

鋼橋上における無筋コンクリート道床軌道の設計事例

東京地下鉄株式会社 正会員 ○新井 逸郎
 松川 俊介
 金川 周平
 株式会社日本線路技術 青木 宣頼
 安藤 勝敏

1. はじめに

東京地下鉄では鋼橋上への駅移設工事に伴い、軌道構造を無筋コンクリート道床とすることを計画している。コンクリート道床軌道は軌道変位が発生しにくく、メンテナンス性に優れるが、無筋コンクリートでの鋼橋上の設計事例が乏しい。そこで、今回の検討では鋼橋と軌道構造を一体挙動するものとしてモデル化し、FEM 解析を行った。そして、要求性能について照査した結果より、鋼橋上の無筋コンクリート道床軌道を設計した。本論文ではFEM 解析による照査結果に加え、鋼橋と軌道構造の一体化や道床目地といった設計の細目についても述べる。

2. 軌道構造検討概要

(1) 検討箇所

新設する鋼橋は、単線の閉床式下路プレートガーダーとホーム桁が一体となった構造となっている。図-1が鋼橋区間の平面図および断面図である。鋼桁は桁長110.6 mで、2 経間連続桁である。現在、この鋼橋には仮設の工事桁が敷設され、供用されている。今後も軌道を供用したまま、複数回の線路切替を経て計画線形のバラスト道床軌道となり、最後にコンクリート道床化することで本設軌道が完成する。

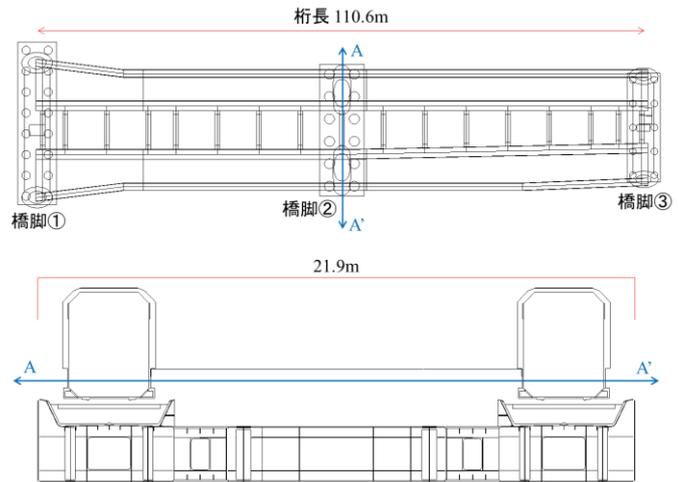


図-1 鋼橋区間平面図 (上) および断面図 (下)

本設軌道は PC まくらぎ下に防振箱を設置した防振まくらぎ軌道である。道床をコンクリートとして計画したのは、軌道変位が発生しにくく、メンテナンス性に優れるためである。しかし、鋼橋上は既設線夜間作業間

合いでの施工となるため、鉄筋コンクリート構造を採用することが困難である。そこで、敷設されているバラストへモルタルを注入・充填させるプレパックド工法により、道床は無筋コンクリートとすることを決定した。しかし、鋼橋上の無筋コンクリート道床軌道は設計事例に乏しいため、今回の検討で要求性能との照査を行った。

(2) FEM 解析条件

鋼橋はたわみが大きく、縦リブと横リブから成る格子状の桁で支持されているため、コンクリート道床に対し面外からの応力が発生する可能性がある。そのため、鋼橋と軌道構造を一体挙動するものとしてモデル化し、FEM 解析を行った。鉄道構造物等設計標準・同解説軌道構造¹⁾に従い、FEM 解析によってレール直角方向および長手方向の応力に対して応答値を算出し、照査した。表-1 が解析に使用した荷重条件である。表-2 に各応力の材令 2 時間および 7 日における限界値を示す。FEM 解析にお

表-1 荷重条件

外軌輪重 (kN)	103.8
内軌輪重 (kN)	93.0
外軌横圧 (kN)	76.86
内軌横圧 (kN)	-24.34
ロングレール縦荷重 (kN/m)	10.0
ロングレール横荷重 (kN/m)	10.0

キーワード FEM 解析モデル, コンクリート道床, 鋼橋, プレパックド工法

連絡先 〒110-8614 東京都台東区東上野 3-19-6 東京地下鉄株式会社 工務部軌道課 TEL03-3837-8084

る照査値が全ての限界値を下回れば要求性能を満たすこととなる。ただし、鋼橋自体のたわみ、温度変化や曲げについては挙動が複雑であり、不明点が多い。また、コンクリート道床はひび割れが発生すると補修が困難である。そこで、鋼橋自体のたわみや曲げに対応するため、無筋コンクリート道床に道床目地を設けるものとした。そのため、FEM 解析での検討長さは道床目地を考慮し、目地間隔は 4.52 m とした。また、防振箱の横ばね定数は引張の場合には 0 kN/mm に置き換えて繰り返し計算する非線形解析を行った。

