

盛土部高架化に用いる鋼軌道桁の振動測定試験について

J R 東日本 東京工事事務所 正会員 ○黒田 智也
 東京工事事務所 正会員 杉田 清隆
 東京工事事務所 正会員 柳沼 謙一
 東京工事事務所 正会員 能手 敏文

1. はじめに

盛土部を掘削し高架橋を新設する場合、特に都心部においては、線路を一度仮線にする別線施工は難しいことから、工事桁工法にて施工するのが一般的である。工事桁工法とは、H形鋼等を組み合わせて仮橋台・脚を設置し、工事桁を架設することにより軌道を仮受けする工法である。通常、工事桁は高架橋構築後撤去するのが一般的であるが、本設の軌道桁として存置することによって、高架橋構築後の本設軌道へ復旧作業がなくなり、大幅な工期短縮、コストダウンが可能となる。

一方で軌道桁として存置した場合、列車走行時に軌道桁の振動が高架橋へと伝播し、軌道直下の高架橋の振動、騒音が問題となる。著者らは、この問題を解消するため、桁支承弾性材(防振ゴム)に着目した研究¹⁾をおこなってきた。(図-1)。

今回は、振動、騒音を低減するために、本設の軌道桁の浮上り防止対策である主桁部コンクリート(カウンターウエイト)に着目し、その効果を確認するため、衝撃振動試験をおこなった。本稿では、その結果について報告する。

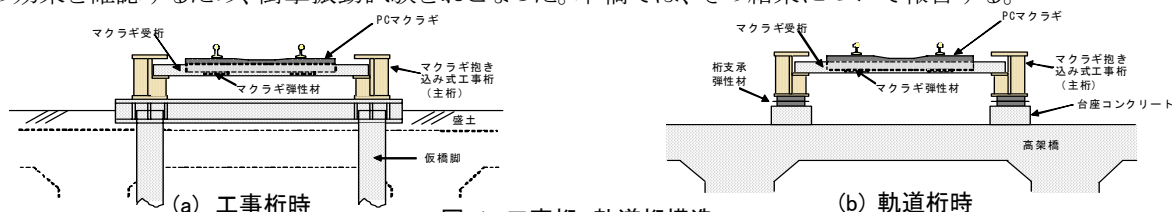
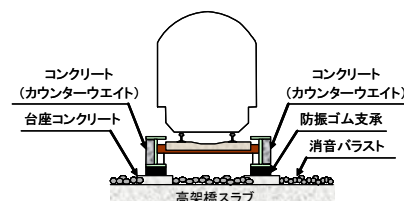


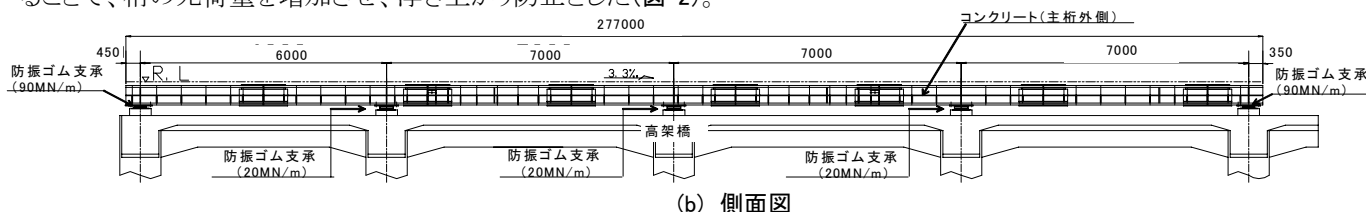
図-1. 工事桁、軌道桁構造

2. 構造概要

今回の試験対象とした軌道桁は全長 27.7m(支間 6.0m+3@7.0m)の4径間連続桁である。軌道桁を支持する桁支承弾性材(防振ゴム)のバネ定数は既往の研究¹⁾より中間部 20MN/m、両端部を 90MN/m とした。中間部と端部の支承のバネ定数の違いは軌道桁前後の路盤のバネ定数の変化に対する列車の乗り心地を考慮し決定している。また、軌道桁は連続桁であるため、列車走行時、支点部において、浮き上がりが生じる。橋桁の浮き上がり防止対策にはPC鋼棒等による機械的な方法や桁の重量化といった対策が挙げられるが、本軌道桁では、主桁外側にコンクリートを打設することで、桁の死荷重を増加させ、浮き上がり防止とした(図-2)。



