

I-218 多点計測による振動数増幅関数の近似算法とその適用

日本大学 学生員 武田修治 同 学生員 橋本和佳
同 正員 花田和史 同 正員 鈴木順一

1. 目的 本全国大会において、橋本らは「多測点観測による振動数増幅関数の算法について」と題して各種の振動数増幅関数(FAF)の算法を考察する予定であるが、まだ妥当と言える算法はないようである。本報告は、現行の算法を改良して実際の構造物に適用して有効性を検討した結果を報告するものである。

2. FRF と FAF の近似解法 G_{xy} を時系列 x と時系列 y のクロススペクトル、 h_{yx} を x に対する時系列 y の振動数応答関数(FRF)とする。図1に示す1入力1出力系を参照して、FRFの最も基本的な関係式として系のインパルス応答関数と入力時系列の合積から得られる次式が知られている。

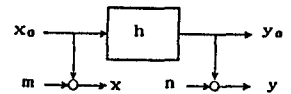


図1 1入力1出力系

$$G_{yy} = {}_3h^* {}_3h G_{xx} \quad (1)$$

ここに、右肩の*は共役操作を表している。他の算法によるFRFの特徴については前記の橋本報告を参照して頂きたい。常時微動解析では ${}_3h$ が用いられることが多く、今後この ${}_3h$ をFAFとして採用する。いま、信号と雑音、および雑音 m と n の間には相関がなく、(2)式の関係を設定すると、次の固有値方程式が成立する。

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= G_{mm}/G_{xx} = G_{nn}/G_{yy} & (2) \\ Hz &= \sigma Dz & (3) \\ \text{ここに } H_{11} &= G_{yy}, H_{12} = -G_{yx} = H_{21}^*, H_{22} = G_{xx} \\ D &= \text{diag}(G_{yy}, G_{xx}), z = (1, h)^T & (4) \\ G_{xx} \gamma - {}_3h G_{yx} &= 0 \quad (\gamma = 1 - \sigma) & (4) \end{aligned} \right\}$$

(4)式の解は位相情報を含むFAF ${}_3h$ を与え、正の固有値に対応する固有ベクトルに対応している。すなわち、 ${}_3h$ を用いて得られるFAFでは常に(2)式の関係が成立すると仮定されている。このことは、多測点計測の特定点 k 点の計測値であっても相手の計測点 $j(j=1 \sim N)$ 次第で計測信号の中に含まれる雑音のワースペクトル $N_{kk} = \sigma_{kj} G_{kj}$ が異なって評価されることを意味している。そこで、次式によって、多点計測から得られる各FAF h_{ki}, h_{ik} より平均のFAF ${}_3h_{ki}$ を求める。

$$\left. \begin{aligned} {}_3h_{ki} &= (\sum (h_{ki}/h_{ji})) / N \\ \Sigma &: i(=1, 2, \dots, N) \text{ についての総和} \end{aligned} \right\} (5)$$

対応する雑音のパワーは関連する σ_{kj} の幾何平均より求める。(3)式と(5)式の収束計算を経て多点計測におけるFAFを推定する。

3. 適用例と考察 本手法の妥当性を検証するために、長さ38.5mの歩道橋で常時微動観測を行った。計測点の配置を図2に示す。橋脚での測定点1と7を基準点にして得られるFAFを図3と図4に示す。図3は、 ${}_3h$ 法より求めたFAFを示し、図4には本算法より得られたFAFを示す。図4では測点7に対する測点5のFAF h_{75} と測点1に対する測点5でのFAF h_{15} より平均のFAF ${}_3h_{5(1,7)}$ を求めた。両図とも一次共振振動数での増幅値は約200付近であり、2次共振振動数での増幅値もほぼ一致している。これらのFAFより

