

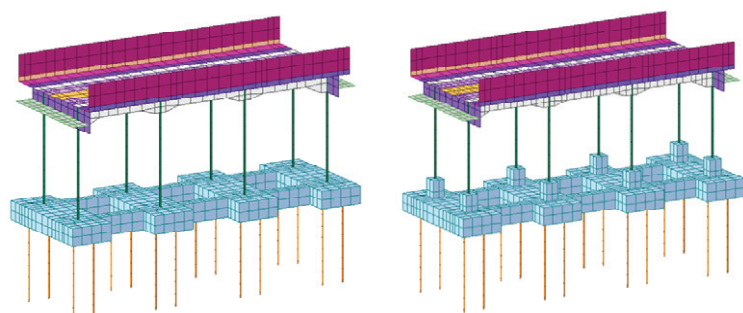
ラーメン高架橋柱地中部のモデル化方法の違いが列車走行時の 地盤振動シミュレーションへ与える影響

(公財)鉄道総合技術研究所 正会員 ○野寄真徳 正会員 横山秀史
(株)構造計画研究所 正会員 三橋祐太 正会員 庄司正弘

1. はじめに

列車走行時の沿線地盤振動予測を行う場合、列車走行を考慮した地盤振動シミュレーションは重要な手段の一つである。筆者らは鉄道構造物を考慮した加振力解析と鉄道構造物・地盤の振動伝播解析を組み合わせた移動加振解析をおこなってきた¹⁾²⁾。それによれば、高架橋縦梁や橋脚の解析結果は実測記録と良い対応を示している。一方で、鉄道構造物から地盤の振動伝播特性、鉄道構造物近傍地盤から遠方地盤までの振動伝播特性は、解析精度向上のために改良する必要があると考えられた。そこで筆者らは、鉄道構造物と地盤の振動伝播特性の精度向上を目的とし、前報²⁾で作成したラーメン高架橋モデルの橋脚地中部分を梁要素からソリッド要素に変更し解析をおこなった。本報では、上記解析の試計算の結果と得られた知見を述べる。

2. 解析モデルの概要



(a) 前報の解析モデル

(b) 本報の解析モデル 1

図 1 伝播解析モデル

本解析には鉄道構造物を考慮した加振力解析と鉄道構造物・地盤の振動伝播解析という 2 つの段階があるが、本報では加振力解析に前報のモデルを使用し、後者の解析について柱地中部分のモデル化方法を検討した。これは、鉄道構造物から地盤の振動伝播特性、鉄道構造物近傍地盤から遠方地盤までの振動伝播特性を精度良くモデル化するためである。前報の解析モデルと今回の解析モデルを併せて図 1 に示す。

解析には SuperFLUSH/3D(構造計画研究所)を用いた。高架橋モデルは高さ 9.5m の 2 柱式ゲルバータイプの標準高架橋とした。

前報の解析モデル(図 1(a))は、構造物のスラブおよび梁をシェル要素、柱および杭をビーム要素、フーチングおよび地中梁をソリッド要素でモデル化していた。本報では柱地中部のモデル化方法を変えた際の解析結果の違いを検討するために 4 パターンで解析をおこなった(表 1)。モデル 1 とモデル 4 は柱地表部分をビーム要素、地中部分をソリッド要素でモデル化している。2 つのモデルの違いは柱地表部分と地中部分の接続方法であり、モデル 1 では柱地中部分がビーム要素とソリッド要素の重複とした。そのため、柱地中部分の剛性が以前のモデルの 2 倍となっている。モデル 4 は柱地中部分のソリッド要素上面に田の字型のビーム要素を付け、その中心に柱地中部分のビーム要素をつないでいる(図 2)。モデル 2 とモデル 3 は柱全体をビーム要素でモデル化しているが、モデル 3 はモデル 1 との比較のため剛性を 2 倍にしている。

表 1 検討したモデル

モデルNo.	名称	柱地中部分のモデル化方法
1	ソリッド+ビーム	ソリッド要素とビーム要素の併用
2	ビームのみ	ビーム要素でモデル化 (前報の方法)
3	ビーム(剛性2倍)	ビーム要素でモデル化 (剛性をモデル1と同等にした)
4	田の字型	ソリッド要素のみ 柱地表部と地中部の繋ぎ目に田の字型にしたビーム要素を使用

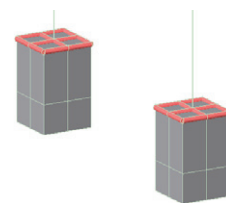


図 2 モデル 4(田の字型)の柱部分

キーワード 鉄道振動、数値シミュレーション、車両・軌道・構造物系連成解析

連絡先 〒185-8540 東京都分寺市光町 2-8-38 防災技術研究部 地質 TEL 042-325-5698

3. 解析結果

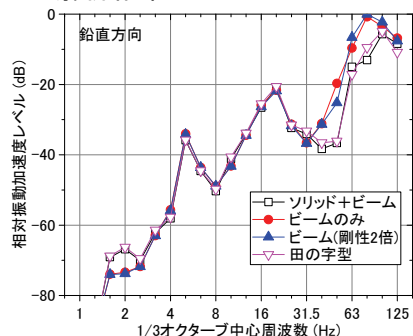


図3 スラブ中央加振時の橋脚近傍地盤における相対振動加速度レベル

表1の解析モデルにおけるスラブ中央レール位置に点加振した結果を図3に示す。解析結果はモデル3の最大値を0dBとして正規化した。この結果から、モデル化方法によって2Hz付近と31.5Hzより大きい範囲において振動加速度レベルに差が生じること、またモデル1と4、モデル2と3で振動加速度レベル差が少ないことがわかる。これは、柱地中部分の剛性よりも形状が結果に影響することを示している。図4に20Hz帯域における成分ごとの距離減衰の様子を示す。これらの図を見ても、モデル1と4、モデル2と3で振動加速度レベル差が少ないことがわかる。加えて、橋脚から離れた地盤においてはいずれのモデルであっても近い値を示す。図4

