

高速道路ランプ部への矩形シールド工法の導入（その1：計画概要）

阪神高速道路(株) 正会員 ○志村 敦 渡辺真介
鹿島建設(株) 正会員 吉田 潔 正会員 渡辺幹広 正会員 真鍋 智
正会員 戸川 敬 正会員 牛垣 勝

1. はじめに

本工事は、大阪府堺市内の住宅地において市が事業を行う府道高速大和川線常磐西出入口の本線トンネル 350m とランプ 376mを開削工法で構築する工事である。本線から出口ランプに分岐する区間では、近隣住民への環境負担軽減策として開削工法から矩形シールド工法（アポロカッター工法、写真-1 参照）に変更した。本報告では、構造変更の経緯と矩形シールド工法の概要、小土被り発進対策、急勾配掘進対応についての計画概要を報告する。

2. 矩形シールド工事概要

出口ランプの工法変更にあたり、当初計画の道路線形をもとに構造物の建築限界を確保できるシールド断面形状を検討し、事業認可幅内で本線開削部との離隔を確保する必要から矩形断面を採用した（図-1、図-2 参照）。

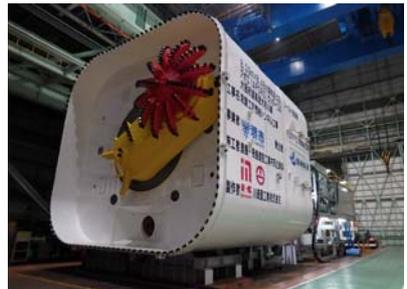


写真-1 アポロカッターシールド機

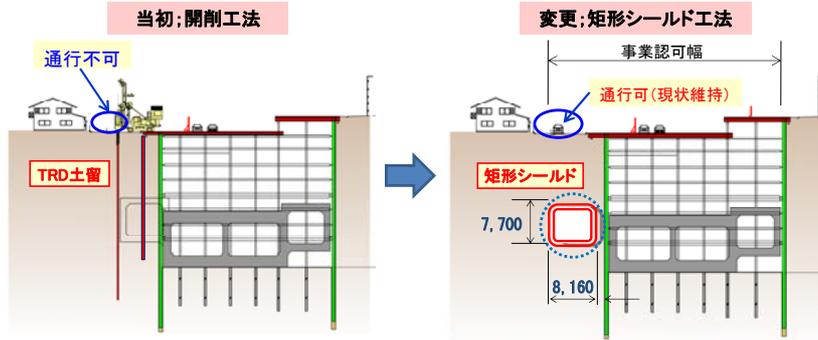


図-1 非開削工法変更の検討概略図

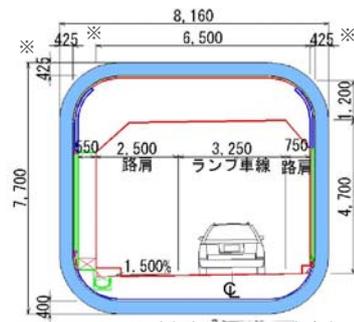


図-2 出口ランプ断面計画図

トンネル線形は、延長 225m、発進立坑から 8% の下り勾配で、土被りは発進部で約 1.5m、到達部で約 17mである。セグメントと土留め壁芯材との離隔は、500mm とした。トンネル平面図と縦断図を 図-3 に示す。

掘進範囲の土質条件は、地表面付近 2~5mの埋土層以深に洪積地盤の砂礫土層（N 値 50 以上）と粘性土層（粘着力 $c=20\sim30kN/m^2$ ）が互層で構成される硬質地盤である（図-4 参照）。そこで矩形断面の泥土圧式シールド工法で地盤改良体を含め硬質地盤掘進に実績のあるアポロカッター工法^{1),2)}を採用した。アポロカッター工法は、小径のカッターヘッドによる自転と公転を組み合わせた掘削機構で、矩形をはじめ多様な断面形状に対応でき、硬質地盤掘削にも優れている。

