

阪神高速道路公団

正会員 吉川 実

(株)奥村組 技術研究所 正会員 山本和夫 ○森尾 敏

1. まえがき 阪神高速道路において、PC高架道路橋の振動特性を明らかにするために一般走行車両による動的载荷試験を実施し、3次元固有値解析との比較から、検討を加えた。

2. 試験結果 図1に計測器設置場所を示す。図中のF1～F3,

A1～A3は速度型地震計(I MV製VP-9212V,Hおよび振動技研製MTKV,H-1C)で橋脚上に設置されている。I1～I4は超小型加速度計(I MV製VP-4132)でPC主桁下フランジ下端(I1～I3)および橋脚上(I4)に接着されている。D-1,D-8は橋脚張出し部先端のたわみ量を測定する変位計(東京測器研究所製CDP-10)である。試験は図1に示した26成分の同時測定とし、A/D変換は200 Hzで行う。

図2～7にパワースペクトルの一例を示す。ここでは、スペクトルウィンドウとしてParzen ウィンドウを採用し、バンド幅を1.0 Hz

にしている。FFTに使用するデータ数はすべて2048で、スペクトルの縦軸は自己相関の最大値 C_0 (平均パワー)で規準化した値を対数表示する。 C_0 の単位は図2, 3では gal^2 , 図4～7では kine^2 である。図2のI1, I4のV成分にみられる3, 8, 11, 20 Hz付近ピークは、それぞれ、後の固有値解析(図12)の2次(橋脚橋軸直角方向1次), 4次(主桁対称1次), 9次(橋脚張出し部橋軸直角

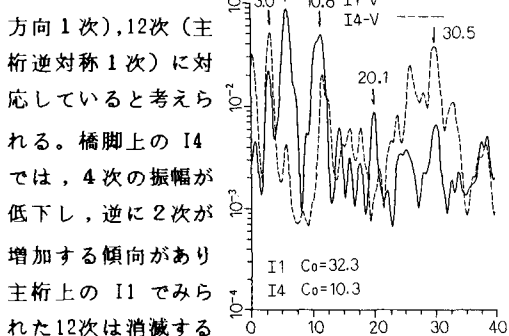


図2 I1, I4のV成分

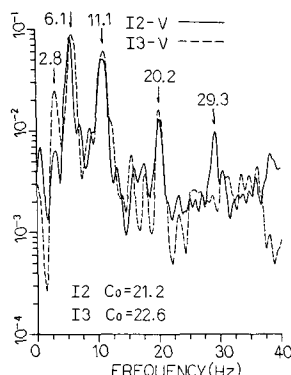


図3 I2, I3のV成分

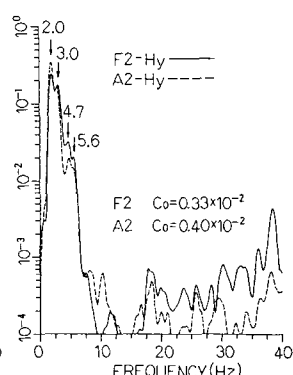


図4 F2, A2のHy成分

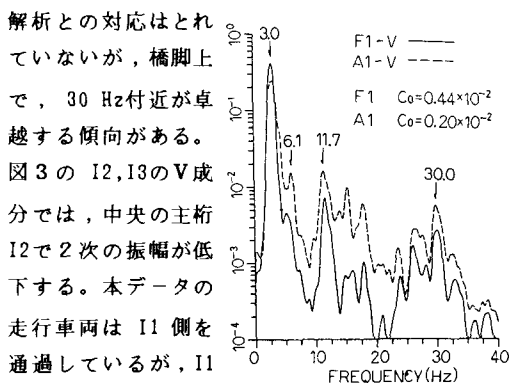


図5 F1, A1のV成分

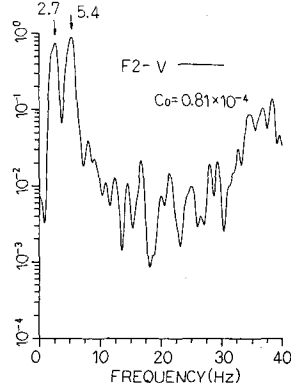


図6 F2のV成分

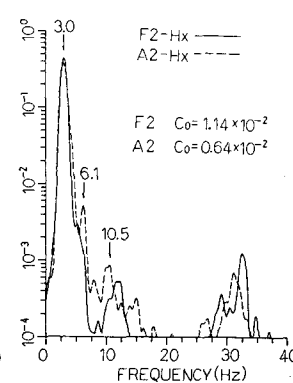


図7 F2, A2のHx成分

方向1次), 12次(主桁逆対称1次)に対応していると考えられる。橋脚上のI4では、4次の振幅が低下し、逆に2次が増加する傾向があり主桁上のI1でみられた12次は消滅するようである。固有値

解析との対応はとれていないが、橋脚上

で、30 Hz付近が卓越する傾向がある。

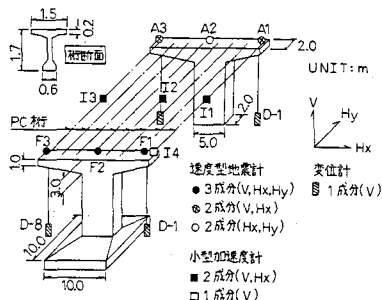
図3のI2, I3のV成分では、中央の主桁

I2で2次の振幅が低下する。本データの

走行車両はI1側を通過しているが、I1

～I3の C_0 の値を比

図1 計測器設置場所



べると、車両通過側の I1 の値が大きく表われている。図4の F2,A2の Hy 成分では、固有値解析の1次（橋脚橋軸方向1次）と考えられる 2.0 Hz にピークがみられる。図5は F1,A1の V成分で、図2の I4-V

