

複合アーチ断面を採用した URUP 工法の施工

国土交通省 関東地方整備局 相武国道事務所 田村 央
国土交通省 関東地方整備局 相武国道事務所 佐久間 博之
株式会社大林組 正会員 大井 和憲
株式会社大林組 正会員 ○前田 知就

1. はじめに

本工事は、神奈川県相模原市緑区城山の閑静な住宅地の地下に、さがみ縦貫道路（圏央道）の一部となる全長 417m、片側 2 車線の上下線道路トンネルを築造する工事である。当初は、開削工法での計画であったが、現場施工日数の短縮・工事中の周辺環境負荷低減や交差道路への影響低減のため、上下線 2 本を併設した小土被りでのシールド工法（URUP 工法）という技術提案が採用された。本稿では、小土被りの道路トンネルに、シールド工法の適用を可能とした複合アーチ断面を採用した URUP 工法の施工事例について報告する。

2. 工事概要

本工事は、トンネル全長 417mのうち現場打ち躯体及び坑門を除いたシールドトンネル部 413.1mを URUP 工法により、1 台のシールド機を使用して上り線を施工し、回転基地でUターンした後下り線を施工する（表-1、図-1）。

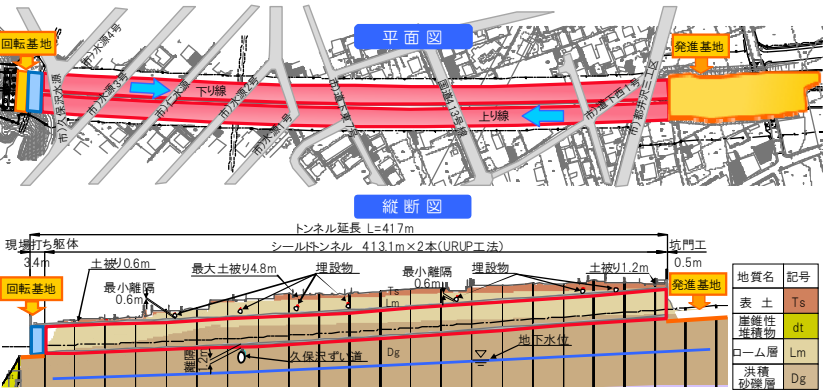


図-1 平面図・縦断面

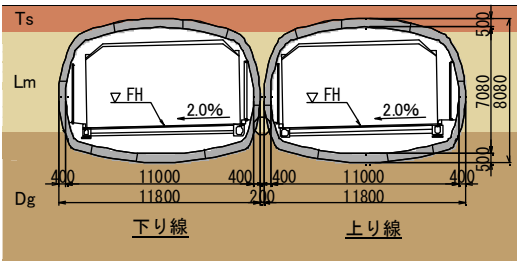


図-2 横断面図（最小土被り部）

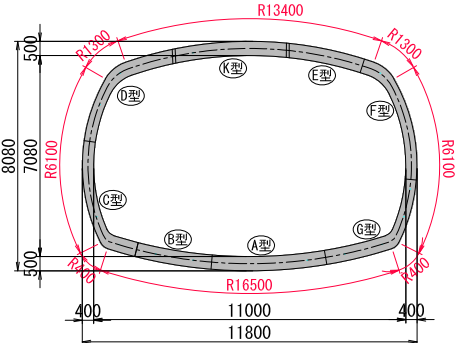


図-3 複合アーチ断面

3. 複合アーチ断面の採用

トンネル断面形状を円形断面とした場合、地下埋設物が支障し、最小土被り部ではトンネル上部が地表面より突出することとなる（図-2）。このため、トンネルの断面形状は、上下の空間が小さい非円形断面を採用する必要があった。非円形断面を採用した場合、建築限界に対しては矩形断面が内空断面ロスを最小にできるが、セグメント横断方向の曲げモーメントが卓越するため桁高を大きくする必要がある。そこで、より経済的な断面形状を検討した結果、アーチ効果により曲げモーメントを抑制しつつ、地下埋設物との離隔を確保できる「複合アーチ断面」を採用することとした（図-3）。

(1) セグメント組立装置の開発

複合アーチ断面のセグメント（8 分割）は 1 ピース最大重量が 94kN であり、各ピースが特殊な形状である。また、縦と横の扁平率が小さいため、既存の矩形用セグメント組立装置の適用が困難であった。そこで、複雑な非円形断面に対応できる新たな方式の組立装置を開発した（参考文献 1）。この組立装置は、シールド機内に掘削断面と相似形状の走行レールを設け、そのレール上を走行する組立装置がセグメントを把持しながら組立を行うものである（図-4）。

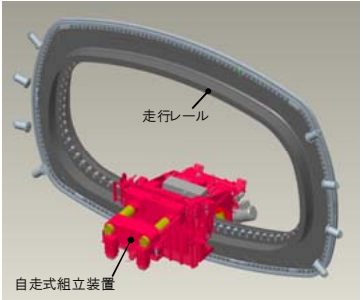


図-4 組立装置概要図

キーワード 複合アーチ断面, URUP 工法, 交差道路直下, 小土被り, 超近接併設シールド, セグメント組立
連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 株式会社大林組 TEL 03-5769-1317