3. 検討結果

(1) FEM 解析結果

鋼橋と軌道構造を一体化させたモデルについて、静的弾性解析を行った。図-2 が FEM 解析を行った結果の一例（上下変位）である。そして、モデルに対して FEM 解析を行った照査結果を表-3 に示す。表-2 で示した各応力の限界値に対し、照査値は全て1.0未満となり、鋼橋上の無筋コンクリート道床軌道構造が要求性能を満たすことが確認された。

表-2 各応力の限界値

	材令	限界値(N/mm ²)
せん断応力	2時間	2.02
	7日	4.44
曲げ引張応力	2時間	0.66
	7日	2.02
圧縮応力	2時間	-6.06
	7日	-16.02

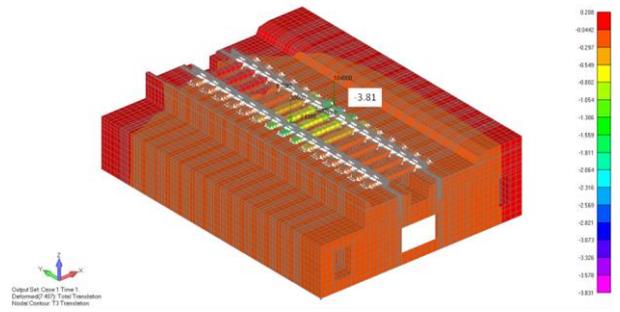


図-2 FEM 解析結果（上下変位）

(2) 設計の細目について

無筋コンクリート道床施工時には型枠を設置するためのインバート部分が必要となる。そこで、道床を 2 層に分けて設計した。図-3 が鋼橋上無筋コンクリート道床軌道構造の設計断面図である。まず、鋼桁と厚さ 180 mm のインバートコンクリートをジベル筋（φ=19 mm, L=150 mm）によって一体化させる。その後、無筋コンクリートの道床とインバートコンクリートを鉄筋で一体化する。ジベル筋打設箇所は、列車の通過による荷重等がジベル筋から鋼橋に伝達された際の影響を最小限にするため、鋼床板の部分よりも耐力が大きい鋼橋の縦リブ上とした。

表-3 照査結果

		材令	照査値
せん断応力	せん断応力	2時間	0.22
		7日	0.15
	最大せん断応力	2時間	0.42
		7日	0.28
曲げ引張応力	直応力	2時間	0.89
		7日	0.43
	主応力	2時間	0.95
		7日	0.46
圧縮応力	直応力	2時間	0.25
		7日	0.14
	主応力	2時間	0.25
		7日	0.14

配筋は縦リブ上にジベル筋をスタッド溶接することで行った。ジベル筋の打設ピッチは鉄道構造物等設計標準・同解説鋼・合成構造物²⁾より、レール長手方向に 500 mm とした。鋼桁の添接板部は、添接板自体にずれ止めとしての役割が期待できることから、添接板から 1000 mm 以内の範囲ではジベル筋を省略した。道床目地については鋼橋の排水口位置に合わせ、約 5000 mm ピッチで幅 170 mm とした。

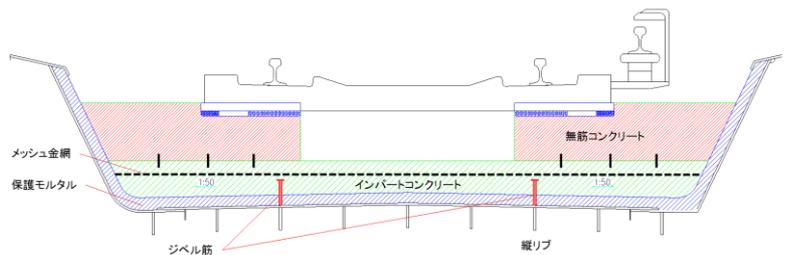


図-3 軌道構造設計断面図

4. まとめ

今回の検討では、鋼橋上無筋コンクリート道床構造に対し、鋼橋と軌道構造を一体挙動するものとしてモデル化し、FEM 解析によって照査した。照査の結果、要求性能を満たすことが確認され、鋼橋上無筋コンクリート道床構造が安全上問題ないことが示された。さらに、設計の細目において、鋼桁と道床間にジベル筋を配筋することで両者を一体化させた。今後は今回の検討結果を元に、駅移設工事の進捗に伴い、実際の軌道敷設を行っていく。

参考文献

- 1)国土交通省鉄道局監修，鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説軌道構造，平成 24 年 1 月
- 2)国土交通省鉄道局監修，鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説鋼・合成構造物，平成 21 年 7 月