

# 営業線直下を縦断する超低土被りのシールド掘進

— つくばエクスプレス 三ノ輪トンネル —

独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 高橋 源太郎

## 1. 目的

つくばエクスプレスは、秋葉原とつくばを45分で結ぶ延長58.3kmの都市高速鉄道新線であり、平成17年秋に開業の予定である。その中でも、三ノ輪トンネルは、鉄道営業線（営団日比谷線、JR貨物線及びJR常磐線）直下を到達直前300mに渡り縦断交差し、最小土被り0.4D（直径）と極めて厳しい条件の泥水式シールドトンネルである。本報告は、三ノ輪トンネル営業線鉄道交差部施工の影響予測、地盤改良計画、計測計画、掘進計画・実績及び計測結果を述べるものである。

## 2. 営業線鉄道交差部の影響予測

営業線鉄道交差部におけるシールド上部の地質状況は、N値0～6の沖積粘性土層、シールド上部には崩壊性の高い砂質土が存在するものである（図-1参照）。シールド掘進による地表面沈下は各鉄道営業線に大きく影響することから、事前にFEM解析により地盤変位予想解析を実施した。列車走行を阻害する軌道変状管理としては、絶対変位量よりも相対変位量が基準であり、FEM解析結果によると、最大相対軌道狂いは、図-2に示すように、凸部で1.9mm、凹部で2.6mmとなり、各鉄道会社の軌道整備基準の一次管理値以内となった。

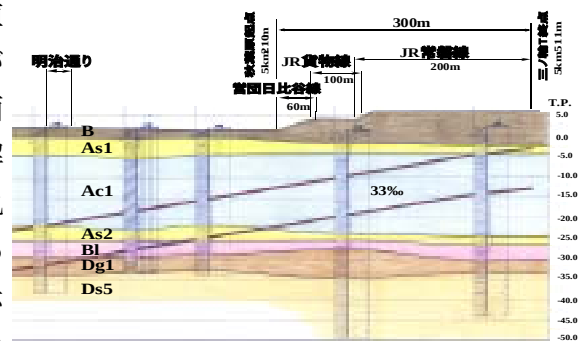


図-1 地質縦断面図

## 3. 営業線鉄道交差部防護工

営業線鉄道交差区間は前述のとおり、土被りが小さく、崩壊性の高い砂質土を急勾配で掘進することから、泥水噴発防止及び急激な軌道沈下を抑制するために、地盤改良及び軌道工事術を実施した。地盤改良防護工の代表断面図を図-3に示す。

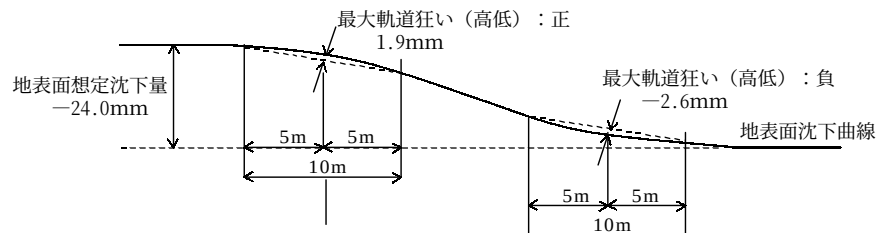


図-2 沈下予想結果及び相対変位図

## 4. 計測計画

### (1) 軌道計測等

軌道相対変位測定は、シールド通過中及び通過後3ヶ月間は24時間体制でトータルステーションにて測定し、3次元的に不動点との相対水平変位及び相対鉛直変位を算出した。

測定結果については、掘進管理にフィードバックするため、電話回線を使用して、シールド中央管理室、JV事務所、各鉄道会社及び機構事務所にリアルタイムで配信した。

### (2) 軌道監視

シールド通過中及び通過後1ヶ月間において24時間体制で軌道工事管理者による目視での軌道監視を実施

キーワード シールドトンネル, 営業線, 施工管理, 計測管理

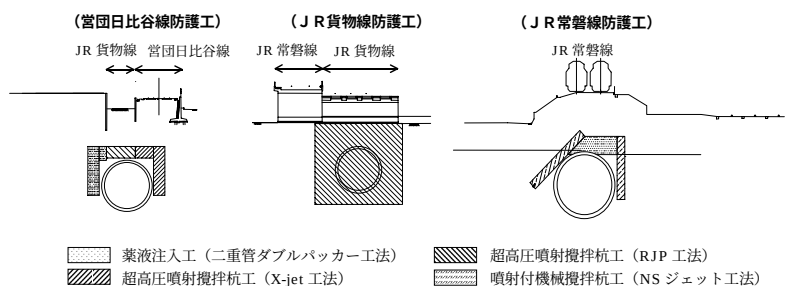


図-3 鉄道交差部防護工図

連絡先 〒111-0041 東京都台東区元浅草 3-18-10 独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部 東京支社 浅草鉄道建設所

