

日本電信電話公社茨城電気通信研究所 正員 今中 雅夫
同 関東電気通信局 正員 豊川 一男

1 はしごき 現在、公社で実用化を進めているミリ波導波管伝送方式は、1本の導波管で電話回線に換算して30万回線を得られるという画期的なものである。これに使用されるミリ波導波管は、超高频波を通すため少しの曲りでも、その伝送特性の劣化に大きな影響を与える。このことから、導波管を橋梁に添架した場合、橋梁振動によって誘起される導波管への振動の影響を無視することはできないと考えられたので、振動解析を行った。本報告はこれらについての実験結果について述べる。

2 装置の概要と実験の方法 図-1に導波管の添架状況を示す。これを図-2に示すようにモデル化し、既知の橋梁振動を入力として振動応答計算を行ったところ、振動の影響によって橋梁端部で1カ所あたり $0.70 \times 10^3 \text{ dB}$ 、中央部で $0.33 \times 10^3 \text{ dB/m}$ の伝送損失の増加があると推定された。

2の結果を確認するため橋梁振動の実測および添架モデルによる縮尺模型振動実験を行った。

3. 既設橋梁の振動実験結果 測定器には圧電型加速度計と積分回路を内蔵した振動計を使用し、茨城県下の5橋梁について振動測定を行った。更にPSD分析装置を用いてアナログ的にパワースペクトル密度を求めた。その代表的なものは、図-3に示すとおりである。これによると、橋梁種別、橋長により異なるが、 $0 \sim 10 \text{ Hz}$ 間、 $10 \sim 30 \text{ Hz}$ 間に卓越周波数の存在することが確かめられた。

4 添架モデル実験 振動特性を把握するには、実験大の試験装置を用いて伝送損失を直接測定するのが最も確実な方法であるが、経費、期間等、種々の都合により縮尺模型実験とした。

それゆえ、まず導波管の振動特性を把握し、それによって振動応答計算の結果を吟味し、伝送損失の推定を行うという方法をとった。

ここで、(1)式は減衰項を無視した振動方程式であり、(2)式は、これに図-2の境界条件を与えて求めた解である。

$$m \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2} + E \cdot I \frac{\partial^4 u(x,t)}{\partial x^4} = 0 \quad \text{--- (1)}$$

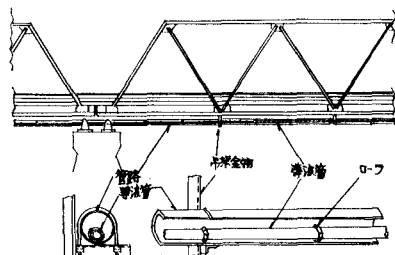


図-1 添架状況

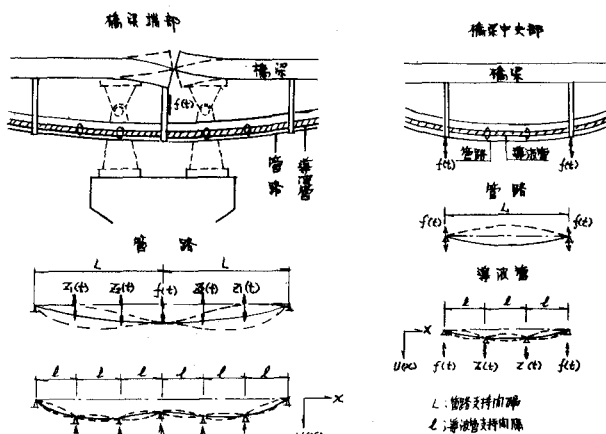


図-2 導波管の計算モデル

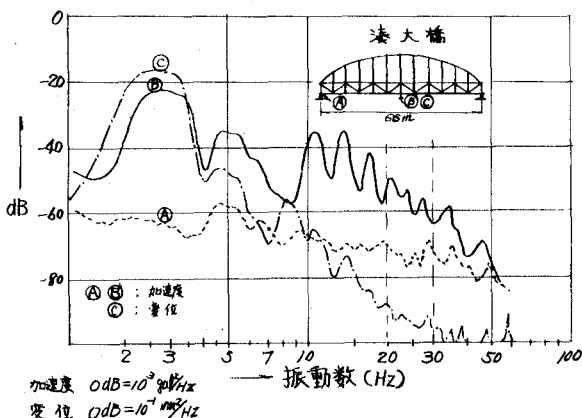


図-3 湊大橋 パワースペクトル

$$\text{ここで } U(x,t) = V(x,t) + Z^*(x,t)$$

$U(x,t)$; 絶対変位, $V(x,t)$; 相対変位, $Z^*(x,t)$; 強制力による変位.