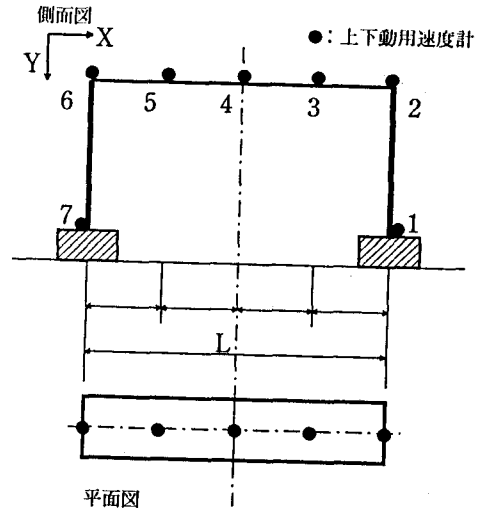


図2 測点設置点

動数での増幅値は約 200 付近であり、2次共振振動数での増幅値もほぼ一致している。これらの FAF より3次までのモード特性を抽出した結果を図5に示す。モード形状、固有値ともに自然であり、FAF 推定は妥当であると言えよう。橋中央部において計測された挙動と全計測値より特定された雑音のパワースペクトルを図6に示す。本図では1例のみを示しているが、測点によってスペクトル比は変わっておりこれらの結果からコヒーレンス解析に有用な資料を得ることができる。

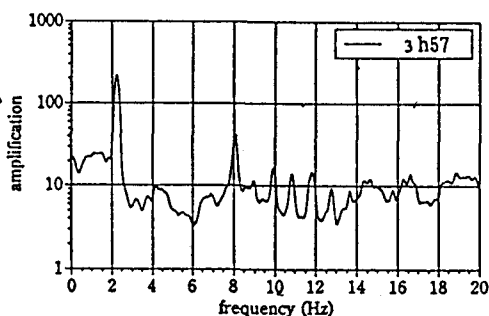


図3 3h法による振動数増幅関数

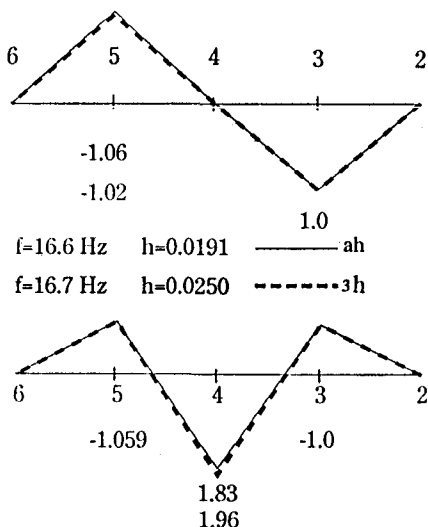
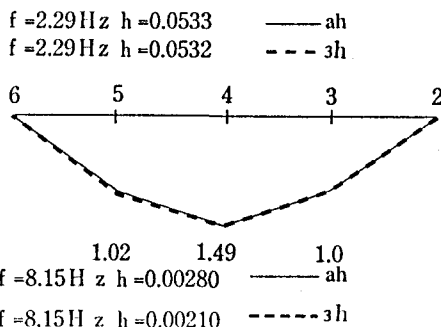


図5 歩道橋の動特性

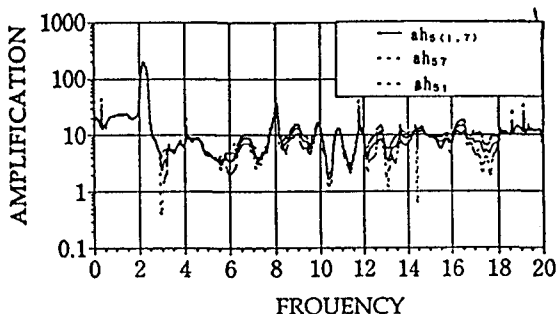


図4 本手法による振動数増幅関数

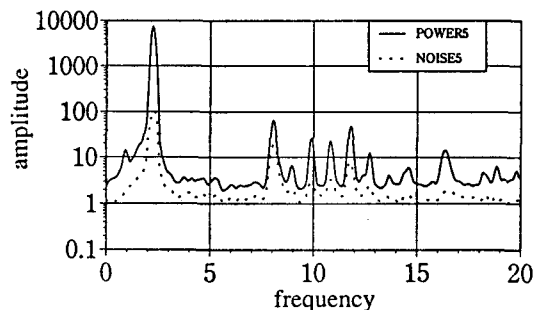


図6 パワースペクトルと雑音の関係

4. 結論

2点間のみで FAF を推定する 3h 法では、計測点の採り方によって雑音のパワーが異なって設定され、推定に誤差が混入しやすい。ここで検討した 3h の平均法は実際の構造物の常時微動解析に適用した結果も良好であり、十分実用的であると判断する。本例では 3h 法との有為な差異がなかったが、今後、減衰の大きな系に適用し、手法の改良を図りたい。