

既設ビルの直下を大断面シールドで掘削した事例

(株)大林組	正会員	井上	清彦
(株)大林組	正会員	中山	淳一郎
(株)大林組	正会員	山下	淳平
(株)大林組	正会員	○山下	健司

1. まえがき

ドバイメトロは、アラブ首長国連邦の1首長都市であるドバイで施工された総延長75.9kmにわたる壮大な鉄道工事である。当該工事では、シールドが杭基礎のビル（デナタビル：図-1）の直下を通過した。このビルは地上五階建てのRC構造物であり、航空会社の運営管理を行っている重要な構造物である。工事受注後、既設ビルの杭長が不明であり、シールドと干渉する可能性があることが判明し、杭長を調査する必要が生じた。ここではシールド通過前に行った杭長の調査、影響検討、および通過時の自動計測を用いた施工結果について報告する。

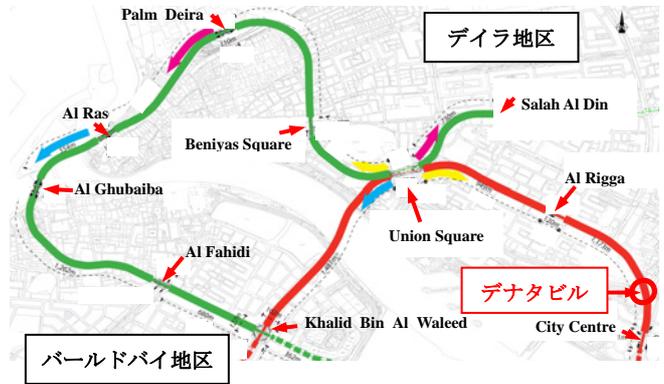


図-1 地下路線平面図

2. 施工計画

(1) 工事概要

工事名称 : ドバイメトロ
 発注者 : ROADS & TRANSPORT AUTHORITY (RTA)
 シールド : 土圧式シールド (外径φ9.560m, 機長10.665m)
 セグメント : RCセグメント (外径φ9.3m, 内径φ8.5m, 幅1.5m)
 掘削対象土 : 砂質土および砂岩

(2) 技術的課題

技術的課題は、シールドが通過するビルへの影響を抑制して掘進することであり、具体的には以下である。

- ビルの出来形図が完全に残っておらず、杭長が不明であったこと。従って、杭を確実に回避できる深度を特定する必要があった。
- 当該地盤のシールド掘削事例が初めてであり、ビルへの影響を適切な方法を用いて推定すること。

3. 杭長の調査

残っていた図面から杭の平面位置（図-2）、および杭径φ600mmのRC構造であることは判断できたが、杭長は分からなかった。杭長を正確に把握するために、ビルの所有者と協議をした結果、杭の調査を非破壊試験によって行うことに決定した。非破壊試験は、弾性波速度検層（PS検層）と磁気検層の異なる二種類の方法を実施した。弾性波速度検層は、土質調査の一種で動的弾性係数を調べるのに用いられるが、これを応用し、杭頭をハンマーで叩き、杭の真横に設けたボーリング孔に設置した受信機にて、その衝撃波を計測して、杭の長さを判定する方法である。一方、磁気検層は、地雷探査に使用されている金属探知機を使い、ボーリング孔の中に装置を入れて、杭中の鉄筋を感知することで杭長を判定する方法である。

(1) 磁気検層

杭はRC構造であったため、磁気検層を使って鉄筋の配置を確認することにし

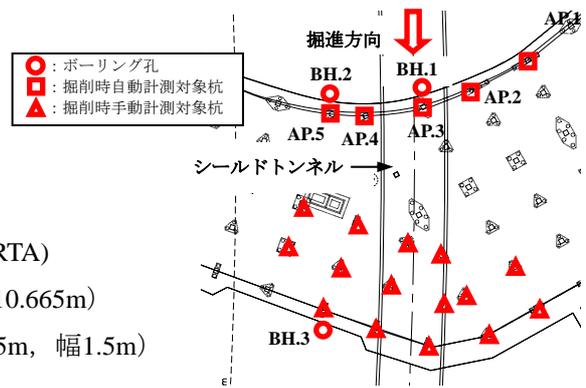


図-2 杭とシールドの平面位置関係

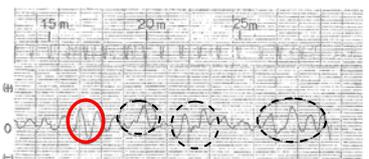


図-3 磁気検層結果 (BH.3)

た。ただし、磁気検層は、検出レベルの強弱が現れにくいこと、無配筋部の検出が行えないことから、あくまでも補足調査とし、弾性波速度検層の結果と著しい違いがないことを確認するために行った。磁気検層の結果を図-3に示す。図に示す通り、深度16m、19m、24m、27mで反応が見られた。検層の結果から、杭長は始めに強い波形を示した16mである可能性が高い。しかし、これは実際の杭長ではなく、杭中の鉄筋の最下端であり、コンクリートの打ち止め深さを考慮すると17m付近であると考えられる。

