

シールド二次覆工における モルタル湿式吹付け工法の採用

東京土木施工管理技士会
東洋建設株式会社
工事主任
坂田 哲 教

1. はじめに

工事概要

- (1) 工事名：新宿区河田町、市谷本村町付近再構築工事
- (2) 発注者：東京都下水道局
- (3) 工事場所：東京都新宿区河田町他
- (4) 工期：平成24年6月15日～平成29年3月24日

2. 現場における問題点

本工事は、泥土圧式シールド工法による一次覆工までの工程が支障物の発生や地山に木くずや鉄くずが含まれていたことにより遅延し、本年度中に工事が完了しないのではないかという問題が発生した。シールド一次覆工到達後の残工種は、各工種で3.5か月の工程の短縮を迫られた。

3. 工夫・改善点と適用結果

二次覆工については、当初計画では、設計通りのビーム式セントルを使用してのコンクリート打設を計画したが、工程短縮を目的として施工実績の少ないモルタル湿式吹付け工法・TDR ショットライニングシステム工法を提案した。

発注者と協議を続け、二次覆工の設計変更で認められるものとなった。

4. モルタル湿式吹付け工法

(TDR ショットライニングシステム)

4.1 工法について

モルタル湿式吹き付け工法は、TDR ショットライニングシステムという工法となる。一次覆工の鋼製セグメント区間を二次覆工として、充填モルタル、耐硫酸モルタルを吹き付けて、左官仕上げをしていく工法。図-1のAが充填モルタル、Bが耐硫酸モルタルである。

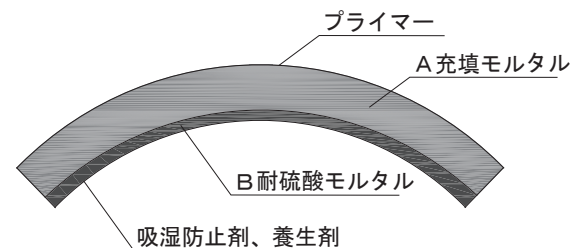


図-1 二次覆工断面図

4.2 工法の特徴

以下の6点が挙げられる。

- ① 充填が困難な鋼製セグメントのリップの内側も確認しながら施工できること。
- ② 急曲線部や特殊な断面形状にも対応できる。
- ③ 硬化促進剤の使用で上向きでも吹き付け可能。
- ④ 表面仕上げのモルタルは、仕様に応じた材料が選定できる。
- ⑤ 連続練りミキサーを使用し、大容量の吹付け施工が可能。

⑥表面はナイロン繊維を添加し、剥落抵抗性をUPしている。

4.3 施工計画段階でのメリット、デメリットの検証

本工法での施工は、当社では初めてとなることから施工計画の段階でメリット、デメリットを検証した。

メリット

- ①工程が短縮できること。
- ②覆工厚20mm で品質が確保されるので、セトルでは施工が困難な47mm 区間にも対応できること。

デメリット

- ①施工実績が少ないこと。
- ②工費が上がること。
- ③材料供給などモルタル25kg 入の袋を人力で多量に扱うので、労力が掛かる。

4.4 施工フロー

4.4.1 断面構成

スチールセグメント部に充填モルタルを吹き付け、仕上げの20mm は耐硫酸モルタルを吹きつける。

その他に、スチールセグメントとモルタルの間には、プライマー、充填モルタルと耐硫酸モルタルの間には吸湿防止剤、仕上がり面には表面養生剤を塗布する。

4.4.2 機械構成

特殊配合のプレミックスモルタルを専用のミキサーで混ぜて、モルタルポンプで圧送しコンプレッサーのエアで吹き付ける。充填モルタルは、硬化促進剤を添加し、吹き付ける。

4.4.2 施工フロー図

施工フローは図-2の通りとなる。

4.4.3 セグメントリブ内の充填について

本工法では、従来工法では施工がしにくかった、鋼製セグメントのリブ内への充填も目視で行えることが特徴である。材料の特殊性と専用のノズル

の向きを変えることで上向きでもモルタルが剥落することなく、施工が可能となる。(図-3、4)

