

鉄道駅直下の R&C 工法による世界最大断面の函体けん引工事

東日本高速道路株式会社
京成電鉄株式会社

岸田 正博
藤原 英司

清水建設株式会社 正会員 ○森本 大介
清水建設株式会社 正会員 藤田 淳

1. 工事概要

本工事は、東京外かく環状道路のうち、京成電鉄本線との交差部である菅野駅の地下に 2 層 4 径間の函体を R&C 工法で構築する工事である。

R&C 工法はまず、軌道の防護工として矩形断面の箱形ルーフを交差区間の全長に推進工法にて設置する。その後、発進立坑で構築した函体と箱形ルーフを置換設置する地下構造物の構築工法である(図-1)。工事全体の施工フローを示す(図-2)。

函体は、鋼製セグメント構造で、大きさは高さ 18.4m、幅 43.8m、延長 37.4m(1 函体 9.35m×4 函体)である。この断面サイズは、R&C 工法の実績において最大級である(図-3)。本稿は一連の工事のうち、函体けん引工事について記述する。

2. 切羽安定対策工

従来の R&C 工法で施工される函体の多くは高さ 10m 以下であり、いずれも切羽は 1 段である。本工事の函体高さでは以下のことが懸念された。

①切羽高さが高く、切羽自立に対して対策工が必要となる。②水平箱形ルーフ下の掘削範囲が広くなるため土被り部の地山を保持するために刃口構造が過大となる。③上載部の営業線線路への影響が大きくなる。

そのため、高さ方向の中間部分(函体の中床版の高さ)にパイプルーフ(φ1,000)を水平に配置して切羽高さを 2 分割とすることで切羽高さを低くし、2 段切羽構造を採用して上記の懸念事項に対応した(図-1)。

また、他の切羽安定対策として薬液注入工による地盤補強と箱形ルーフの剛性増加を図ることで、上載部の変状は地盤 FEM 解析にて、軌道管理値(1 次管理値)未満とした上で、切羽の斜面安定解析にて常時 1.2 の安全率を確保できるよう計画した。

3. 函体けん引の手順

発進立坑の大きさの制限により、I 期施工で 2 函体のけん引、II 期施工で 4 函体のけん引を行う(図-4)。I 期けん引の施工サイクルは、最初に第 1 函体を反力とし

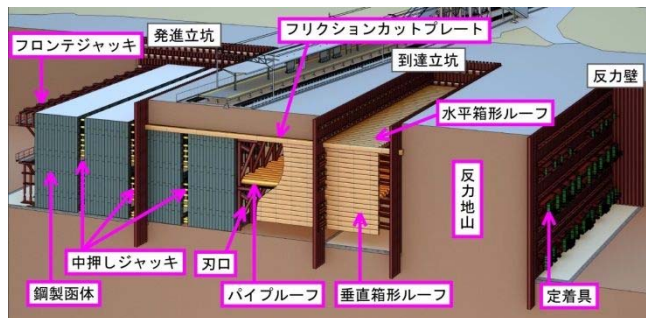


図-1 R&C 工法概要図

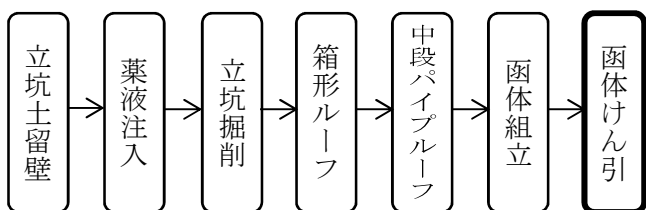


図-2 施工フロー図

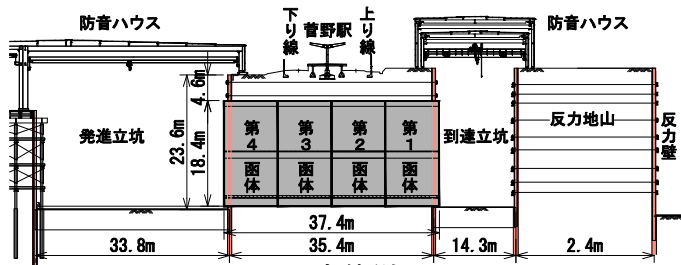


図-3 全体縦断面図

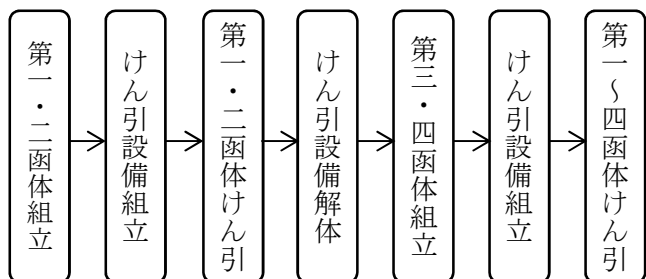


図-4 函体けん引施工フロー図

てルーフジャッキにより箱形ルーフの推進、次に第 2 函体を反力として中押しジャッキにより第 1 函体の推進、最後に反力地山を反力としてフロンテジャッキにより反力壁から PC 鋼線を緊張して第 2 函体をけん引、という順序で実施する(図-5)。II 期施工では、第 1～3 函体は後続の函体を反力とした中押しジャッキによる推進、第 4 函体はフロンテジャッキによりけん引する。

