

常磐線直下を縦断掘進する低土被りシールドに対する防護工について

JR 東日本 東京工事事務所 正会員 ○斉藤功次
正会員 桑原 清
阿部 弘

1 はじめに

常磐新線三ノ輪トンネルは、外径 10m の複線断面の泥水式シールド工法で計画されている。全長 2,219m の内、工事終点約 240m 区間は J R 常磐線直下を縦断し、盛土を含めた土被りが 1.3D ~ 0.8D (13m ~ 8m)、周辺地盤からは 0.8D ~ 0.4D (8m ~ 4m) と小さいことから(図 1)、常磐線列車の安全・安定輸送を行うために、泥水の逸水防止及び地盤の沈下防止を目的とする防護工をセメント系攪拌工法と薬液注入工法により行う。本稿では、防護工の施工法および施工管理について述べる。

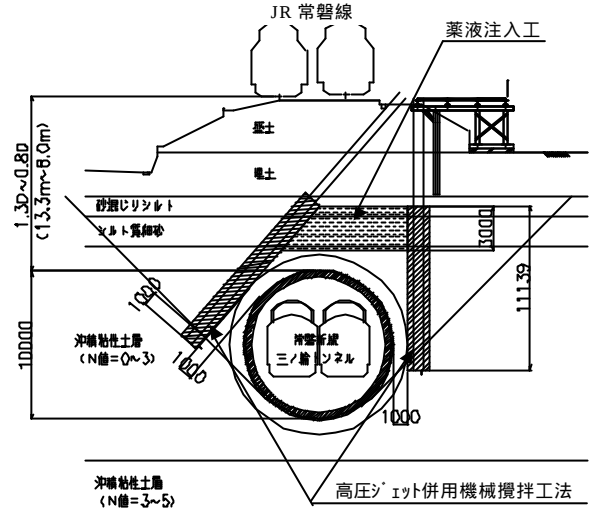


図 1 施工標準断面図

2 高圧ジェット併用機械攪拌工法

今回のように、泥水の逸水防止及び沈下防止が目的である防護工の場合、セメント系攪拌工法による地盤改良を円型に施工するのが望ましい。一般的には、高圧噴射攪拌工法(CJG工法, RJP工法など)が主流である。しかし、今回の防護区間が J R 常磐線直下に縦断していること、また営業線近接工事ということで施工時間が短い(軌道下改良時は線路閉鎖作業(列車運行が無い時間帯: 1:20 ~ 4:10))ことから、J R 常磐線盛土法面から変則傘型のセメント系地盤改良体を、高圧ジェット併用機械攪拌工法で造成することとした。本工法は、今回の施工において開発した機械による工法である。主な特徴は、通常の機械攪拌に加え高圧噴射で攪拌することにより造成径を大きくし、隣接する改良体と接合(ラップ)できること、また施工角度を前後に 0 度 ~ 60 度、左右に ±5 度に傾けられる機械で施工することにより斜め施工を可能にしたことである。また、CJG工法, RJP工法などに比べて改良時間が短い、排土量が少ない等の特徴がある。なお、造成径は、φ500mm の機械攪拌部に、高圧噴射による 150mm 切削攪拌を加えた φ800mm であり、シールド両側に 2 列ずつ 110mm のラップになるように配列する(図 2)。

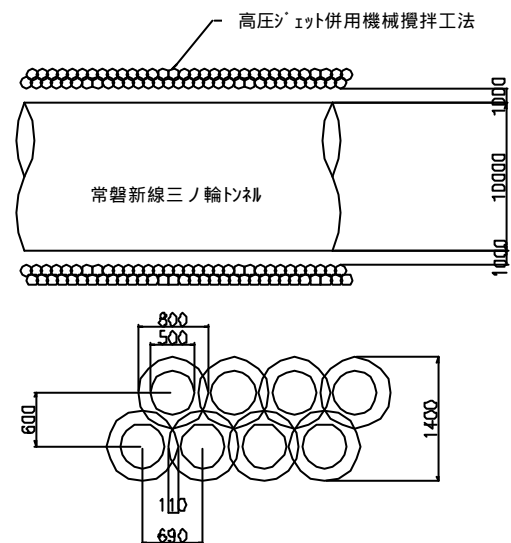


図 2 改良体造成概念図

改良位置は、シールドからの離隔を 1m 以上とし、シールド下端から引いた影響線($\theta = 45^\circ$)より 1m 以上長くする。また改良体の設計強度は、一般的な粘性土地盤における標準的な設計強度を参考に 1N/mm^2 以上とする。ただし、改良部の施工深度が浅いために、傘型の改良体による併合が出来ない箇所は、改良体に挟まれたシルト質細砂層に薬液注入工法を行い補完することとした。

