

交流のひろば/agora—crosstalking—



フィリピン初の地下鉄シールドトンネル (マニラ地下鉄) の建設業務

マニラ地下鉄建設所 CP101 工区

安井 充・佐々木 直之・田上 達之

フィリピンの首都マニラにおいて、深刻化する交通渋滞に対応すべくフィリピン初の地下鉄工事「Manila Metro Subway Project (マニラ首都圏地下鉄事業)」が進んでいる。当社 JV は本事業の北端部に当たる先行開業区間「CP101 工区」の施工を担当し、車両基地と 3 駅舎、ならびにそれらを結ぶ計 6 本 (上下線各 3 本) のシールドトンネルの建設に従事している。本工事は、フィリピン初の地下鉄建設プロジェクトとしてマニラ首都圏民の注目を集め、渋滞解消の切札として大いに期待されている。現在工事は最盛期を迎えており、引き続き、確実かつ安全に施工を進めると同時に、質の高い交通インフラを構築・提供することで、フィリピンの発展に寄与していく考えである。

キーワード：フィリピン、マニラ、マニラ地下鉄、地下鉄駅舎、シールドトンネル

1. 事業概要

フィリピン国のマニラ首都圏は 620 km² という比較的小さな都市地域であるにも関わらず、毎年人口増加しており、2020 年には約 1,300 万人に達している。その結果、他のアジアのメガシティと比較しても、マニラ首都圏の人口密度は非常に高い値となっており (ほぼ同じ面積の東京 23 区では 15,000 人 / km² に対しマニラ首都圏では 21,000 人 / km²)、都市への急速な人口集中は、持続的な都市開発の脅威となっている。

また、環状・放射状道路、高速道路および軽量軌道交通 (LRT) といった首都圏内の運輸・交通網は徐々に整備されていっているが、増大する交通需要を満たすことができず、むしろ交通渋滞は深刻化し、同国の国際競争力を低下させる要因となっている。

本プロジェクトは、増加する輸送需要に対応し深刻な交通渋滞の緩和に寄与することを目的としたフィリピン初の地下鉄工事を含むマニラ首都圏地下鉄事業 (全長 33.1 km) となっている。

2. マニラ地下鉄 CP101 工区の概要

清水・フジタ・竹中土木・EEI JV は、図-1 に示したマニラ首都圏地下鉄事業のうち北側の部分開業区間 (以下「CP101」、約 7.3 km) となっている。工事内容は、車両基地および地下鉄駅舎 3 駅、地下移行部

開削トンネル 360 m、および駅間の 6 本のシールドトンネルの総延長は 9.4 km になる (図-2)。

契約工期：2019 年 12 月～ 2030 年 7 月 (127 箇月) 予定
発注者：フィリピン運輸省

(Department of Transportation ; DOTr)