(2) セグメント構造の工夫

本工事は、シールド全延長にわたり上下線トンネルの離隔が 200mm と、超近接併設シールドである（図-2 写真-1）。セグメントの設計では、先行トンネル施工後の断面力に、FEM 解析によって算出した後行トンネル通過時の断面力増分を足し合わせて、併設の影響を考慮した。また、地震時の動的応答解析の結果から、複合アーチ断面の隅部に大きな腹圧力が作用する可能性があることがわかった。そのため、セグメント本体には、従来の RC セグメントより曲げに有利な SFRC（鋼繊維補強高流動コンクリート）セグメントを採用した。さらに、セグメント隅部の配筋構造をクロス配筋＋帯鉄筋とし（図-5）、実大試験体を用いた正負交番載荷実験によってその性能を確認した（参考文献 2）。

4. 施工実績

(1) 複合アーチ断面のセグメント組立

今回開発したセグメント組立装置の性能を事前に検証するため、製作工場において、実大セグメントによる組立試験を実施した（参考文献 1）。現場施工においても本組立装置の操作性は安定しており、組立時間は70分程度と工場での組立試験結果と同等であった。現場でのセグメント組立状況を写真-1に示す。

(2) 複合アーチ断面のセグメント計測

実施工では、設計の妥当性を検証し、セグメントの健全性を確認するために、図-6 に示すように、先行トンネル（上り線）のセグメント計測を行い、後行トンネルの掘進管理にフィードバックさせることとした。

後行トンネルが先行トンネルの計測断面を通過する際に得られたセグメントの計測値と、設計値を比較した結果、併設影響の大きいセグメント側部の鉄筋応力変化量の計測値は、設計値に比べて、安全側である結果となった（表-1）。これは、掘削管理システムによる余掘り防止、適切なジャッキ選択による方向制御、裏込め注入管理を徹底した施工管理を行った結果であり、先行トンネルに有害な影響を及ぼすことなく、全線にわたり無事に超近接併設施工を完了することができた（写真-3）。

5. おわりに

従来であれば開削工法が適用されていた小土被りトンネルの施工に、複合アーチ断面を採用することで、シールド工法（URUP 工法）の適用が可能となり、大幅な工期短縮（約 50%）を実現することができた。また、閑静な住宅地において周辺住民の生活環境保全を維持するとともに、掘削土量の縮減をはじめ、多くの環境負荷低減を実現することができた。さらに、複合アーチ断面・超近接併設施工など、過去に例を見ない条件下でのシールド工事であったが、新たに開発した各技術を駆使して適切な施工管理を行うことにより、無事に施工を完了することができた。今後、この工事に採用された URUP 工法が、市街地における道路トンネル工事に参考になれば幸いである。

参考文献 1) 蛭子他 非円形断面シールドトンネル用セグメント組立装置の開発と導入 土木学会第 66 回年次学術講演会 2011. 9
2) 前田他 複合アーチ型シールドトンネルにおける隅部セグメントの配筋に関する検討 土木学会土木建設技術発表会 2010. 11

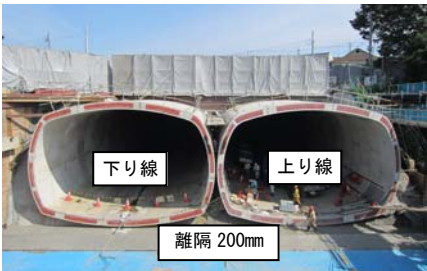


写真-1 上下線併設状況

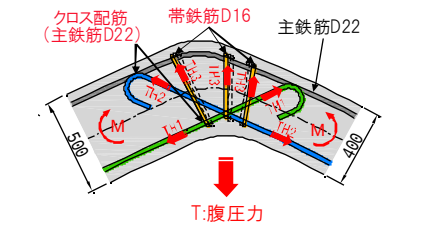


図-5 隅部配筋(クロス配筋＋帯鉄筋)



写真-2 セグメント組立状況

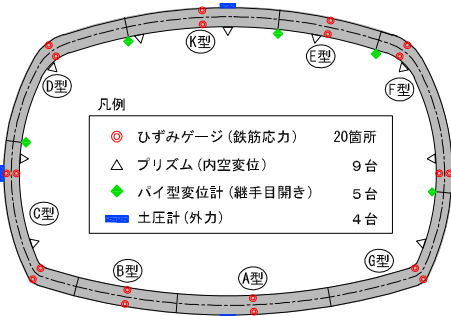


図-6 セグメント計測配置

表-1 鉄筋応力計測結果

側部鉄筋応力 (N/mm ²)	上り線 施工後	下り線 通過後
計測値 (併設増分)	42.0	56.5 (+14.5)
設計値 (併設増分)	51.3	89.2 (+37.9)



写真-3 トンネル坑内完成