

営業線との接続部の施工

－高速電気軌道第3・4号線車両回送用連絡線設置工事－

Construction of railway proximity

中川達也*1

概 要

本工事は、大阪市交通局の「地下鉄車両工場機能の一元化計画」の一環として、本町駅付近において、第3号線（四ツ橋線）と第4号線（中央線）とを接続する単線函型トンネル（約491m）を開削工法により築造する工事である。

本報は、営業線との接続部において既設建造物の安全性を確保しながら施工を行う中で、既設鉄筋切り出しに、振動、マイクロクラック、鉄筋損傷等の悪影響を与えないウォータージェット工法（以下、WJ工法）を、また、既設側壁撤去には静的解体工法としてワイヤーソー等による切断工法（以下、CUT工法）を採用、その施工について報告するものである。

key words : 営業線近接工事、WJ工法、鉄筋切り出し、スライドダウン

1. はじめに

地下鉄車両の法定全般検査と重要部検査を行う森之宮車両工場が建屋の老朽化（昭和44年建設）により建替え時期が迫っていること、また平成11年の鉄道事業法改正で車両の検査周期が伸び、緑木工場の機能に余力が生じている状況であるため、「地下鉄車両工場機能の一元化計画」の一環として、森之宮工場で検査を行っている第2、4、5号線の車両を緑木工場へ回送することが計画された。既設の連絡線等により、第1号線と第3号線（緑木グループ）、第2号線と第4号線と第5号線（森之宮グループ）

（図－1）は各々グループ内では車両回送できるが、緑木と森之宮のグループ間は車両回送することが出来ない現状である。緑木グループと森之宮グループのグループ間を連絡するため、民地建物および既設インフラの物理的な制約条件、建物投資額などを総合的に勘案し、阿波座～本町間において第3号線と第4号線とを接続することになった。本工事は第3・4号線車両回送用連絡線として、延長約491mの単線トンネルを開削工法にて築造するものである。



図－1 地下鉄車両工場機能一元化計画概要図

*1 Tatsuya NAKAGAWA

大阪支社土木統轄部

2. 工事概要

工 事 名：高速電気軌道第3・4号線
 車両回送用連絡線設置工事
 工事場所：大阪市西区西本町二丁目地先
 ～大阪市西区阿波座一丁目地先
 発 注 者：大阪市交通局
 工 期：2010年3月17日～2015年3月31日
 (72箇月)

主要工事数量

鋼矢板土留壁工：1,865t
 土留板工・特殊土留工：2,796t
 土留支保工：838t

鋼杭鋼支柱工：475t
 ソイルセメント壁工：295m²
 路面覆工：4,845m²
 埋設物防護工：1式
 地盤改良工(高圧噴射工法)：1,034m
 地盤改良工(薬液注入工)：807m³
 掘削工：35,493m³
 鉄筋工：1,160t
 躯体コンクリート：7,102m²
 防水工：1式
 既設埋設物撤去工：872m³
 埋戻し工：3,480m³
 道路仮復旧工・本復旧工：1式