(a) 断面図



(b) 側面図

図-2. 軌道桁構造概要

3. 衝撃振動試験概要

本試験の目的は前述したとおり、主桁部のコンクリートによる振動低減効果を確認することである。試験は主桁部のコンクリート打設前後において実施し、重錘(約 350N)を高さ 0.8m の位置から軌道桁上フランジ部へ落下させ、軌道桁へ振動を与えた。軌道桁(7箇所)、高架橋スラブ(4箇所)、高架橋柱(1箇所)にサーボ型速度計を設置し、軌道桁衝撃時の振動波形の収録、記録、フーリエ解析等は衝撃振動試験計測システム「INPACT」【(財)鉄道総合研究所】を使用した。軌道桁の衝撃回数は正常な応答波形が得られるよう5回実施した(図-3,写真-1)。

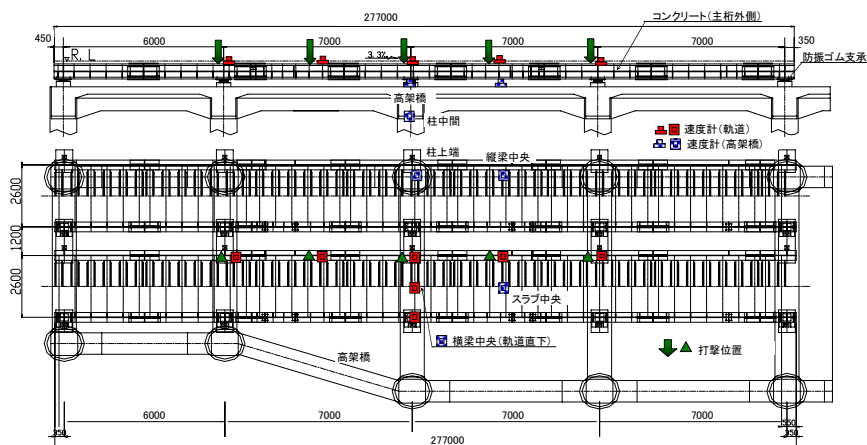


図-3. 衝撃振動試験 速度計・打撃位置

Keyword : 鉄道高架化、工事桁、鋼軌道桁、振動、騒音

連絡先 : 〒151-8512 東京都渋谷区代々木二丁目2番6号 JR 新宿ビル Tel03-3379-4353 Fax03-3372-7980

4. 振動試験結果

4. 1 軌道桁の固有振動数の変化

主桁部へのコンクリート打設前後における軌道桁の固有振動数の変化を表-1、重錘による衝撃振動時の軌道桁の振動モードを図-4 に示す。今回、主桁部のコンクリート打設による、桁の断面変化は重量増(約 55.2KN)、断面 2 次モーメント増($15 \times 10^4 \text{cm}^4$)である。

振動モード図より、1 次振動モードの固有振動数は軌道桁の重量と桁支承バネの剛性、2 次振動モードでは重量と桁剛性が支配的となる。1次振動モードの固有振動数は、桁支承バネに着目した既往の研究¹⁾の変化率 0.97 と一致した。

また、打設したコンクリートがカウンターウエイトとしての機能を有するかを確認するため、2 次振動モードの固有振動数の変化率に着目し試算を試みた結果、コンクリート打設前後において試験値、計算値共に固有振動数変化率 0.94 となり、設計上考慮した主桁部コンクリートの重量を確認することができた。試算は、今回の軌道桁のように弾性支持された連続桁の振動方程式から固有振動数を算出することは煩雑であることと、今回はコンクリート打設による桁の重量、剛性変化に着目した検討をおこなうため単純桁、連続桁等で通常使用される式-1²⁾を使用した。

$$f = A^2 \sqrt{\frac{EI}{M}} \quad \cdots (\text{式}-1) \quad \text{ここで、} f: \text{固有振動数(Hz)、} EI: \text{振動系の剛性(KN/m)、} M: \text{振動系の重量(KN)、} A: (i\pi/l, i=1,2,3,\cdots, l: \text{スパン(m)})$$