4. 函体内応力度の測定とけん引精度の確保

本工事では現場作業の省力化や工程短縮のため函体

キーワード：R&C 工法，函体けん引，2 段切羽，中段パイプルーフ，鋼製セグメント

連絡先：〒104-8370 東京都中央区京橋 2 丁目 16 番 1 号 TEL 03-3561-1111

に鋼製セグメントを採用しており、実績のある RC 製の函体に比べてより多くのリスク検証が必要であった。そのため、事前にジャッキ推力による面外荷重に対して三次元 FEM 解析を実施し、セグメントやボルトに発生する応力度を元に、函体の許容相対変位量を設定した。また、それらを確認するためにセグメント内 265 箇所に変位計を設置し、函体内部の応力度を計測した。函体の推進精度を保つこと、函体内に発生する施工時の応力度をコントロールすることを目的として、第 1 函体前面の 9 か所をレーザー距離計で常時計測し、函体の姿勢や相対変位量を把握した。多数の油圧ジャッキは 13 のグループに分割し（うち 8 グループはパソコンによる集中制御を実施）、推進時の姿勢悪化や、相対変位量の増大時にジャッキ推力をグループごとにコントロールした（図-6）。

5. 函体けん引(推進)力

けん引力は①刃口先端抵抗力、②函体の周面摩擦力で決定される。第 1 函体は刃口が設置されているために最も重量が大きく約 7,800t であり、設計推力は 170MN となる。1,500kN 油圧ジャッキを 135 台配置し、装備推力は 202MN を確保した。実施工ではほぼ当初予測された推力となった。

6. 軌道計測

本工事の線路に対する影響範囲は、線路延長で約 120m となる。軌道は相対値管理（通り・高低）とし、軌道管理値の 30% を 1 次管理値、50% を警戒値、80% を限界値として、それぞれに対処フローを定めて管理した。軌道の他、ホーム、電柱等の鉄道施設を含めて合計 142 箇所の測点を 4 台の自動追尾式トータルステーションで常時監視した（図-7）。携帯端末での計測状況確認や管理値超過時の携帯電話への E メール通知など、線路計測だけでなく山留計測や函体計測を集中管理する情報化施工を行った。一連の工事の中で適時、軌道整備を実施することで限界値を超過することなく営業線の安全運行を確保した。

7. 函体けん引の施工

掘削・排土の施工量の制約から、1 回のけん引量は約 20 cm 程度となる。切羽掘削は昼間施工にて行った。切羽は上段切羽と下段切羽に分割されており、各々の上部のルーフ直下は人力による掘削、その下はバックホーによる機械掘削を行った。切羽掘削と同時にガイド導坑の撤去、中段パイプルーフの切断撤去を実施した。

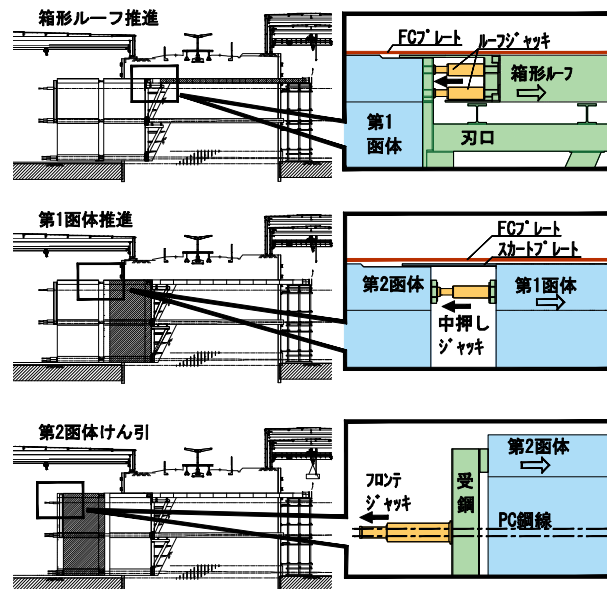


図-5 けん引施工ステップ図

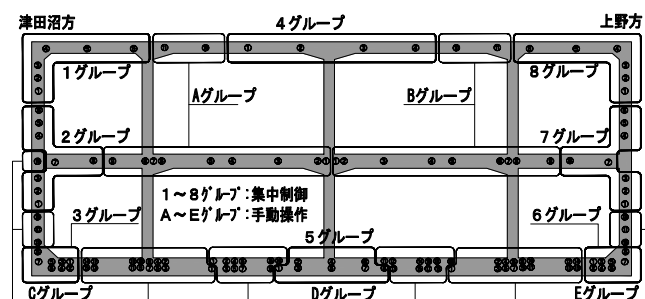


図-6 第1函体中押しジャッキグループ分け

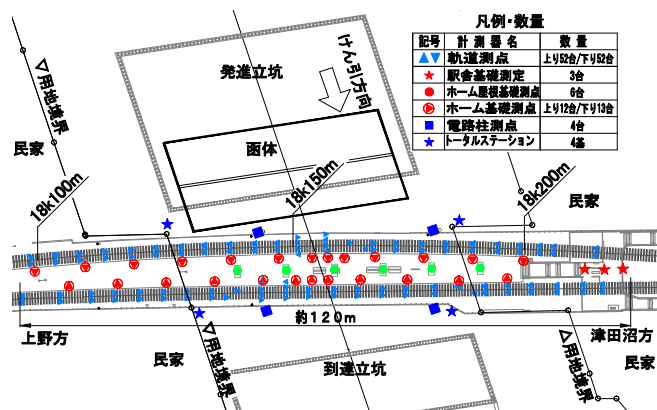


図-7 軌道計測平面図

箱形ルーフの推進、函体のけん引は原則として夜間線閉時間に行った。当初は2日に1回のけん引としたが、施工に伴う予期せぬ振動が発生し、近隣への配慮のため一時施工中断を余儀なくされたため、作業の効率化と昼夜3交代制を行うことによって工期を維持した。

8. まとめ

函体けん引は線路に大きな影響を与えることなく、けん引力も想定された範囲内で施工を終えることができた。様々なリスク対策の元に鋼製セグメント製函体の施工を無事に完了することができた。本稿が同種工事の参考になれば幸いである。