

シミュレーション解析による橋梁拡幅の環境振動への影響検討

株式会社フジエンジニアリング 正会員 讃岐 康博，正会員 浜 博和，正会員 元井邦彦
 金沢大学 正会員 梶川 康男，正会員 深田宰史
 日本道路公団 神戸管理事務所 非会員 中川 洋三，非会員 竹林正孝

1. はじめに

高速道路網の整備拡大は，人流，物流，経済・文化の発展に寄与する反面，交通騒音や交通振動などの環境問題も引き起こしている．特に助成制度が確立されていない交通振動問題は，土地の有効利用や地域の分断を避けるために建設される高架橋周辺で恒常的に発生するという特徴を持つ．本文も，恒常的に振動苦情が発生している RC 中空床版橋が連続する高架橋が研究対象で，車線増設に伴う橋梁拡幅工事によって環境振動へどのように影響するのかを，シミュレーション解析によって検討したものである．解析結果によれば，車線増設つまり振動エネルギーの増大よりも，橋梁拡幅による全体剛性増や脚柱の増設に伴う振動特性の変化による振動低減効果の方が大きいことを検証し，今後の環境振動問題としても有益な知見を得たので報告する．

2. 調査対象橋梁と振動の現況

当該橋梁は，遮音壁の嵩上げ，中分側拡幅による登坂車線の増設（図1 2 参照）が計画されている．検討対象とした A1～P10 の 170.6m 区間は，中空床版橋 2 連が床版連結で連続する高架橋で，平成 7 年 1 月の阪神淡路大震災において上下部構造ともに多大な被害を受けた橋梁である．震災後の復旧においては，増し杭，フーチングの拡幅，脚のコンクリート巻き立て，免震支承の採用，主版下面の鋼板接着などの耐震補強が行われている．

周辺環境の振動の現況は，官民境界での測定値（昼間 39dB，夜間 40dB）は，法的規制値である要請限度（昼間 60dB，夜間 55dB）を下回っている．しかし，家屋 2 階では地盤から約 9dB 程度の増幅が認められ，特にピークレベルでは 60dB 前後と体感する振動が発生しているといえる．一方，低周波音は家屋 2 階の L5 で 77dB，L50 は 72dB と，体感閾値（G 特性 100dB）以下である．

3. 解析モデル

現橋の解析モデルは，図 3 に示すように P10～A1 の 10 径間に着目し，立体構造にモデル化した．上部構造は，中空床版部を格子の梁部材に，橋脚柱も梁部材としてモデル化し，各要素部材での中立軸のくい違いは，オフセット部材を用いて考慮した．地覆および壁高欄は剛性を考慮し，舗装は質量のみ考慮した．弾性支承は，線形ばね部材としてモデル化し，橋脚下端の地盤ばねについては，各橋脚での杭をばね要素にモデル化した．現橋

解析モデルの固有値解析結果を実測値（A1～P6 の 6 径間のみ実測）と比較すると，図 3，表 1 に示すように 4%以内で整合している．また，拡幅後の固有値は実橋に比べ 3～10%程度大きく，曲げ，ねじれ剛性の増大を示している．動的応答解析に用いる車両は，上下振動，ピッチング振動およびローリング振動を表現できるように立体の車両モデルとし，解析路面は，長周期路面も検出しやすい 8m プロフィールメータを用いて計測した路面凹凸波形を用いた．このような解析モデルを用いて動的応答解析を行い，実測の加速度波形および周波数スペクトルと解析結果を比較し，図 4（A1-P1 径間中央主版加速度：試験車 3 台並走時）に示した．

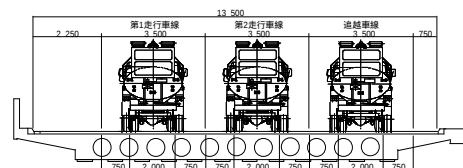


図 1 現橋断面

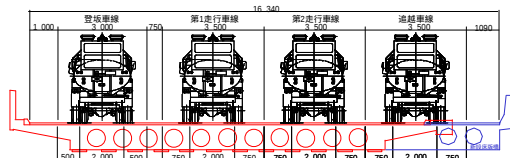


図 2 拡幅断面

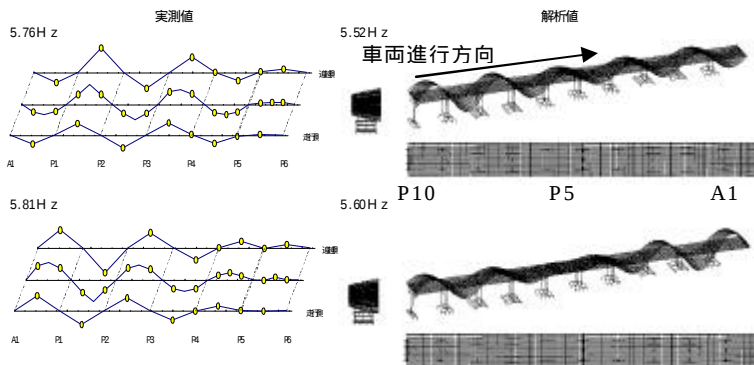


図 3 解析モデルの妥当性

表 1 固有値の比較

	実測 (Hz)	固有値解析 (Hz)	
		実橋	拡幅
たわみ振動	5.76	5.52	5.98
たわみ振動	5.81	5.60	6.06
ねじれ振動	8.79-10.25	7.18-10.14	8.39-10.46

キーワード：橋梁拡幅 環境振動 動的応答解析 シミュレーション解析

連絡先：〒 532-0002 大阪市淀川区東三国 5 丁目 5 番 28 号 TEL 06(6350)6131 FAX 06(6350)6140

動的応答解析波形は、P1-A1 通過時の高次の振動(20Hz 付近)、および他の径間通過時の低次の振動(6～7Hz 付近)を精度良く再現しており、前述した固有値解析結果も合せ、本解析モデルは妥当であると言える。