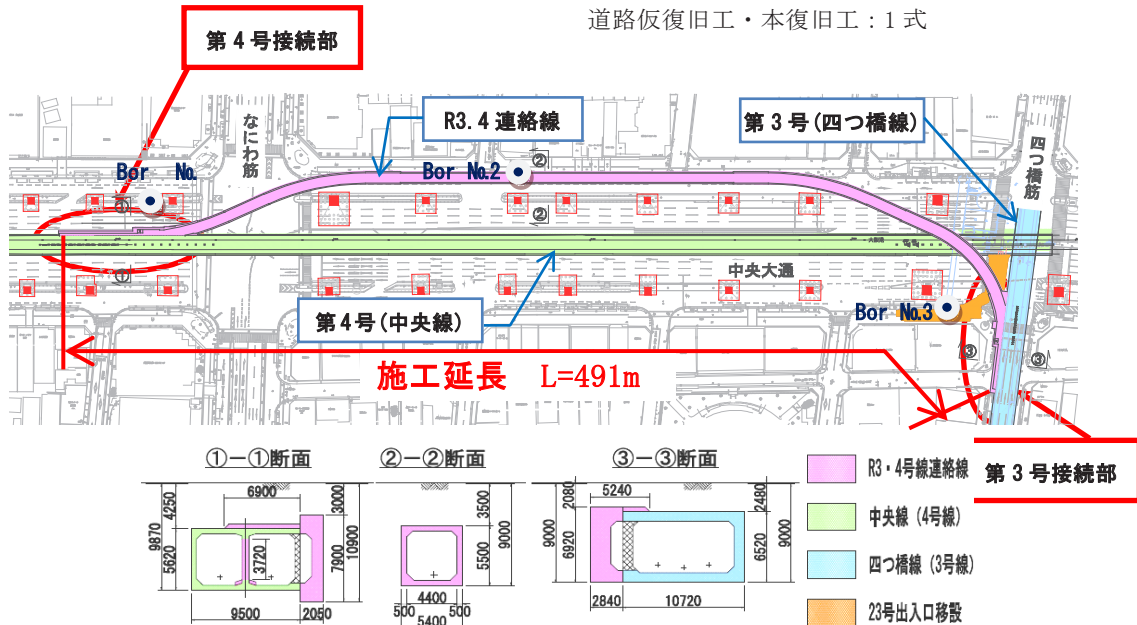


図-2 概要平面・断面図

3. 既設鉄筋研り出しの技術的課題

3.1 WJによる大断面鉄筋研り出し

WJ研りの代表断面を図-3に示す。既設鉄筋を大きく曲げ戻して新設鉄筋と接続する点、スラブ内の水平鉄筋を150mm研り出して新設鉄筋と接続する点を特徴とする。また右下図(第3号接続部下床)に示すように、新設鉄筋を既設躯体内深くに埋め込む箇所もある。

研りの各寸法は既設鉄筋位置を基準とし、鉄筋曲げ戻しや溶接接合に必要な施工スペースの確保を目的に決められた。結果的に研り断面は深く大きなものとなった。WJは深くなるに従い研り能力が低下し、その有効距離には限界がある。WJ研りを効率化し、工期短縮を図ることが課題であった。

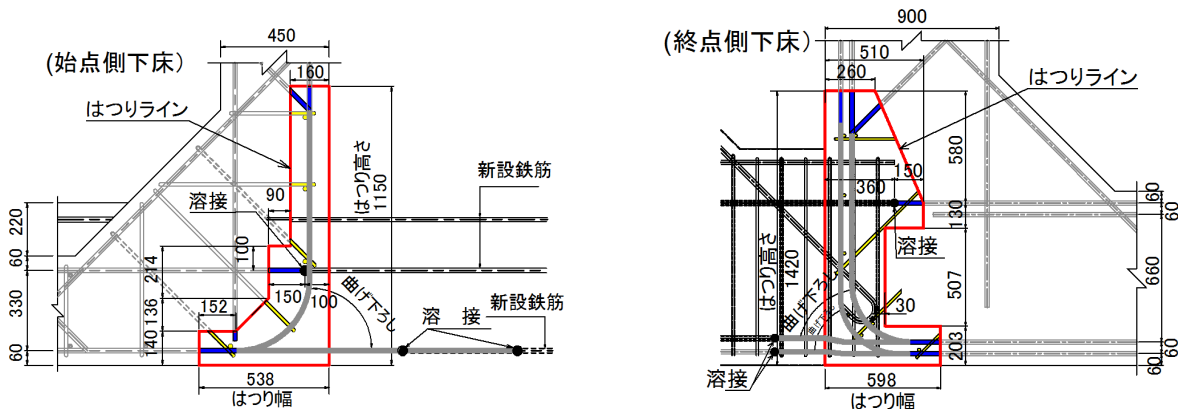


図-3 WJ研り代表断面

3.2 制約の多い軌道内でのWJ施工

図-4に軌道内のWJ施工位置を示す。第4号線側のWJ最終工程は軌道内の導床コンクリート鉄筋研り出しであった。地下鉄軌道内でのWJ施工例は確認されておらず、初の試みであったと思われる。

軌道内での作業は夜間線路閉鎖時間内に行われる。限られた短い時間の中で機械の持ち込み→準備→本施工→撤収→片付け→点検を迅速且つ完璧に行わなければならない。軌道レールに対して研りガラが当たらないよう防護・養生しなくてはならないのは勿論のこと、ボルト1本の置き忘れや当夜作業終了遅延が昼間の列車運行に重大な支障を及ぼすことを十分認識して、対策を立てて施工しなくてはならない。事前の十分な現地調査、施工方法の検討、細心の注意を払った施工が必要であった。

