

シールド工事における坑内位置管理システムの活用事例

村本建設株式会社 東京支店土木部 正会員 植田 稔, 先崎 和範, ○高野 陽祐

村本建設株式会社 技術開発部／正会員 林 学，技術部／村山 恭一

株式会社 NSD 増田 耕二

1. はじめに

東京都下水道局発注の第二桃園川幹線（その1・その2）工事は、桃園川幹線流域における、1時間50mm降雨に対応した施設整備で、内径2600mm、延長約4.3kmの泥土圧式シールド工事である(図-1).

シールド坑内の軌条が単線のため、土砂搬出用のズリ台車とセグメント台車を、路線内で入替通行する必要がある。シールド工事の生産性向上のためには、走行台車（ズリ台車とセグメント台車）の効率的な運用が重要となる。当現場では、シールド管路内の走行台車の効率化を図るため、坑内位置管理システムを構築した。本稿では、坑内位置管理システムの活用事例を報告する。

第二桃園

図-1 第二桃園

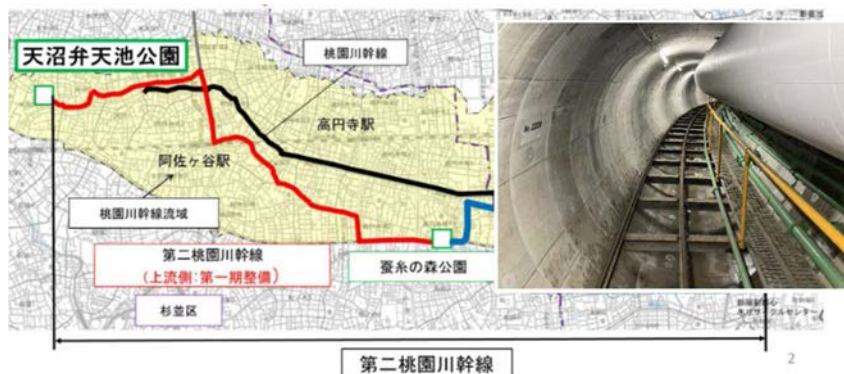


圖-1 第二桃園川幹線(概要)

2. 坑内での位置管理方法

屋外における人員や建設機械等の位置は、GPSにより把握できるが、シールド坑内などの電波が届かない地下ではGPSによる測位は困難である。一方、屋内では、Bluetooth信号を使った端末（ビーコン）により測位することも可能であるが、詳細な位置特定を行うためには、多数のビーコンが必要となる(図-2)。また、スマートフォンのセンサ（加速度計やジャイロ）を用いて位置を割り出す方法（自立航法）もあるが、誤差の累積により、正確な測位は困難である(図-3)。このため、当現場では、ビーコンとスマートフォンセンサのそれぞれの長所を組み合わせた位置管理システム「トラッキングナビ」を採用し、シールド坑内での人員や走行台車の位置管理を行った。

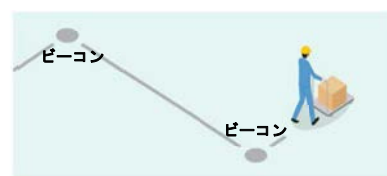


図-2 ビーコン単独の場合

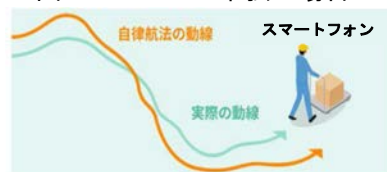
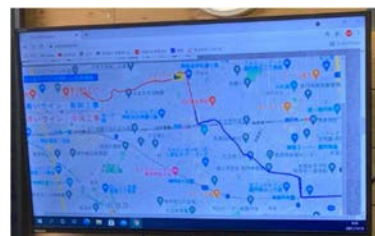


図-3 自律航法単独の場合



3. 「トラッキングナビ」システム概要

「トラッキングナビ」は、スマートフォンのセンサによる自律航法による誤差をビーコンで補正することで、正確な位置を把握する測位管理システムである。スマートフォンを搭載した走行台車や人員が坑内で移動する際に、軌跡データをクラウド上に蓄積すると同時に、現場事務所の PC モニターに現在位置をリアルタイムに表示させることで、位置管理を行った(写真-1)。システムの概要は、次のとおりである。

写真-1 トラッキングナビモニター表示
(引用元：Google 社「Google マップ」)

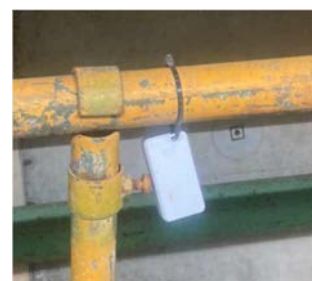


写真-2 ビーコン



写真-3
スマートフォン

■ビーコン(写真-2)規格 beacon03V0/坑内設置総数 210 個 (約 20m
に 1 か所) ■スマートフォン(写真-3): Android-11 (sim 無, Wi-Fi 通

信有) /運搬台車用 2 台, 作業者用 7 台 ■坑内 Wi-Fi 無線式/坑内設置個所総数 42 個 (約 100m に 1 か所)

キーワード シールド工事、坑内位置管理、トラッキングナビ、生産性向上、ダイヤグラム

連絡先 〒543-0002 大阪市天王寺区上汐 4-5-26 村本建設株式会社 TEL：06-6772-8208

4. 坑内位置管理システムの活用例

(1) 走行台車の位置表示による作業効率の向上

シールド坑内の人員や走行台車の位置を PC モニター上で随時確認できるため、平均移動速度により切羽や発進坑口までの到着時間を正確に予測できる。これにより、次作業までの待機ロスが最小限となり作業の効率化が図れる。(図-4)に PC モニターへの表示例を示す。

