

I-156

PC単純高架橋の防振対策工に関するシミュレーション解析

金沢大学 正員 梶川康男  
 日本道路公団 下村真弘  
 ○㈱アエンジニアリング 正員 讃岐康博

1. はじめに

高架橋から発生する振動の予測は、従来、実測データから得た回帰式や実験式により行われており、防振対策効果まで予測するシミュレーション手法は十分に確立されていないのが現状である。本研究では、車両や実橋をより現実に近い三次元モデルに置き換え、PC高架橋における最適な防振対策工をシミュレーション解析により提案した。また、実橋に適用された防振対策工の防振対策効果を実測値と計算値と比較検討し、シミュレーション手法の妥当性を検証した。

2. シミュレーション手法

(1) 実橋のモデル化

解析の対象としてPC単純桁橋のうち、標準的なスパン15m~17mの6径間を選定した。

上部構造は主桁8本、横桁1本の格子構造とし、橋脚は梁部と柱部のT型骨組構造でいずれも曲げとねじりを受ける三次元の梁要素としてモデル化した。(図-1 参照)

主桁支点上において、主桁と橋脚梁部との幾何学的な中立軸の食違いについては、オフセット部材を考慮し、ゴム支承についても、実測変位から鉛直、水平のバネモデルに置き換えている。さらに、橋脚下端のフーチング部と地盤との接点については、三成分のバネモデルに置換し、実測の固有値と整合するようボーリングデータを参考にバネ定数を決定した。なお地盤は半無限弾性体とみなした。

(2) 車両のモデル化

車両モデルは、試験車に使った大型3軸車をモデル化し、図-2に示すようにピッチングを考慮した見掛け上6自由度モデルとした。

3. 動的応答解析結果

動的応答は、実測路面凸凹を考慮したモデル橋に車両モデルを定常走行させることにより解析するが、予測地点の振動レベルは7橋脚からの波動が重なり合って地盤振動となっていると推定し、計算した。(図-3 参照)

実橋における試験車走行時の上部工、地盤振動の実測値と応答計算値を比較し、表-1に示したが両者はほぼ整合しており、現況モデルに用いた諸定数は妥当であると判断し最適防振対策工をシミュレーションした。(表-1 参照)

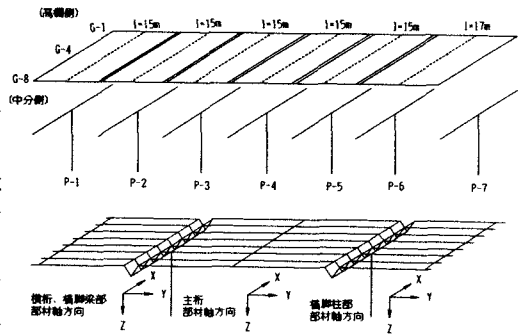


図-1 実橋のモデル化

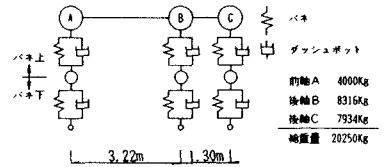


図-2 車両モデル(大型3軸)

表-1 主桁の最大加速度および振動レベルの比較結果

	測点	現況モデル	実測値
加	P-3~4, G橋 1/2点, 船重方向	68.86 gal	46.5 gal
	P-4~5, G橋 1/2点, 船重方向	54.94	58.1
	P-4~5, G橋 1/2点, 船重方向	51.20	47.7
減	P-4~5, G橋 1/2点, 船重方向	32.78	24.4
	地盤1m	X 41.97 dB Y 47.08 Z 54.06	36 dB 47 53
振動レベル	地盤30m	X 43.44 Y 48.13 Z 46.88	42 43 49

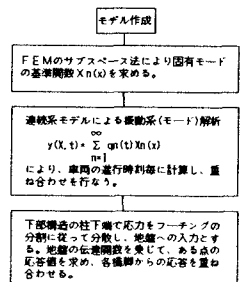


図-3 シミュレーションのフロー

4. 防振対策工の検討

モデル高架橋に対し、路面改良、桁連結、橋脚梁連結、地盤改良およびこれらの併用工法等、様々な角度から防振対策工を解析し、施工性、経済性をも考慮した最適な工法を検討した。

