

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

大阪市交通局 正会員 島 拓造 大阪市交通局 正会員 ○南川 真介
 大阪市交通局 西木 大道 大阪市交通局 正会員 西森 文子
 大阪市交通局 正会員 三宅 翔太

1. 要旨

平成 11 年度に事業着手した都市計画道路大和川線は、阪神高速道路 4 号湾岸線と同 14 号松原線を連絡する延長約 10km の自動車専用道路である。この内、堺市事業区間において離隔約 1.3m で併設施工する大断面シールドトンネル(セグメント外径 ϕ 12.3m)が、地下鉄御堂筋線(以下、「御堂筋線」という)トンネル(セグメント外径 ϕ 6.8m)直下を離隔 2.2m で下越しする。大阪市営地下鉄は 1 日約 228 万人のお客さまにご利用いただいております。御堂筋線のご利用はその内約半数を占める大阪市の大動脈であり、活線の安全運行を確保しながら掘進する必要があるため、影響する区間を大阪市交通局が堺市より受託することとした(図-1、図-2)。

シールド掘進により御堂筋線トンネルに影響を与える区間(以下、「影響区間」という)は、洪積砂質土層と洪積粘土層の互層であり、シールド上半に存在する砂質土層(Ds6 層)の均等係数は最小 8.2、細粒分含有率は最小 2.4%であり、過去には近傍で、泥水シールド工事による逸泥により地上まで影響が及んだ事例もある崩壊性の高い土層である(図-3)。

今回先行(西行)シールドと御堂筋線との交差部で、これまでの地下鉄シールドの施工実績を活かし適正に掘進管理を行った結果、崩壊性の高い地山の変状を最小限に留め、最大 2.1mm の隆起に抑制することができた。

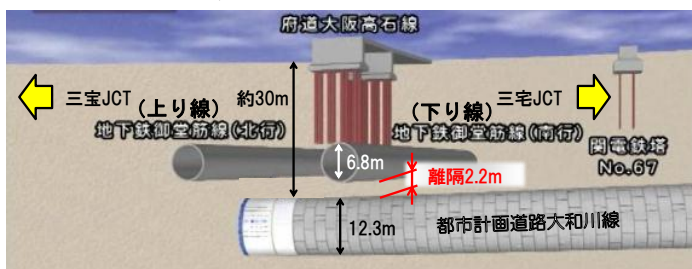


図-1 御堂筋線交差部イメージ図

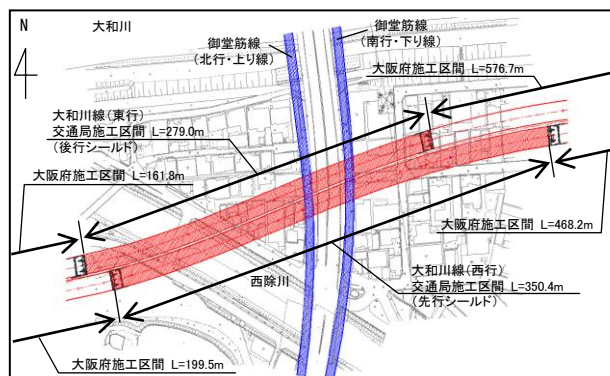


図-2 御堂筋線交差部平面図

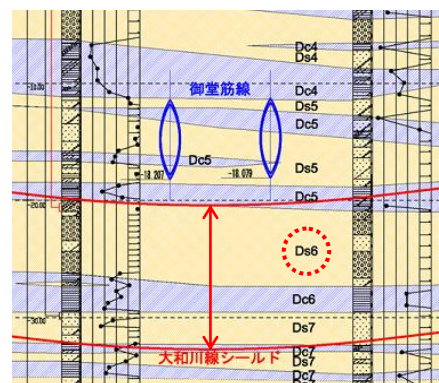


図-3 御堂筋線交差部土質縦断面図

工事概要

形式：泥土圧式シールド

線形：縦断勾配 3%，最小曲線半径 R=618m

シールドマシン外径：12.54m

セグメント：嵌合方式合成セグメント

(外径 12.3m，高さ 360mm，幅 1.8m 及び 1.4 m)

2. 掘進管理計画

御堂筋線トンネルへの影響を最小限に抑制するには、これまでの大阪市営地下鉄シールドの施工実績¹⁾²⁾³⁾と同様、切羽の安定及び同時裏込め注入を適正に管理することに加え、課題である、掘削外径とシールド外径の差に起因すると考えられる通過時沈下を抑制する必要がある。

(1) 切羽の安定

切羽圧力は、シールド上下間の圧力差が 100kPa 以上あるため、チャンバー内に 10 箇所設置した土圧計をキーワード 大断面泥土圧式シールド，地下鉄，近接施工，掘進管理，計測管理

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 TEL 06-6585-6723

用し、上部の土圧計を正、中央部の土圧計を副として管理した。また、切羽圧力の下限値は静止土圧+水圧+予備圧とした。添加材は、影響区間に至るまでは気泡を使用し、影響区間の約 70m 手前から加泥材の添加を始めたところ、噴発傾向となり、切羽圧力保持が困難になったため、影響区間においても気泡のみとした。