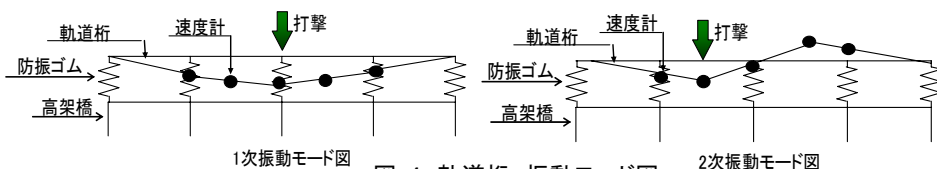


図-4. 軌道桁 振動モード図

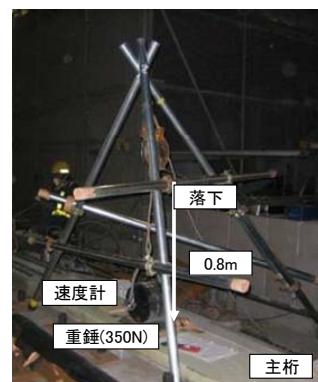


写真-1. 衝撃振動試験状況

表-1. 主桁部コンクリート打設前後の軌道桁固有振動

振動モード	固有振動数(Hz)		比率(b)/(a)
	(a) 打設前	(b) 打設後	
1 次	18.4	17.9	0.97
2 次	30.5	28.7	0.94

4. 2 軌道桁と高架スラブの応答倍率

重錘による衝撃により軌道桁に発生した振動が高架橋へどの程度伝搬しているかを評価するため、式-2 に示す衝撃時の軌道桁の応答値とその時の高架橋の応答値より求められる応答倍率を用いて評価した。応答倍率の変化を表-2 及び図-5 に示す。表-2 において主桁のコンクリート打設後において応答倍率が増加している箇所は認められず、全ての箇所において、応答倍率が 1 未満である。よって、主桁部に打設したコンクリートは振動低減にも有効である事が確認できた。

$$\text{応答倍率} = \left[\text{着目: 高架橋測定位置での応答値 (kine} \cdot \text{sec)} \right] \div \left[\text{入力: 軌道桁打撃時の軌道桁の応答値 (kine} \cdot \text{sec)} \right] \quad \cdots (\text{式}-2)$$

表-2. 主桁部コンクリート打設前後の応答倍率

着目位置	方向	応答倍率		比率(b)/(a)
		(a) 打設前	(b) 打設後	
横梁中央	鉛直	1.38	0.79	0.57
柱上端	鉛直	0.61	0.34	0.56
スラブ中央	鉛直	1.36	0.98	0.72
縦梁中央	鉛直	0.97	0.37	0.38
柱中間	水平	0.47	0.23	0.49

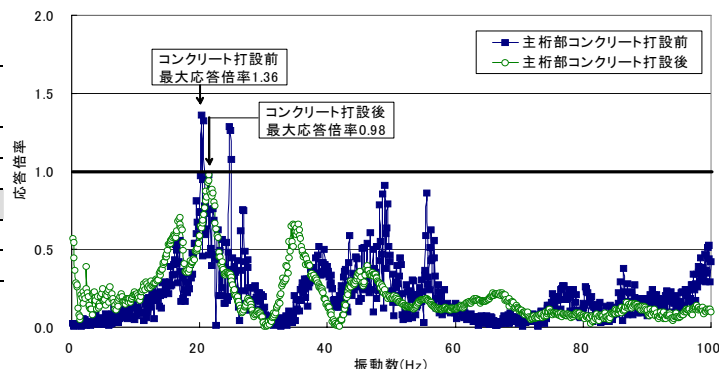


図-5. スラブ中央における応答倍率

5. おわりに

本稿は桁の浮き上がり防止の目的で打設した軌道桁主桁部のコンクリートによる振動低減効果について報告した。本試験によって防振ゴム支承の他、主桁部コンクリートについても振動低減に有効であることが確認することが出来た。また、本構造は通常、仮設物として使用される工事桁を、本設構造の軌道桁として存置することは資源の有効活用の他、工事費のコストダウン、工期短縮を図ることが可能であり、今後も同構造の軌道桁が計画されている。

本稿が工事桁を本設利用する軌道桁の振動低減の一助となれば幸いである。

【参考文献】

- 1) 杉崎尚秀、柳沼謙一、池野誠司: RCラーメン高架橋上における振動・騒音低減を目的とした軌道桁の支承条件に関する一考察、第 59 回土木学会年次学術講演会、第4部門、2004.9

- 2) (社)土木学会: 構造力学公式集、昭和61年版

Keyword: 鉄道高架化、工事桁、鋼軌道桁、振動、騒音

連絡先: 〒151-8512 東京都渋谷区代々木二丁目2番6号 JR 新宿ビル Tel03-3379-4353 Fax03-3372-7980



写真-2. 試験に使用した軌道桁