施工効率・環境配慮に貢献

鋼管によるシールド内配管工法（日本水道鋼管協会 WSP079）

近年、市街地における交通渋滞や地下埋設物の輻輳などの理由から、大都市を中心に非開削のシールドトンネル内配管工法やパイプ・イン・パイプ工法による施工が増えている。その中で、水道用鋼管は、事業体のコスト削減ニーズに応える施工期間の短縮や、周辺および作業環境を改善させた手法を考案し、実現場に取り入れられている。そこで今回、東京都水道局の多摩南北幹線（仮称）現場での鋼管によるシールドトンネル内配管施工について取材、その取組みを紹介する。

事例　東京都水道局・多摩南北幹線（仮称）

鋼管のメリット発揮
建設コスト削減に創意工夫

写真1　鋼管2本を運搬できるよう台車を考案

■工事の概要

鋼管によるシールドトンネル内配管を施工したのは、現在整備中の多摩南北幹線（仮称）の第3工区「東大和市桜が丘二丁目地先から砂川中部浄水所間送水管」、内径2750㎜の鋼製セグメント内に、口径2000㎜の鋼管を約4500㍍（905本）布設するもので、併せて発進立坑に隣接する東大和給水所への開削による管路工（口径1500・1350㎜）、調圧水槽（サージタンク）や制水弁室の築造なども行っている。請負人は飛島・りんかい日産・新日本建設JVで、契約工期は平成30年4月1日から令和3年8月31日まで。

多摩南北幹線（仮称）は、東村山浄水場から多摩丘陵幹線の起点水所でもある拝島給水所までの延長16㌔㍍の送水管で、拝島給水所への送水能力および バックアップ機能の向上を図る最重要幹線となる。

第3工区は、その中間にほぼ位置し、発進立坑を築造した東大和給水所付近から砂川中部浄水所までの間を、多摩都市モノレールや五日市街道に沿って、土被り30㍍前後に整備されたシールドトンネル内で施工が行われた。この路線は河川断層を横断することから、鋼製セグメントとも可とう性を持たせるとともに、断層近傍には耐震構造対応型の断層用鋼管（写真5）を13本設置している。

■シールドトンネル内配管

シールドトンネル内配管は、シールド内の軌条を盛り替え、エアミルクを充填するための圧送管を設置し、2018年10月11日から配管作業を進め、今年7月8日にすべての鋼管掲げけ・溶接作業が完了した。

溶接用の受電設備は到達側に設置し、高圧ケーブルを引き込みながら、到達坑から発進立坑側に向かって鋼管溶接を順次行っていった。その際、溶接に使うトランスの重量は3㌧もあることから、移動時に転倒しないよう低重心型の台車を活用している。

現場溶接部の内面塗装は手塗りでほぼ行ったが、発進立坑側の41リング分については機械塗装を試行した。いずれも施工後検査を無事合格している。

溶接作業（写真2、表）となり、そのひとつ決められた工程を確実に守るための工夫がなされている。

一つ目は「最少23Rの曲がりでスム本運搬できる台車の考案」。施工区間は曲がり部が多いのが特徴で、最小で23Rの曲率があった。鋼管を1本ずつ運搬するには問題ないものの、最長で1時間かかる片側からの長距離運搬となるため、曲がり部でも鋼管をスム本運搬できる台車を検討、施工スピードの向上を図った。

検討に当たって社内より部の通路幅に、鋼管が転倒ないセグメントに接触しないよう、台車にて施工しなければならない。回転テーブル機構を取り入れ、台車の連結長も問題で1日8本の据付け・溶接作業（写真2）に向けて事前にシミュレーションした。さらに、断層用鋼管の凹凸部にも対応できる形状の台車を製作した（写真1）。

その断層用鋼管は凸部があるが、外径が大きくなり、セグメントとのクリアランス（空隙）が小さくなるため、台車の設計にはさまざまな工夫が凝らされている。

二つ目は「鋼管の荷降ろし時の玉掛け治具」。鋼管を搬入する防音ハウスの天井クレーンと台車レーラーとの間には十分な吊り上げ代がなく、まるで「一般的なナイロンスリングによる荷下ろしでは時間がかかることから、吊り天秤（写真6）を考案。管両端の開先をクランプで固定するだけで済むため、吊り下ろし時間が通常に比べて5～10分短縮できた。1日4台の台車の搬入をしており、その時間短縮の効果は大きいという。

