

狭小巻厚の鋼製セグメントの二次覆工の施工事例

大成建設 札幌支店 正会員 ○外山 雅昭 河村 成範 生形 剛
大成建設 技術センター 社会基盤技術研究部 正会員 臼井 達哉 松元 淳一

1. はじめに

札幌市は昭和 40 年代以降急激に都市化が進んだことにより河川へ雨水の流出が増加し、市街地東部(豊平区、白石区)を流れる望月寒川流域においても洪水被害が発生している。市街地での対策として考えられる河道拡幅による河川改修は制約上困難であったことから放水路トンネルの構築により望月寒川上流の流水を豊平川へ放流することで浸水被害を軽減させる工事が行われた。本稿では、放水路トンネルの一次覆工を構築後、曲線部で使用した鋼製セグメント箇所における狭小巻厚の二次覆工について報告する。

2. 工事概要とする二次覆工における検討事項

放水路トンネルは路線延長 1893m を泥土圧式シールド工法で掘削、RC セグメント、鋼製セグメントによる一次覆工構築する。その後、急曲線 7 カ所を含む鋼製セグメント使用区間(全延長 367m)については、RC セグメント部と表面を平滑に仕上がるため、内径 $\phi 4.8\text{m}$ とする二次覆工を構築するものである。図-1 に当初設計の



図-1 トンネル断面図

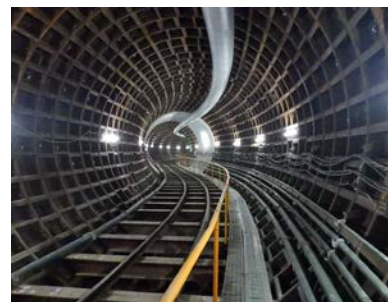


写真-1 鋼製セグメントの外観

トンネル断面図、写真-1 に鋼製セグメントの外観を示す。当初設計の二次覆工の構造は、型枠となるスチールフォームと鋼製セグメントの間の巻厚 50mm の間に D10 の異形鉄筋がひび割れ制御鉄筋としてメッシュ状に 250mm ピッチで配置される構造であった。加えてセグメント真円度偏差やスチールフォームの曲線施工偏差(曲線部の弧と弦の偏差)、一次覆工の施工誤差を考慮すると実際の最小巻厚は 30mm となる箇所が発生することが明らかになった。その結果、コンクリートの充填不良、かぶり不足によるコンクリートのひび割れ、剥離、剥落の発生が懸念された。以上の施工条件を考慮し、確実に二次覆工を構築するために、2.1 ひび割れ制御鉄筋、2.2 二次覆工に用いる充てん材、2.3 スチールフォームの曲線施工偏差の最小化について検討した。

2. 1 ひび割れ制御鉄筋の置換

鋼製セグメントの内側にひび割れ制御鉄筋が最小巻厚 30mm の箇所に配置されることにより、鉄筋の最小かぶりは、10mm となることが想定される。鉄筋のかぶりが 10mm では、コンクリートとの付着が確保できないだけでなく、ひび割れの発生を助長し、コンクリートの剥離剥落に繋がる可能性がある。そのため、この鉄筋は、構造鉄筋ではないことを考慮しひび割れ制御鉄筋を配置せず、ひび割れによる剥落防止・ひび割れ抑制効果を有する繊維長 12mm のポリプロピレン短繊維 0.05vol%を二次覆工に用いる充填材に添加することで対応した。さらに、結合材に膨張材を使用することで収縮ひび割れの発生を抑制することとした。

2. 2 二次覆工に用いる充填材の検討

ひび割れ制御鉄筋をポリプロピレン短繊維に置き換えたが、それでも最小巻厚 30mm の箇所へ確実に充填することが必要となる。高流動コンクリートの指針¹⁾では、自己充填性ランク 1 の鋼材の最小あきは 35-60mm とされており、本工事での最小あき 30mm は充填性ランク 1 よりも厳しい施工条件となっている。加えて、レディーミクストコンクリート工場のサイロの制約により、 $G_{\max}$ が 20mm の粗骨材しか使用できなかった。そのため、粗骨材量を充填性ランク 1 の標準範囲よりも少ない $G_{\text{Vol}}:0.20(\text{m}^3/\text{m}^3)$ とした高流動コンクリート、粗骨材を使用しない高流動モルタルの 2 配合を選定し、実施工前に実物大模擬試験により充填性を確認した。高流動コンクリート、モルタルに使用する結合材は、普通ポルトランドセメントにフライアッシュ

キーワード 放水路トンネル、鋼製セグメント、二次覆工、狭小巻厚、高流動モルタル、PP 短繊維、長距離圧送
連絡先 〒060-0061 札幌市中央区南 1 条西 1 丁目 4 大成建設株式会社 札幌支店 TEL 011-241-1209