施工管理：オリエンタルコンサルタンツグローバル JV

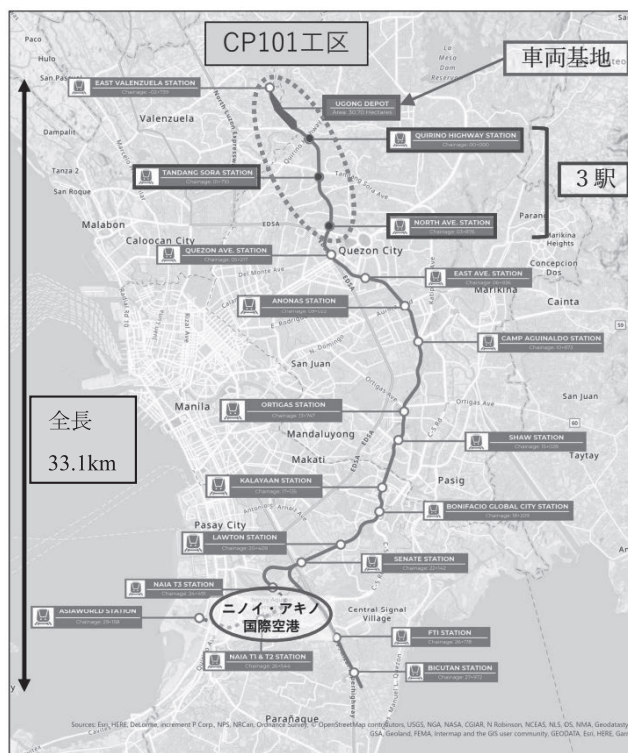


図-1 マニラ首都圏地下鉄事業概要図



図一 2 CP101 工区概要図

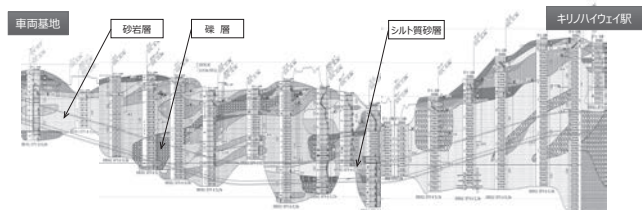
請負業者：清水・フジタ・竹中土木・EEI JV
 (EEI はフィリピンの大手建設会社)
 契約方式：設計施工ランプサム契約
 契約約款：JICA Standard Bidding Documents
 (2015 年 Trial Version)

3. 土質条件

当工区の土質状況は、表層の堆積土層（厚さ 1.5 ～ 4.5 m 程度）を除けば、凝灰質砂岩・シルト質岩が主体の軟岩層であり、地盤条件は比較的良好と言える。

ただし、一部に礫層や、軟岩でも固結度の低い層が介在しており、注意が必要である。

- ・軟岩層の一軸圧縮強度は 1 ～ 13 MPa までばらつきがあるが、多くのサンプルは 2 ～ 7 MPa の範囲に入っており、平均値は 5 MPa 前後である。
- ・地下水位はボーリングごとのばらつきが非常に大きく、信頼性に乏しい。フィリピン国内の見知および周辺工事の状況から鑑みるに、帯水層は駅舎より深いと想定されるが、設計においては、対象構造物近傍のデータを参照しつつ、安全側の設計となる水位を見込んでいる（図一 3 参照）。



図一 3 土質概要図（車両基地～キリノハイウェイ駅間）

4. 地下鉄駅舎建設

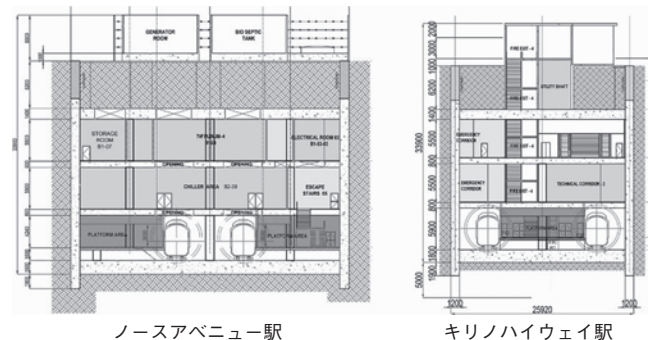
駅舎は 3 駅すべて地下 3 階構造で、地中連続壁を本設壁とする逆巻工法で施工する（図一 4、5 参照）。ただし、駅舎端部においてはシールド発進および到達のエリアとなるため順巻き（山留め支保工）で施工を行う。

3 駅のうち、タンダンソラ駅は、現地幹線道路であるミンダナオ通りの中央に常設作業帯を確保し建設する（図一 6 参照）。

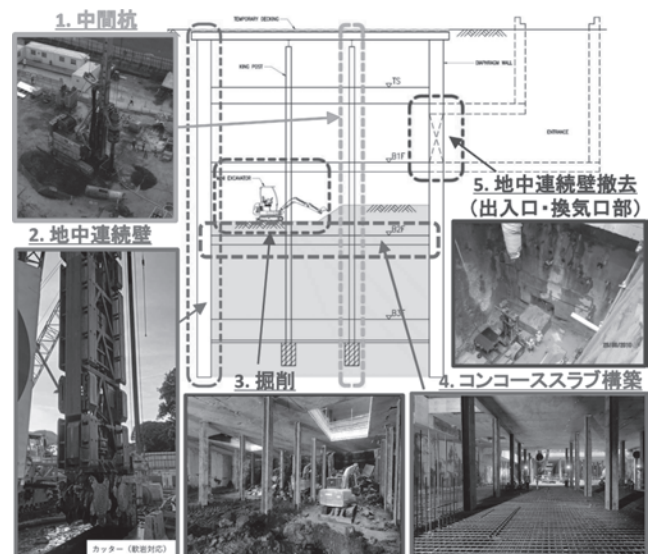
また残り 2 駅（キリノハイウェイ駅およびノースアベニュー駅）はミンダナオ通り沿線の民地を収用し建設する。