4. シミュレーション解析結果

妥当性が検証された解析モデルを用いて、3台並走(現橋)、4台並走(拡幅橋)を代表ケースとして、橋梁拡幅に伴う官民境界地盤における環境振動への影響を、シミュレーション解析により検討した。検討結果を表2に示した。

P10 橋脚官民境界測点は、15Hz 付近のスペクトルの低下により、振動レベルは 3.6dB 低減されている。

15Hz 付近の振動は、ひずみエネルギー比から橋脚振動の寄与率が高い橋脚固有の振動モードであることが分かっている。拡幅によって上部構造のねじれ剛性が高まるとともに、橋脚が追越側に増設されることにより、単柱橋脚が門型となり、単柱橋脚固有の振動を制御したためと考えられる。

P5 橋脚官民境界測点の振動レベルは、1dB 程度の振動低減傾向を示している。これは、現橋モデルと拡幅モデルのスペクトルの比較から、10Hz 付近のスペクトルの低下が原因と考えられる。この 10Hz 付近の振動は、図5に示したように P2～P6 径間を中心としたねじれ振動であり、拡幅によるねじれ剛性増、橋脚増設に伴う門型橋脚の剛性増により、ねじれ振動を低減したためと考えられる。

A1 橋台官民境界測点の振動レベルは、現橋モデルの3台並行走行時と拡幅モデルの4台並行走行時の振動レベルを比較すると、2dB 程度振動レベルは増大すると予測される。これは、A1 橋台付近は構造物の拡幅による剛性増の影響を受けにくい端部で、振動エネルギーの増大(特に 20Hz～30Hz 付近のジョイント通過時の衝撃振動)の影響を最も受けやすい箇所であるためと考えられる。しかし、A1 橋台官民境界は、別途シミュレーション解析した延長床版工法により 1.5dB の振動低減効果が期待でき、延長床版工法を併用することにより、現橋の振動レベルを維持することができると考えられる。なお、延長床版工法による振動低減効果が 1.5dB に留まったのは、車両の退出側であるためで、進入側での施工なら 8dB 程度の低減効果が期待できるという計算結果となっている。

5. おわりに

今回のシミュレーション解析では、現橋モデルの3台並行走行時から拡幅モデルの4台並行走行時へと、振動エネルギーは増大しても、上下部構造物の剛性増の影響で、1～4dB 程度振動レベルは低減すると予測され、現状の振動環境を維持できることが分かった。ただし、拡幅による剛性増の影響が小さくなる橋梁端部の盛土部との境は、ジョイント通過時の衝撃振動エネルギーが増大するため、衝撃振動エネルギーを緩和できる延長床版工法との併用工法が望まれる。頻繁に発生する渋滞対策としての車線増設、事故時の緊急避難路確保としての路肩拡幅などを目的とした橋梁拡幅工事は、今後益々計画されることが予想されるが、本研究は、今後の拡幅計画において、環境問題を検討する場合の一助となり得ると考える。

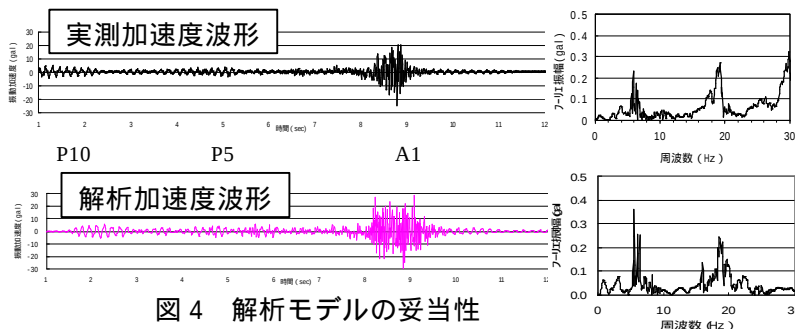
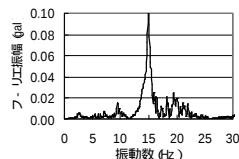
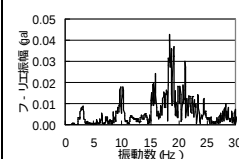
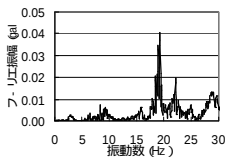
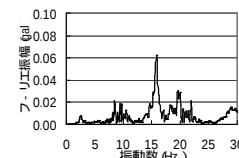
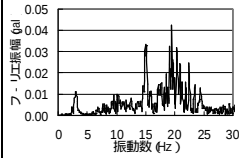
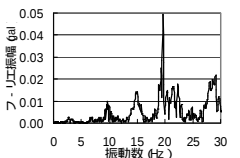


図4 解析モデルの妥当性

表2 拡幅に伴う環境振動の変化

	P10 橋脚近傍官民境界	P5 橋脚近傍官民境界	A1 橋台近傍官民境界
現橋モデル			
	63.6dB	54dB	51.4dB
拡幅モデル			
	60dB	53.1dB	53.5dB

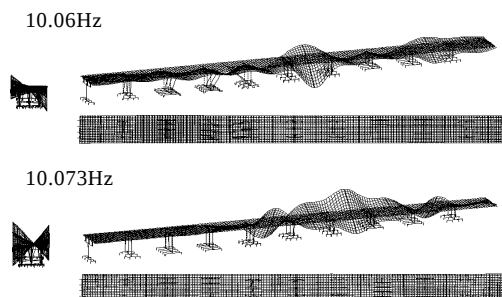


図5 10Hz 付近のねじれ振動モード