

供用中高速道路トンネル直下の泥土圧式シールド掘進

西松建設㈱ 外環本線シールド出張所 正会員 ○中野 文彦
西松建設㈱ 地下鉄マリナベイ出張所 正会員 吉田 吉孝

1. はじめに

シンガポール地下鉄ダウンタウン線C929A工区に関する施工報告である。シールド1号機の初期掘進中および2号機の到達直前において、TS立坑より約40m離れた地点からKallang Paya Lebar Expressway（以下、KPE）と呼ばれる高速道路トンネルの直下（離隔約4m）を約36mにわたり直交交差する形で掘進した（図-1参照）。掘進にあたって、過小／過大な切羽圧あるいは裏込め注入量および注入圧による沈下や隆起とともに、構造目地からの加泥材や裏込め材の噴発が懸念された。

2. 土質概要

当工区の土質概要について、Old Alluvium層（以下、OA層）と呼ばれる洪積土が支配的となっている。OA層の一般的な特徴として、N値が高く、均等係数が10以上、細粒分含有率が20%以上であり、硬質で粒度分布が良く、自立性の高い過圧密地盤であるが、透水係数が $10^{-6} \sim 10^{-10}$ m/sと幅を持っているため、切羽圧の設定に注意を要する地盤でもある。また、N値50以上の砂質OA層は石英分を多く含む場合があるため、ビットの早期摩耗も懸念される。

3. トライアル計測

シールド1号機初期掘進時において、KPE直下におけるシールド掘進パラメータ設定のため、発進立坑からKPEまでの約40m区間にトライアル計測を3断面設けた。計測項目は地表面および地中沈下量であり、計測配置図を図-2および図-3に示す。なお、地中沈下量はシールド直上2mの位置を計測している。

各計測断面のシールド掘進による地盤変位の経時変化を表したグラフを図-4および図-5に示す。地表面沈下について、地中沈下量より大きい結果となっている。

X軸ゼロはシールド面板が計測断面に到達した状態を意味し、X座標が負の状態時に発生している沈下は先行沈下となる。また、シールドの機長が11mであるため、X座標がゼロから11m間に発生している沈下は機上沈下、X座標11mの直後に発生している沈下はテールボイド沈下となる。

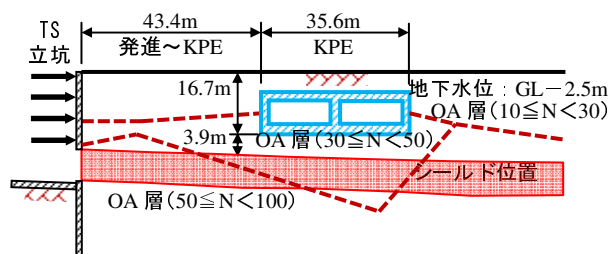


図-1 KPEトンネル付近縦断面図

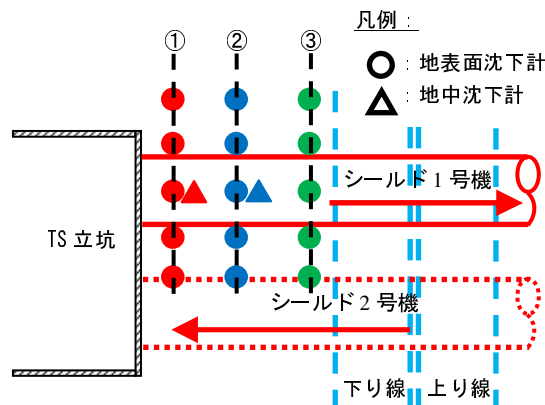


図-2 トライアル計測配置平面図

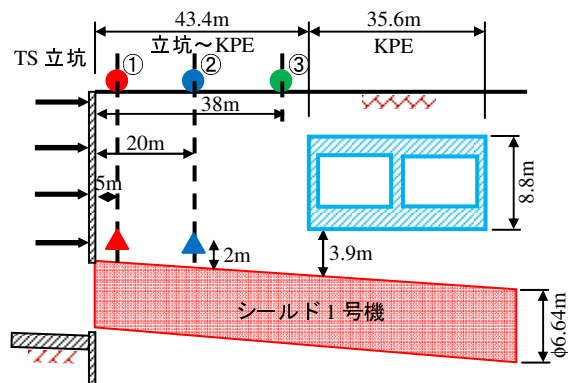


図-3 トライアル計測配置縦断面図

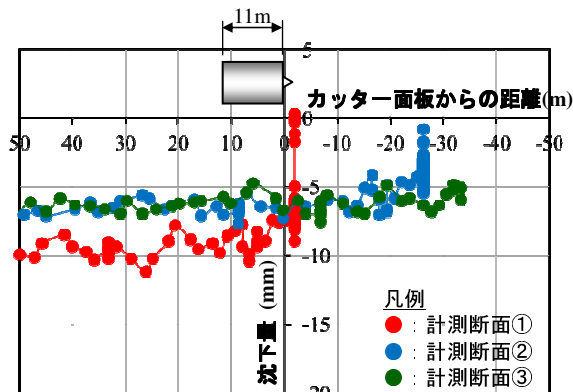


図-4 地表面沈下の経時変化

キーワード 泥土圧式シールド、近接施工、高速道路直下、地盤挙動、リアルタイム計測

連絡先 〒105-6310 東京都港区虎ノ門1-23-1 虎ノ門ヒルズ森タワー10階

地表面沈下について、発進立坑の掘削完了直後に計測が開始されており、トンネル掘進前に発生した沈下は立坑掘削による影響が現れた。即ち、グラフ上では先行沈下が発生しているが、切羽圧不足あるいは土砂取り込み過多に起因したものではないと考える。シールド発進から計測断面通過の間、地表面沈下量に顕著な変化は見られず、計測断面到達後における沈下もほとんど発生していない。