(2) 通過時沈下対策

影響区間の約 50m 手前で実施したトライアル計測では、御堂筋線トンネル下端を想定したシールドクラウン直上 2m の地盤でテール通過 1D 後の累計沈下量は 2.6mm、その内通過時沈下は 1.5mm であった。また、掘進初期から、装備推力 14.4 万 kN に対し推力が 70~90% で推移し、一時は 100% 近くに達するなど、いわゆる胴締め現象が見られた。これら双方の対策のため、シールドマシン前胴の外周部の切羽から 3.0m 及び 4.5m の位置に設置されている注入孔を用い、同時に最大 8 箇所から余掘り充填(クレーショク)を行うこととした。

(3) 同時裏込め注入

裏込め注入材は、早期に強度発現する 2 液型瞬結性のエア入り(A 液におけるエア比率 15%)を使用した。事前に、今回使用する配合で試験した結果、掘進からセグメント組立て 1 サイクルを想定した 45 分養生での一軸圧縮強度は、加圧養生した場合、大気圧下で養生した場合と比較して約 2 倍の 0.3N/mm^2 となり、十分な強度を発現することが確認できた。また、注入圧力は切羽圧力+100~200kPa とした。

3. 御堂筋線トンネルの計測管理と施工結果

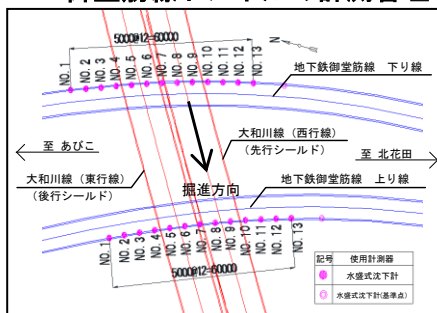


図-4 水盛式沈下計配置図

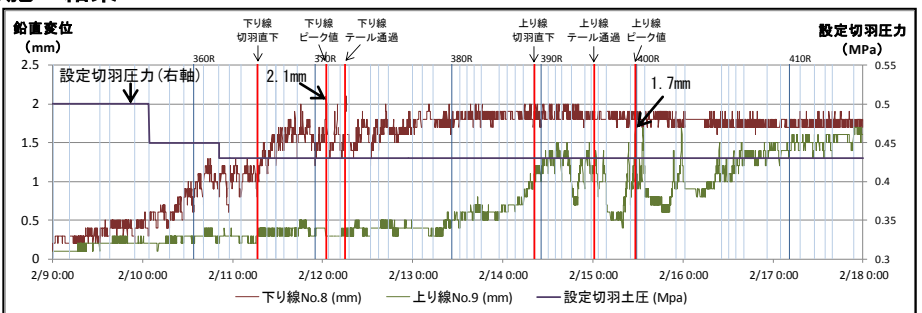


図-5 御堂筋線トンネルの計測結果と設定切羽土圧

計測管理にあたっては、御堂筋線トンネルの鉛直変位を水盛式沈下計により自動計測した(図-4)。先に交差する御堂筋線下り線構造物は、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ため、切羽圧力を 0.50MPa から 0.45MPa に修正し、構造物の挙動を確認しながら掘進した。次に交差する御堂筋線上り線構造物も下り線と同様の隆起傾向を示したため、切羽圧力を 0.43MPa に再修正した。隆起のピークは、下り線の計測 NO.8・9 で 2.1mm、上り線の計測 NO.9 で 1.7mm であり、上り線は下り線の実績をふまえて切羽圧力を再設定したことで隆起量をさらに抑制できた。上下線とも、鉛直変位の大半は先行隆起が残留したもので、顕著な通過時沈下及びテールボイド沈下は見られなかった。事前に行った FEM 解析では、応力解放率を 10% とした場合、御堂筋線トンネルの絶対沈下量は 10.2mm の予測であったが、沈下させることなく施工できた(図-5)。

4. まとめ

今回施工した先行シールドでは、これまでの地下鉄シールドの施工実績をふまえた掘進管理により、①御堂筋線トンネルの変状を抑制するため切羽圧力をやや高めに設定し、計測結果をリアルタイムに判断しながら切羽圧力をコントロールした ②クレーショクによる余掘り充填を十分に行い、通過時沈下を抑制し、かつ洪積砂質土層でも装備推力の 70~80% の推力で掘進した ③早期強度発現型の裏込め注入材を用い、同時裏込め注入を適正に管理し、テールボイド沈下を抑制した、など崩壊性の高い地山の変状を最小限に留めるよう努めた。この結果、御堂筋線トンネルを最大 2.1mm の隆起に抑制した。後行シールドでは、これら先行シールドで得た知見に加え、計測等により併設の影響を確認しながら慎重かつ速やかに施工を行いたい。

参考文献 1)塩谷智弘：大阪ビジネスパーク駅とシールドトンネル(特に裏込め注入について)地盤工学会関西支部現場技術者のための土質工学講習会テキスト、⑦地中構造物、pp.63-77、1997

2)塩谷智弘他：既成市街地下を縦横に縫って掘り進む 大阪市営地下鉄第 8 号線シールド工事、トンネルと地下、2004.9

3)太田拓他：2 方向からの駅部急曲線進入・Uターンで 4 本のシールドを併設、トンネルと地下、2007.9