

## 地下鉄営業線を離隔 2.2m で下越した大断面シールドの掘進管理

大阪市交通局 正会員 島 拓 造 大阪市交通局 萬 木 昇  
 大阪市交通局 正会員 ○西木 大道 (株)大林組 正会員 河田 利樹  
 (株)大林組 正会員 東野 弘幸

### 1. 要旨

大阪都市再生環状道路の一環となる都市計画道路大和川線のうち、地下鉄御堂筋線(トンネル外径 6.8m. 以下「御堂筋線」という)との交差部において、直下をわずか2.2mの離隔(0.16D)で、マシン外径 12.54m の大断面泥土圧シールドが No.3 立坑でUターンし二回下越した。先行シールド(以下「先行」という)では崩壊性の高い砂質土層(Ds6層)がシールド上半に存在する地盤で、掘削外径とシールド外径の差に起因する通過時やテールボイド等に対する変状要因を克服し、御堂筋線の構造物変位を最大 2.1mm(隆起)に抑制することができた<sup>1)2)</sup>。後行シールド(以下「後行」という)では、先行の実績をふまえた切羽圧管理や振動対策等で御堂筋線構造物に対しさらなる影響低減を図り、工事全体を通じて大断面シールドの近接施工について多様な知見が得られた(図-1)。

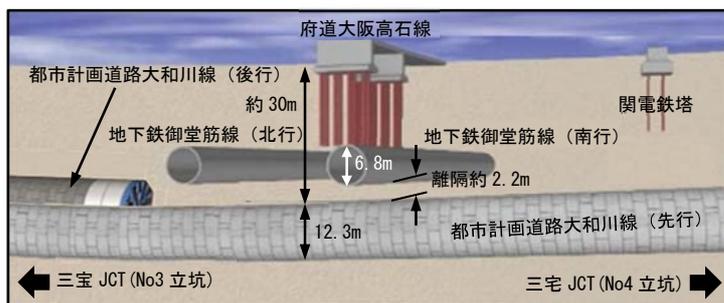


図-1 御堂筋線交差部 縦断面図

### 2. 先行結果をふまえた後行の掘進管理

先行では、御堂筋線の挙動を把握しながら切羽圧管理やチャンバー内の塑性流動管理等、厳正な掘進管理により地下鉄への影響を最小限に抑える精度の高い掘進実績を残した。しかしその中でも、先行の実績から表-1に示す課題について改善する余地があり、さらに後行では、先行の掘削の影響も考えると、より慎重な掘進管理と影響低減策を講じる必要があった。

表-1 課題と対策

	先行施工時の課題	考えられる原因	後行での対策	効果
①	シールド掘進停止中の切羽圧低下	圧力保持のために注入したベントナイト系加泥材との相性不良	カッターの地山への押し当てを採用	カッター前面に泥膜を形成しチャンバー内の漏気による切羽圧低下を抑制
②	砂質土区間のカッタートルク上昇	砂質土の切削抵抗および攪伴抵抗の増大	気泡注入のきめ細かい管理	地山及びチャンバー内の土砂性状に適した注入管理によりトルク低減
③	掘進に伴う周辺環境への振動発生(後行では民家が平面距離で2m以内に近接)	シールドジャッキに押し広げられたセグメントとシールドスキンプレートとの「せり」	シールドジャッキの当替え(振動測定値と連動)	押し広げ力の解放により「せり」を解消し、振動発生を抑制
④	御堂筋線の変位(隆起)抑制	切羽圧調整の遅れ	切羽圧の早期調整	御堂筋線の変位をさらに抑制

#### (1) 掘進停止中の切羽圧低下

掘進停止中は、ベントナイト系加泥材をチャンバー内に自動注入し加圧することで切羽を保持する「切羽圧力保持システム」を導入したが、当該地盤で注入すると掘進再開後に排土が噴発し、切羽圧が急激に低下するため使用できなかった。このため、発泡していない気泡溶液を注入しながら、排土せずに20~30mm程度前進して、チャンバー内を昇圧する「カッター押し当て」を実施し、土圧低下の回避を図った。

#### (2) 砂質土区間のカッタートルク上昇

先行の砂質土区間では、カッタートルク・アジテータトルクが増大し掘進速度低下の原因となっていた。そのため土砂流動管理技術や大断面気泡多点制御システムを使用し、排土状況に留意しながらカッタートルク・アジテータトルクの変動にも着目し、発泡倍率の変更・注入量の増減・注入位置の変更など1リング毎に操作を行った結果、カッタートルクは先行に比べ平均で10%程度の低減効果があった(図-2)。

キーワード 大断面泥土圧シールド, 近接施工, 掘進管理, 計測管理, 営業線直下

連絡先 〒550-8552 大阪市西区九条南1丁目12番62号 大阪市交通局 TEL06-6585-6723

(3) 掘進管理に伴う周辺環境への振動対策

掘削が進むにしたがい、振動レベルは徐々に増加し、ジャッキストロークが1.7m 付近になるとマシン構内の振動は急激に増幅し連続的に40dB を超える状態となった。原因は、ジャッキとスプレッドの偏芯によりセグメントが押し広げられシールドスキンプレートとせることで発生する振動であると考えられるため、ここで一旦掘進を停止し、ジャッキの当替えを行った。その結果、振動レベルは一気に低下し、掘進再開後も振動レベルを低い状態に保つことができた (図-3)。

