

帯水砂層内でのトンネル交差部補強

大成建設株式会社 正会員 ○大塚 勇, 小原 伸高, 小林 伸次, 岩野 政浩

1. はじめに

本プロジェクトは、ボスポラス海峡下の延長 13.6km 区間に沈埋トンネル、シールドトンネル、山岳トンネル、開削トンネルなどの各工法でトンネルや駅舎を建設する工事で、2013 年 10 月に開業しアジアとヨーロッパが鉄道で繋がった。本報告では、イスタンブールの都市部で掘削した大断面地下駅（シルケジ駅）にて、TBM によって掘削したトンネルと山岳工法（NATM）によって掘削したトンネルの接続、補強方法について述べる。

2. シルケジ駅の概要

図 1 にシルケジ駅の鳥瞰図を示す。今回の報告では、TBM で掘削した北エントランストンネル（以降、NE トンネル）と山岳工法で掘削した斜坑（スモール）（以降、ISS トンネル）の交差部について述べる。

シルケジ駅上部の地表には建物が密集しており築 30 年以上の古い建物が多く存在する。その直下に日本においても類を見ない複雑な構造のトンネルを都市部山岳工法にて施工することは非常に難しい工事であった。

3. 地形・地質

図 2 および図 3 にそれぞれのトンネルの地質縦断図を示す。地質は、岩盤部が砂岩、泥岩の互層で、破碎帯も一部含まれおり、全体的に弾性係数 150MPa 程度の軟岩である。また、岩盤の上部には、約 10m の厚さの砂層があり、さらにその上に、建物の瓦礫などでできた埋土層が 10～20m ほど分布している。この埋土層は、立坑掘削時に出現した時代毎の遺跡が何層も重なっており、非常に空隙が多い。交差部に近づくほど、砂層、埋土層が下がってきており、交差部は砂層の中を掘削する。地下水位は、地表から約 10m 下に存在する。

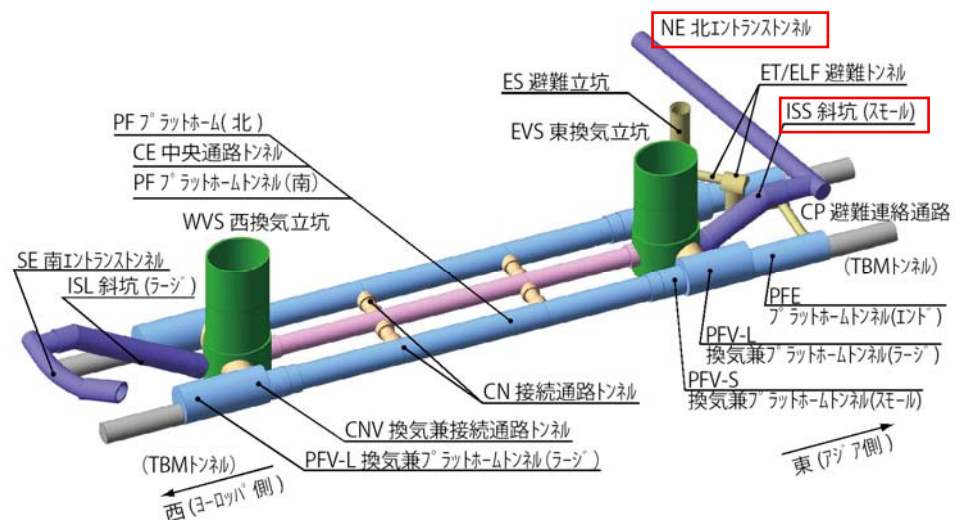


図 1 シルケジ駅鳥瞰図

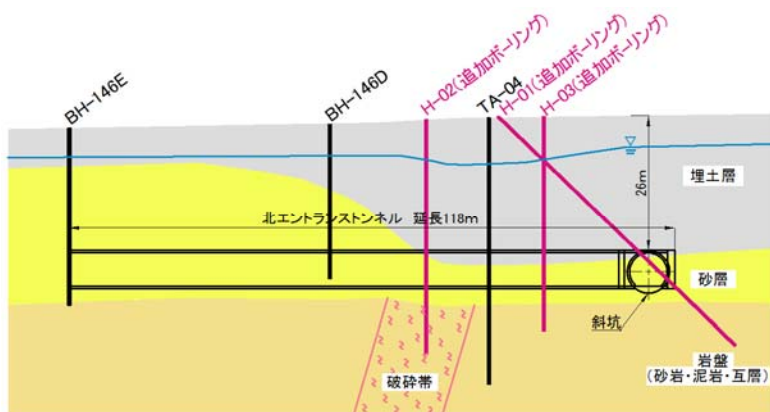


図 2 NE トンネル地質縦断図

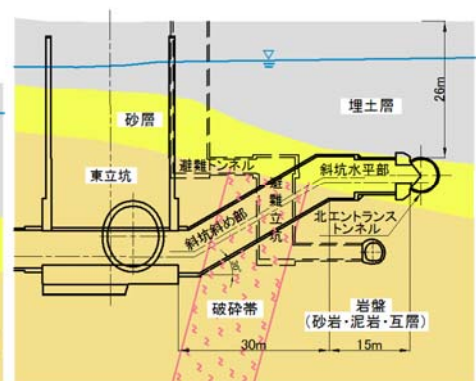


図 3 ISS トンネル地質縦断図

キーワード 交差, 止水注入, 帯水砂層, 都市 NATM, 小土被り, ウォータータイト

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設(株) 土木本部土木設計部 TEL 03-5381-5296