Keywords: シールドトンネル 地盤改良 機械攪拌杭工 軌道変状管理

連絡先: 〒151-8512 渋谷区代々木 2-2-6 JR 新宿ビル TEL: 03-3299-7962 FAX: 03-3372-8026

3 施工管理

今回、本工法を使用するにあたり現場内で試験施工を行い効果の確認を行った。確認項目ならびに結果を表1に示す。

表1 試験施工結果

確認項目	管理値	試験結果
施工精度		
X方向（施工方向）	±46mm以内	-42mm（下方向）
（施工角度50°）Y方向（左右方向）	±55mm以内	-15mm（左方向）
改良径	φ800mm以上	800mm（写真1）
改良体強度	1N/mm ² 以上	1.9N/mm ² 以上
施工時間（造成長185m、全長20m）	90分以内	87分
ラップ（接合）状況	ラップしていること	良好（写真1）



写真1 改良体造成状況（左：上部 右：側部）

また実施工における各改良体の位置管理については、施工機械のセット位置の管理と傾斜計による管理により行う。前者は、仮設栈橋上に、あらかじめ計算より得られたマシン据付位置基準点ならびに許容範囲をマークし、施工機械の前後に取り付けたレーザーポインター（レーザー下げ振り）が許容範囲内（線路直角方向±12.5mm、平行方向±3.0mm以内）に収まるように施工機械をセットする。なお、許容範囲については、計算により得られるラップ可能条件に、試験施工時の施工誤差と安全率を考慮して決定している。また貫入角度については、機械に取り付けられた角度計（2方向）によりセットする。一方後者は、貫入攪拌着底後、ロッドの内管（φ32.9mm）に小型の傾斜計（φ30.5mm）を挿入し、着底部から上部に向かって2m毎に2方向（線路直角・平行方向）の傾斜角を測定し、実際の改良体先端（ロッド先端）の位置のズレを算出するものである。これらから得られるデータおよび施工機械に設置した流量計、積算深度計、圧力計等の集中管理装置からのデータを総合し、改良体の出来形を図3に示すような3DのCADで表現することで、欠損部やシールドとの離隔等について確認を行う。また、全2191本の改良体のうち200本に1本の割合で、サンプリング調査を行い、改良体の強度、ラップ、改良径の確認を行うこととした。

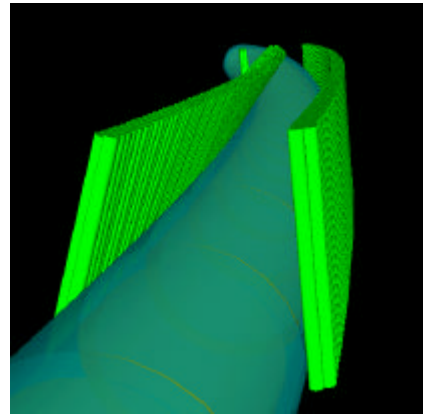


図3 出来形確認（3D CAD）図

4 軌道変状管理

今回の防護工施工時およびシールド通過時には、常磐線の軌道の変状を24時間監視するために、マトリックス式変位自動計測システム HyPoS（Hyper Positioning System）による自動計測を行う。また、防護工施工期間中は午前、午後の巡回により軌道状態の確認を行い、夜間線路閉鎖作業においては、施工完了後、表2に示すJR軌道管理基準値に従って、軌間、高低、通り、平面性の4項目について軌道計測を行う。さらにシールド通過時には、地中の変位をいち早く把握し、地表面の変状を想定するために、層別沈下計、多段式傾斜計を設置する予定である。

表2 軌道管理基準値（単位：mm）

種類	軌間	水準	高低	通り	平面性
最高速度					
120km/h以上の線区	直線及び半径600mを超える曲線 14	平面性に基づき整備を行う	15	15	18 (カントの減量を含む)
警戒値	5	平面性に基づき整備を行う	6	6	7
工事中止値	9		10	10	12
限界値	14		15	15	18

5 おわりに

本工事は、平成15年5月に予定されているシールド通過に合わせ現在施工中である。今回の防護工は、泥水の噴発及びその結果としての地盤陥没を防止することを主目的とし、二次的には、トンネル軸方向の連続的な防護によりシールド通過時の即時沈下の分散を図り、急激な軌道狂いを防止するものと位置づけており、防護工・軌道監視・軌道計測・軌道整備と合わせ列車の安全・安定輸送を確保していくことと考えている。