その結果、表-2に示す判定順位で1位「路面改良」と2位「ノージョイント化+桁連結」の併用工法が最適工法であることを確認した。

5. 防振対策工による防振効果

上記併用工法を実橋に適用した結果、図-4に示すような顕著な防振効果を得ることができた。

このように大きな防振効果が得られたのは、①路面改良による走行性改善が車両振動という外力を抑制した。②桁連結により上部工振動が低減された。③ノージョイント化によりジョイント通過時の衝撃振動が除去されたことに伴い、5Hz以上の全周波数帯にわたってレベル低下が見られたためである。

このように高架橋の防振対策を考える場合、多数の卓越する振動を同時に低減させることが重要であり、併用工法とするのが望ましいと言える。また、家屋内振動は生活振動(特に20~50Hzの振動が工事前後で変化せず)影響か、地盤に比べ小さな低減効果(2~3dB)に留まっている。しかし、住民の反応は数値以上に大きく、ノージョイント化により「音として感ずる振動」が除去された心理的效果も、見逃せない防振効果と言える。

6. シミュレーション結果との比較

シミュレーション解析による地盤振動の低減効果と実測による低減効果を表-3にまとめた。

全体的に見ると2~3dBの差を許容差と考えれば、11m地点の橋軸直角方向を除き計算値と実測値の低減効果は良い整合を示しており、シミュレーション手法の妥当性は検証されていると言える。

11m地点の橋軸直角方向の両者に大きな差が生じた要因としては、次の様なことが考えられる。①計算は20Hzまでの振動を対象としている。②主桁連結の剛性評価が実測よりも高い。③地盤を物性の均一なモデルとして評価している。

おわりに

以上P-C単純桁が連結する高架橋および周辺地盤の動的応答を立体解析し、様々な防振対策による低減効果をシミュレーションする手法およびその妥当性について検討した。その結果、まだ若干問題(高次振動の考慮の有無、基礎杭の評価、地盤のモデル化等)はあるものの、実際の現象を比較的良く再現していると言え、今後の振動問題に対し、より適切な対策の選定に貢献できるものと期待される。

表-2 対策工法の総合判定

判定(得点)			総合判定順位 (1内は合計得点)	備 考
対策効果	施工性	経済性		
8	2	2	1 (12)	路面凸凹1/2
20	1	1	4 (22)	ノージョイント化
22	3	4	8 (29)	桁連結(有効断面1/2)
18	4	5	7 (27)	桁連結(全断面有効1/2)
16	5	3	5 (24)	梁連結
10	10	10	10 (30)	橋脚性振断面増加
2	12	12	6 (26)	地盤改良
10	11	11	11 (32)	地中梁
6	6	7	2 (19)	ノージョイント化+桁連結
24	7	6	12 (37)	ノージョイント化+梁連結
14	8	8	9 (30)	ノージョイント化+桁連結+梁連結
4	9	9	3 (22)	断面凸凹1/2+ノージョイント化+桁連結+梁連結

\*なお、判定は順位を表し、対策効果について2倍の重み付けを行った。総合判定で得点が同数の場合は、対策効果の上位を優先とした。

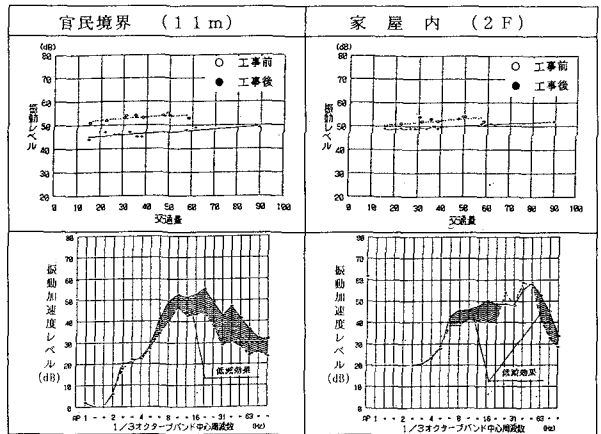


図-4 地盤振動の低減効果

表-3 実測値と計算値の比較

		低 減 効 果	
		シミュレーション値	実 測
橋軸方向	11m	-2.6	-0.8
	30m	-1.8	-5.3
橋軸直角方向	11m	-14.8	-1.9
	30m	-4.4	-5.4
鉛直方向	11m	-9.7	-5.7
	30m	-9.5	-6.7