

薬液注入工法を用いたシールドトンネル間の非開削工法の設計・施工

首都高速道路(株)

永井 政伸

大成建設(株)土木本部土木設計部

正会員 ○久木田 駿一

大成建設(株)土木本部土木設計部

正会員 尾関 孝人

横浜市道路局

入野 克樹

1. はじめに

横浜環状北西線は、東名高速道路「横浜青葉 IC」と第三京浜道路「港北 IC」を結ぶ延長約 7.1km の路線である(図 1)。そのシールド区間のうち併設されたトンネルを結ぶ連絡路(以下 U ターン路②)は、砂質地盤を薬液注入工法により止水性を確保するように改良し、パイプルーフで外圧(土水圧)を支持することにより非開削で掘削を行った後、躯体を構築する工事である。

セグメント・パイプルーフは、薬液注入地盤を介し、外圧を作用させ、はり-ばね解析により設計を実施している。本稿ではこのうち薬液注入地盤に着目して、その挙動、健全性および対策工の検討について報告する。

2. 工事概要

本工事は、図 2 に示すように土被り約 38m・地下水頭約 19m の位置において、非開削掘削を行う。当該地盤は、透水係数 10^{-3}cm/sec オーダーの透水性の高い砂質土(Ks 層)のため、薬液注入による止水性の確保を行った。施工ステップを図 3 に示す。シールド掘進後、シールド周囲の地盤に薬液注入を行いパイプルーフを施工する(STEP1)。その後、パイプルーフ到達部のみを掘削(迎え堀り)してパイプルーフを固定する(STEP2)。パイプルーフの下部の掘削を開始し、セグメントを撤去しながらトンネル間掘削を進め(STEP3)、床付け後、躯体構築を行う(STEP4)。



図 1 横浜環状北西線平面図・U ターン路位置図

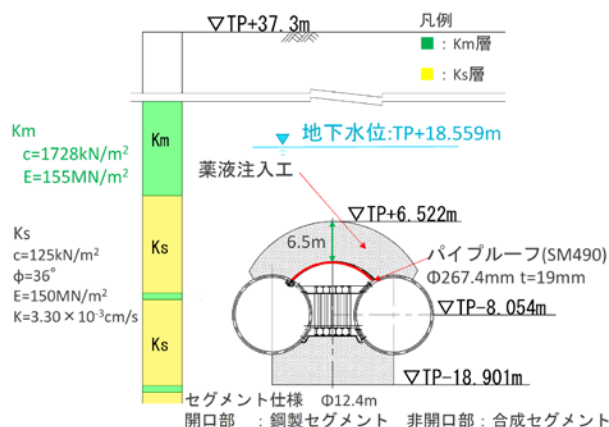


図 2 U ターン路②構造概要図

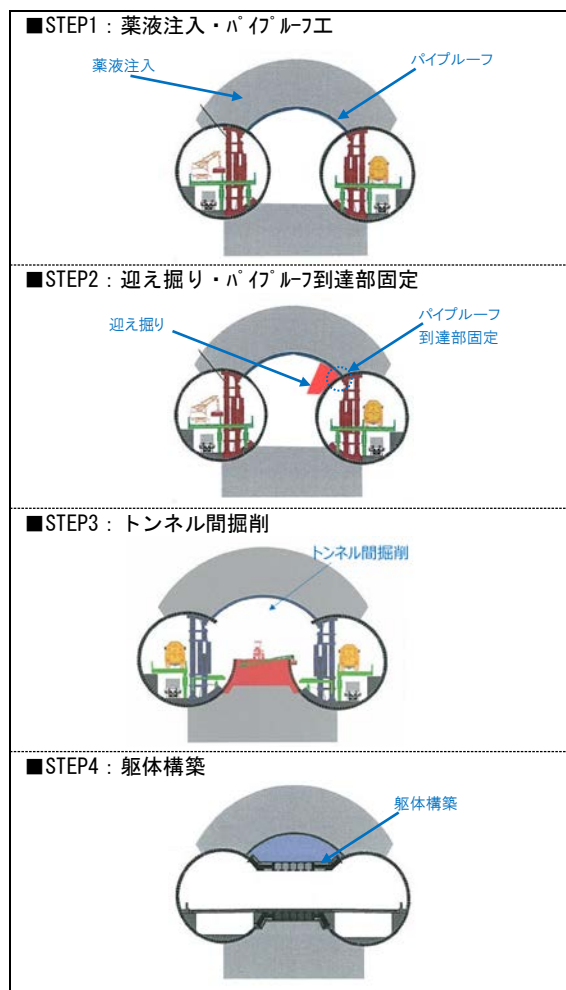


図 3 U ターン路施工ステップ図

キーワード 併設トンネル, 地中切掘り, 薬液注入工法, パイプルーフ工法, 非開削工法

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設株式会社土木本部土木設計部 TEL 03-5381-5417

3. 事前検討概要

薬液注入地盤の健全性の確認として、以下の3つの項目について検討を行った。

①：薬液注入地盤の地盤物性の確認

地盤物性は、薬液注入工法によって現地盤から地盤強度が増減する可能性があるため、薬液注入後の地盤からサンプルを採取し、三軸圧縮試験を実施した。その結果、 $c=200\sim400\text{kN/m}^2$ 、 ϕ は原地盤と同程度となることを確認した。検討②、③では安全側に地山強度(K_s 層： $c=125\text{kN/m}^2$ 、 $\phi=36^\circ$)を用いFEM解析を実施した。

