

営業線シールドトンネル下部での高圧噴射攪拌工・薬液注入工の計画と施工 - その2

小田急電鉄株式会社複々線建設部

兜 俊彦

小田急電鉄株式会社複々線建設部

本間 慎一

小田急電鉄株式会社複々線建設部

上野 修彦

大成建設株式会社東京支店

正会員

大石 憲寛

大成建設株式会社東京支店

正会員

○熊谷 翼

4. 上総層での高圧噴射攪拌工法による地盤改良径の確認

本工事での高圧噴射攪拌工法による地盤改良対象範囲は上総層に位置する。この層は当初砂層であると想定され、過去実績からも、「SUPERJET 工法技術資料」(SUPERJET 研究会)に示される、当該地盤の標準設計有効径 $\phi 3.3\text{m}$ となる SJ35 を用いて改良体の割付計画を実施した。しかし、試験施工によるチェックボーリングを実施したところ、上記の標準設計有効径が確保されなかった。

ボーリング調査よりこの上総層の物性を調査したところ、シルト分が多く含まれ、また N 値=50~100, 粘着力 $C=100\sim 300\text{kN/m}^2$ 程度であることが判明した。このように粘着力が大きいため、上記の標準設計有効径が確保されないと想定された。そのため、標準設計有効径 $\phi 4.6\text{m}$ の SJ50 を用いる計画に変更し、さらにこの SJ50 を用いた原位置試験施工を行い改良径確認試験を実施した。

その結果、図4に示すように $\phi 3.3\sim \phi 3.6\text{m}$ の改良径を有している

ことが確認できたため、当初の割付計画は変更せず、本施工を実施する方針とした。

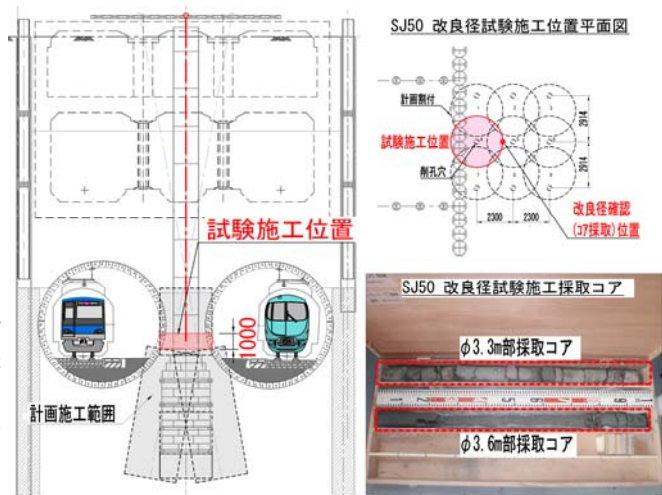


図4 SJ50による改良径確認結果

5. 営業線シールドトンネル間での高圧噴射攪拌工法における削孔精度の確保

シールド間の高圧噴射攪拌工法による地盤改良は、削孔角度 10° 、シールドとの最小離隔520mm(削孔深度19mの位置)の施工条件下で行う必要があった。このように、斜削孔で深度が深く、かつシールドとの離隔が小さい部分を削孔するにあたり、削孔時に営業線シールドトンネルへ損傷を与えるリスク、削孔位置のずれにより出来形不足が生じるリスクが想定された。上記リスクを回避するためには削孔精度の確保が重要な課題であり、主に以下の2つの対策を実施した。

①地上でのマシンセット時の対策

図5、図6に示すように、ボーリングマシンは専用の 10° 削孔用架台に溶接により固定した。さらに、随時デジタルスラントによりロッドの角度を確認しながら削孔を実施した。

②途中段階での削施工精度の確認

図6に示すように、シールド上端部において一度削孔を停止し、ジャイロ計測器による孔曲がり測定を実施した。可否の判定方法としては、測定結果が正規の位置よりも320mmずれた場合(=そのまま削孔するとシールド離隔が100mmとなる離隔)、削孔を中止し、孔埋めを行い、地上から再削孔する方針とした。



図5 マシンセット方法



図6 削孔状況

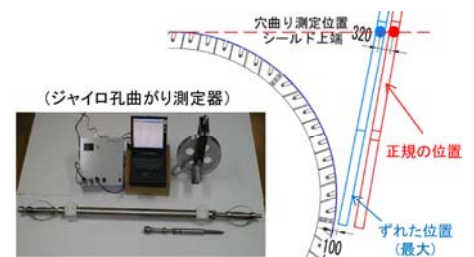


図7 ジャイロ計測器による孔曲がり測定

キーワード 鉄道トンネル, 営業線, シールド, 高圧噴射攪拌工法, 薬液注入工法

連絡先 〒155-0033 東京都世田谷区代田2-31-27 小田急電鉄(株)複々線建設部下北沢工事事務所 TEL 03-5431-1670

6. 互層地盤に対する薬液注入

シールド下部薬液注入範囲は、図8に示すような上総層中の細砂層とシルト層の互層地盤であり、注入量・注入速度等を一律に定めるのが難しい。また、薬液注入は改良範囲の地盤に薬液を均質に浸透させることで効果を発揮するため、注入速度が大きく割裂注入となった場合は十分に改良できないリスクもあった。

そこで、図8に示すように原位置で土層構成確認用の試験注入を行い、互層地盤の層構成の確認を行った。同時に当該地盤に適切な注入圧および注入速度を設定するため、水注入試験を実施した。その結果、細砂層・シルト層ともに、注入速度5L/min、注入上限圧1MPaと設定し、本施工を実施した。

