

金沢大学工学部 正会員 ○梶川 康 男
住友セメント(株) 正会員 大 嶋 信 太 郎

1 まえがき 都市内高架橋の振動が橋脚-地盤を伝わり周辺家屋を振動させている問題、あるいは空気を伝わっていく伝導空気振動の問題は、進歩しつつある橋梁技術が直面させられている解決すべき重要課題の一つである。この種の問題は工学的な対応のみで解決できるものではないであろうが、より快適な都市環境のために寄与すべき都市内高架道路が矢面に立たされている以上、早急に技術的な検討を十分に行い、マイナス面を少しでも減ずる努力が必要であろう。本研究では、従来実施された高架道路橋の振動測定あるいは防振対策工事の効果判定の実験結果を参考にして実際の高架橋の動的挙動が説明しうるような解析モデルを考え、そのモデルに対して種々の防振対策を想定し、動的応答解析を行うことによってその効果を予測しようとするものである。

2 高架構造の動的挙動とモデル化 解析的なアプローチを行うためにはその動的挙動を把握してモデル化をする必要がある。実験報告に見られる挙動はつぎのような特徴をもつ。自動車を支間部に進むにつれて、主桁のたわみ振動が卓越し図-2(a)に示すように主桁が曲げ変形をするとき主桁下面はΔだけ水平移動するが、通常の走行車両による振動程度では支保が摩擦のために滑らずに主桁下面と共に移動し、橋脚を橋軸方向に振動させていることが多い。また、走行車両が偏心載荷されるために主桁反力の差異から橋脚は橋軸直角方向にロッキング振動を生ずる結果となる。これらは2~4Hz程度であることが多く、しかも減衰性は悪く、広範囲に地盤を振動させる原因となっている。そこで、実際によく見られる高架構造として図-1に示したような単純合成桁2連、丁型単柱式橋脚と現場打ち

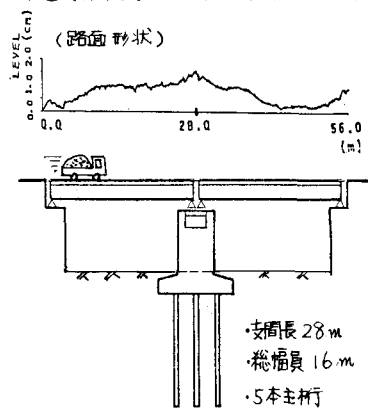
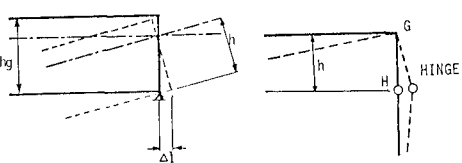


図-1 対象とした高架道路橋

杭基礎を対象とし、まず橋軸方向のスワイ振動を対象とすることにし、図-2(b)のようなモデル化を行い高架橋の振動は主桁構造と橋脚とが連成しているものと考えことにした。なお、杭基礎の部分は杭や地盤の諸元から定まる3個のばねに等価した。

このようなモデル化による構造諸元を図-2(c)に示した。



(a) 曲げ変形と桁下面の移動力 (b) 橋脚上端の水平移動

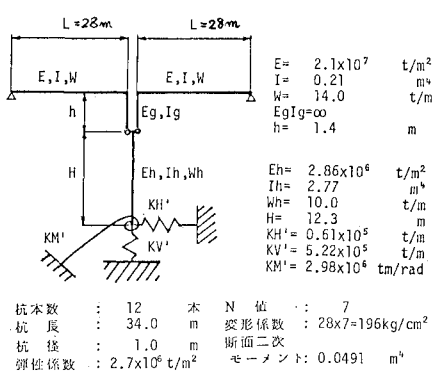
3 防振対策

表-1 種々の防振対策法

防振を考える場合、発生源・伝播経路部・受振部での対策があるが、既設高架橋の場合には自動車-構造物系内での対策に限定される。表-1に従来から試みられている防振対策を示した。しかし、個々の現場での条件の違い、あるいは実施例も少ないことから、これらの防振効果についてはあまり明らかではない。そこで、ここではモデル橋に

○印は今回対象としたもの

質量の増加	
主げた・主橋の補強	○
二次部材による補強	
ポスト・テンドンによる補強	
吸振器を取付ける	○
粘性ダンパーを取付ける	○
防振経路間けたとの連結	
支保部の改良	
伸縮継手の改良	○
路面の平坦化	○
予想される外力と反対方向に力を加える	
交通規制	○
地盤改良	○