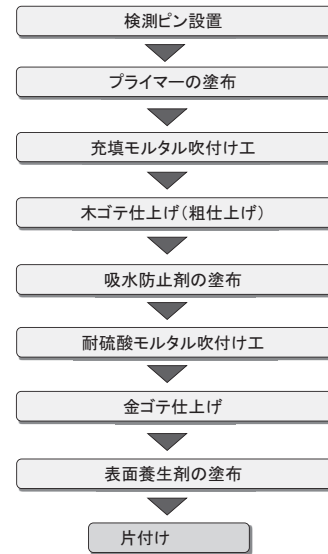


図-2 施工フロー

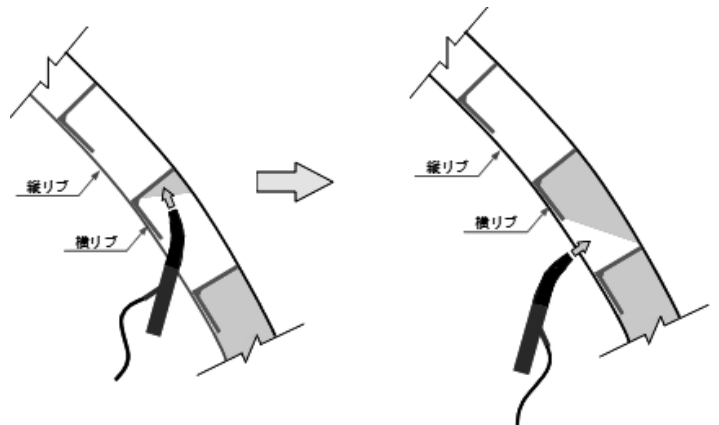


図-3 リブ内への充填方法

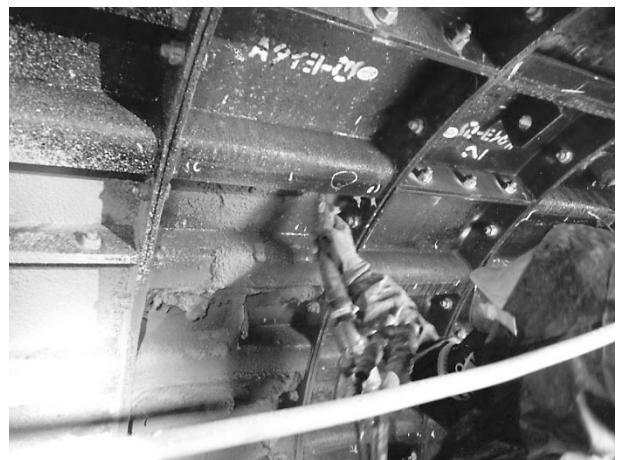


図-4 リブ内への充填状況

4.4.5 左官仕上げによるトンネルの施工

従来工法のように型枠は使用しないので、吹付けと同時に左官仕上げを続けて施工を行っていく。左官職人が検束ピンを目印に円を描いていく。



図-5 吹き付け完了

4.4.6 材料の供給方法

大量のプレミックスモルタルは、25kg入り袋での取扱とした。パレットで搬入したモルタルを、地上から立坑へ投入する。立坑下で専用のバッテリーカー（コンパクトシールド工法用のタイヤ式）に乗せて運搬し、最後は坑内で人力で降ろして、ローラーコンベアで押して練り混ぜ班に渡す。

4.5 実施工程

計画工程と実施工程を比較した結果、充填モルタルの施工日数については、約1.7倍の施工進捗が得られた。耐硫酸モルタルの施工については計画とほぼ同日数の施工進捗となった。工程短縮のためには、充填モルタルの施工期間で工程を縮めていかなければならない工法である。

充填モルタル： 積算 $3.0\text{m}^3/\text{日}$
実施 $5.3\text{m}^3/\text{日}$
耐硫酸モルタル：積算 $1.0\text{m}^3/\text{日}$
実施 $1.1\text{m}^3/\text{日}$

4.6 品質管理

4.6.1 ミニスランプ、温度管理

打設日毎の施工管理方法として、ミニスランプと練混ぜ温度の管理を実施した。平均値は基準値に近い値が得られた。施工管理面でも、プレミックスモルタルであることと、専用のミキサーを使用することで安定した材料の供給が可能であった。

