

耐圧円筒を用いた高水圧下における大断面シールドの発進

(株)熊谷組 ○正会員 河越 勝 山上 享 芦沢 健 正会員 山口 哲司
東海旅客鉄道(株) 吉岡 直行 田村 崇 新倉 雄二 平井 祐貴

1. はじめに

本工事は、リニア中央新幹線の第一首都圏トンネル約36.9kmのうち約9.2kmの工区で、泥土圧シールド工法でトンネルを構築する。今回、シールドの発進において坑口部のエントランスパッキンを使わずに、鋼製の耐水圧円筒（以下「耐圧円筒」とする）を用いて施工を行ったので以下に報告する。

2. 工事概要

工 事 名： 中央新幹線第一首都圏トンネル

(北品川工区)

発 注 者： 東海旅客鉄道株式会社

施 工 者： 熊谷組・大豊建設・徳倉建設工事共同企業体

工事内容： シールド工（泥土圧シールド）

シールド外径 $\phi 14.040\text{m}$ 、セグメント外径

$\phi 13.80\text{m}$ 、セグメント内径 $\phi 12.60\text{m}$

施工延長 $L=9,200\text{m}$ 、土被り $D=35\text{m}\sim 90\text{m}$

地下水圧 $0.4\text{MPa}\sim 0.9\text{MPa}$

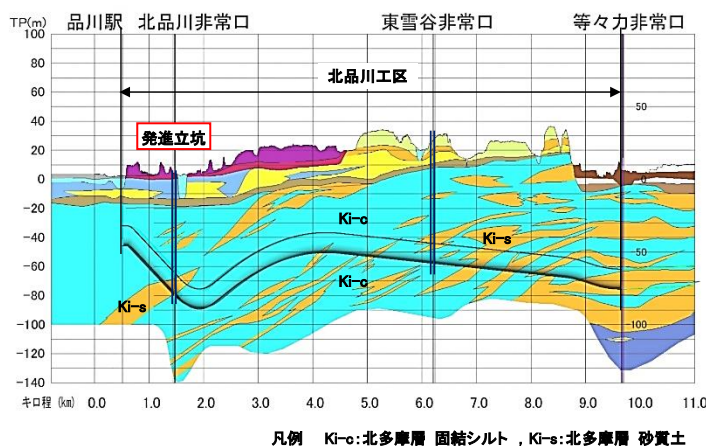


図-1 トンネル線形および土質縦断面図

3. シールド発進方法の検討

(1) 発進坑口の状況と課題

発進立坑（北品川非常口）の坑口部は土被りが約70mと過去に例が無い大深度であり、またシールド外径が $\phi 14.04\text{m}$ の大断面であるためシールドの下端部では 0.8MPa 程度の高水圧が作用する(図-1)。坑口の仮壁は直接切削可能なNOMSTを用いた厚さ1.3mの地中連続

壁である。

このような高水圧下ではエントランスパッキンを多段式にしたり、背面にエアーチューブを配置して坑口からの出水を防止するとともに、背面地盤に薬液注入等による地盤改良を行い、止水性を確保したうえで発進することが一般的である。しかし、本工事では立坑と隣接して実施している変電所の築造工事と干渉することから地上から十分な地盤改良を実施することができない。

(2) 耐圧円筒の検討

高水圧による出水リスクに対して、到達後の引き抜き作業に用いる耐圧円筒を発進側でも使用することを検討した(図-2)。

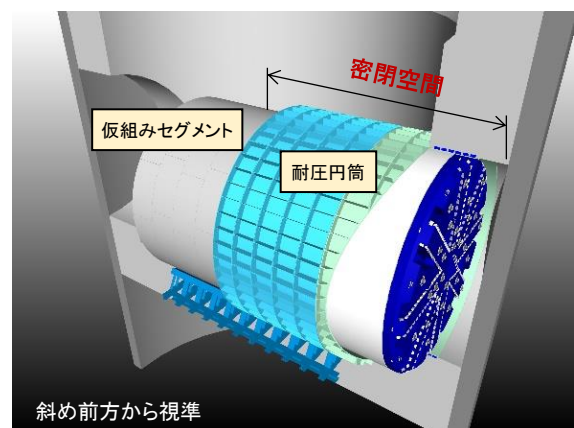


図-2 耐圧円筒

検討においては以下に示す過去のトラブル事例を参考とした。

(3) 過去のトラブル対策

シールド発進時のトラブル事例として、シールド機が半分ほどエントランスに入り先端が地盤改良範囲を通過したところで出水が発生したことがあった。急遽、裏込め材を注入して止水を行ったが、その後のエントランスパッキンの機能が期待できないとして、図-3のようにマシンテールを包み込むように鋼製の緊急止水枠を設置した。これにより掘進再開後は出水を完全に回避する事ができた。