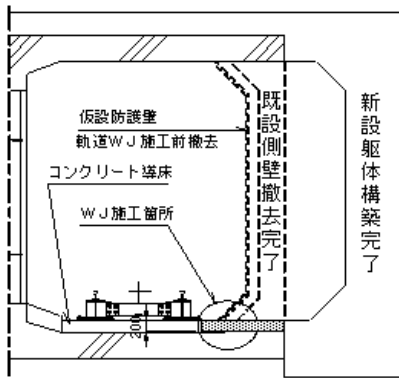


図-4 軌道内WJ施工位置

3.3 狭隘区間の切断ブロック撤出

接続部の延長は始点側で58m、終点側で40mの計98mである。その内、既設側壁と新設側壁の離隔が1m程度しかない狭隘区間が始点側で36m、終点側で20mの計56mと全体施工延長の約6割を占めていた。狭隘区間では作業スペースが制約され一般的な方法では施工できない。WJ工法及びCUT工法とも特別な配慮をした施工が必要であった。特にCUT工法における切断ブロック撤去作業が問題であった。営業中の地下鉄躯体側壁を撤去する場合、過去の施工事例でも切断ブロックは必ず一旦新設躯体側に引き込み、そこからホイスト等で施工開口位置まで横引き移動、場外搬出するという流れで行われている。切断ブロックが軌道側へ転倒する危険性を完全に排除する

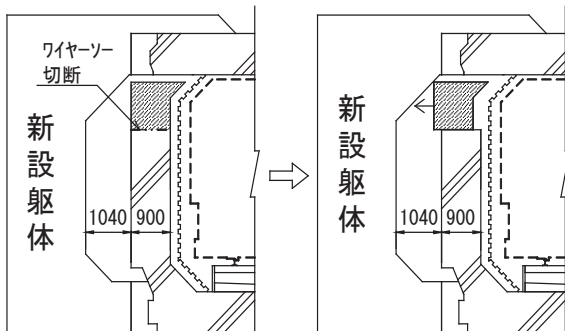


図-5 狭隘区間において最上段の切断ブロックが引き出せない状況図

ためである。今回工事においてはその大前提が狭隘区間において適用困難であった。図-5に示す通り、新設ハンチが近過ぎて最上段ブロックを引き出すスペースがないからである。

4. 前記技術的課題に対する対策・施工

4.1 大断面WJの施工

効率化をメインに捕らえ機械施工で施工を行った。機械施工はセット時間がかかるが、大きな噴射反力を受け止める強度があり噴射エネルギーを大きくすることで研り速度を上げられる、ハンドガンのような誤射事故の危険性少なく安全性に優れる、ハンドガンで届かない箇所も工夫次第で施工が可能、作業員の肉体的負担が少ない、ハンドガン熟練工を集めるのに比べ機械台数を増やす方が容易であり施工班数増で工期短縮を図れる、と言う利点がある。

研り機械はXY移動研り装置及びXYZ移動研り装置を使用した。XYZ移動研り装置は350mm以上の深研りに使用する計画で準備した。240Mpa46L/min仕様の超高压発生装置2台を合流して噴射した。230Mpa75~80L/minのWJ噴流を形成し、研り速度及び深研り性能を向上させるためである。

噴射ノズルは研り深さに合わせ2穴衝突噴射ノズル(コリジョンノズル)、2穴非衝突噴射ノズル(π型ノズル)、1穴噴射ノズルを使い分けた。2穴衝突噴射のコリジョンノズルは研り深さ管理、鉄筋背面除去、平坦性確保に優れたノズルである。コリジョンノズルであれば機械施工のみで研り作業が完結する。研り深さ160mmまでに使用した。

1穴噴射ノズルは深い研りを行うには優れるが鉄筋背面除去率が低く平坦性確保も困難であり、最終仕上げにはハンドガン研りが必要となる。深さ管理は噴射時間と目視・実測確認で行うことになり手間と熟練を要する。研り深さ350mm程度までに使用した。

2穴非衝突噴射のπ型ノズルは、コリジョンノズルと1穴噴射ノズルの中間的な性能を持つ。コリジョンノズル程ではないが一定の鉄筋背面除去能力、平坦性確保性能を持つと評価できる。研り深さは時間管理と目視・実測確認で行うが、1穴噴射ノズルより出来形が安定している。今回工事では深さh=150~200mmまでの研りに使用した。

350mm以上の研りはXYZ移動はつり装置をベースに当初は3穴噴射式削孔ノズルを使用した。施工途中段階からは更なる効率化のため、2穴噴射式の改造ノズルを新たに開発製作して施工した。既設鉄筋間を通る大きさで、π型ノズルと同じ噴射エネルギーを発揮出来るものであり、ロッドを継ぎ足しXY移動研り装置に取り付けて施工した。

