

桁式高架橋の振動の発生要因に関する一考察

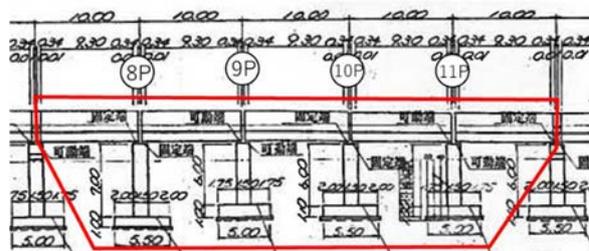
東日本旅客鉄道(株) JR 東日本研究開発センター 正会員 ○内田 有吏子
 (株)構造計画研究所 正会員 矢部 明人
 東日本旅客鉄道(株) JR 東日本研究開発センター 正会員 竹谷 勉
 中央大学 研究開発機構 正会員 石井 武司

1. はじめに

高架橋を走行する列車等から発生する振動が、構造物を通じ地盤に伝播し地盤振動の問題を発生させる場合がある。特に、新幹線走行に伴う地盤振動に対しては、「環境保全上緊急を要する新幹線鉄道振動対策について(勧告)」^[1]に基づき、必要な対策を施している。振動対策の検討にあたっては、加振源である構造物の振動発生要因を解明することが重要である。そこで、本報では、桁式高架橋の振動について測定・解析を行い、橋脚の振動発生要因を考察した。

2. 測定箇所と測定結果

直接基礎形式の桁式高架橋(図1)の下り線に10両編成の新幹線を約350km/h(=97.22m/s)で走行させ、4橋脚における構造物の加速度を5点測定した(図2)。対象高架橋の諸元を表1に示す。図3に9Pの測点①における列車通過時の鉛直応答加速度を、振動レベル表示に変換して1/3オクターブバンドスペクトルで示す。勧告で対象となる振動成分は鉛直方向のみであるため、以下で述べる加速度は全て鉛直成分である。縦軸は振動レベルの最大値(測定値)を0dBとする正規化で表示した相対振動レベルである。ただし図中には、後述の解析結果も含む。同図によれば4Hz、12.5Hzおよび64Hz付近でピークが発生している。4Hz付近は、速度と輪重の距離より、輪重と桁・橋脚・基礎の作用反作用による振動に対応する。単純梁構造物の桁の一次固有振動数はおよそ100mをスパン長で除した値となり、本桁式高架橋の場合約10Hzである。よって、12.5Hz付近は、単桁の振動が橋脚に影響して発生したものと推測される。64Hzの発生要因は桁や列車の条件から説明できない。また、このピークは他の2つのピークよりも大きいことから、その要因を数値解析にて検討した。



□: 測定・解析モデル再現範囲

図1 対象高架橋

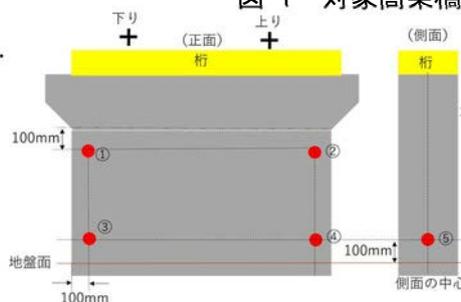


図2 高架橋9P橋脚の加速度測定箇所

表1 対象高架橋諸元

基礎形式	直接基礎
勾配	10%
線形	直線

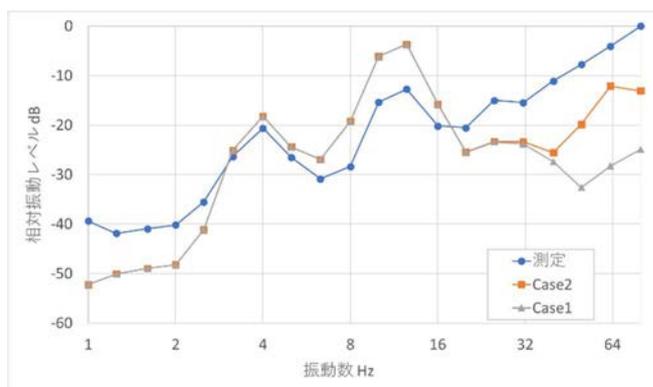


図3 9P橋脚測点①の1/3オクターブバンドスペクトル

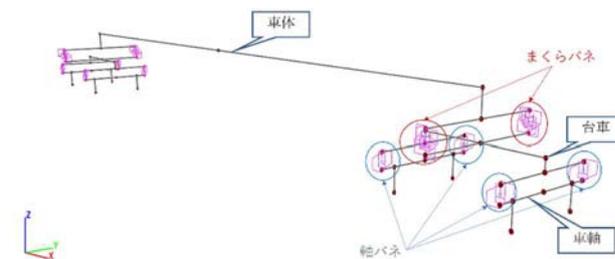


図4 解析モデル(車体)

3. 解析モデルの概要

数値解析には、車両と構造物の動的相互作用を考慮した移動荷重を伴う時刻歴動的応答解析プログラ

キーワード 振動, 桁式高架橋, 波状摩耗

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町2-479 J R 東日本研究開発センター TEL048-651-2552

ムである DALIA[®]を用いた。車体の解析のモデルを
 図 4 に示す。車両は車体・台車を剛な梁要素とし、
 車体と台車、車軸と台車をダンパー要素・バネ要素に
 より接合した。桁式高架橋の解析モデルを図 5 に示
 す。桁式高架橋は、5 径間を対象にモデル化した(図
 1)。桁(スラブ・主桁・防音壁)は二次板要素を用いた。