〔動的応答計算時の減衰定数は全体で0.02と与〕

(c) モデル橋の構造諸元

図-2 高架橋のモデル化とモデル橋の諸元

に対して表-1の○印の対策を考えた。まず、主桁の剛性を上げることによって防振効果が得られるかを確認するために主桁の剛性を20%高めた。また、たわみやすり歩道橋や吊橋などの振動を減少させる目的で用いられている吸振器(重量2t)を支間中央点にそれぞれ取付けた。吸振器の減衰係数 C は $960 \text{ kg}\cdot\text{s/m}$ とし、ばね係数は吸振器の固有振動数が2~3.6 Hzとなるように変化させた。粘性ダンパーについては支間中央点で主桁と地表をつなぎ、その途中に粘性ダンパー(減衰係数 $2 \times 10^5 \text{ kg}\cdot\text{s/m}$)を想定した。伸縮継手の改良は継手構造の改良あるいはその前後の路面の平坦性を改良することによって防振効果を期待するもので、ここでは図-1に示した実測路面の左端入口部分と橋脚上との凹凸を1m区間について平坦と仮定した。さらに、路面の平坦化は舗装材料の開発あるいは路面補修技術の進歩を期待して、伸縮継手を改良し、しかも支間部の路面の凹凸を図-1の現状の凹凸量から $\sqrt{4}$ 、 $\sqrt{4}$ 、 $\sqrt{4}$ (路面改良1,2,3)の凹凸にできた場合を考えた。交通規制については走行車線規制や大型車の通行規制も考えられるが、ここでは速度超過車への指導強化の効果を求めるために走行速度を30% (108 km/h)とした。また、地盤のN値を7から15に改良した場合も考えた。このような対策を想定した構造と図-2に示した基準の構造との動的応答量を比較し、各対策の防振効果を求めた。

4 動的応答解析と防振効果

図-1に示したような不規則路面をもつモデル橋(図-2)上を図-3に示す2自由度の自動車荷重が走行したときの動的応答を求めた。まず、固有振動解析には動的3連モーメントの定理を用いた。図-4に基準構造(図-2)の固有振動数とモードを示した。そして、動的応答解析にはモーダル法を用い、逐次積分法としてはニューマークβ法を使用した。

固有振動数 (Hz)	バネ上	2.88
	バネ下	12.20
重量 (t)	バネ上 Ms	18
	バネ下 Mr	2
バネ定数 (kg/cm)	バネ上 ks	5994.00
	バネ下 kt	12000.00
減衰係数 (kg/s)	バネ上 Cs	25.20
	バネ下 Ct	30.00

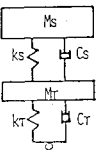


図-3 2自由度自動車モデルの諸元

このようにして求められた動的応答値の動的成分を1秒間の実効値として表わし、しかもその実効値の最大値を基準構造の値と比較しデシベル表示($20 \log a_0/a$, ここで a_0 は基準構造の応答値、 a は防振構造の応答値)をして改善度とした。各防振構造についての改善度を図-5に示した。ここで、橋脚下端でのばね反力が地盤振動の要因と考え、また主桁の振動速度が低周波空気振動の要因と考えて防振効果を図-5の改善度から判断すると、地盤改良や吸振器の設置では防振効果はなく、減衰器の設置や剛性増加では鉛直反力については効果がないが、他では2~3dBの効果があることがわかる。さらに、伸縮継手および路面の改良では程度の差はあるが3~10dBの効果が期待できる。また、速度30%で走行する大型車を20%で走行するよう指導すればかなりの効果があるが、鉛直反力は減少しない点には留意すべきであろう。図-5の荷重条件のほかには15t車1台が走行したときと15t車と20t車が連行(間隔14mと28m)したときの3ケースについても解析し、防振効果を示す改善度を求めたが、図-5とほとんど同程度である。

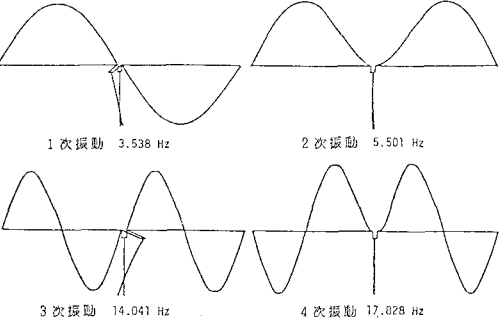


図-4 基準構造の固有振動数と振動モード

現状としては、どのような主桁や橋脚の挙動が周辺住民の振動感に影響するのかが、まだ明らかではないが、これらが解明できればこの種の解析によってある程度防振効果が予測できることとなるであろう。

〈参考文献〉 1)大嶋・梶川:道路橋の防振対策とその制振効果についての考察,土木学会第37回年次学術講演会, I-63, 1982. 2)南荘:高架橋の振動性状に関する実験的検証,阪神高速道路公団技報,第2号, pp.181~193, 1982. 3)今村:道路橋の振動に伴う音響放射の理論解析,日本機械学会論文集, 46巻40号, pp.910~912, 1980.

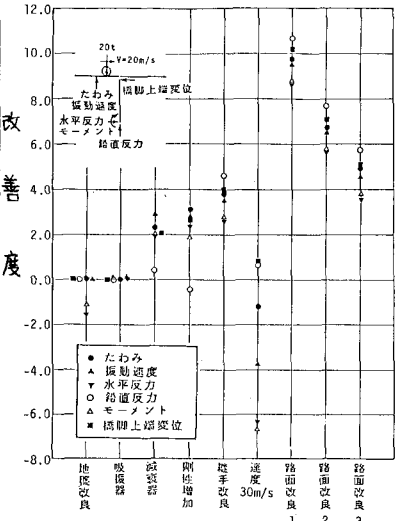


図-5 各防振対策での改善度