$$U(x,t) = \sum_i a_i(t) \cdot \psi_i(x) + Z^*(x,t) \text{ ----- (2)}$$

$$\text{ここで } a_i(t) = - \sum_j F_j(t) \cdot Z_j(t) + P_i \sum_j F_j(t) \int_0^L \psi_i(t) \sin p_i(t-t) dt$$

いま、(2)式において(2項)を距離のパラメータにとり、質量、ヤング率および外力を等しくすれば、実物の模型における振動を全く同一のものとすることが出来る。模型は、図-2に示すモデルに適合するように実物の物の大きさに造り、断面は観察しやすくするために長方形とした。

5. 測定方法および結果 測定は電気系と機械系との振動方程式に対応関係があることを利用してメカニカルインピーダンス(タング), および伝達関数(増力)の測定を行い振動特性を把握した。図-4は管路のみの橋梁端部のメカニカルインピーダンスの測定例である。図-4において各ピーク等は、固有振動数を示している。このようにしてメカニカルインピーダンスの測定結果から求めた固有振動数を理論値と比較すると、両者は良く一致しており、この系は良く理論に一致することを示している。

図-5は導波管の伝達関数の測定例である。①は入力と導波管の、②は同一地点での管路と導波管の加速度の比をとったものであり、縦軸は増巾の度合を示している。また、19Hz付近では、0.4g以上の入力があると導波管が飛び上る現象が観測された。これは導波管には支束が数多くあり、管路に結合されていないため種々の共振周波数が存在するためと推定される。

6. 考察 橋梁振動の分析結果およびモデル実験結果をみると、橋梁振動は、0~10Hzと10~30Hz間に卓越周波数があるため、ミリ波導波管を泳架した場合、この周波数帯に入る管路の1次または2次の周波数の影響が最も大きい。さらに19Hz付近では0.4g程度の入力があると導波管の飛び上り現象が生じ伝達上好ましくない。しかしながら実験した範囲では0.4gという大きな振動は観測されなかったため問題は無いと思われる。さらに支持間隔を縮めることにより、橋梁の卓越周波数帯から管路の共振周波数をはずすことが可能であることが実験的にも確かめられたので、実用上問題は無いと思われるが、導波管の飛び上り現象は同じように観測されたので、今後検討する必要がある。

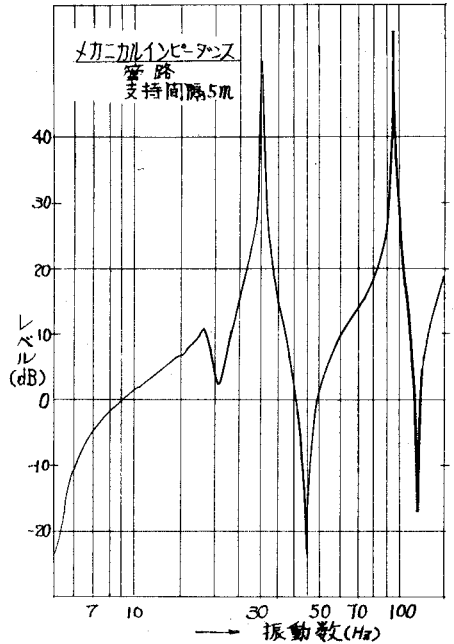


図-4 機械インピーダンス(F_v)の測定

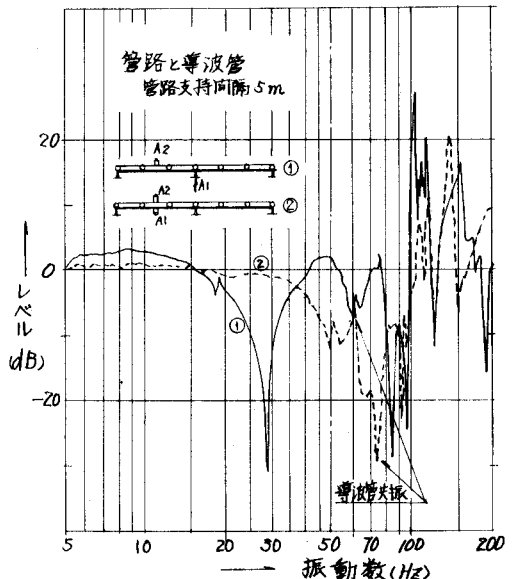


図-5 伝達関数の測定