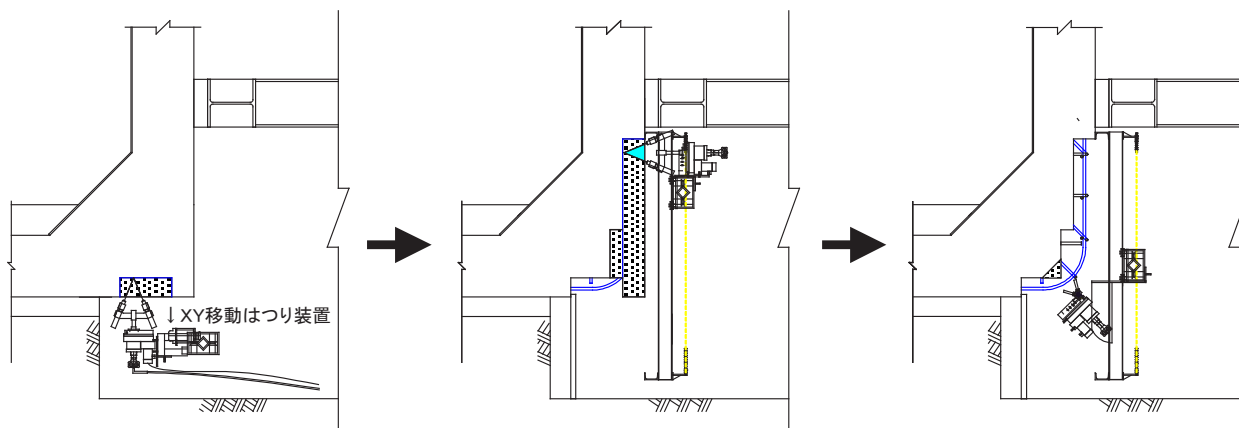


図-6 機械施工によるWJ 研り順序



写真-1 下床上向きWJ



写真-2 WJ 研り状況



写真-3 WJ 研り完了

4.2 軌道内でのWJの施工

軌道内での作業は0時50分進入、3時15分完全退去である。その上、片付け開始は2時40分となったため、実質的な作業時間は110分しかなかった。この時間内で資機材搬入・設置等の準備作業とWJ研り本作業を無理・無駄なく行わなければならない。WJ噴射時間を確保するためには準備時間を縮める必要があった。WJ機械は養生が容易で段取りの速い自走式WJマシンを選定した。自走式WJマシンを軌道内作業に適合させるためには改造が必要であった。狭い軌道内に収まり、セット時間を短縮し、人力で持ち運び出来るように小型軽量化した。改造は自社工場で見場の情報を一つ一つ取り込みながら行った。軽量化と共に研り幅の機械的デッドスペースを減ずる工夫も施した。

レール桁を受けている台座（鋼製）が支障となった。台座はWJ研りラインの内側にあり、ボルトも上方に突出しているので自走式WJマシンの走行を阻害するのである。対策として枕木を嵩上げ材として敷き、その上に溝形鋼の走行レールを置き、自走式WJマシンを載せて施工することにした。この一連の作業を短時間でを行うためにも、自走式WJマシンの小型軽量化改造が必要であった。

台座を防護するためのプロテクターの製作も必要であった。台座にWJや研りガラが直接衝突するのを防ぐためである。台座寸法を測量した上で個々にマッチングしたプロテクターを製作した。短い作業時間でスムーズに設置するためである。

