

軟岩地盤における鉄道横断構造物設計に係る一考察

ジェイアール東海コンサルタンツ株式会社（正会員）

〇 榎並治博

東海旅客鉄道株式会社 建設工事事部（正会員）

古谷佳久

ジェイアール東海コンサルタンツ株式会社

嶋崎繁一

1. はじめに

富田架道橋は、静岡県において県道吉沢・金谷線の渋滞解消を目的に計画され、東海道本線金谷・菊川間で鉄道と交差するRCボックスカルバート構造の鉄道橋である。掛川層群が分布する当該箇所は、地表面付近まで泥質砂岩が堆積しており、非開削工法の選定が非常に難しい状況であったが、計画箇所近傍4箇所において実施した地質調査結果を踏まえパイプビーム工法を選定した。

本稿では、パイプビーム工法における泥質砂岩地盤での施工及び列車の安全・安定輸送の確保について設計施工計画上配慮した点について報告する。

2. 地盤条件・工法選定

岩盤ラインの把握を目的として、計画箇所を取囲む4箇所について実施した地質調査の結果、CL～CM級の泥質砂岩（風化岩）が線路縦断方向は神戸方へ、横断方向は線路右側へ傾斜していることが確認された。ボックスカルバートの構築箇所は殆どが岩盤中となるため、類似条件での施工実績等から線路下横断工としてパイプビーム工法が適用可能であると判断した。（表-1、図-1）

3. パイプビーム工法

パイプビーム工法とは、従来防護工として使用されていたパイプルーフに荷重分配が期待できる強度・剛性を有する継手により、相互連結した面構造ルーフを両端の受梁・支持杭で支える非開削工法である。（図-2、図-3）

当該箇所の適用に当っては、鉛直ルーフが必要なくパイプビーム下の空間を機械掘削できる等、他工法に比べ工期短縮の面で優れている反面、継手部の施工を確実に行うことが重要となる。また、パイプビームの土被りが60cm程度と比較的薄く、受梁も鋼製であるため、パイプビームのたわみが直接軌道へ影響を与えることも懸念された。

4. 岩盤箇所でのパイプビーム圧入

本施工においては、パイプビーム全40本中半分の20本が岩盤箇所となる。先でも述べたように本工法においては継手部が重要であり、推進時の継手部の防護及び刃口先端抵抗力・周面摩擦力の低減を目的とし、鋼管先端に補強プレートの他にリッパーを取付けることとした。（図-4、写真-1）リッパーは岩盤箇所のパイプビームを対象に鋼管継手部用と鋼管外周用の2種類を使用した。また、基準管位置は岩