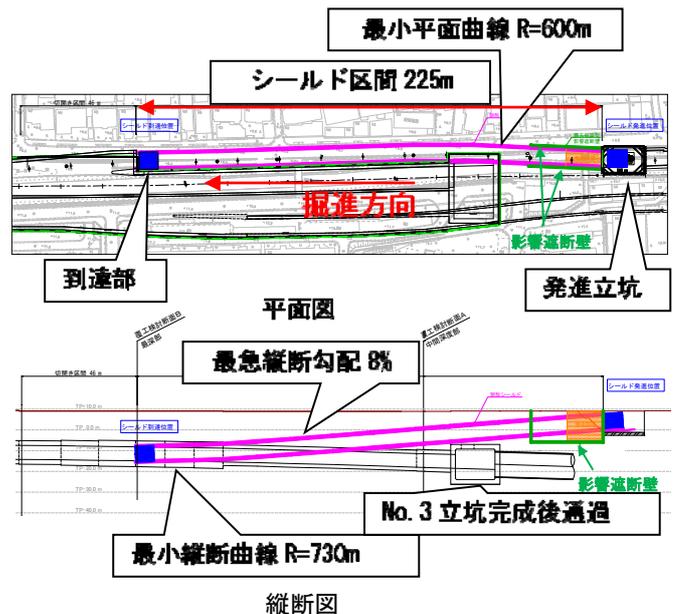


図-3 シールドトンネル平面・縦断図

キーワード：シールド工法，矩形シールド，小土被り発進，沈下抑止対策，土留め計測管理

連絡先：阪神高速道路(株)堺建設部 大和川線建設事務所 〒590-0075 堺市堺区南花田口町 2-3-20 TEL072-226-4794

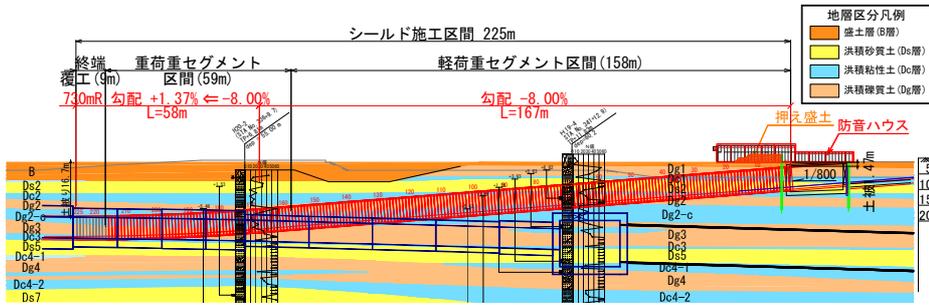


図-4 シールド掘進区間土層縦断面

3. 施工上の課題

(1) 矩形断面の構造成立性

トンネル断面は、幅員の制約の下でシールド蛇行余裕 50mm、耐火被覆余裕 25mm、内装設備余裕 80mm を確保するとセグメント桁高を 400mm 以下とする必要があった。また、小土被りに伴う浮上りの解消とトンネル幅の制約から、平坦部分を含む矩形断面として経済性や耐火性能等を考慮した構造設計が必要であった。

(2) 小土被り発進

発進時はシールドマシン後端が地表面に近く、前述のとおりマシン先端部の土被りは 1.5m である。事前の FEM 解析では発進直後の土被り 4m 地点でシールド直上 21mm の沈下が想定されており、慎重な施工管理が要求された。

(3) 本線開削土留め壁との近接併走掘進

本線開削部の土留め壁併走区間では、図-5 に示すようにシールド掘削外径と土留め壁芯材との実際の離隔は最小 250mm まで接近するので、慎重な線形管理と同時に土留め壁への影響に配慮した切羽土圧と裏込め注入圧の管理が要求された。

4. 対策と計画

(1) 六面鋼殻合成セグメントの採用³⁾

構造的な制約を解決するセグメントを比較選定の結果、高い剛性と桁高を最小にする六面鋼殻合成セグメントを採用した。この合成セグメントは、外面を鋼殻で覆い、スキンプレートに溶植したスタッドジベルで内部のコンクリートと一体化した構造である。セグメント幅は、掘進条件から線形修正への対応を考慮し 1.0m 幅とした。セグメント分割は、継手の応力集中を小さくすることや曲げモーメント分布を設計的に考慮し 8 分割とした(図-6 参照)。

(2) 沈下抑止対策

小土被り発進に際し、押え盛土や影響遮断壁の造成、地表面沈下計測と合わせ、沈下抑止特殊充填材を採用した。

(3) 進捗に合わせた切羽土圧管理値の設定と姿勢制御

シールド掘進管理は本線開削土留めの計測管理データも同時に取り込んで監視する計画とした。土留め壁との離隔が小さいことからマシンの方向制御、姿勢制御も重要であり、ローリング修正対策も重視した。切羽土圧管理は、下り勾配で深度が連続的に増えていくことから、掘進に合わせ段階的に切羽土圧管理値を設定することとした。

5. おわりに

高速道路ランプトンネルに採用した今回の矩形シールド工法は、狭隘な施工場所で限られた断面を最大限に活用可能な非開削工法として大いに期待できる。工法変更にあたり、大和川線トンネル技術委員会での審議、ご指導を賜りながら設計と施工計画を進めた。ここにご尽力いただいた関係者に感謝する。

参考文献

- 1) 奥平守幸ら；地下通路工事における矩形シールド工法（アポロカッター工法）について、土木学会第 63 回年次学術講演会、2008.9
- 2) 鈴木隆文ら；東急東横線渋谷～代官山駅間地下化工事（シールド工事）、土木学会第 64 回年次学術講演会、2009.9
- 3) 牛垣勝ら；高速道路ランプ部の矩形シールドトンネルに適用するセグメントの設計、土木学会第 72 回年次学術講演会、2017.9（投稿中）

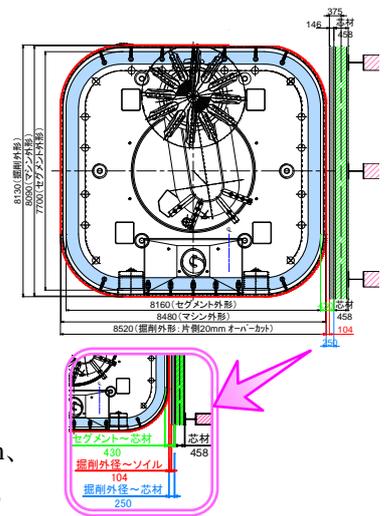


図-5 シールドと土留めの離隔

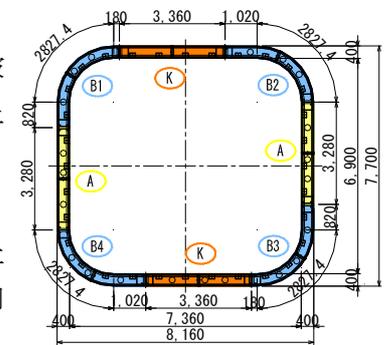


図-6 セグメント分割図