

## 高架橋基礎を用いた起振試験の再現および振動伝播特性の把握

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○加藤信二郎 正会員 横山 秀史

### 1. はじめに

列車走行に伴う地盤振動を定量的に評価することは地盤の振動伝播特性や振動対策工の効果を把握する上で重要である。これらを実験するための基礎的な検討として、鉄道構造物の模型を用いた起振試験が行われている。しかし、起振試験の規模によっては地盤、構造物条件の変更や対策工の効果の把握が容易ではないため、解析による検討も評価手法の一つとなっている。そこで、本稿では過去に行われた高架橋基礎を用いた起振試験<sup>1,2)</sup>を動的解析により再現するとともに、振動伝播特性の把握や振動対策工の低減効果を解析的に検討した。

### 2. 解析モデルの概要

本検討では構造物・地盤系の動的連成解析プログラム SuperFLUSH/3DS を用いた。解析モデルは高架橋基礎をソリッド要素、杭をビーム要素、地盤を薄層要素でモデル化した。対策前の解析モデルを基本ケース (case1) とする。検討した振動対策工は高架橋基礎から両側に 3.15m 離れた位置に高さ 10.5m、長さ 20m の鋼矢板を打ち込んだ両側鋼矢板遮断工を施工したケース (case2) と高架橋基礎から 3.65m 離れた位置を中心の高さ 3m、長さ 20m、厚さ 1m のコンクリート地中壁を施工したケース

(case3) である。case2 の対策工はシェル要素、case3 の対策工はソリッド要素でモデル化した。ここで、case2 は鋼矢板とシェル要素の断面二次モーメントが等価となるようにシェル要素の厚さ、質量を決定した。

本検討の対象周波数は約 100Hz までとし、要素分割は地盤、構造物の S 波速度と周波数から求まる波長の 1/6 以下とした。地盤については、速度検層の結果を踏まえ、予備解析を行い地盤条件を決定した。解析モデルを図 1、各部材の諸元を表 1、地盤条件を表 2 に示す。解析は図 1 に示す 1/2 モデルで行った。加振位置は柱天端の全節点とし、同位相で鉛直方向に加振した。評価対象は鉛直成分とし、図 1 の赤線の範囲を沿線地盤の評価点とした。なお、起振機の自重を考慮するため、起振機の総質量 3.4t を節点数で除した値を集中質量として柱天端の全節点に付加している。

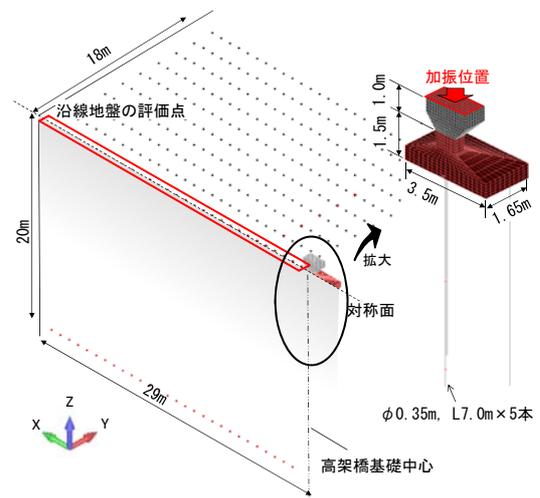


図 1 解析モデル

表 1 各部材の諸元

部材	高架橋基礎 コンクリート 地中壁	杭	鋼矢板
厚さ $b$ (m)	—	—	0.126
断面積 $A$ (m <sup>2</sup> )	—	$96.16 \times 10^{-3}$	—
断面二次 モーメント $I$ (m <sup>4</sup> )	—	$0.7362 \times 10^{-3}$	—
密度 (t/m <sup>3</sup> )	2.5		1.19
ポアソン比	0.2		0.3
ヤング係数 $E$ (kN/m <sup>2</sup> )	$2.5 \times 10^7$		$2.0 \times 10^8$
減衰定数	0.02		

表 2 地盤条件

地盤	層厚 (m)	密度 (t/m <sup>3</sup> )	P波速度 (m/s)	S波速度 (m/s)	減衰 定数
1層目	2.5	1.53	300	160	0.05
2層目	—	1.94	800	350	0.02

### 3. 起振試験の再現性の検討

10, 20, 30, 40Hz における実測値と case1 の振動加速度レベルの距離減衰特性を図 2 に示す。図より、いずれの周波数においても実測値と case1 の振動加速度レベルの絶対値が概ね一致している。また、各周波数における距離減衰曲線の形状も計算値は実測値と整合している。以上のことから、今回の解析モデルは起振試験を良く再現できている。

### 4. 振動対策工の低減効果の検討

ここでは各振動対策工の防振効果を検討する。80Hz 帯までの沿線地盤の評価点における各対策工と case1 との 1/3 オクターブキーワード 地盤振動、起振試験、振動解析、振動対策工

連絡先 〒185-8540 東京都分寺市光町 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 地質 TEL 042-573-7265

一帯バンドレベル差を図3に示す。図より、対策工背後（振動源と反対側）の5m点では振動低減効果が大きく、case2では全周波数帯域で低減し、case3では16Hz帯以上の周波数領域で最大9dB程度、低減することがわかった。一方、case2では対策工内側の1m点で20~31.5Hz帯で1~2dB程度、case1に比べて大きくなっており、ケースによっては対策工の内側で振動が大きくなることがわかった。また、いずれのケースについても、遠方では対策工背後の地盤に比べて振動低減効果が小さくなる低減効果の距離依存性<sup>2)</sup>が現れている（図3(c),(d)）。