地中沈下に関しても、先行沈下が発生しているが、これも地表面沈下と同様、発進立坑掘削による影響であり、切羽圧不足あるいは土砂取り込み過多に起因したものではないと考える。機上沈下は0~2mm、テールボイド沈下は3~4mm、後続沈下はゼロとなっており、シールド掘進による沈下量は5~6mmである。

地盤沈下量の予測は、ボリューム・ロス（理論掘削土量に対する過掘り量）に基づいて計算し、シールド直上2mにおける地盤の最大沈下量は30mm（OA層は実績からボリューム・ロスを1%に設定）となる。トライアル区間での実測沈下量は5~6mmゆえ、実際のボリューム・ロスは0.2%であった。なお、トライアル区間における掘進パラメータは、切羽土圧200 kN/m²、ジャッキ速度15 mm/min、総推進力12,000 kN、裏込め注入量110 %、裏込め注入圧250 kN/m²を標準値として掘進管理を行った。

KPEトンネルへの影響は、シールド掘進によるボリューム・ロスが1%という条件で事前検討がされており、構造物としての沈下はシールド2本の掘進で8mmに収まると想定されていた（工事停止値は15mmの沈下）。このため、トライアル区間に採用した掘進パラメータを標準値とすることで、KPEトンネルへ悪影響は及ぼさないと判断した。

4. 道路トンネルの実挙動

プリズムおよび自動傾斜計がKPEトンネル内100m区間に設置されており（図-6、図-7参照）、シールド通過時はリアルタイム計測を行った。KPEトンネルの剛性を考慮した事前解析では2本のシールド掘進により8mmの沈下が想定されたが、両シールド共、KPEトンネルへの影響は1mm程度に収まっており（図-8は2台通過後の最終沈下挙動を示す）、また、両シールドの掘進方向は逆であるが、沈下挙動は同様であった。

5. おわりに

大断面構造物直下の掘進であり、想定以上の沈下が発生した場合の影響が非常に大きいため、対策工として、機上沈下抑制を目的とした中間充填材（クレーショック）の注入を実施した。また、土留め杭や中間杭といった予期せぬ障害物の撤去に備えるため、地盤改良（シールドからの注入が可能）を実施できる設備および体制を整えたが、実際に実施することはなかった。

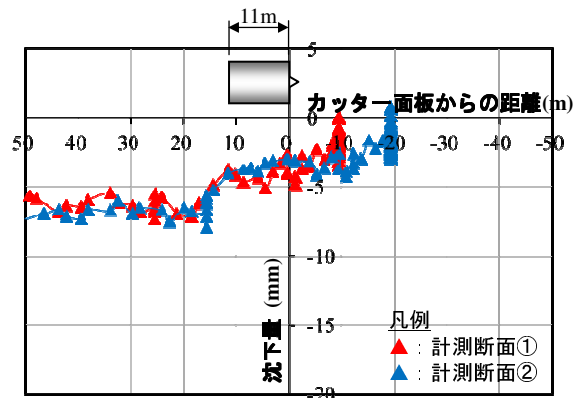


図-5 地中沈下の経時変化

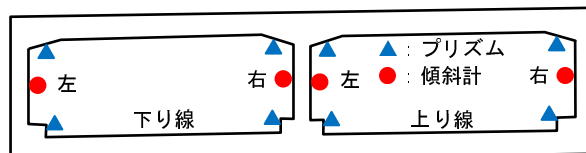


図-6 KPE トンネル自動計測横断面図

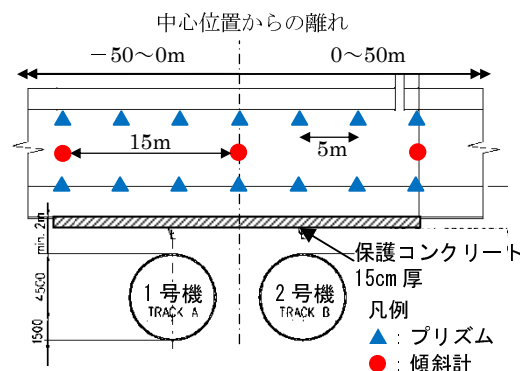


図-7 KPE トンネル自動計測縦断面図

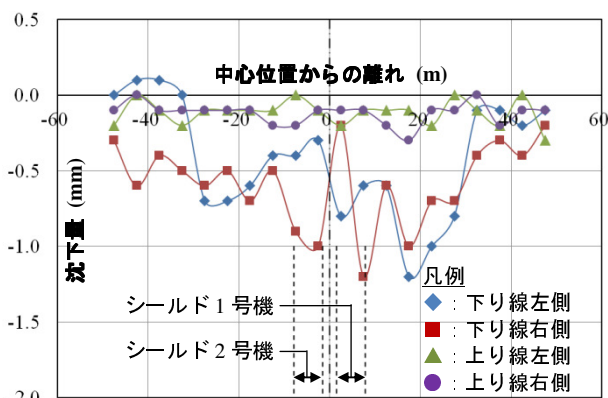


図-8 KPE トンネル自動計測結果