T E L 03-3845-8711 E-mail: gen.takahashi@jrnt.go.jp

した。さらに、JR 常磐線軌道監視用として軌道状況がリアルタイムで確認できるよう TV カメラを設置し、画像をパソリンクにて JR 東日本常磐工事区及び JV 事務所に配信した。

5. シールド掘進管理計画

シールド掘進管理計画は、泥水圧、掘削土砂量、掘進速度、裏込注入圧・量を集中的に管理することとし、各々の管理値については、表-1 に示すとおりである。軟弱粘性土における掘進では、先行隆起及び先行沈下が後続圧密沈下を増大させることが過去の事例より確認されているため、泥水圧は自然水圧+20kPa を基本とし、トライアル区間を設けて修正することとした。

表-1 シールド掘進管理値

| 項目    | 管理値                               | 備考                    |
|-------|-----------------------------------|-----------------------|
| 泥水圧   | 自然水圧+20kPa                        | 最大値は噴発限界圧<br>最小値は自然水圧 |
| 掘削土砂量 | 過去10リングの標準偏差値2σ以内<br>理論体積の-10～+5% |                       |
| 掘進速度  | 25mm/min                          | 目標値                   |
| 裏込注入  | 注入率：110%<br>注入圧：初期圧+150kPa        | 実空隙量に対して              |

6. シールド掘進管理値の検証

シールド断面がほぼ軟弱粘性土に入る 4k930m 付近から前項で定めた掘進管理値へ徐々に変更し、トライアルを開始した。4k950m 付近において、シールド通過時に地表面において約 5mm の先行沈下を計測した。この先行沈下は、設定泥水圧が低いための現象と判断し、設定泥水圧を自然水圧+35kPa に修正し、再掘進を行った。5k070m の計測断面では、シールド通過時、地表面沈下 0mm（後続沈下量 7mm）の計測が得られたことから、この修正泥水圧管理値に変更することとした。

7. シールド掘進施工

本営業線鉄道交差区間の施工は、重大事故を未然に防ぐため、朝夕のラッシュ時間帯を避けてシールドを掘進させた。泥水圧は、縦断勾配 33‰を考慮し、10 リング毎に 5kPa ずつ低減させた。裏込注入については、泥水圧+150kPa で圧力を重点的に管理した結果、注入率は 110～130%となり、隆起及び急激な沈下は確認されなかった。

8. 各鉄道軌道・地盤変位

各鉄道の軌道変位については、相対変位量で管理することとし、営団日比谷線±3.5mm、JR 貨物線±9.0mm、JR 常磐線±5.0mm を一次管理値と設定した。その結果、シールド通過中においては、JR 常磐線で最大 3.6mm の沈下量を計測した（図-4 参照）。なお、各鉄道とも一次管理値を超えることなく掘進し、後続圧密沈下による影響で、シールド通過後、軌道整備を 5 回行ったのみである。

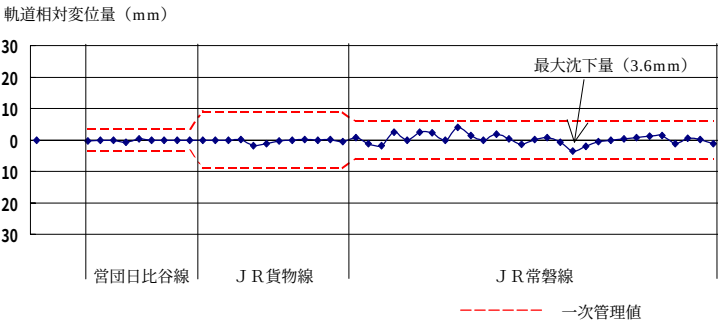


図-4 軌道相対変位計測結果

9. まとめ

営業線直下の軟弱粘性土区間を低土被りで、かつ、営業線に影響を与えることなく、掘進完了できた背景には、①適正泥水圧の確立（自然水圧+35kPa）、②事前防護による効果、③軌道計測値、地盤計測値及び掘進データの一元化管理、の3点が挙げられる。

10. おわりに

三ノ輪シールドトンネルが営業線に影響なく掘進することができたことは、事前の防護計画、計測計画、掘進計画策定及び施工中の各鉄道会社関係者の多大なるご協力とご理解によるものである。また、蛇足ではあるが、幅広セグメント（幅 1.5m）を使用したことで、コスト縮減及び工期短縮を図り、予定どおり平成 15 年 6 月に無事到達することができた。すでに、トンネル本体は完了し、平成 17 年秋の開業に向けて設備工事が進められている。

最後に、本報告が今後の営業線鉄道交差部施工工事の参考になれば幸いである。

参考文献

・(社)日本鉄道施設協会 平成 15 年度総合技術講演会（土木工事施工）講演概要集 2003 年 10 月 pp29-32

