

鉄道線路直下におけるダブルパイプルーフの施工検討・施工管理

大鉄工業(株) 正会員 ○山地 保弘 竹川 健太
(株)地域地盤環境研究所 正会員 譽田 孝宏 劉 遙劍

1. はじめに

有年上郡有年 Bv 新設工事(以降, 本工事)は, 一般国道 2 号バイパス整備事業の内, JR 山陽本線有年～上郡駅間の鉄道交差部にアンダーパスとなる 1 層 4 径間の RC ボックスを新設するものである。この RC ボックスは, フロンテジャッキング工法(以降, FJ 工法)にて施工する。FJ 工法では, 線路下ボックス施工前に軌道防護工となるパイプルーフの推進施工を行う。本工事では, JR 山陽本線の安全性を確保した上で工期短縮と軌道影響工事の短期間化を図るため, 夜間列車間合での並列パイプルーフ管(以降, W ルーフ)を用いた推進施工を行った。ここでは, W ルーフの有用性と実工事における施工管理について報告する。

■: 頂部パイプルーフ ■: 地盤改良

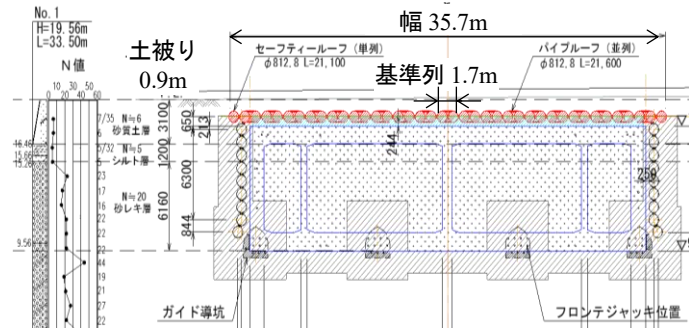


図-1 有年 Bv 工事断面一般図

2. Wルーフの適用に向けた検討

シングルルーフ(以降, S ルーフ)・W ルーフの概要を図-2 に示す。

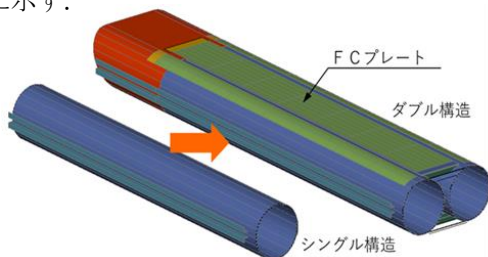


図-2 SルーフおよびWルーフの構造概要図

W ルーフ適用に向けては, 鉄道の安全性確保が必須条件である。よって本研究では, W ルーフの構造安全性の確保, 切羽開放面積拡大や列車間合施工が与える軌道への影響を最小限化し, 且つ切羽地盤の安定性を確保することを課題とし, 以下に示す検討を行った。

(1) 構造照査

W ルーフ構造への転換に伴いパイプルーフや刃口の構造照査を実施した結果, 鋼板で S ルーフ管を繋げる端点支持構造(図-3 参照)ではパイプルーフが許容応力度を超過した。パイプルーフの板厚変更は, 大幅なコスト増大となるため, 鋼板の内側に補強鋼材を設ける多点支持構造にした(図-4 参照)。これにより, パイプルーフに作用する荷重を分散させて安全性を確保した。

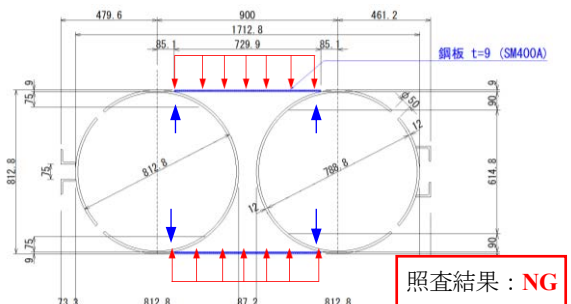


図-3 W ルーフ構造断面図(端点支持構造)

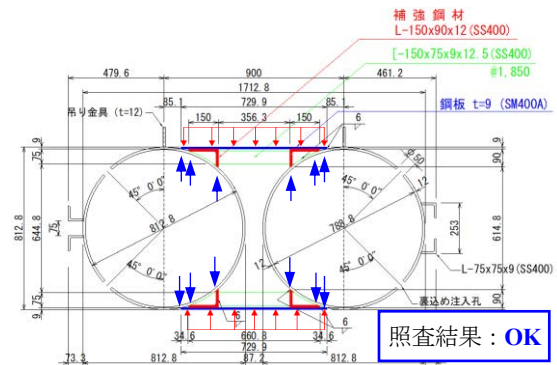


図-4 W ルーフ構造断面図(多点支持構造)

(2) 数値解析¹⁾

本検討では施工に先立ち, W ルーフ推進施工時における軌道路盤と切羽安定性について, 3次元弾塑性 FEM を用いた事前検討を行った。

数値解析による軌道路盤変位は許容値内であるものの, 列車荷重載荷により切羽前面の地盤が塑性化し, 切羽の崩壊が懸念された。切羽の崩壊は切羽内作業員の安全性を脅かすことや上部地盤の陥没を誘発するものであるため, 補助工法として地盤改良工(薬液注入工: 2重管ダブルパッカー工法)の採用を検討した。