表-1 高流動コンクリートと高流動モルタルの配合

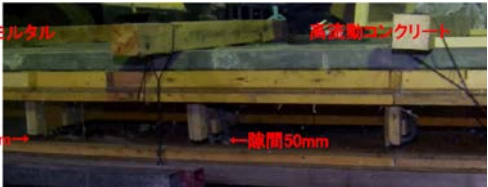
配合	f'ck (N/mm ²)	SF (cm)	W/B (%)	G _{vol} (m ³ /m ³)	単位量 (kg/m ³)							
					W	C	FA	Ex	S	G	SP	PP短繊維
高流動コンクリート	36	70	31.8	0.20	175	371	159	20	1028	540	B×1.23%	0.05 vol%
高流動モルタル	24	75	32.4	—	243	517	212	20	1193	—	B×0.80%	0.05 vol%

SF：スランブフロー 結合材：B=C+FA+Ex

を 30%置換し、収縮ひび割れの発生を抑制するため膨張材を用いた。選定した配合を表-1 に示す。模擬試験用型枠を写真-2 に、模擬試験の試験体の



写真-2 模擬試験に用いた型枠



外観と充填状況を写真-3 に示す。模擬部材の左半分は、間隙が 30mm、右半分は 50mm となっており、はじめに右側の投入口から高流動コンクリートの打込みを行った。その結果、高流動コンクリートは間隙が 50mm の箇所は充填することができたが、中間から左側の間隙 30mm の箇所では閉塞し充填することはできなかった。次に反対側の投入口から、高流動モルタルの打込みを行ったところ、間隙 30mm の箇所も閉塞することなく充填することができた。以上の結果から、充填材として高流動モルタルを用いることとした。この高流動モルタルは、当初設計で考慮されていたひび割れ抑制効果に加え、剥落防止効果を有しているものとなっている。

2. 3 スチールフォームの曲線施工偏差の最小化

二次覆工の構築するスチールフォームは、直線部 2.1m を 2 つ連結する構造となっている。そのため、最小曲率半径 R=40m の急曲線部での施工では、偏差を減少させるために 2.1m の連結部と後部にカーブライナーにセットする構造とした(図-2)。その結果、コンクリートの巻厚はスチールフォームの設置精度を考慮しても最小 30mm を確保できるようにした。

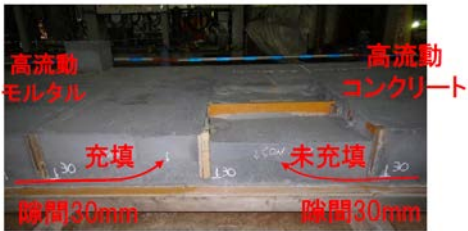


写真-3 模擬試験充填確認状況

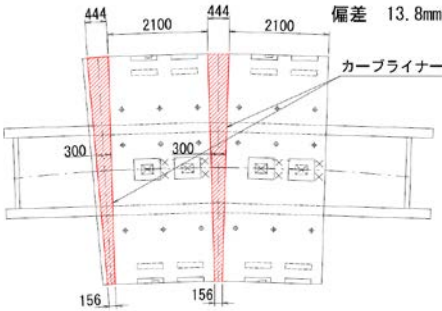


図-2 R=40m 時の偏差

3. 二次覆工の施工

高流動モルタルの充填性確保するために、上部のセグメント桁のリブ間に U 字型のエア抜きを設置するとともにエア抜き用の天ジャッキをリブで仕切られているリブ間すべてに設置した。高流動モルタルの打込み箇所への運搬は、ポンプによる圧送距離が短くなるように運搬用アジテータ車に高流動モルタルを積替え、運搬した後にポンプ圧送(水平換算距離約 100m)を行う方法またはシールドマシンの発進部、到達部から直接ポンプ圧送する方法で行った。直接ポンプで圧送を行う方法での最大の水平換算距離は約 440m であったが、圧送前後のフレッシュ性状の変化は小さく、ポンプ圧送性、圧送後の充填性は良好であり、トラブルなく高品質の二次覆工を構築することができた。



写真-4 エア抜きパイプ

4. おわりに

本工事では、最小巻厚 30mm の二次覆工に対し PP 短繊維混入高流動モルタルを用いることで当初設計にて考慮されていたひび割れ抑制効果に加え、剥落防止効果を有した二次覆工を一般的な二次覆工の施工方法と同じ方法で構築することができた。今後の同種の工事の一助となれば幸いである。最後に本工事にご尽力いただいた発注者、関係者の皆様に感謝いたします。

参考文献 1)土木学会コンクリートライブラリー136:高流動コンクリートの配合設計・施工指針[2012 年版]



写真-5 構築した二次覆工