会社と密な打合せを実施し、品質を確保することができた。

今後施工される同様のトンネルの設計・施工を行う上での一助となれば幸いである。



図一14 打設口・検査窓増設箇所平面図



写真一8 打設完了状況

参考文献

- 1) トンネル工学委員会 技術小委員会 山岳トンネル補助工法改訂部会：トンネルライブラリー第 20 号 山岳トンネルの補助工法—2009 年版, pp. 320-321 2009. 9