②：迎え掘り時の薬液注入地盤の崩壊

図4に示すようにパイプルーフ掘進後に、到達側から迎え掘りを実施し、パイプルーフとセグメントの接続を実施する計画としている。その中で、パイプルーフが固定されていない状態にて掘削をするため、一時的に薬液注入地盤の強度に期待する状態となる。そのため、迎え掘り時に薬液注入地盤が崩壊する懸念がある。

そこで、図5に示すようなFEM解析(横断方向・縦断方向)を実施し、迎え掘りによる地山の緩み状況を予測した。その結果、局所的な破壊が生じるため、鋼板防護による対策工(図6)を実施することとした。

③：トンネル間掘削時の薬液注入地盤の崩壊

トンネル間掘削時には、パイプルーフ周辺の薬液注入地盤を介し、パイプルーフに外圧を伝達することを前提としている。そのため、パイプルーフ間の薬液注入地盤の健全性が保持できない場合、パイプルーフへ外圧が伝達せず、全体の崩壊が生じる懸念がある(図7)。

そこで、迎え掘り時と同様にFEM解析(横断方向・縦断方向)を実施した。その結果、頂部パイプルーフ間の薬液注入地盤の健全性は確認されたが、側部において局所的な破壊が確認された(図8)。そこで、側部は鋼板防護による対策工を実施することとした。

4. おわりに

止水性を目的としていた薬液注入地盤に対し、FEM解析による挙動の把握を行うことで、適切な対策工を実施することができた。対策工を実施した結果、土砂崩壊や出水等の大きなトラブルなく掘削を完了することができた。本稿が今後の類似工事の参考になれば幸いである。

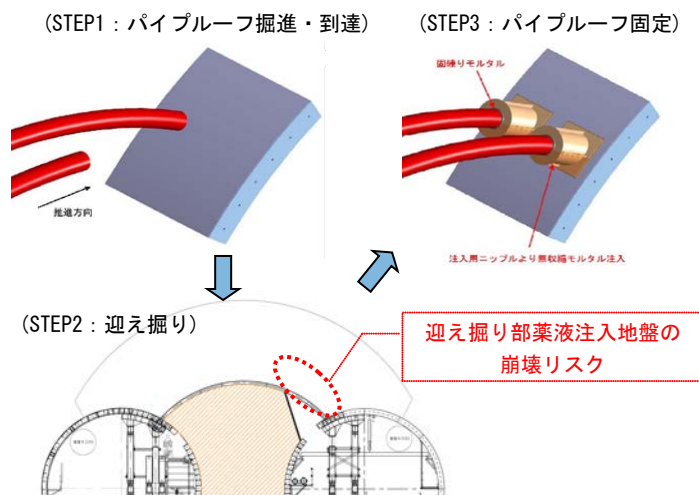


図4 迎え掘り・パイプルーフ固定概要図

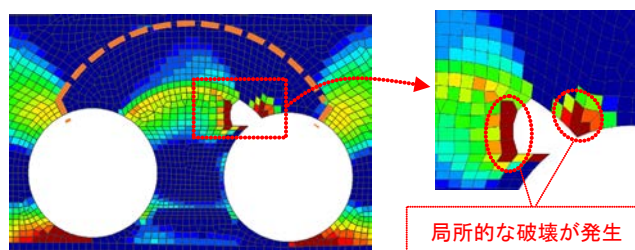


図5 FEM解析概要図(迎え掘り時：横断方向)

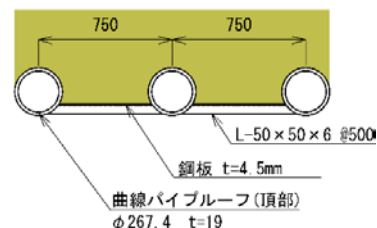


図6 防護鋼板(頂部)概要図

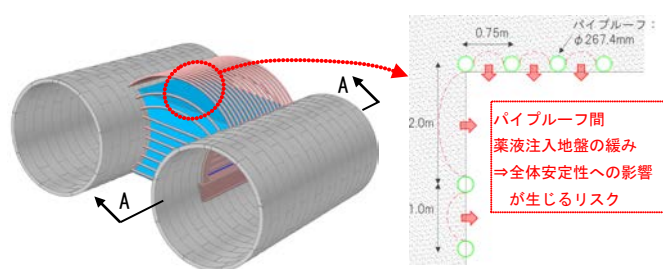


図7 パイプルーフ間の薬液注入地盤の緩み

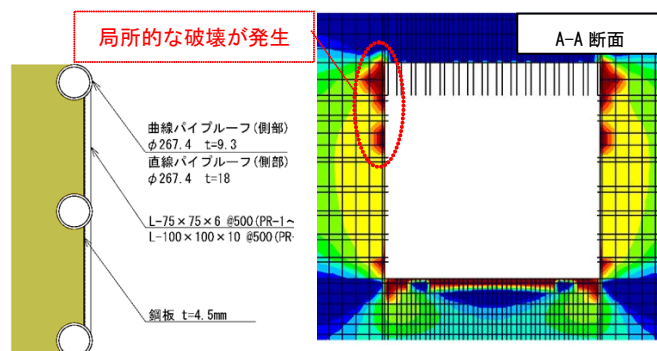


図8 FEM解析概要図・防護鋼板(側部)概要図