(1) 既設建物の撤去および道路切廻しと作業帯確保
 道路中央に常設作業帯を確保するタンダンソラ駅では工事期間中の渋滞悪化を回避すべく、道路両側の土地を収用し道路切廻しとしている。

ケソン市内幹線道路である、ミンダナオ通りの交通流動性を阻害しないよう、原則 4 車線確保が求められる



図一 4 各駅の標準施工断面図



図一 5 逆巻工法 施工ステップ・写真

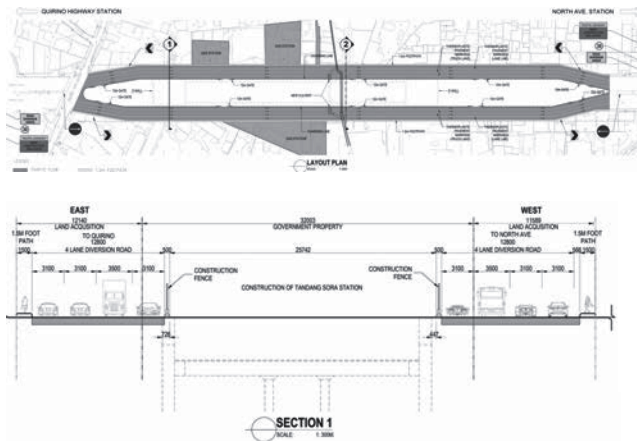


図-6 タンダンソラ駅・迂回路計画図

ている。道路管理者・交通管理者協議の上、北行き・南行き共、トラックレーン（大型車両専用）を含む4車線の迂回道路を設置し、中央常設作業帯を形成する。なお施工に伴う土地収用および建物の解体・撤去はフィリピンと日本の政府間協定により客先所掌となっている。

(2) 地中連続壁

各駅舎本体壁は地中連続壁により施工する。ノースアベニュー駅の地中連続壁は厚さ1.2m、深さ28.9m～30.6mで、標準パネル長を6.9mと7.2mとして施工した（写真-1参照）。

掘削は機械式のバケットタイプとカッター（軟岩対応）を各1台ずつ使用し、各パネルの継手は止水ゴム板付きストップエンド（仮設鋼製妻枠）方式を基本とした。

(3) 掘削工事

天井スラブ施工までの、覆工掘削・1次掘削においては、リップルドーザーによる掻き起しと、ジャイアントブレイカー、1.0m³バックホウ併用での掘削積み込みを計画し、実施している。

天井スラブの路下掘削においては、空頭制限および、中間杭配置による側方制限を考慮して、0.45m³級ショートリーチ・バックホウ・ジャイアントブレイカーを準備し、ショートリーチブレイカーによる粉砕と、ショートリーチ・バックホウによる掘削・排土を計画している（写真-2、3参照）。