5. 振動伝播特性の把握

地盤振動の伝播特性を把握するため、継続時間0.03secのコサインパルス型のパルスで高架橋基礎天端を加振した。加振後約0.05s、約0.08sにおける高架橋基礎や対策工を含む沿線地盤の振動変位の挙動を図4、5に示す。図より、鋼矢板やコンクリート地中壁により、沿線地盤の振動が低減しているのがわかる。各対策工の挙動に着目すると、高架橋基礎の振動の影響を受け曲げ振動を生じていることがわかる。また、無対策（case1）では同心円状に振動が伝播するのに対し、各対策工では線状に振動が伝播している等、ケースによって振動伝播特性が異なることを確認できた。さらに、沿線地盤では加振後0.08sでみられるように地盤の層境界で反射することにより、下方地盤へあまり伝わらずに表層の地盤内を伝播していくことがわかった。

6. まとめ

本稿で得られた結果を以下にまとめる。

- ・ 構造物・地盤系の動的解析により、高架橋基礎を用いた起振試験を良く再現できた。
- ・ 振動対策工により、対策工付近で振動が低減し、遠方に離れるほど低減効果が小さくなることを確認した。
- ・ 解析モデル全体の挙動から、振動対策前後の振動伝播特性を把握することができた。

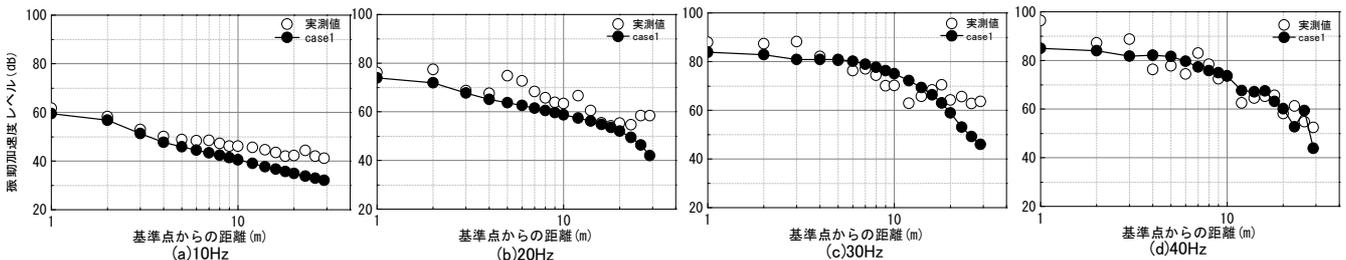


図2 各周波数における実測と計算値（case1）の距離減衰特性

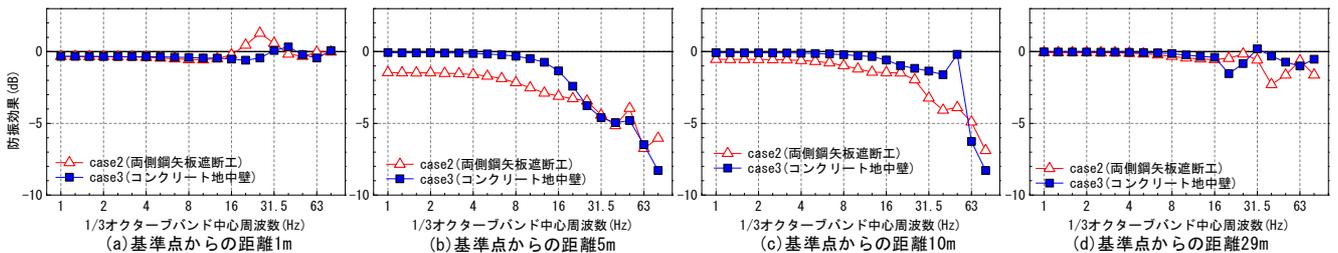


図3 沿線地盤の各評価点における対策工の防振効果

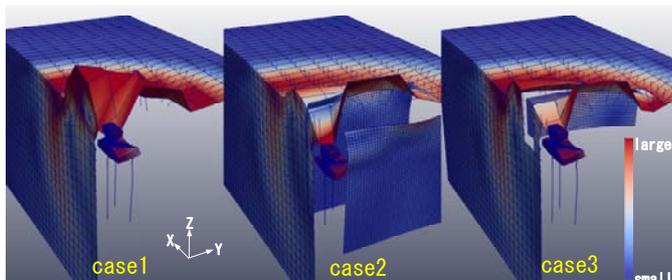


図4 加振後約0.05sのスナップショット

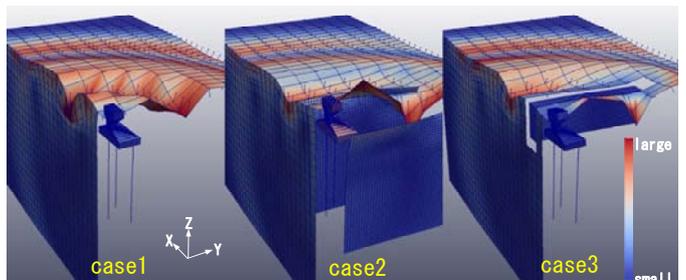


図5 加振後約0.08sのスナップショット

参考文献

1) 吉岡修・芦谷公稔：起振機実験による鋼矢板振動遮断工の防振効果，鉄道総研報告，4巻，8号，pp.51-48，1990  
 2) 吉岡修・芦谷公稔：コンクリート振動遮断工の防振効果，鉄道総研報告，5巻，11号，pp.37-46，1991