における橋脚左側近傍にある測点の値と遠方地盤の値の差は地盤の伝達関数と考えることができるため、柱地中部のモデル化方法によって地盤の伝達関数にも影響を及ぼすことが確認できる。

次に点加振時と移動加振時における地盤の距離減衰比較のため、表1のモデル4を用いて4種類の列車速度に対応する移動加振解析と地盤のみを新たにモデル化し地表面を単位荷重で加振した点加振解析をおこなった(図5)。図5に示している点加振の結果は、フーチング際で260km/hの移動加振結果と一致するように振動加速度レベルを調節している。これらの結果をみると、移動加振と点加振の距離減衰の様子はおおむね同様の傾向にあるが、4Hz帯域や20Hz帯域ではフーチング際から10m位置付近までの点加振の減衰が移動加振よりも大きい。これは点加振時と移動加振時でフーチング際の振動加速度レベルを一致させたとしても、その波動場を構成する波動の種類が異なっているためではないかと考える。

4. まとめ

本報では筆者らが以前よりおこなっている鉄道構造物を考慮した移動加振解析において、柱地中部のモデル化方法の検討と、移動加振時と点加振時における地盤の距離減衰比較をおこなった。その結果、柱地中部のモデル化方法により一定の周期帯域に差が生じ、地盤の伝達関数に変化すること等の知見を得た。今後はこの知見を列車走行時における沿線地盤振動予測の精度向上に生かしていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 横山秀史、八代和幸、蒲原章裕、岩田直泰：鉄道沿線地盤振動の水平動および鉛直動の伝播特性、鉄道総研報告、Vol.25、No.11、pp.35-40、2011。
- 2) 横山秀史、三橋祐太：ラーメン高架橋区間における列車走行時の地盤振動シミュレーション、平成27年度全国大会第70回年次学術講演会講演概要集、2015。

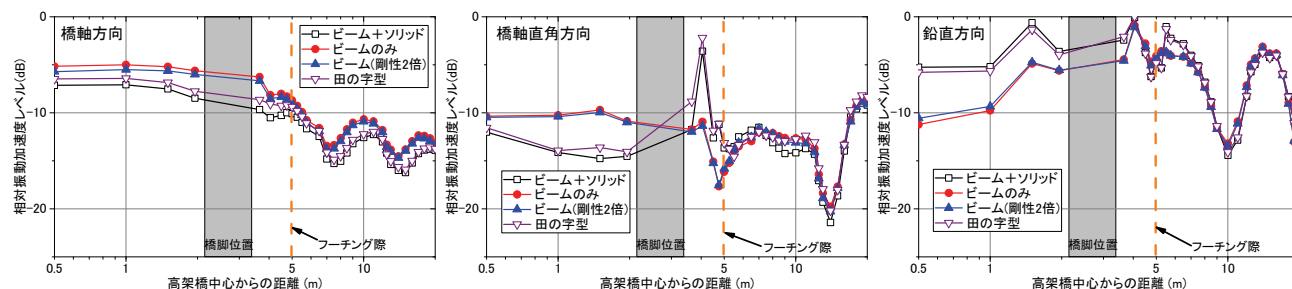


図4 地上観測点での距離減衰の様子(20Hz)

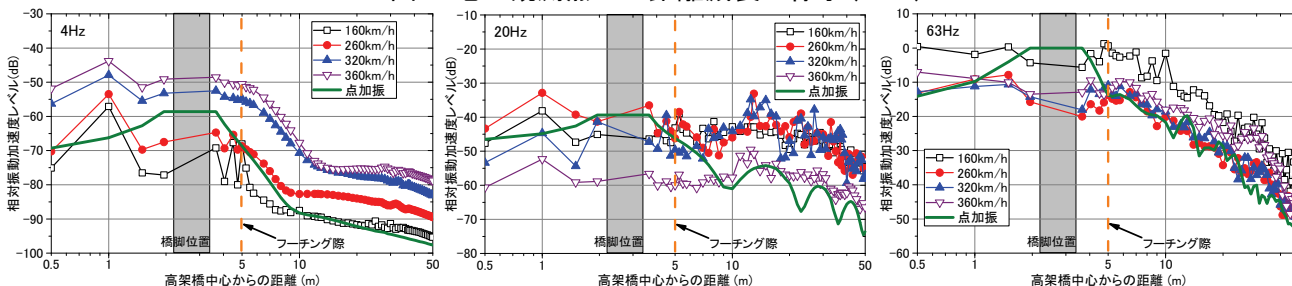


図5 移動加振と点加振の距離減衰比較(左:4Hz 中:20Hz 右:63Hz, 鉛直方向)