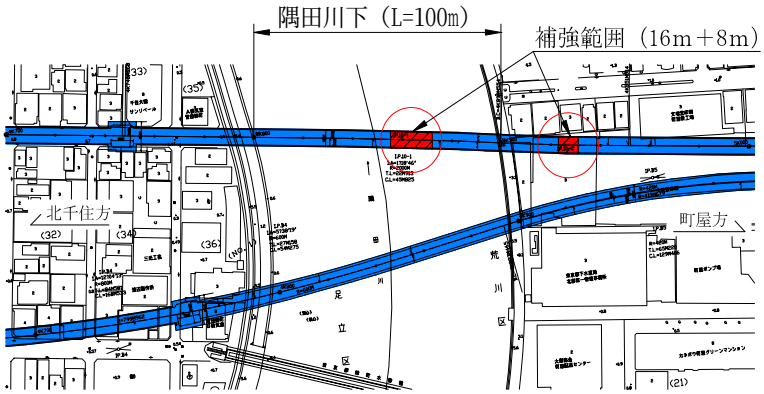
千代田線隅田川シールドトンネル二次巻き工事の施工

東京地下鉄株式会社　正会員　○大塚　努
堀　健三
山中耕太郎

１．はじめに

隅田川単線シールドトンネル（φ6750）は昭和 40 年代前半に建設され、東京地下鉄千代田線北千住駅と町屋駅を結んでいる。当該トンネルは、感潮河川である隅田川の下を横断しており（図－１）、漏水に含まれる塩化物イオンに起因すると考えられるセグメント等の劣化が認められたため、トンネル二次巻き工事を実施することとした（劣化状況調査結果およびトンネル二次巻き工事の計画については、第 60 回年次講演会VI-178 を参照）。

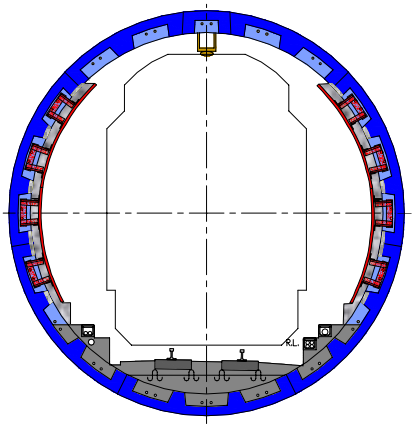


図－１　平面図

本稿は、昨年 11 月に施工を完了した二次巻き工事のうち、①セグメント締結ボルト交換、②セグメント表面部コンクリート除去、③埋設型枠を使用した二次巻きについての施工状況を報告する。

２．セグメント締結ボルト交換

二次巻き工事の目的は、建設時のセグメント組立過程で発生したと推察される断面変形に対する補強と塩化物イオンに起因する劣化進行抑止であり、図－２に示すようにトンネル両側部に厚さ 200mm の二次覆工コンクリートを構築するものである。


図－２　施工標準図

二次覆工コンクリートの打設に先立ち、劣化したセグメント締結ボルトを交換した。二次覆工範囲は、コンクリートに埋まってしまうため全ての箇所を交換した。既設ボルトは、ウィットホース規格（英国）のφ32mm であるが、現在はこの規格が無いためボルト孔径を考慮して M33 を使用することにした。

既設ボルトの撤去は、ボルト切断機を使用してボルト頭部を切り落とすことで計画していたが、切断機とボルト頭部をかみ合わせるのに手間がかかったため、ガス溶断する方法に変更した。実績として、１日あたり 10～15 本程度交換を行った。

また、撤去したボルト（写真－１）の露出部分は著しく発錆しているものの、軸部には殆ど発錆が見られず、ほぼ健全な状態であった。

写真－１　撤去ボルト

３．セグメント表面部コンクリート除去

塩化物イオンの浸透は、トンネルの側部から下部においてセグメント表面より 30mm 程度に及んでいる（0～30mm：2.5kg/m^3、30mm～50mm：0.1kg/m^3）ことが判明したことから、二次巻き範囲のセグメント表面部コンクリート(厚 30mm)をウォータージェットにより除去することにした。

キーワード：シールド、塩害、二次巻き
連絡先：〒110-8614　東京都台東区東上野 3-19-6　東京地下鉄株式会社工務部　TEL　03-3837-8086

除去機械は、平台車に超高圧洗浄 WJ ポンプ、水槽、除去ガラ集積用バキューム等を装備し、綾瀬車両基地（当工事用の作業基地有）より毎晩作業現場へモーターカーで牽引した（写真－２）。

施工は、除去面が円弧面であること、中子内はセグメント締結ボルトの締結力に影響を及ぼすことから目荒らし（1mm 程度）としたことを考慮し、ハンドガン方式（人力）とした。噴射圧力は、高強度のセグメントコンクリートを対象とすること、人力施工であることを考慮し、上限値として 200Mpa に設定した。

写真－２　除去機械

手順は、左右の二次巻き範囲を更に上下に分割（４ブロック）し、１ブロックずつ（約 50m^2/ブロック）施工することとした。

日当たり施工量は約４m^2 と考えていたが、１ブロック目の施工で３m^2 弱程度しかできなかった。これは、セグメントコンクリートの実強度が想定よりも高かったことが原因と推定した。また、除去後に露出したセグメント主鉄筋は健全な状態（写真－３）であり、別途行った分極抵抗法を用いた鉄筋腐食速度測定（約 250 箇所）において、ほとんどの箇所で極めて腐食速度が遅い（2.3μm 未満/年）という結果を得たことから、残りの３ブロックについては、全て目荒らしで施工することに変更した。

写真－３　露出した主鉄筋

４．埋設型枠を使用した二次巻き

二次巻きは、厚さ 200mm の二次覆工コンクリートを構築するもので、補強とともに鉄筋腐食の原因となる水や酸素を遮断する目的を有するため、遮蔽効果の高い二次製品の埋設型枠（写真－４、40kgf/枚、H632×W800×T30）を設置し、適切な型枠目地処理を行った後、セグメントと埋設型枠の間を無収縮モルタルで充填するものである。既設側道コンクリートとの取り合い部は、調整コンクリートで高さ調整を行うこととした。

写真－４　埋設型枠

施工は、セグメント表面部コンクリート除去（途中から目荒らしに変更）後に行うため、同様に４ブロック分割とした。

埋設型枠設置に先立ち、現場で測量を行い、円形トンネル断面の中心を求め、この中心点を基準に所定の二次覆工厚さが確保できるよう、セグメント締結ボルトを利用して埋設型枠取付用金物を設置した。埋設型枠の設置は、二次巻き施工延長が約 24mと短いことから、人力で行うこととした。

写真－５　施工後状況

無収縮モルタルは、作業時間の制約から打設時間が実質 60 分程度しか確保できないため、プレミックスタイプを使用し、現場到着後に混練して、平台車に装備したモルタルポンプを用いて打設した（約１m^3/日）。また、１回の打設高さが 40～50cm となるように、埋設型枠とセグメントの間に一時的に仕切り板を設置して随時打設を進めた。

５．おわりに

本工事は、終列車後から始発列車前までの制約された作業時間という中で、適切な工事管理の下、順調に工事を進捗し竣工した（写真－５）。本事例が、同様の工事の参考になれば幸いである。