キーワード： シールド, トンネル, 大断面, 高水圧, 発進, 耐圧円筒

連絡先： 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2-1 株式会社熊谷組 土木事業本部 シールド技術部 TEL 03-6387-8649



図-3 緊急止水栓

このような経験を踏まえ、エントランスパッキンの代わりに耐圧円筒（写真-1、写真-2）を用いる事を検討し採用した。

（４）耐圧円筒特有の課題と対策

耐圧円筒は止水性に優れる反面、シールド機やセグメントを拘束することにやや難点があると考えた。

・課題１：シールド機のローリング防止

エントランスから発進する際はシールド機のスキンプレートに鋼材を溶接し、進行に伴い切断する方法が一般的だが、耐圧円筒内では鋼材の切断作業を行うことができない。

対策として、シールドの受けレール位置に合わせて同時裏込め注入管を設置し、その突起をローリングストッパーとして使用した。

・課題２：仮組みセグメントの浮き上がり防止

耐圧円筒内は水を満たしての発進となるため、仮組みセグメントに浮力が作用し円筒内で浮上する。しかし、ワイヤー等で拘束する事ができない。

対策として、仮組みセグメント外面にあらかじめ袋を貼り付けておき、シールドが前進しセグメントがテールから抜けるタイミングで袋に早強タイプの裏込め注入材を充填して耐圧円筒内で固定した。

・課題３：耐圧円筒妻部の止水鉄板の追従性確保

仮組みセグメントと反力受け鋼材は切羽圧力と推力を受けて軸方向に変位する。しかし、耐圧円筒と仮組みセグメントは固定されているため、妻部の止水鉄板（図-4）にその変位に対する追従性が必要となる。

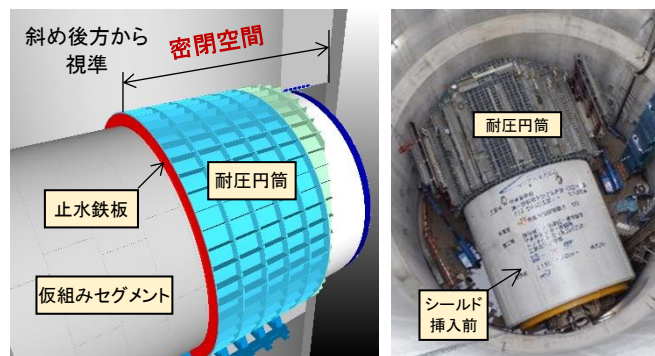


図-4 妻部止水鉄板

写真-1 立坑下配置

対策として妻部に可とうセグメントに用いる強化ゴム（写真-3）を使用し変位に追従させることとした。



写真-2 耐圧円筒

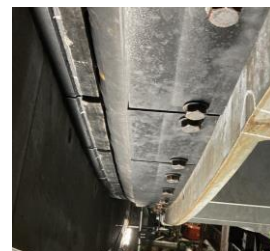


写真-3 可とうゴム

4. 施工結果

（１）耐水圧性能

発進前に耐圧円筒内の水圧を地盤内と同等まで加圧する水張り試験を行った。耐圧円筒を用いた場合、このように実際に仮壁を切削する前に、坑口やマシンテールからの漏水状況、および反力受けの状態を確認することができる。この時、坑口部に若干の漏水がみられたが、ここで止水処理を行い発進準備を完了した。

（２）セグメントの浮き上がり

シールドの前進に伴い若干の浮き上がりが発生したが、仮組みセグメントに貼り付けた袋内への裏込め注入により想定範囲内で浮き上がりは収束した。

（３）妻部止水鉄板の追従性

仮壁切削開始後、シールド推力を受けて反力受け鋼材と仮組みセグメントには計算値以上の軸方向変位が発生した。しかし、可とうゴムの許容変位量内で収束し、漏水は全く無い状態であった。

5. 考察および課題

耐圧円筒は高水圧のシールド発進に対して優れた止水性が確認できた。特に、シールド外面の突起やシールドテール部の段差などエントランスパッキンの隙間からの出水リスクを回避できたことも利点であったと考える。今回苦労した点として、シールドと同様の寸法の耐圧円筒とシールド機を立坑内で組み立てるため、その取り合いが難しく組立に時間を要したことが挙げられる。立坑が狭隘な場合は組立順序を十分に考慮した分割計画が必要と思われる。

6. おわりに

本稿では、高水圧におけるシールドの発進方法の一例を紹介した。今後の同様のシールド工事の計画・施工の一助となれば幸いである。