

鉄道営業線直下の NATM 施工に伴う地下水位低下工法

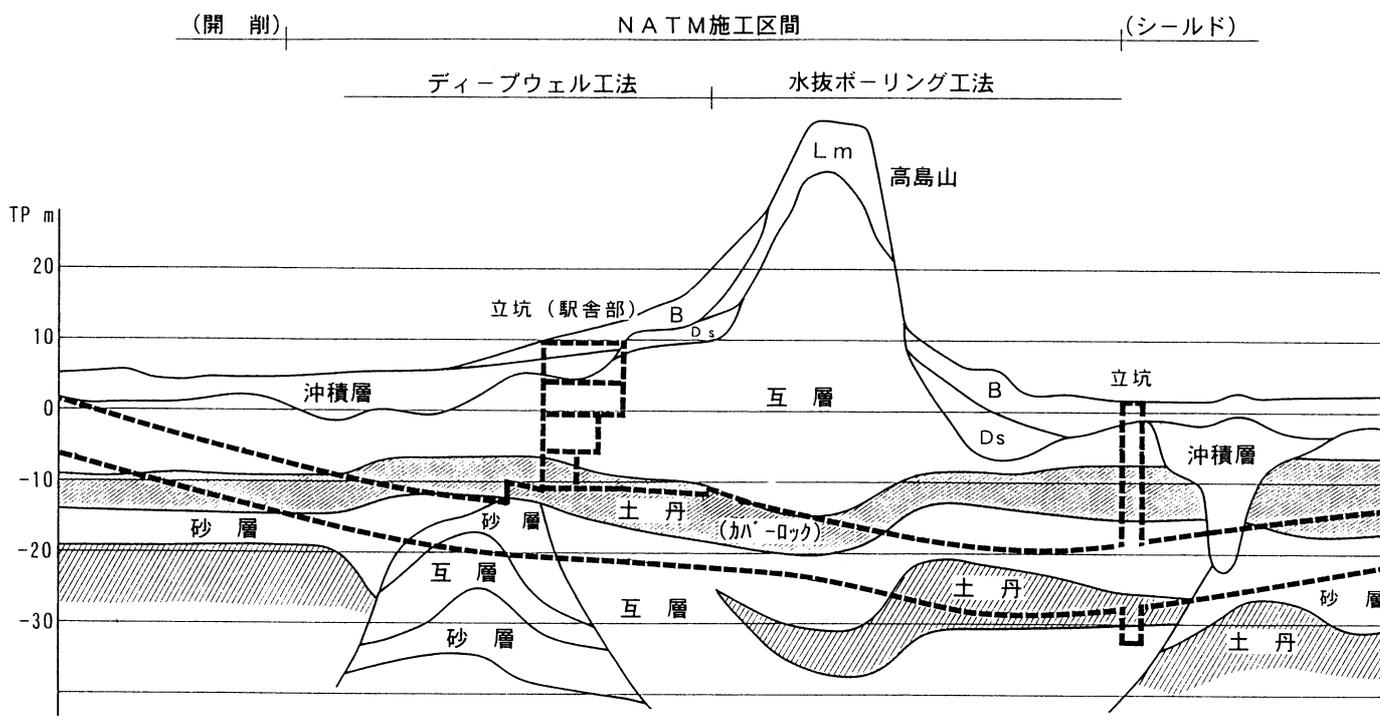
東京急行電鉄 ○正会員 関 聡史
 東京急行電鉄 津守澄男
 東京急行電鉄 高橋 忠
 東急設計コンサルタント 岩村 巖
 東急設計コンサルタント 正会員 永井宏昌

1. まえがき

被圧地下水を多量に含む砂質地山では、トンネル掘削時に突発湧水あるいは流砂現象などが発生しやすく、切羽の安定性を損うだけでなく地山を緩ませ沈下を招くことがある。東横線地下化工事の NATM 施工区間は営業線の直下で滞水砂層と土丹の互層地山を掘削することから、鉄道の安全運行や周辺環境に影響を与えない地下水対策工の選定が重要課題であった。薬液注入による止水工法とディープウエルによる排水工法の得失について現場試験施工を行い、比較検討した。その結果、当地山条件では後者の適用が有効と判断した。現在は未だ施工途上の段階にあるが良好な結果が得られており、本文はこの検討経緯や結果などを紹介する。

2. 地形・地質条件とトンネル位置

NATM 施工区間の中央付近に急峻な高島山が位置するが、これ以外は平坦な地形を呈しトンネル土被りも15~30mと小さい。地表部は東横線の他にビルや家屋が密集した状況下であり、近接施工時の沈下防止対策が必要となる。トンネル掘削部周辺地山の地質は、良く締まった細砂層、安定した地山物性 ($E=300\sim400\text{MPa}$, $K=1.7\times 10^{-8}\text{cm/sec}$) を示す土丹層、及びそれらの互層から構成されている。細砂層と互層中の砂層部には、0.2~0.3MPa の被圧地下水が含まれており、この大きな被圧を持った砂層部を止水あるいは排水工法の適用を通じて、掘削可能な地山状態へと改良することが求められた。



