

新幹線走行に伴う電化柱と PC 単純桁の共振現象について

J R 東日本 高崎土木技術センター 正会員 ○藤江幸人, 正会員 岡田尚千
 株式会社福山コンサルタント 正会員 中野聡, 非会員 牛島宏

1. はじめに

新幹線高架橋の PC 単純桁スパン中央に電化柱が設置されている箇所において、列車走行に伴い電化柱と桁に大きな振動が生じている事象があった。この振動により、ちょう架線とトロリー線を接続する箇所の断線が頻発しており、現在までに電化柱に関する調査を行ってきた。しかし、桁、橋脚等の土木構造物に関しても、桁の振動に関する定量的な評価、桁と電化柱の振動の相互関係の把握が必要であった。

そこで、高架橋の桁、橋脚、及び電化柱に対する詳細調査を行い、振動の原因究明、対策の検討を行ったのでここに報告する。

2. 調査概要

調査対象は、桁スパン中央に電化柱が設置された複線 4 主桁ポストテンション T 型単純桁(L=29.2m)とした。電化柱の有無による桁の挙動を比較するため、電化柱が設置されていない桁(以下 T1)と、桁スパン中央に電化柱が設置された桁(以下 T2)の 2 本の桁を調査対象とした。なお、T2 に設置された電化柱は、直径 400mm、長さ 12.0m の鋼管柱である。

図-1 に調査フローを示す。まず、桁及び電化柱に対する衝撃振動試験、変位量測定を行い、固有振動数及

び振幅量を測定した。次に、振動解析として桁及び電化柱のモデルを作成し、列車走行シミュレーションを行うことで対策の検討を行った。

3. 調査結果

3.1 衝撃振動試験

表-1 に示したように、T2 において桁及び電化柱線路直角方向の固有振動数が近い値であった。また、表-2 に調査対象箇所を走行する列車速度における列車走行の卓越振動数を示す。これにより、列車走行の卓越振動数に関しても、桁及び電化柱線路直角方向の固有振動数と近い値であることがわかった。よって、これら 3 つの振動が共振している可能性が高いと想定された。

3.2 変位量測定

図-2 に、列車速度 232km/h における T1 及び T2 におけるたわみ量の時刻歴を示す。列車通過後の鉛直上方向の変位は、T1 の約 1mm に対して T2 は約 8mm と大きなたわみ量が計測されており、振幅の大きな自由振動が発生していることがわかった。

また、電化柱上端では、最大で線路方向に 28.6mm、線路直角方向に 43.4mm の変位が生じており、線路直角方向により大きな変位が生じていることがわかった。図-3 に電化柱上端における線路直角方向の変位の時刻

表-1 桁及び電化柱の固有振動数

部位		T1 (Hz)	T2 (Hz)
桁		3.2	3.1
電化柱	上り線	線路方向	4.1
		線路直角方向	2.6
	下り線	線路方向	4.1
		線路直角方向	2.8