4. 交差部の施工方法 および補強方法

当初、NE トンネルは、山岳工法で構築することが計画されていた。しかしながら、追加で実施した地盤調査の結果より岩盤ラインが当初想定より低く砂層の中に建設されることとなった。また、山岳工法の掘削に伴い地下水位を低下させると地表面沈下を助長する懸念があり、山岳工法から TBM 工法への工法を変更した。延長約 120m で、掘削外径 $\phi 7.23\text{m}$ 、仕上がり内径 $\phi 6.40\text{m}$ の土圧式シールドマシンにより掘削する。セグメントは RC セグメントを基本とし、ISS との交点部はスチールセグメントとした。セグメント厚は 30cm で、セグメント長は RC セグメントで 1.4m、スチールセグメントで 1.2m である。

図 4 に NE トンネルと ISS トンネルの標準断面図を示す。ISS トンネルは内空径が 6.53m で掘削断面積は約 50m^2 、掘削延長は 15m である。

TBM 掘削が先に完了し、交点部では TBM セグメントに大きな開口 ($3.47\text{m} \times 8.53\text{m}$) を開けるため、セグメントの内側に鋼製の仮設リングを設置した(写真 1)。交差部は滞水砂層内であることから、掘削前に水ガラス系の止水注入を行った、TBM の坑内からと隣接する避難立坑から注入を実施した。その後、立坑側から斜坑を掘削し斜坑側からスチールセグメントを切断して開口した。接続部では図 5 に示すように、ISS トンネル側に本設の RC、SRC 構造の覆工を構築し開口部の荷重を本設構造に受替えた後に仮設の鋼製リングを取り外した。交点部の補強状況を写真 2 に示す。非排水構造であるため、本設構造物には水圧も考慮する必要がある。SRC 構造は剛性の高いリング構造とし、ISS トンネルの荷重だけでなく、NE トンネル開口部の荷重も RC 構造を介して負担するように設計して構造を決定した。

掘削時の湧水は滴水程度で、セグメント開口時および仮設リング撤去時のトンネル変形は数 mm 程度と小さく、大きな地表面沈下も発生せず無事に工事を完了することができた。

5. おわりに

今回の報告では、TBM トンネルと NATM トンネルを接続する施工方法および補強方法について述べた。

土被りが小さく、トンネル直上に住宅が密集しており、帯水砂層内を掘削するという厳しい条件であったが、施工時の湧水対策、補強対策および計測管理を行い、難しい交差部の工事を完成することができた。

このプロジェクトは、たくさんの方々に、多大なご指導を頂いた。最後に、この場を借りて謝意を表します。

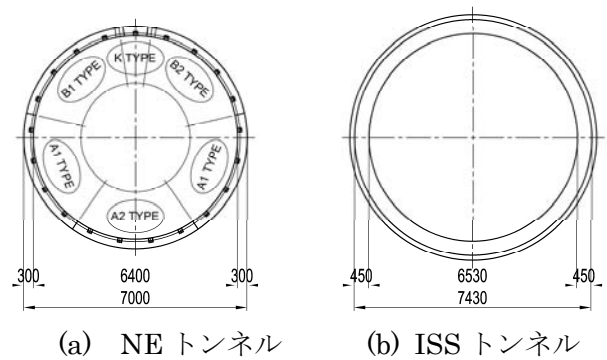


図 4 標準断面図

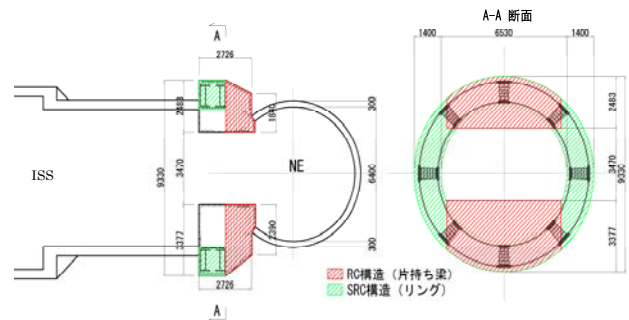


図 5 NE-ISS 交差部構造図



写真 1 NE-ISS 交差部施工状況 (NE トンネル側)



写真 2 NE-ISS 交差部施工状況 (ISS トンネル側)