と図5の F1-Vを比較すると、2 Hz以上の振動数域でピーク振動数は正確に一致している。図6は F2-Vのスペクトルで、縦軸の 10⁰(=1)に相当する Co の値は非常に小さい。これは、3 Hz付近の2次からは F2 のV成分がほとんど励起されないためで、相対的に 6 Hz 付近の4次が卓越してくる。又、F2-Vでは、橋脚張り出し部の1次と考えられる11 Hz 付近のピークが目だたなくなる。図7はF2,A2 の Hx 成分で、高振動数域の寄与が少ないにもかかわらず、Co の値は3成分のなかで Hx 成分が最大である。これには、3 Hz 付近の2次の寄与が大きい。

以上述べたピーク振動数での振動形は、スペクトルの傾向、2成分間の相互相関、振動数毎の相互相関係数であるルートコヒーレンス、フェイズから推定した。一例として、図8に F1

と F3 の Vおよび Hx 成分の相互相関関数を示す。V成分では車両通過側の F1 がわずかに進んでいるが、負の相関、Hx 成分では正の相関があり、3 Hz 付近の周期性が明らかである。すなわち、橋脚両端は 3 Hz 付近で逆位相の鉛直動、同位相の水平動を呈しており、これは図12の2次に相当する。図9は F2 と A2 の Hy 成分の相互相関で、図8に比べ相関性は低下するが、図12の1次に相当する 2 Hz 付近の周期性が認められる。図10は F1 と F3 の V成分のルートコヒーレンス、フェイズで、両成分のパワースペクトルのピーク振動数を図中に矢印で示している。11 Hz 付近の矢印についてはコヒーレンスの値が低く、フェイズの変動も大きく正確な振動形を推定することは困難であるが、9次が卓越している可能性が高い。

3. 固有値解析 図11に多質点系骨組に置換した解析モデルを示す。橋脚基礎は場所打杭（φ1m, 20本 間=11m）であるが、フーチング下端面を固定としてモデル化する。両側上部工の質量は、1/2スパンの値を主桁位置に集中質量として付加し、部材の慣性モーメントは $\frac{\pi \rho L^2}{24}$ （ ρ ：質量、 L ：長さ）を用いる。解析自由度は図中の X,Y,Z とし、回転角は動的に縮合する。図12に解析結果を示す。この結果は主桁両端の橋脚との境界条件をピン（回転角 θ_x 開放）とした時(A) のもので、これを片側ピン、他端剛結(B) および両端剛結(C) とした場合、4次（主桁対称1次）はBで 5.4 Hz, Cで 6.5 Hz, 13次に表われる主桁逆対称1次は、Bで 19.0 Hz, Cで 20.2 Hz となり、スペクトルのピーク振動数はBとCの中間にある。この主桁両端の境界条件の違いは、2次にはほとんど影響しないが、1次は若干変り、Bで 2.0 Hz , Cで 2.6 Hz である。

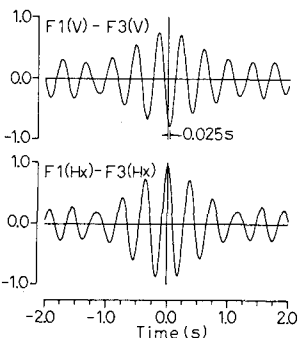


図8 相互相関関数

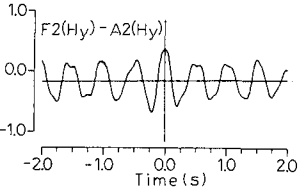


図9 相互相関関数

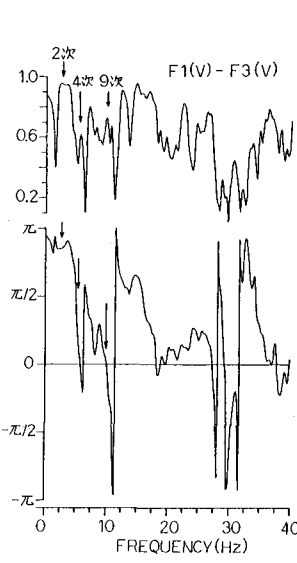


図10 F1 と F3 の相関

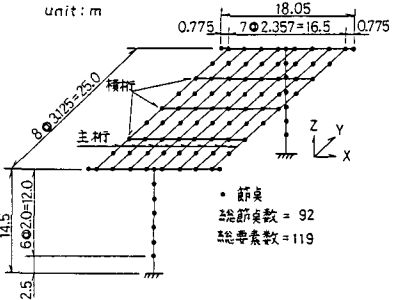


図11 解析モデル

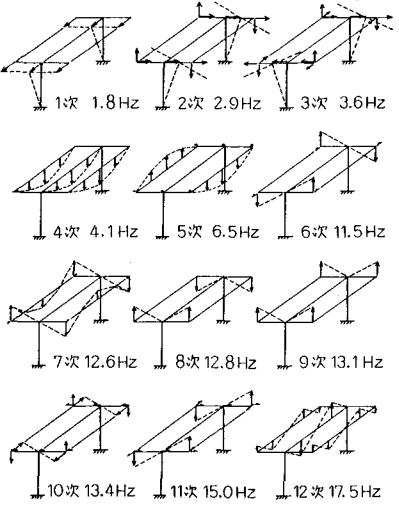


図12 固有値解析結果 (A)