路下から、地上部への揚土は、4～5m³のベッセルと油圧クローラークレーンで行っている。

(4) スラブの施工

スラブの施工は逆巻工法で天井スラブ・コンコーススラブ・ベーススラブの順に施工する。



写真-1 ノースアベニュー駅 地中連続壁施工状況



写真-2 ショートリーチ・バックホウ

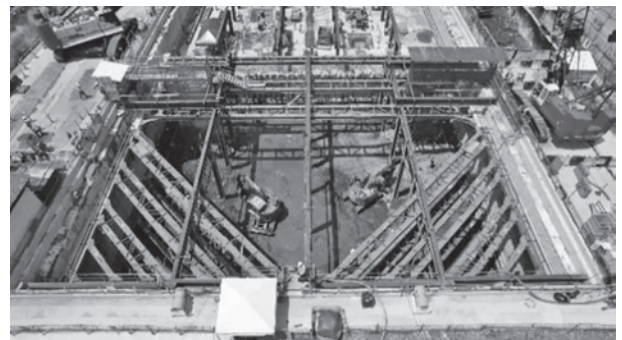


写真-3 発進立坑掘削状況（順巻き施工部）

天井スラブ施工後にその上部を路面覆工板の設置により施工エリアを確保する予定である。

5. シールドトンネル建設

駅間の2連トンネルは地下鉄工事ではフィリピン初となるシールドトンネル工法で施工する。

トンネルの内径は6.1mで、3区間トンネルの延長は片線4.75kmの総延長9.4kmとなる。

トンネル掘削対象地盤のほとんどが、N値50以上の凝灰質砂岩およびシルト質岩で、トンネルの土被りが3.0m～27.2mである。

(1) シールドマシン

TBMについては土圧式のシールドマシン6台を使用する(写真-4参照)。

このTBMは日本で製作し製作後にTBM胴体を6分割して海上輸送し、現地ですば再度組み立てを行う。

地下移行開削トンネルの南側端部から2台、2駅端部からそれぞれ2台が発進する(図-7参照)。

またTBM1、2号機の発進にあたっては、マルコス大統領をお招きして2023年1月9日に発進式典を開催した(写真-5参照)。



写真-4 土圧式シールドマシン(工場検査時)

(2) 掘進進捗

TBM1は2023年7月に掘削を開始し2024年9月に到達、TBM2は2023年2月に掘削を開始し2024年8月に到達している。TBM3は2024年10月に掘削を開始し165mの掘削を完了、TBM4は2024年3月に掘削を開始し375mの掘削を完了している(2025年1月末時点)。TBM5・6は2026年の掘削開始に向けて準備を進めている(図-8参照)。

(3) セグメント

セグメントは厚さ30cm、幅1.5mのRCセグメントとし、施工場所であるケンソン市郊外の工場で製作している。

またセグメントの性能試験としては、セグメント曲げ試験・推力試験、グリッパー引抜試験も同工場内で試験機器を設置して500リングごとに実施している(写真-6参照)。

今後も、各TBMが順次発進し掘進・到達の作業を繰り返すことになるが、シールドトンネル工事経験のないフィリピン人作業員やJVスタッフ達を教育・指導しながら施工を進めている(写真-7参照)。