表-2 列車走行の卓越振動数

列車速度 (km/h)	卓越振動数 (Hz)
220	2.4
230	2.6
240	2.7
250	2.8
260	2.9

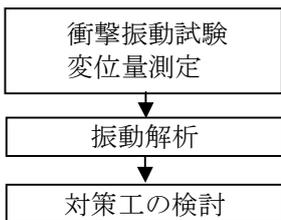


図-1 調査フロー

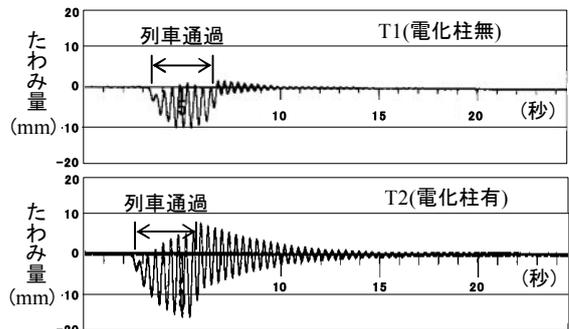


図-2 T1 及び T2 におけるたわみ量の時刻歴

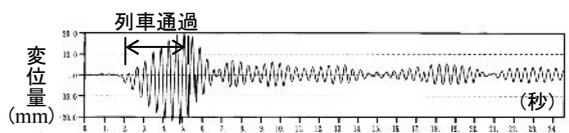


図-3 電化柱上端における線路直角方向の変位の時刻歴

キーワード 新幹線高架橋, 共振, 振動解析

連絡先 〒370-0052 群馬県高崎市旭町 190 東日本旅客鉄道(株) 高崎土木技術センター TEL 027-324-6594

歴を示す。これより、電化柱上端では列車通過後も長時間にわたり線路直角方向に自由振動が生じ、この自由振動は増幅と減衰を繰り返していることがわかった。

これらから、桁及び電化柱の両者に共振の典型的な特徴が表れていることが分かった。

また、表-3に、たわみの実測値に対して、列車荷重載荷時の計算値及び走行安全性から定まる限界値との比較を示す。これより、T2 スパン中央において、計算値を上回る大きなたわみが生じていることがわかる。このT2におけるたわみは、鉄道構造物等設計標準に定められた走行安全性から定まるたわみの限界値を超過してはいないものの、土木構造物の使用性の観点から低減させる必要がある。

4. 対策案を考慮したシミュレーション解析

4. 1 概要

図-4に示すフレームモデルを作成し、このモデルに対策案を組み込み列車走行シミュレーション解析を行うことで対策効果を確認した。

そこで、列車通過時の桁及び電化柱の振動を低減することを目的に、以下の3種類の対策工について検討した。

案Ⅰ：電化柱へのコンクリート充填

案Ⅱ：電化柱連結(トラスビームを連結材として採用)

案Ⅲ：電化柱への制震装置設置

4. 2 解析結果

表-4にシミュレーション解析結果を示す。なお、表-4中の電化柱線路直角方向の変位、及び桁のたわみについては、列車の最高速度である260km/hにおける値を示しており、現状欄には対策工を組んでいないモデルにおける値を示した。

案Ⅰ 電化柱へのコンクリート充填では、表-4に示したように、電化柱線路直角方向の固有振動数が低下

することから、電化柱線路直角方向の変位について低減可能である。しかし、桁のたわみは増加してしまう。これは、充填したコンクリート重量の影響で桁の固有振動数が低下し、表-2に示した列車走行の卓越振動数と桁の固有振動数がより接近するためである。

案Ⅱ 電化柱連結では、表-4に示したように電化柱線路直角方向の固有振動数が増加することから、電化柱線路直角方向の変位を低減させることが可能である。しかし、現状の列車最高速度である260km/hを超えると、徐々に電化柱線路直角方向の変位が増大する傾向がある。これは、対策を施すことにより、列車走行による振動と電化柱の振動の共振速度域が、現状より大きくなるためである。よって、将来的な速度向上の際には留意が必要である。また、桁のたわみについては低減効果がみられなかった。

案Ⅲ 本報告で対象とした制震装置は、バネ、高粘性液体、重錘により構成され、電化柱の振動に伴い重錘が逆位相で振動し、電化柱の振動を抑制するものである。つまり、各々の部材の固有振動数の値は変化しないが、振動減衰定数を向上させる装置である。そこで、本報告の装置は、電化柱線路直角方向の振動減衰定数を0.016から0.1増加させ0.116にモデルを設定した。その結果、表-4に示したように電化柱線路直角方向の変位、及び桁のたわみの両方に低減効果が見られた。

以上の3案について、対策効果、施工性等総合的に比較すると、案Ⅲ「電化柱への制震装置設置」が最も有効であると考えられる。

5. まとめ

- ・列車走行に伴う振動、桁の振動、及び電化柱線路直角方向の振動という3つの振動の共振が、桁のたわみや電化柱の変位に大きな影響を与えている可能性がある。
- ・対策効果、施工性等から総合的に判断すると、電化柱への制震装置設置が最も有効な対策と考えられる。

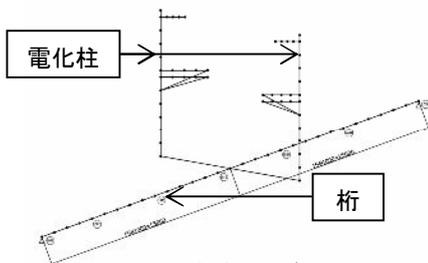


図-4 解析モデル図

表-3 桁のたわみ比較表 (T2 スパン中央)

計算値 (mm)	実測値 (mm)	限界値 (mm)
13.7	17.1	24.3

表-4 シミュレーション解析結果

		現状	コンクリート充填	電化柱連結	制震装置設置
固有振動数 (Hz)	電化柱線路直角方向	2.8	1.7	3.9	—
	桁	3.1	2.9	3.1	—
電化柱線路直角方向の変位 (mm)		38 (解析値)	5	5	8
桁のたわみ (mm)		22 (解析値)	31	22	12