また、橋脚は壁式であるため、橋脚の中心面に二次板
 要素を用いてモデル化した。直接基礎はフーチング
 部材からフーチング下面まで剛部材を配し、その端
 部に支配面積相当の水平 2 方向と鉛直のバネを配置
 した。フーチングと橋脚の線路方向前面抵抗は橋脚
 要素面に支配面積相当の水平バネを設置した。

構造減衰は、9P 橋脚の測点①における自由振動波
 形から減衰定数を推定し、64Hz 付近以降の高振動数
 域で過剰な減衰とならないように質量比例減衰を採
 用した(図 6)。

4. 測定結果と解析結果の比較

レール表面が凹凸のない平坦な場合のモデルを
 Case1 と定義し解析を行った。図 3 に振動レベルの
 1/3 オクターブバンドスペクトルを示す。4Hz 付近の
 振動レベルは測定値とほぼ同等の値である。12.5Hz
 付近の振動レベルは測定値よりやや大きい。いずれ
 も 4Hz および 12.5Hz 付近ピークの形状は良く似て
 いる。しかし、解析結果は 64Hz 付近にピークが現
 れていない。波長 $\lambda = \text{波の速さ } v (= \text{列車速度}) / \text{振動数 } f$
 より、64Hz の波長は約 1.5m($=97.22/64$)となる。
 この波長の振動発生要因について考察を行った。

当該高架橋は勾配がついていることや高架橋前に
 トンネルがあることから、文献³⁾の知見より当該区
 間には 1~2m の長波状摩耗があると推察し、これが
 高周波振動の要因であると想定した。そこで、レール
 表面の凹凸を考慮したモデルを設定し、解析を実施
 した。凹凸のモデルについては、振幅 1mm、波長
 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0m の各模擬波状摩耗を、初期位相
 を揃えて重ね合わせで表現した。文献³⁾より、凹凸
 量の最大振幅が 0.6mm 前後であることから、重ね合
 わせた波長を 0.1 倍することで模擬波状摩耗を作成
 し、モデルに反映した(図 7)。これを考慮した解析
 を Case2 とし、図 3 に解析結果を示す。Case2 で
 は、4Hz および 12.5Hz 付近ピークが Case1 と同様
 に再現されており、さらに 64Hz 付近にピークが現
 れる。よって、レール表面の凹凸が、64Hz 付近のピ

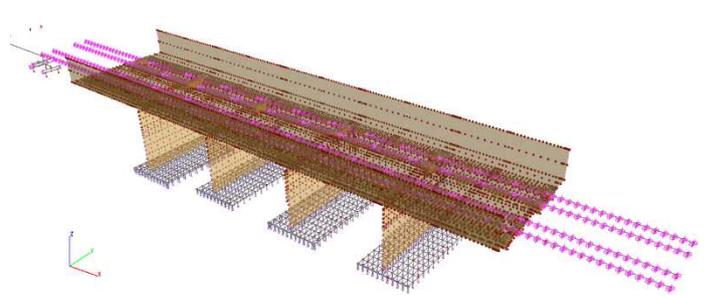


図 5 解析モデル(桁式高架橋)

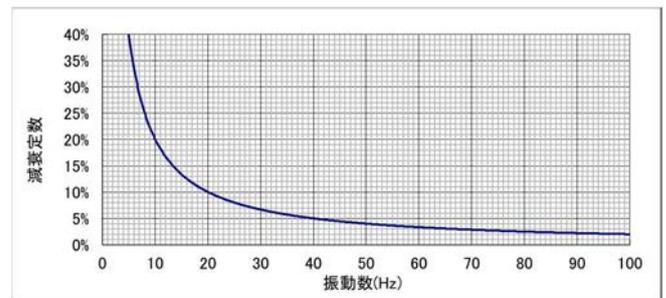


図 6 構造減衰(質量比例)

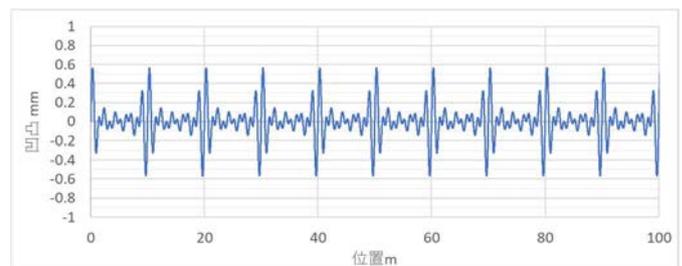


図 7 模擬波状摩耗

ークの発生要因の一つであると考えられる。

5. まとめ

今回対象とした直接基礎形式の桁式高架橋では、
 橋脚振動が 4Hz、12.5Hz および 64Hz 付近でピーク
 が発生した。特に 64 Hz 付近のピークは他の 2 つの
 ピークよりも大きいため、この発生要因を抑えるこ
 とが橋脚の振動低減に有効である。解析結果から、
 64Hz 付近の振動要因はレール表面の凹凸である可
 能性を示唆された。よって、レール削正による波状摩
 耗の解消が橋脚の振動抑制に有効と考えられる。

参考文献

- 1)環境省: 環境保全上緊急を要する新幹線鉄道振動対策について(勧告), 環大特 32 号, <http://www.env.go.jp/hourei/08/000001.html>.
- 2) 矢部明人: サブストラクチャー法を用いた移動体と構造物の動的相互作用解析手法の開発, 土木学会第 61 回年次学術講演会, 2006
- 3)大和田雅仁: 新幹線における長波長波状摩耗の影響および処置方法の検討, 土木学会第 70 回年次学術講演会, 2015.