図-8 シールドマシン掘進進捗

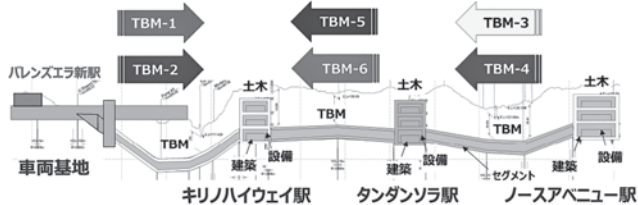


図-7 シールドマシン掘進方向

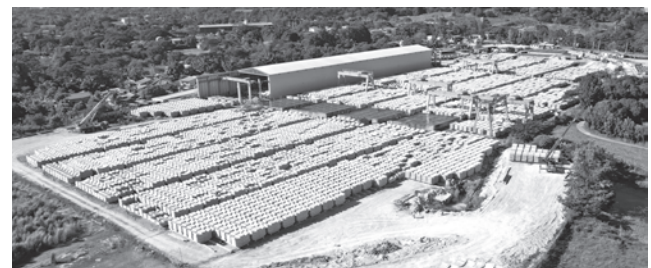


写真-6 セグメント・ストックヤード

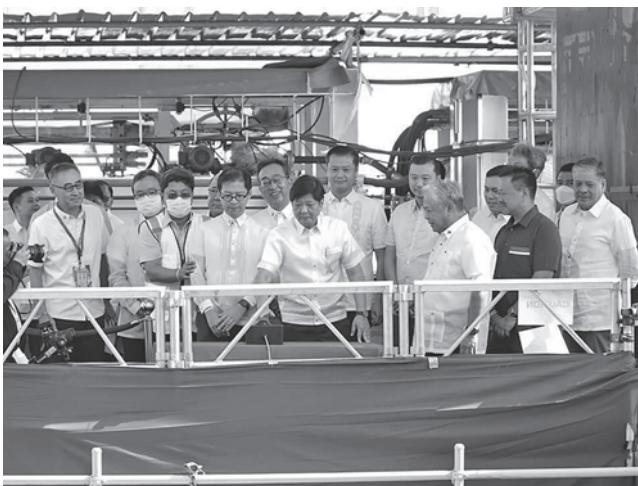


写真-5 シールド機組立式典

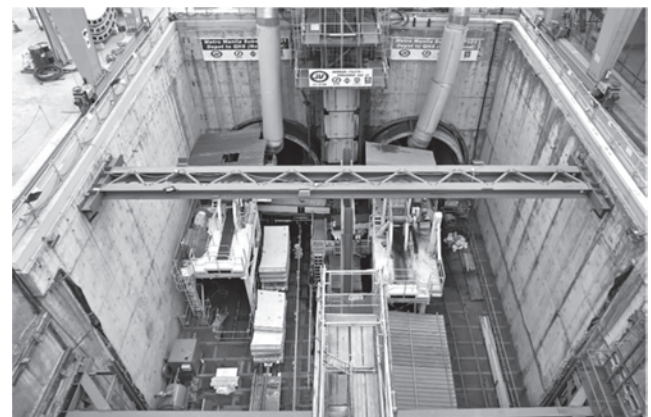


写真-7 デポ・発進立坑(TBM1,2本掘進時)



図一 9 駅・車両基地完成予想図

6. 車両基地（建築）

CP101 北端部に位置する 28.8 ha の広大な面積に、フィリピン鉄道研究所、トレーニングセンター棟、運行管理センター棟、整備場、作業棟など主要 5 棟を含む設備を施工する計画である（図一 9 参照）。

7. 設計

(1) 設計体制および設計基準

当 JV では設計コンサルタントとして日本工営・日本シビックコンサルタント・八千代エンジニアリングの共同企業体（以下日本工営 JV）と契約し、土木、建築、設備の詳細設計を行っている。企業体単独ですべての設計が行えることは各部門の調整を行う上で有利に働くと考え国際的な経験と実績より決めた。また、本工事では、設計結果の第三者承認が要求されており、台湾に拠点を置く MAA 社と別途第三者コンサルタント契約を行っている。

本案件は、JDT（JICA Design Team）が基本設計を実施していたが、我々 JV が設計助言として設計段階より提言を実施した。設計基準については、駅舎土木、トンネル、デポ内の鉄道土木構造物に対しては鉄道構造物等設計標準・同解説を基本としている。また建築、設備、上記以外の土木構造物は、フィリピン基準を基本とするが、地下鉄固有の設備／施設は日本基準もしくはその他の国際基準を適用している。

(2) 設計施工の特徴を生かした柔軟な設計対応

・設計助言による基本設計の変更

設計助言においては、早期開業に向けた工期の短縮が最大の課題であった。CP101 の全体工期を少しでも短くすることを目的として、工事数量および工種の削減を図るべく、基本設計に以下の変更が加えられた。①キリノハイウェイ駅、ノースアベニュー駅の 2 駅は当初は地下 4 階で計画されていたが、地下 3 階に変更された。また、ノースアベニュー駅は曲線区間に配置されており、駅舎も曲線部を有する変則的な平面形状であったが、階層数の見直しと同時に線形も見直され、その結果、シンプルな長方形となった。②同様に線形計画の見直しにより、渡り線を設置するために工区内の数カ所に計画されていた NATM（複線トンネル）がなくなり、TBM（単線トンネル）のみとなった。渡り線はノースアベニュー駅内に配置され、これにより同駅での折り返し運転が可能となっている。

8. おわりに

フィリピンで初の地下鉄という事でマニラ首都圏民に注目され、また渋滞解消の切札として大いに期待されている。

2024 年 12 月時点で工事は進捗 40% で本工区の最盛期を迎えている。スタッフは日本人、第 3 国人、フィリピン人で構成され作業員を含めると 2,000 名体制で一丸となり臨んでいる。

海外インフラ事業にて中国等との国際競争が激化する中、本工事を確実に遂行し“質の高いインフラ事業”を実現することにより、日本資金プロジェクトおよび日本の建設会社の存在感をさらに高めていく所存である。

JICMA

【筆者紹介】

安井 充（やすい みつる）

清水建設(株)

土木国際支店 マニラ営業所

マニラ地下鉄建設所 CP101 工区

佐々木 直之（ささき なおゆき）

清水建設(株)

土木国際支店 マニラ営業所

マニラ地下鉄建設所 CP101 工区

田上 達之（たがみ たつゆき）

清水建設(株)

土木国際支店 マニラ営業所

マニラ地下鉄建設所 CP101 工区