三つ目は「立坑部へ吊り降ろす作業時間を短縮する設備の設置」。発進立坑は直上が公道のため、地上からの鋼管の搬入作業箇所とは移動式の小型集塵機を設置して2段階でヒュームを除去することで作業環境の改善を図っている（図）。

また、溶接作業の換気不充分に対応して、管内への送風量を低減でき、ヒュームの排出・騒音とも周辺住民への影響を抑えることができた。

■施工速度の向上図る

今回の施工現場は、約4500㍍に及ぶ長距離配管を片側からの搬入で、かつ限られた工期内で施工しなければならない。そのため、屋夜回転テーブル機構を取り入れ、台車の連結長も問題で1日8本の据付け・溶接作業（写真2）に向けて事前にシミュレーションした。さらに、断層用鋼管の凹凸部にも対応できる形状の台車を製作した（写真1）。

その断層用鋼管は凸部があるが、外径が大きくなり、セグメントとのクリアランス（空隙）が小さくなるため、台車の設計にはさまざまな工夫が凝らされている。

二つ目は「鋼管の荷降ろし時の玉掛け治具」。鋼管を搬入する防音ハウスの天井クレーンと台車レーラーとの間には十分な吊り上げ代がなく、まるで「一般的なナイロンスリングによる荷下ろしでは時間がかかることから、吊り天秤（写真6）を考案。管両端の開先をクランプで固定するだけで済むため、吊り下ろし時間が通常に比べて5～10分短縮できた。1日4台の台車の搬入をしており、その時間短縮の効果は大きいという。

三つ目は「立坑部へ吊り降ろす作業時間を短縮する設備の設置」。発進立坑は直上が公道のため、地上からの鋼管の搬入作業箇所とは移動式の小型集塵機を設置して2段階でヒュームを除去することで作業環境の改善を図っている（図）。

■作業環境の大幅改善

鋼管の溶接時に発生するヒュームの抑制にも努めている。今回、到達側に大型集塵機を設置する対策を図っている。

また、溶接作業の換気不充分に対応して、管内への送風量を低減でき、ヒュームの排出・騒音とも周辺住民への影響を抑えることができた。

■建設費の縮減に貢献

今回の現場は長距離施工のため、地上部からシールド内の作業現場までの移動時間がかかり、その作業能率は容易ではない。そのため、WEBカメラを設置して、事務所でもタブレット等で坑部やシールド内をリアルタイムで確認している（写真4）。また、構内に有線電話も引き、シールド内に300㍍ごとに設置されている電話機を使い、WEBカメラからの映像を事務所で見ながら直接確認できるようにもしている。

この現場では、半自動溶接・接開先の採用により、ヒュームが影響なく、集塵フィルターを管内全面に開けひろして使っている。これにより、粉塵濃度は日本溶接協会の規定で3㎎/立方㍍以下とされているのに対し、溶接部で2㎎/立方㍍、開仕切りした塗装部で1㎎/立方㍍と劇的に改善している。

無溶剤形エポキシ樹脂は粘度が高いため、現場塗装で専用のハケ・ローラーでの手塗りとなっていた。機械の小型化が進み内への持ち込みが可能となってきたことで、工場と同様にスプレー塗装が可能になり、塗装時間の大幅な短縮が可能になった。

今後も、剛性度の高い現場でも適用性の高い鋼管のメリットを生かしたい。施工方法を提案するとともに、他管種に比べ外径が小さいという鋼管の特徴を生かし、掘削断面そのものも小さくできる縮径シールドと合わせ、建設工事費全体の削減を図ることで、新設・更新事業のさらなる推進に寄与されることを期待したい。

写真2　1日8本のペースで鋼管を設置

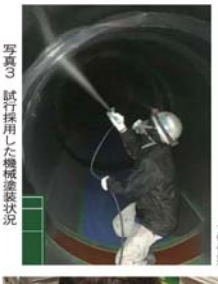
写真3　試行採用した機械塗装状況

表　施工サイクル

工種	1日目 昼	1日目 夜	2日目 昼	2日目 夜	3日目 昼	3日目 夜
鋼管搬入	8本		8本			
レール撤去						
鋼管据付						
受電台設置						
本溶接						
超音波探傷検査						
グラウト打設						