(2) ダイアグラムによる入替計画と作業の見える化

ダイアグラムは、鉄道の運行計画等を行う際に用いる線図であり、列車の行き違いや所要時間、停留時間を一目できる特徴がある。当現場では、走行台車を効率的に運用するために、ダイアグラムを用いたモデルケースによる入替位置の比較選定(シミュレーション)を行った。施工条件は、延長 4km、台車走行 133m/分、切羽作業 50 分、立坑作業 30 分、6 リング/日とした。入替位置が異なる 3 ケース (2.0km、2.5km、3.0km) のダイアグラムを(図-5)に示す。多曲線(58 箇所)となる当現場での入替位置は、モデルケースの中で作業時間が最も短く、曲線の影響を受けない 2.5km の位置を最適として選定した。

坑内位置管理システムでは、移動軌跡をデータで記録することができるため、このデータを用いた走行台車のダイアグラムにより実作業の管理を行った。

一例として施工リング数異なる 6 月 13 日と 14 日のダイアグラムを(図-6)、(図-7)に示す。実際のシールド工事では、切羽位置の日々延伸や曲線施工に伴う日進量低下などにより前述のモデルケースに一致しない場合が多いが、坑内位置管理システムにより得られた台車速度や作業時間のデータを基に作成したダイアグラムは、一日の作業履歴が一目できるため、以降の作業を効率化するための資料として有効に活用できる。

5. まとめ

当現場で、坑内位置管理システムを活用した場合の効果と課題は次のとおりである。

- ・台車の走行場所がリアルタイムに表示されることで、台車到着時刻の予測精度が向上した。
- ・台車位置を見える化したダイアグラムは、以降の作業を効率化するためのデータとして有効に活用できる。
- ・坑内作業者の位置と滞在時間が記録として保存されることで、時間と場所による労務管理が可能となる。
- ・スマートフォンに代わるリストバンド等のウェアラブルデバイスの開発が望まれる。

(以上)



図-4 PC モニターへの表示例

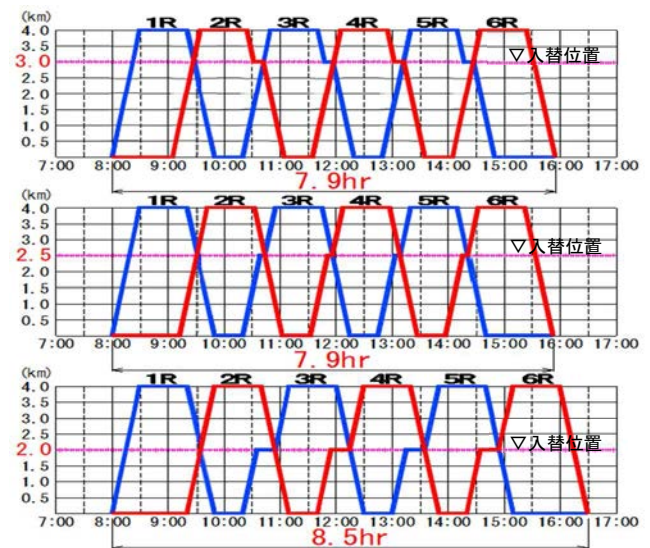


図-5 ダイアグラムを用いた入替位置比較

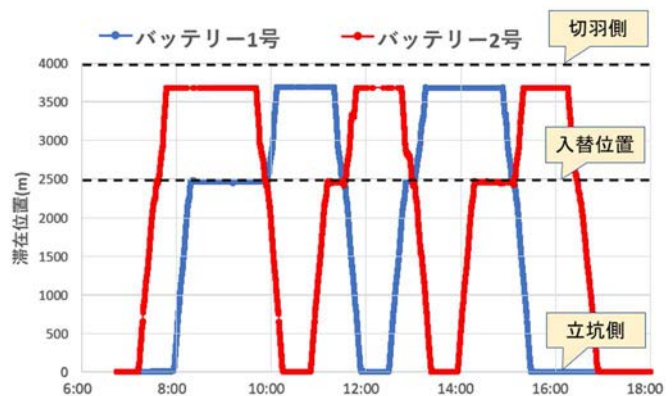


図-6 6月13日走行台車ダイアグラム

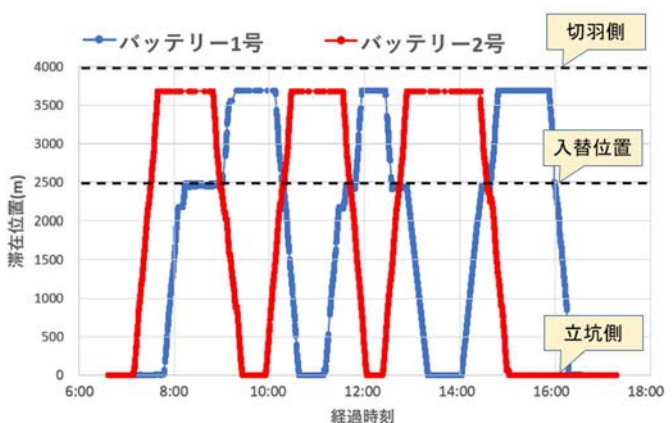


図-7 6月14日走行台車ダイアグラム