地盤改良工の有無による効果を数値解析で確認した結

キーワード フロンテジャッキング工法, ダブルパイプルーフ, 切羽安定, 地盤改良, 3次元 FEM 弾塑性解析

連絡先 〒532-0011 大阪市淀川区西中島3丁目9番15号 大鉄工業(株) 土木支店

果、一定範囲で地盤改良を施工した場合において、せん断ひずみや塑性化範囲の縮小化が図れ、切羽前面の地盤変形を抑制できる結果となった。

3. W ルーフ施工時の軌道変状防止への取組

本工事は、鉄道線路直下を列車間合でWルーフの推進施工を実施する計画としたため、事前数値解析に加え、各施工段階における軌道の変位挙動を確認しながら施工管理することが課題であった。よって、前述の地盤改良工に加え、以下に示す取組みを採用した。

(1) 軌道管理手法の選定

本工事は、軌道監視体制は、24時間監視の自動計測と推進時間帯の軌道監視(線路内または施工基面配置の軌道工による監視)を併用した。本工事では、デジカメ式レールウォッチャー計測(画像解析式)を選定した。同計測システムは、従来は10分間隔程度で軌道や路盤の絶対変位を計測・数値化するシステムである。しかしながら本工事では、よりリアルタイムの軌道変状を把握するため、計測を2分間隔で実施できるようにシステムを改良した。

(2) 軌道防護柵設置(補助設備検討)

Wルーフ施工に起因する不測の陥没リスクに対応するため、補助設備として軌道防護柵を設置した。軌道防護柵については、Wルーフ施工位置における土被り厚や土質定数より想定される陥没および緩み範囲(図-5参照)から設置範囲を設定した。本工事では、万が一軌道路盤が陥没した場合においても列車走行が可能な範囲を柵構造や設計資料から算定し、非常時対策として計画に反映した。

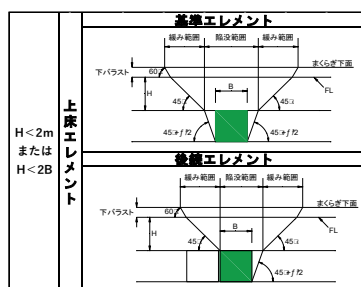


図-5 上床エレメント推進による陥没範囲と緩み範囲²⁾

(3) 裏込め充填の検討(補助注入工)

裏込め充填については、微小な間隙への適応や、継手部に流入した場合でも隣接列推進の推力に与える影響が小さい溶液型充填材による裏込め充填を推進施工中および各列の推進施工完了直後に実施した。また、隣接列施工完了後においては、列車荷重載荷等により圧縮・体積減少され易い溶液型充填材の置換えを目的とした、懸濁型セメント系充填材による追加充填を実施することで、線路下地盤の安定性を確保できる対策を行った。

(4) FCプレートによる軌道水平変位抑制³⁾

摩擦低減により軌道水平変位を抑制する目的のFCプレートは、円形パイプーフ(Sルーフ)では形状的理由により過去に適用された実績はない。本工事ではパイプーフのダブル管構造化に伴い、刃口やパイプーフの外郭構造が楕円形化した。この形状変更により、図-2に示すように上面にFCプレートを搭載することが可能となり、軌道水平変位を抑制対策として追加した。

(5) 試験施工

実施工時の軌道変位量と解析値との比較、且つ切羽の安定性が確保できるか、また現地盤が期待した粘着力(地盤改良率40%→粘着力 $c'=50\text{ kN/m}^2$ 増⁴⁾)を保有する改良地盤に形成できているかを確認する目的として、夜間線路閉鎖時間帯による試験施工を実施した。

図-6に示すように、軌道路盤変位量は事前数値解析値に近似し、且つ許容値内に収束したことから、次列施工より夜間列車間合施工へ移行した。

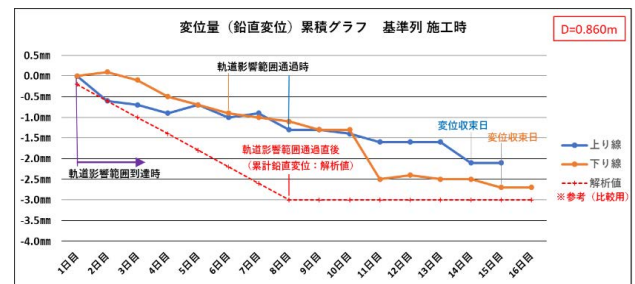


図-6 Wルーフ試験施工時の鉛直変位量(絶対変位)

4. 成果

本工事での施工検討・数値解析・施工管理により、Wルーフ・列車間合施工では、Wルーフ・線閉鎖施工と比較し約3ヶ月(約3割)短縮、Sルーフ・線路閉鎖施工との比較では約8ヶ月(約5.5割)の工程短縮が図れた。

結果、工期短縮および軌道影響工事の短期間化に対して一定の効果を得ることができた。

(参考文献)

- 1) 山内他：鉄道線路直下のダブルパイプーフ施工時における地盤挙動に関する検討，土木学会全国大会第77回年次学術講演会(投稿中)，2022。
- 2) 西日本旅客鉄道(株)：土木建造物設計施工標準，VI 地下・トンネル構造物編線路下横断構造物の計画・設計・施工(設計・施工の部)，pp.1-39-1-45, 2013。
- 3) (公社)土木学会：トンネル・ライブラリー，第31号特殊トンネル工法—道路や鉄道との立体交差トンネル—，pp.1-47-1-53, 2019。
- 4) (財)鉄道総合技術研究所：注入の設計施工マニュアル，pp.169-170, 2011。