(2) 弾性波速度検層

弾性波速度検層は、精度を確保するため、杭周りを掘削し、杭頭を露出して杭に直接衝撃を与えた。計測結果を図-4に示す。図から深度17.5m付近でP波の走時グラフに変化点が見られたため、杭の深度は17.5mとした。これは前述の磁気検層の結果と矛盾していない。ただし、杭と計測装置を挿入したボーリング孔との離隔は1.5mであったため、離隔分の誤差を足し合わせた19mを最も危険側の杭長と考えた。

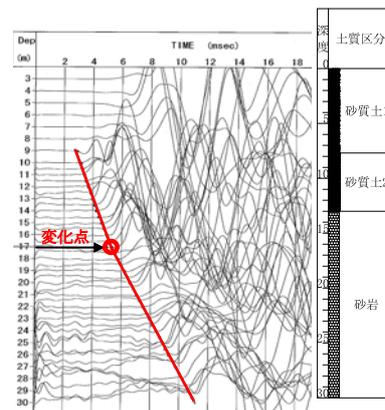


図-4 弾性波速度検層結果(BH.3)

4. 事前検討

計画時のシールドの土被りが17.6mであり、シールドが杭に干渉するため、縦断線形の変更およびビルへの影響を検討した。

(1) 縦断線形の変更

縦断線形は、本設軌道を許容縦断勾配いっぱいまで変更することとし、この結果、トンネルの土被りは25.7m、杭の下端との離隔は6.7mとなった。

(2) 既設ビルへの影響

既設ビルへの影響は有限要素法を用いて、地盤内に発生する地盤沈下量と杭に生じるひずみを計算した。解析結果を評価するために準拠した文献は、Settlement of buildings and associated damage; Building Establishment 1975で、この文献によるとRC構造物の健全性を確保できるひずみは0.15%とされている。解析結果から、杭のひずみが0.15%になる時の最大地盤沈下量は13mmあった。そこで掘削時の地盤沈下量を13mm未満に抑制することで、ビルへの影響はないと判断し、防護工は行わないとした。

(3) 自動計測

シールド通過に伴い、ビルの変位はトータルステーションを用い自動計測を行った。計測結果はインターネットを介して中央制御室に送信し掘進管理に反映させた。

5. 既設ビル直下の掘進結果

図-5に変位自動計測結果と掘進管理データを示す。掘進管理値は、既設ビル通過前にトライアル区間を設け、地盤沈下量との関係を解析し、既設ビル通過時の切羽圧を0.31Mpa、掘削土量を140m³、裏込注入率を130%に設定した。既設ビルの変位はシールドが計測点に近づくとともに、若干の隆起が見られ、その後シールド通過とともに沈下傾向に転じ収束していった。変位は±1mm以内の変動であった。切羽圧、掘削土量、裏込注入率はいずれも設定値どおり、ほぼ一定で管理できた。総推力は508リング付近から上昇する傾向であったため、515リング目から掘進速度を30mm/分に抑え、変位自動計測結果を注意深く監視しながら掘削を続けた。自動計測結果に問題が無かったため、徐々に速度を上げながら掘削を続けた。総推力が50,000kN～60,000kNの間で落ち着いたので、掘進速度を50mm/分に戻して掘削し、シールドを無事通過させた。

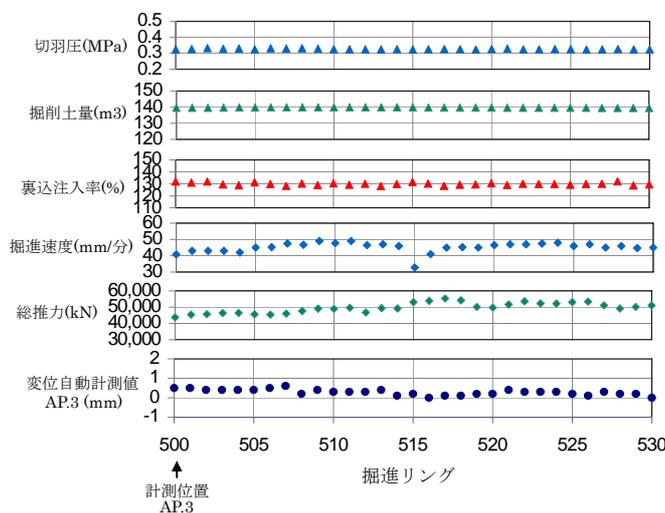


図-5 掘進データおよび自動計測の経リング変化

6. おわりに

既設ビルの直下をシールドで掘削する場合、事前に十分な調査、トライアル計測および影響検討を行うことで、防護工をなしで既設ビルへの有害な変状を生じさせることなくシールドトンネルを施工できることが証明できた。