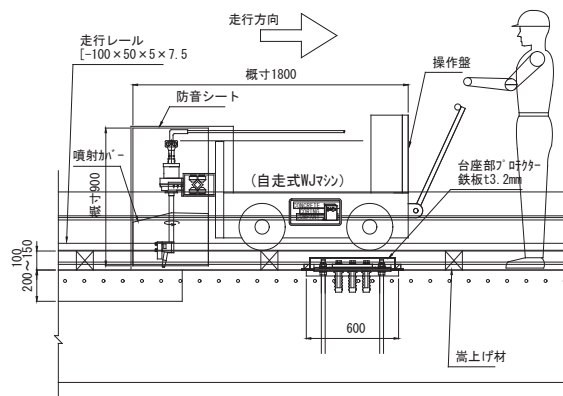


図-7 軌道内WJ作業計画図



写真-4 WJマシン人力運搬状況



写真-5 軌道内 WJ 施工状況



写真-7 切断ブロック取込み完了



写真-6 台座部プロテクター設

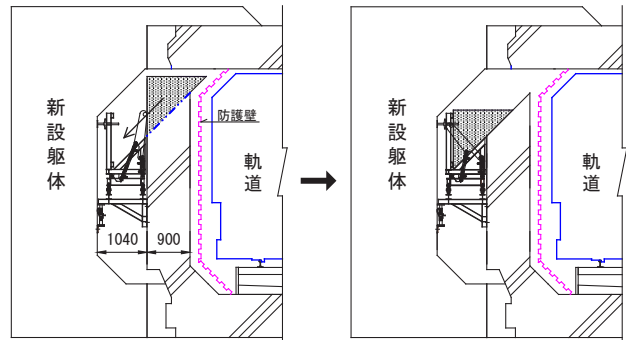


図-8 切断ブロックスライドダウン

4.3 狭隘部の最上段切断ブロック搬出

図-5 で示した通り、ワイヤーソーで水平切断したブロックを水平に引き出すことは不可能である。新設躯体のハンチが支障となるためである。検討の結果、最上段ブロックを引き出せる方法は、新設躯体ハンチと同じ角度で斜めに切断して、ブロックをスライドダウンすることであると結論に至った。この方法であれば、施工に必要な最小限のクリアランスを保って、ブロックを新設躯体側に引き込むことが可能である。切断ブロックを軌道側へ転落させる危険性も全くない。残された課題は、数トンにも及ぶ大重量の切断ブロックを安全にコントロールしながらスライドダウンする設備をどうするかに絞られた。

スライドダウンの一番のクリアポイントは、斜めに降りてくる大重量ブロックの降下装置であった。一般的な

油圧ジャッキでは動きが直線的で斜めに降りてくるブロックのコントロールが難しく、安全上問題がある。施工スペースを考えると現場に都合の良いジャッキも現実的でない。そこで図-9 に示すスライドダウン装置を開発・製作した。ポイントはブロック重量を回転する支持具で受けるところである。支持具が回転することでブロックのスライドダウンを容易に制御しながら誘導できた。またブロックと接触する部分をφ80丸鋼とし、スライドダウンに伴い接触部が自然に適切な位置にずれる構造とした。これらの工夫によりブロック重量を常に支持し、安全にコントロールしながらスライドダウンすることを実現した。また本装置は横引き機能も具備しており、所定位置までブロックを円滑に移動させることが可能で、撤去作業トータルの効率化に貢献した。

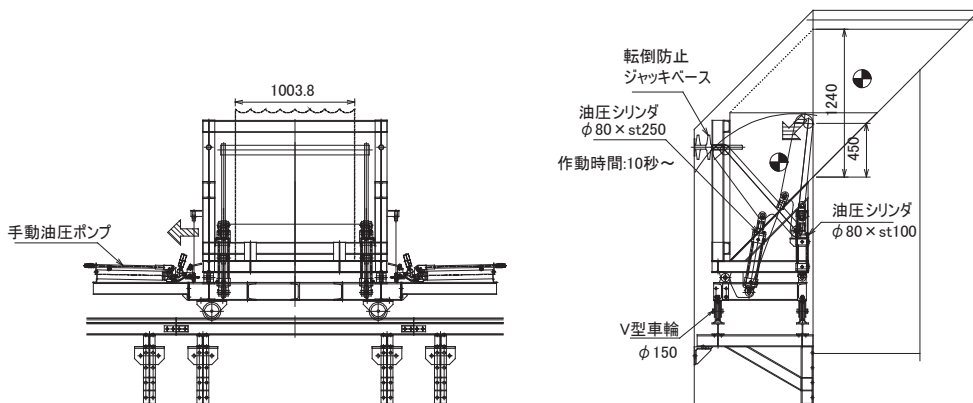


図-9 スライドダウン・横引き装置

5. おわりに

既設構造物撤去は他工事との進捗・調整、狭いヤード、限られた時間での施工と問題点は多かったが、2014年9月から2015年2月の6ヶ月間で行い、軌道工事へと引継を行った。

施工にいたるまでには、工法を選定し、施工方法・時

間、設備の検討を十分に行ったうえで、計画の妥当性の検証を行うために試験施工を行った。その結果を踏まえ修正・改良を行い実施工へと進めていった結果、無事故・無災害で工事を終えることが出来ました。

本工事施工にあたりご指導・ご協力を頂いた大阪市交通局をはじめ、関係各位に感謝の意を表します。



写真-8 第3号線接続部



写真-9 第4号線接続部



写真-10 第3号接続部（軌道工事完了）



写真-11 第4号接続部（軌道工事完了）