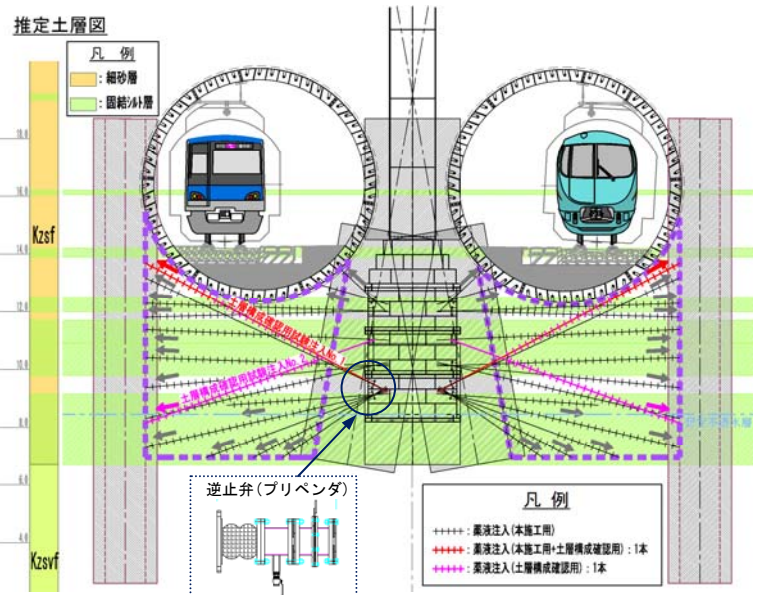


図8 互層地盤に対する薬液注入

7. シールド下部薬液注入時の計測管理

シールド下部薬液注入時は、注入圧の影響によりシールドトンネルの変状、それに伴う営業線運行に支障を生じさせるリスクがあった。そこで、図9に示すようにシールドトンネル内に、軌道の高低・通りの狂い量を計測するリンク型変位計、シールドトンネルの横断変位を計測するトータルステーション(測定プリズム)、およびシールドトンネルの鉛直変位を計測する水盛式沈下計を設置し、常時計測を実施しながら施工を行った。図10に計測管理フローを示す。

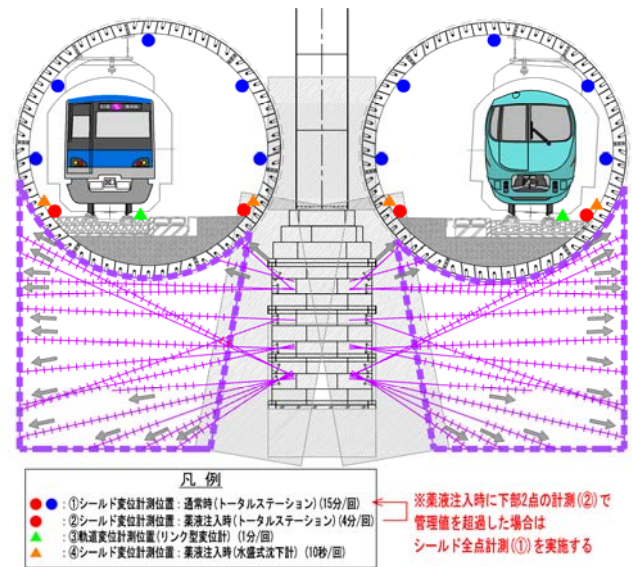


図9 シールド下部薬液注入時の計測管理

8. おわりに

棲止水壁の構築は、2014年6月から着手し、2014年12月に完了した。上記に述べた各種リスクについて対策を行いながら施工を実施したが、高圧噴射攪拌工法による地盤改良時の削孔によるシールドトンネルへの接触もなく、またシールドトンネル下部薬液注入時のシールドトンネルの変状も生じさせず、無事に工事を完了できた。

現在(2015年3月時点)は棲止水壁部の内側の掘削が完了したところであるが、棲止水壁からの漏水もなく、この棲止水壁が本来の目的である止水性を有していることが確認されている。今後は、このエリアに躯体を構築する予定であるが、引き続き漏水等の異常がないか注視しながら施工を進めていく。

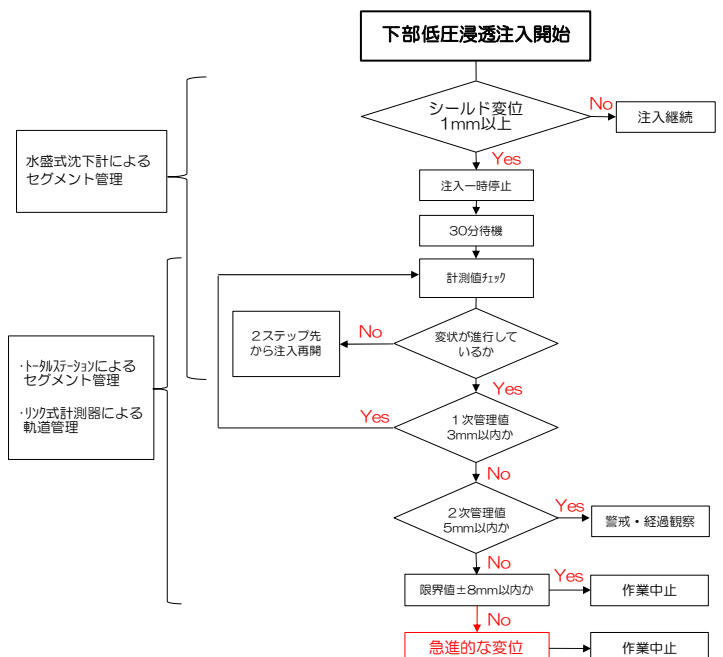


図10 計測管理フロー