4.7 出来形管理

4.7.1 覆工厚の確認方法

従来の型枠設置に代わり、施工段階毎に検束ピン（ステンレスピン）の長さを計り厚みを管理していく。

①全厚（充填モルタル+耐硫酸モルタル分）

吹付け施工前に所定の箇所での総厚み分の検束ピンをスタッド溶接にて設置する。

仕上がり面からピンが出ないように、2mm下がった長さとする。

②充填モルタル施工後

充填モルタル施工後に、耐硫酸モルタルの厚みがピンの残尺として残っているか確認する。本工事では、耐硫酸モルタルの厚みが20mm以上必要であったため、ピンの長さは残尺として18mm以上必要であった。

③内空を確認しながらの施工

吹付け作業を行いながら、左官仕上げの際に再度内空を確認、検束ピンが隠れているかの確認を行った。

④内空スタッフによる出来形確認

シールド二次覆工の出来形管理基準の $\pm 10\text{mm}$ 以内での施工が確認できた。

4.8 使用材料

①プライマー

セグメントとモルタルの接着用

②充填モルタル

二次覆工の充填材

③硬化促進剤

モルタルと混ぜて使用し、厚塗りを可能とする。

④吸湿防止剤

耐硫酸モルタル施工時の水分損失の防止

⑤耐硫酸モルタル

二次覆工の表面仕上げモルタル

⑥ナイロン繊維

耐硫酸モルタルに混練りして、モルタルの剥落防止、ひび割れ防れ

⑦養生剤

仕上げ面の乾燥ひび割れ等の養生剤

4.11 作業エリア

本工事では、二次覆工施工区間は、10スパンあり、施工延長は全長で259.8mあった。施工数量は、269m³となる。

二次覆工の施工については、2班体制で行う必要があったが、作業基地は、割込人孔の1箇所しか使用できないという制約があった。

A班、B班で発進立坑側と到達立坑側と施工エリア分けをして、工程の短縮を計画したが、B班の材料や機械をA班の施工中に供給することは不可能なため、材料のストック日・移動日を設けて、坑内施工区間外をストックヤードとして、1日20t以上のモルタルを坑内で運搬して仮置きする日もあった。

4.10 施工上の課題

本工法を施工しての課題点を下記に挙げる。

①左官工

- ・トンネルの真円をモルタルで描くことは非常に少ないので、慣れが必要となる。出来形に影響する。
- ・本工事のような内空2200mmのトンネル空間での施工経験が浅い。坑内という特殊な場所での作業に不慣れである。施工上、シールド工とのセットで作業パーティーとなる。

②材料の食い込み

- ・耐硫酸モルタルが品質管理上20mm以上必要となることから、高価で高品質な耐硫酸モル

タルが必然的に設計よりも多く食い込む。

③内空確保、出来形管理方法の改善

- ・ピンが隠れてしまうと厚みがわからなくなり、再度計測もしくは内空の確認が必要となる。
- ・充填モルタル施工時は、特にピンが左官仕事の支障になることが多い。

④現場の出来映え

- ・トンネル内空の出来映えが職人の技量に左右される。

⑤特殊プレミックスモルタルの使用

- ・材料が特注品であるため、材料の不足や生産に対しての確認が必要となる。

食い込み率が大幅に多くなった場合を想定する在庫管理が難しい。

4.11 まとめ

本工法の項目毎の評価

- ・工程：従来工法に比べて短縮 ◎
- ・品質：リブ内の充填及び、高強度 ◎
- ・費用：工費は従来工法（セントルによるコンクリート打設による二次覆工）よりも高くなる ×
- ・出来形管理：計測ピンに変わる方法が必要 △
- ・出来映え：表面は、金コテ仕上げとなり非常にきれい ◎
円形曲線線形は職人の熟練度で左右される。
- ・機械計画：日々の進捗確認と日ごとに機械配置計画を行う ○
- ・材料管理：日々の使用量、残量管理を袋体で目視確認できる ◎
- ・その他：施工実績のある施工会社及び職人が少ない △

課題点の克服のためにも継続的に本工法が採用されていくことで、技術の向上につながると考える。