

ボスボラス海峡横断鉄道トンネルのシルケジ駅における斜坑掘削について

大成建設株式会社 正会員 ○大塚 勇, 小林 伸次, 高原 郁恵, 多田 博光, 岩野 政浩

1. はじめに

本プロジェクトは、既存鉄道を近代化し、ボスボラス海峡下をトンネルで結ぶ全長 76km のイスタンブール大都市圏鉄道システムの向上を図るものである。そのうち 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が建設され、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、山岳トンネル工法によって掘削した大断面地下駅（シルケジ駅）の斜坑掘削について述べる。

2. シルケジ駅の概要

図 1 にシルケジ駅の鳥瞰図を示す。延長約 270m の 2 本のプラットフォームトンネルとそれらの間に中央通路トンネルがあり、トンネル壁同士の離隔は約 10m である。また、直径約 25m の 2 つの換気立坑は、2 本のプラットフォームトンネル、中央通路トンネルと斜坑が接続されており、4 つの大きな開口を有する。

シルケジ駅上部の地表には建物が密集しており、上部の既存建物は RC 造が全体の約 6 割であるが、その内の 70% は築 30 年以上の古い建物である。RC 造以外の建物はレンガ造りでその大半は築 50 年以上であり、その内には歴史保存登録のなされているものもある。その直下に近接する大断面トンネルを掘削するためには、情報化施工が不可欠であった。日本においても類を見ない複雑な構造を都市部山岳工法にて施工する難工事となっている。

今回の報告では、東立坑から上がって北エントランストンネルにつながる斜坑（スモール）（ISS）の掘削方法と対策工について述べる。斜坑は避難トンネル、避難立坑と近接しており、最接近部の離隔は約 1m となっている。斜坑にはシルケジ駅での乗降客用のエスカレータが設置されるため 30° の勾配となっている。

図 2 に斜坑の標準断面図を示す。ウォータータイト構造なので、円形トンネルとなっている。エスカレータの入る斜め部は、内空径が 8.25m で掘削断面積は約 73m²、掘削延長は 30m である。エントランストンネルと接続する水平部は内空径が 6.53m で掘削断面積は約 50m²、掘削延長は 15m である。

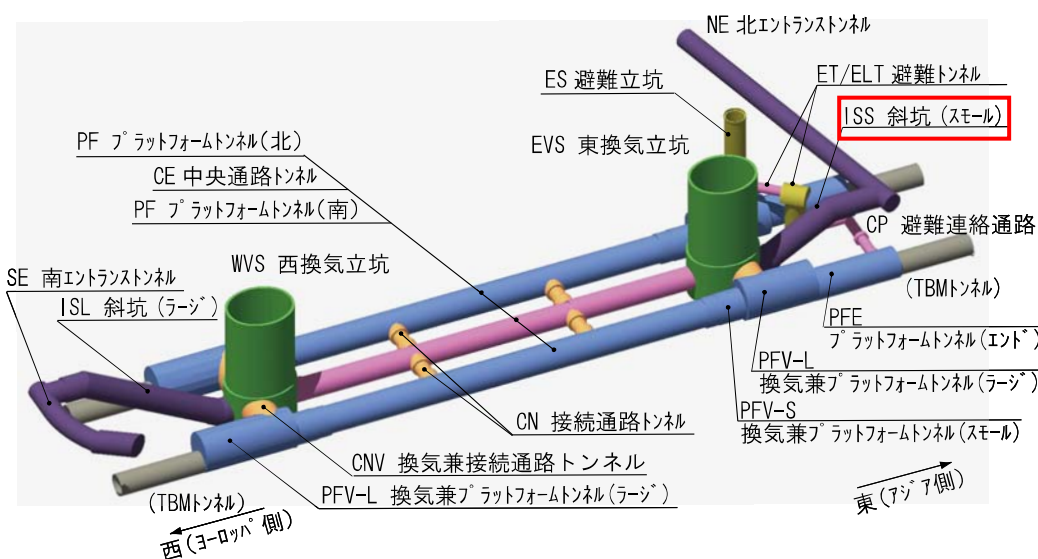
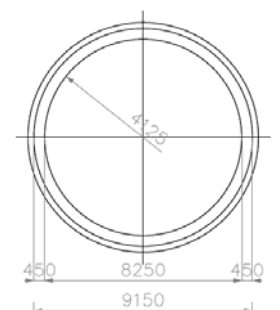
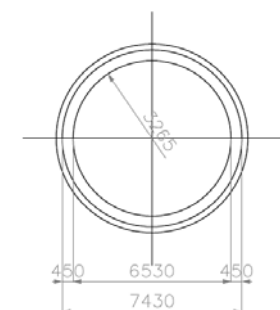