3. 御堂筋線トンネルの変位

御堂筋線トンネルの鉛直変位は水盛式沈下計で自動計測した。先行では構造物の変状を抑制するため、隣接工区の実績等から、切羽圧を理論値より若干高めに設定し、御堂筋線の挙動を確認しながら掘進を行ったが、切羽圧調整のタイミングが早いほどトンネルへの影響をより抑制できる傾向があった。このため、後行ではさらにリアルタイムの挙動に着目し、切羽圧をその都度微調整しながら掘進を行った。先行時と同様に最初に交差する御堂筋上り線構造物は、切羽が接近する約30m 手前からやや隆起の傾向が見られたが、先行時にはなかった掘進を停止すると沈下するなどの挙動を示した。切羽圧力は0.45MPa (当初設定)

→0.46MPa→0.45MPa→0.44MPa といった再設定を繰り返して掘進を行った。このような慎重な切羽圧管理により、掘進するシールドマシンに最も近い位置に設置している上り線の計測 No.6 で0.7mm の隆起、下り線の計測 No5,6 で0.7mm の隆起が発生したが、先行と比較しても変位量は抑制することができた (図-4)。

4. まとめ

後行では、先行等の施工実績を踏まえた掘進管理により①カッタートルクの変動に着目し、添加材の発泡倍率・注入位置・注入量を1リング毎に調整した結果、先行に比べ平均で10%程度の低減効果があった。②先行同様、余掘り充填を十分に実施し通過時沈下を抑制し、また早期強度発現型の裏込め材使用によりテールボイド沈下を抑制した③振動対策や停止時の切羽圧保持など施工上の対策を加えた。④御堂筋線トンネルの挙動に対し、より迅速に対応して切羽圧力をコントロールした。これらにより御堂筋線トンネルを最大0.7mm の隆起に抑制することができ、大断面シールドトンネルの近接施工において多様な知見が得られた。

参考文献 1)島,南川,西木他:地下鉄構造物を最小離隔2.2m で下越しする大断面シールドトンネルの掘進管理,第70回土木学会全国大会年次学術講演会,2015.9 2)河田,香川,菅野他:施工時荷重を考慮した大和川線シールド掘進による地下鉄御堂筋線の変状解析,第71回土木学会全国大会年次学術講演会,2016.9

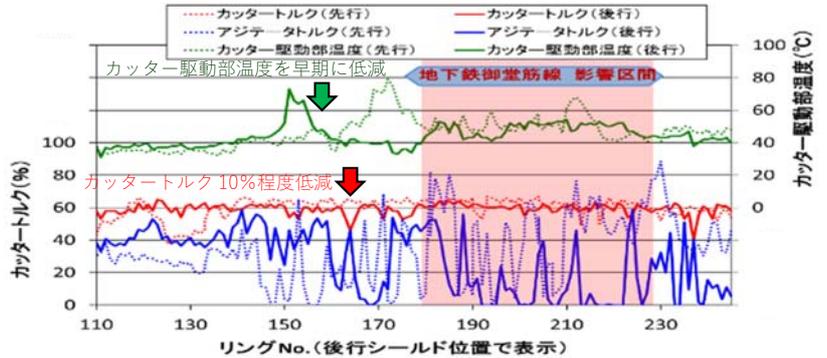


図-2 カッタートルクおよび駆動部温度の比較

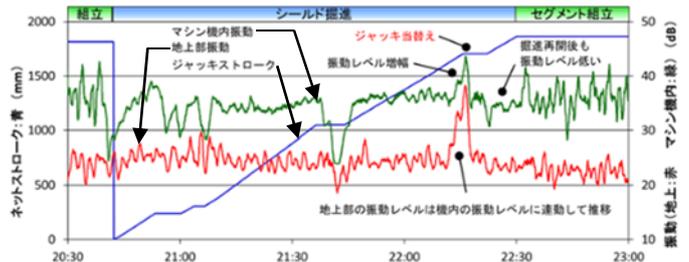


図-3 振動レベルとジャッキストロークの経時変化

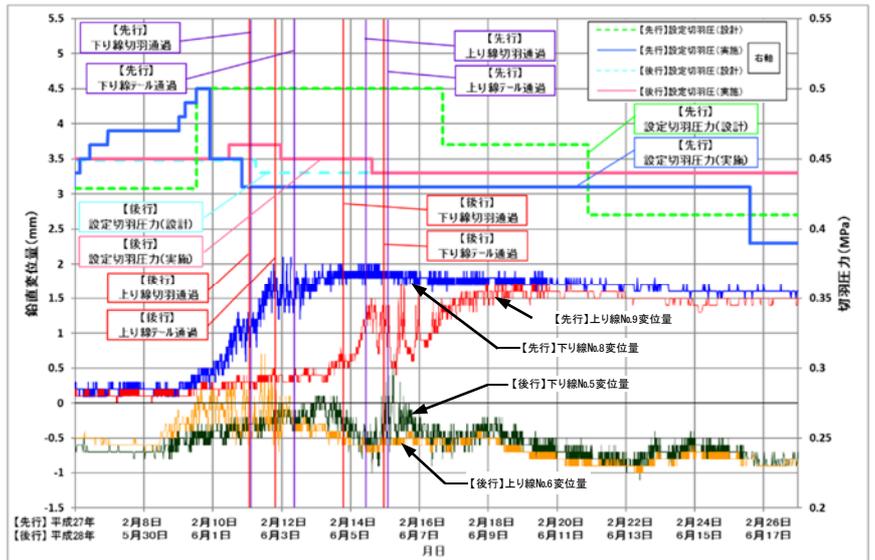


図-4 御堂筋線トンネルの計測結果と設定切羽圧力