キーワード：鉄道近接工事、NATM、滞水砂層、被圧地下水、ディープウエル

発表者連絡先：〒221-0832 横浜市神奈川区桐畑 19-4、TEL 045-322-8877、FAX 045-322-8878

3. 止水工法と排水工法の比較検討

(1) 薬液注入の試験施工

薬液注入を用いた止水工法の課題は、信頼できる止水領域形成が実際に可能であるか否かにあった。当初の計画では、NATM 施工に先立って地表面から掘削部周辺地山へ向けて浸透性の良い薬液を注入し 3 m 厚さ程度の円筒状に連なる止水領域を形成する予定（右図参照）だった。この強度的にも改良された止水領域内部に残る被圧地下水を水抜ボーリングで除去し、トンネル掘削することを前提としていた。薬液注入の試験施工は、地山条件を考慮して二重管ダブルパッカー方式を適用した。

地下水の被圧が大きい割に注入が円滑で、砂層部は 28% 程度の注入率が最も有効であると判断された。しかし、互層部では浸透注入が難しい状態で、圧力を高くすると水平な地層境界面に沿って薬液が流出し円筒状注入領域の形成は不可能だった。互層の多い本地山条件では、薬液注入による止水工法の適用は注入効果の信頼性に問題があると判断した。

(2) ディープウエルの試験施工

薬液注入に疑問が生じる中で、地質調査について再調査を実施した。トンネル掘削部の上部地山には、5～8 m 厚さの安定した土丹層が水平方向に分布し、この上下で地下水に水頭差が生じており、別系統の供給源があると判断された。そこでトンネル両側に 4 本のディープウエルを穿孔して揚水試験を行った。その結果、この土丹層が信頼できるカバーロックの役目を果たしており、それ以深の地下水を揚水しても上部地下水に影響が生じないことが明白となった。

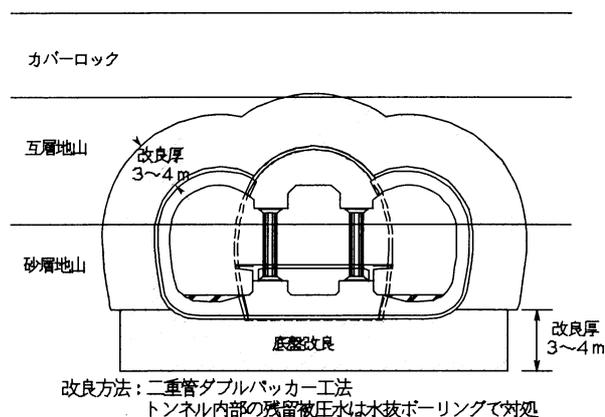
(3) 地下水位低下工法の採用

現場試験施工の結果を基に横浜市の指導を仰ぎ、止水工法に替る地下水低下工法の採用を検討した。約 850m の NATM 施工区間内で地上条件から揚水が困難で多量の排水を必要としない互層地山区間では水抜ボーリング工を適用するが、被圧地下水の多い砂層区間はディープウエルを 15～20m 間隔で合計 24 孔設置し、NATM による掘削に先立って予め揚水する施工計画を立案した。

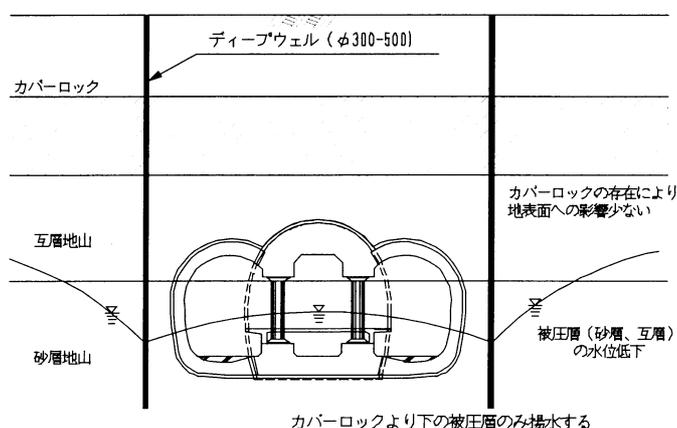
4. 地下水位低下工法による効果と今後の方針

今は未だ施工途上であるが、トンネル周辺地山の地下水位を上半盤付近まで低下させることによって

止水工法（薬液注入）による地下水対策



排水工法（ディープウエル）による地下水対策



切羽安定は良好で、ドライワークが可能であった。カバーロック上部地山中の地下水位に変動は無く、圧密による地表面沈下などの有害な影響は発生していない。但し、揚水に伴う砂の圧縮沈下が若干生じ、砂層の厚く堆積した箇所では 2～3 mm 程度であった。また、一日当りの計画揚水量は 600～700m³程度を見込んでいたが、施工時の揚水量はこの 8 割程度に収めることができた。今後の掘削に際し、砂の乾燥状態を観察し、乾燥砂の流失などが生じないように揚水量を減じる方向で再調整する所存である。

5. あとがき

地下水位低下工法の現場試験施工及び採否検討に当って、横浜国大・今井教授を始めとして横浜市の地盤沈下対策指導会議関係各位に大いにご指導ご助力を賜ったお蔭で、良好な施工状況下にある。紙面を拝借して、改めて御礼申し上げる次第です。