図 1 シルケジ駅鳥瞰図



(a) 斜め部



(b) 水平部

図 2 標準断面図

キーワード 斜坑, 止水注入, 埋土層, 砂層, 都市 NATM

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

3. 地形・地質

図3に斜坑の地質縦断面図を示す。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。エントランストンネル側にいくほど、砂層、埋土層が下ってきており、斜坑の水平部はほぼ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。

4. 施工方法および対策工

斜坑部水平部は滞水砂層であることから、掘削前に水ガラス系の止水注入を行った。斜坑近傍のエスケプトンネルと北エントランストンネルから注入を行った。

斜坑は東立坑から斜め上方に向かって掘削し、その後水平部を掘削し、北エントランストンネルと接続した。

斜坑の支保パターンは、鋼製支保工をH-150とし、吹付けコンクリート20cm、長さ4mのロックボルトとした。また、砂層部では、ロックボルトからの湧水を避けるため、ロックボルトは省略した。先行緩みを防止するため、長尺先受け工、長尺鏡ボルトを採用し、ピッチは地山に合わせ調整した。掘削断面は初期応力を低減するため加背を細かく分割した。東立坑から最初はセンター導坑で掘削したが、導坑を左側に移動し中壁工法に変更した。砂層内の掘削では全ての掘削断面で仮インバートによる断面閉合を行った。掘削状況を図4に示す。

砂層部の水ガラス系注入材による止水効果は良好であり掘削中湧水の出水は、一部のロックボルトから確認されたが、にじみ出る程度であり追加の対策工は不要であった。また、止水効果により砂層部の切羽の自立性は良好であった。

5. 計測結果

図5に地表面沈下の予測値と実測値の比較を示す。予測では約60mmの沈下が生じるという結果であったが、実測は約80mmであった。実測値は予測値よりも約20mm沈下量が多くなったが、沈下の生じる範囲が広がっており、傾斜は予測とほぼ同程度である。沈下量が大きくなった理由として、埋土層の空隙が大きく、この層が圧縮しているものと考えられる。地中変位計にも、この圧縮挙動は観測されている。

6. おわりに

今回報告した海外での斜坑掘削の事例が、他の類似する工事の参考になれば幸いである。

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。

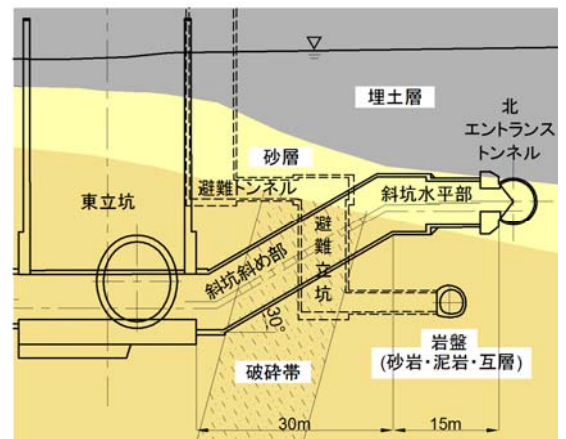
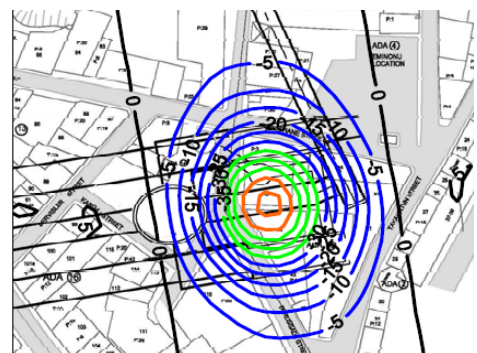


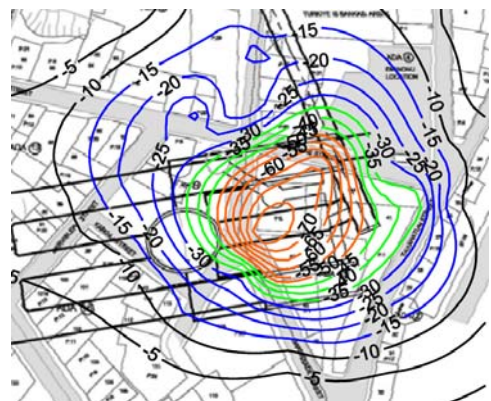
図3 地質縦断面図



図4 掘削状況（上半後行坑掘削）



(a) 予測値



(b) 実測値

図5 斜坑掘削による地表面沈下