1サイクル施工本数：16本、標準単管長：5m×16本＝80m、日進量：26.7m/日

写真4　構内にWEBカメラを設置し、映像を確認しながら現場と連携

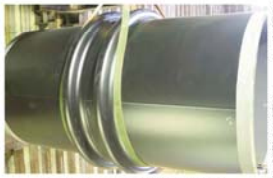
写真5　断層用鋼管を採用

写真6　吊り下ろしを容易にした吊り天秤

写真7　スライドゲートを採用し、安全性と効率性を両立

東京都水道局多摩水道改革推進本部施設部工事課長　木我　亘

計画通りの工程実現
安全性・施工性・耐震性など評価

■鋼管採用のポイント

当局ではシールド内配管を数多く実施していますが、やはり大規模工事となりますので、限られた工期でコスト面を含めていかに効率的に施工していくのか、計画・設計段階から綿密に準備しているところです。その中で、本工事では安全面や施工性、周辺環境、工期などさまざまな条件を検討し、問題がないことを確認した上で、鋼管を採用することにしました。

特に、この工区は立川断層を横断することから、耐震性についても評価したところです。

■作業環境の改善

鋼管は溶接作業で火気を使用しますが、今回は溶接ヒュームの抑制が図られており、作業環境や安全性は改善されました。

その取組みとして、到達立坑側に大規模なファンを設置し排気しているのですが、周辺住民の皆さんに迷惑をかけないよう、ファンにフィルターを付けて、それも目詰まりしそうになるのを自動で検知してフィルターを自動交換する設備を設置しています。溶接ヒュームを集塵しています。

当局員も立会いで現場に行きますので、現場作業員もそうですが、労働環境衛生の観点からも作業環境の改善は重要です。これからも求められていく事項だと思っています。

■推進な工程管理

現場でも小型集塵機を設置し、溶接ヒュームを集塵しています。

当局員も立会いで現場に行きますので、現場作業員もそうですが、労働環境衛生の観点からも作業環境の改善は重要です。これからも求められていく事項だと思っています。

・7㎞しかないため、通常であれば、回転率を抑えながらの慎重な作業を強いられるところを、ガイドレールを設けたことでスムーズな台車をつくり、2本同時の搬入を可能にしています。

また、5㎞管の立坑上部で落下防止の吊り降ろしでは曲管材とのクリアランスが0㎜の面でメリットは大きいと思います。今後は溶接作業も含めて、なるべく人手がかからない技術開発に期待しているところです。

この工区は約4・5㎞に及ぶ配管を発進立坑側から搬入して、到達立坑側から溶接しながら敷設・配管作業が、当初計画通りの工程実現につながったと思っています。

■技術開発への期待

今回、機械塗装を試行しましたが、手塗りよりも効率的だと感じました。レンホールがまったく発生しませんし、1カ所当たり3層に分けて塗りする手塗りと塗装に対して、機械塗装は1層の上塗りで済むため、作業日数を短縮できます。施工効率の面でメリットは大きいと思います。今後は溶接作業も含めて、なるべく人手がかからない技術開発に期待しているところです。

換気方法の見直しで作業環境を大幅改善

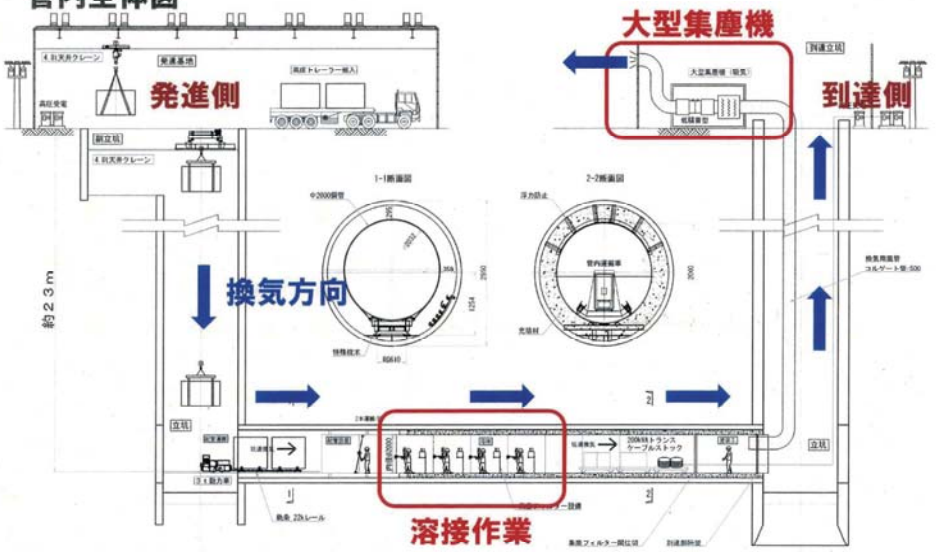

図　一方向の全体換気と局所換気を併用