工法名称	列車運行	地質	経済性
パイプビーム工法	○	△	○
フロンテジャッキング工法	○	×	×
工事桁工法	×注)	○	△

注) 東海道本線における線路閉鎖工事の場合

表-1 工法比較

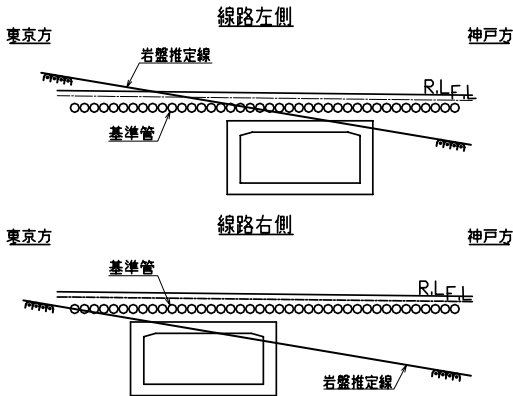


図-1 岩盤想定線

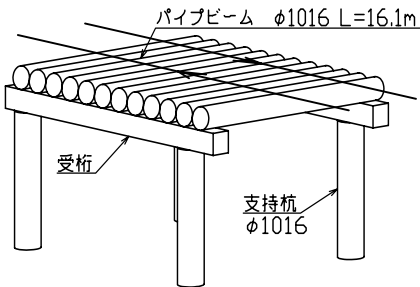


図-2 パイプビーム工法

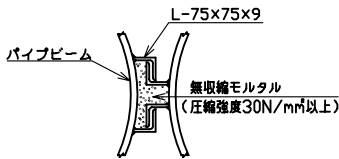


図-3 パイプビーム継手構造

キーワード：線路下横断工，泥質砂岩，パイプビーム工法，列車走行安全性

連絡先：愛知県名古屋市中区栄 2-5-1 宝第一ビル tel:052-232-4125 fax:052-232-4129

盤の傾斜を考慮して周面摩擦力が均等となる位置とし、推進精度の確保に配慮した。

5. 列車走行安全性の確認

パイプビームは鋼管両端を受梁で、端部鋼管は地盤で支持されており、面構造としてはすり鉢状に鉛直変位する。従来使用されてきた設計手法では、活荷重たわみに対し線路方向の軌道直下では鋼橋の主桁たわみ許容値 $L/800$ (L はスパン) を、端部鋼管の軌道直下では端横桁のたわみ許容値 (4mm) に路盤沈下 (1.5mm) を加えた 5.5mm を許容変位とされてきた。本設計ではパイプビームのたわみに軌道が追従するものとし、前述の検討を含め以下の照査を行った。

①パイプビーム及び受梁の活荷重たわみ

最大値 3.7mm (パイプビーム) $+0.2\text{mm}$ (受梁) $=3.9\text{mm} < 54.6\text{mm}$ (線路方向スパン $43.68\text{m} : L/800$)

②死荷重たわみと軌道整備基準値

高低狂いの最大値 1.7mm (10m弦) $< 8\text{mm}$ (軌道整備基準値: 95km/h を超える線区の静的高低狂い)

③左右レール位置でのたわみ差

最大値 $0.26\text{mm} < 3\text{mm}$ (在来鉄道)

④パイプビームの共振

パイプビームの固有振動数 5.02Hz (単純支持桁) 列車の振動数 $1.21 \sim 1.90\text{Hz}$ (列車速度 $70 \sim 110\text{km/h}$)

⑤掘削に伴うリバウンドによる軌道変状

支持杭根入れが杭径の4倍程度と短く、掘削高さが10m程度であるため支持杭を含めたリバウンド量を予測し、高低狂いについて照査した。

高低狂いの最大値 2.3mm (10m弦) $< 8\text{mm}$ (軌道整備基準値: 95km/h を超える線区の静的高低狂い)

以上の結果、列車走行に対する安全性が確認された。

6. 地震時の検討

本設計においては、線区の重要度から応答加速度1G相当の耐震設計を行った。パイプビームは鋼製受桁で支持されており線支承に類似した構造であるが、I種地盤であり設計水平震度 ($K_h=0.23$) が鋼と鋼の摩擦係数 0.25 を下回ったため上部から下部への荷重伝達が可能であると考えた。また、落橋対策としては支持杭の応答変位以上の桁がかりを確保することで対応した。

7. パイプビーム施工中の追加検討

施工途中におけるパイプビームの最大たわみ(死荷重)は設計値の90%程度であり、継手の施工が良好に行われたと考えられる。また、支持杭の局部沈下によりパイプビーム下の掘削完了前に受梁たわみが設計値に到達したため、支持杭にジャッキ受けを取付け、受梁を扛上して対応した。受梁と支持杭の結合構造が、アンカーボルトによるピン結合であったため可能であった対策である。

8. おわりに

多種の非開削工法が採用される近年において、泥質砂岩地盤で採用した本工法は、今後の同種鉄道工事において大きな実績となったと考える。現在鉄道交差部の施工は無事完了しており、間もなく開通を迎えることとなる。

最後に、設計施工計画段階及び現場施工に御協力頂いた関係者各位に紙面を借りて御礼を申し上げます。

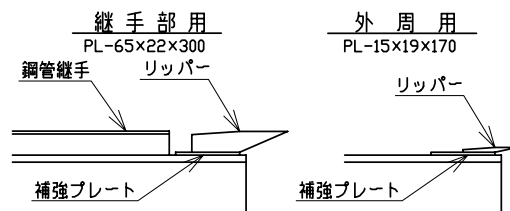


図-4 リッパ構造



写真-1 リッパ取付け状況