

吸着型モーメント印加装置を用いた周波数応答関数測定

Measurement of Frequency Response Function using Sticking Type Moment Excitation Device

辻 善夫, 眞田 明

Yoshio TSUJI and Akira SANADA

キーワード 実験モード解析／モーメント加振／回転自由度

KEY WORDS Experimental Modal Analysis / Moment Excitation / Rotational Degree of Freedom

1 はじめに

近年、機器の小型、軽量化が急速に進み、機器は振動し易くなっている。これにともない設計試作段階での振動対策の重要性が高まっている。しかし、接続部を含む複雑な構造物の振動伝達特性を有限要素法によって精度良く予測することは困難である。そのため、振動予測精度の向上を目指して加振実験を行い、振動伝達モデルのモデル化精度の向上を目指す研究が行われ始めている。

加振実験を行ってモデル精度を高めるためには構造物の振動特性を表す周波数応答関数 (FRF) を、構造物に並進力と回転力をそれぞれ加えた場合について測定する必要がある。構造物に並進力を加えることは、ハンマ等を利用することで容易に行うことができる。しかし、モーメントを印加するには、例えば構造物に T 型治具などを接続し、治具をハンマで加振する方法などが試みられている¹⁾。しかし、この方法は治具の質量が構造物に付加され構造物の振動特性が変化するため、測定結果の補正処理が必要となる。また、構造物に治具を取り付けるための加工が必要になる。他にも、さまざまな方法が検討されているが、簡便で高精度なモーメント印加方法は確立されていない。

そこで、本研究では、構造物に質量を付加しない簡便なモーメント印加法を新たに提案する。これは、電磁石などの吸着力により対象構造物に一定力のモーメントを加えておいて、吸着力を急激に解放することで逆ステップ状のモーメントを印加するものである。本稿では、モーメント印加装置を実際に試作し、実験した結果からその有効性について検討を行う。

2 提案したモーメント印加装置

図 1 に考案したモーメント印加装置を示す。この装置は、電磁力等により構造物に吸着する吸着部と、モーメントを計測するセンサー部、人間の手によって力を作用させる把持部からなる。モーメントを印加するには、まず吸着力を発生させて構造物に吸着部を吸着させた状態で、計測者が把

持部を捻る事によって構造物表面にモーメントをあらかじめ印加する。次に、スイッチにより吸着力を急激に解放することにより、構造物に図のような逆ステップ状のモーメントを印加する。

装置が構造物表面から離れるまでは、構造物に印加するモーメントに対応したモーメントがセンサ部に発生するため、センサ部の歪みを計測することにより、構造物に印加したモーメントを算出する。この装置を使えば、モーメント印加に際して治具を一切取り付ける必要がないため、構造物そのものの振動特性を計測できる。また、構造物に治具を取り付けるための加工を施す必要がない。さらに、モーメント印加、計測を多数箇所で行う場合も、各計測点へ本装置を吸着、切り離しを行うだけで良いため、効率的である。

3 実験装置

前章のアイデアに基づいたモーメント印加装置を試作した。図 2 に試作したモーメント印加装置と実験システムの概要を示す。センサ部には、点 A, B に作用するモーメント M_A, M_B を計測するため、各点を挟むセンサ部両側面に 2 枚づつ計 4 枚のひずみゲージを貼り付けた。これにより、センサ軸方向の引っ張り力として作用する試料に印加された並進力の影響、および計測点の温度変化の影響をキャンセルすることが出来る。計測した 2 点のモーメント値を式(1)に代入することにより、試料表面に印加したモーメント M_D を推定した。

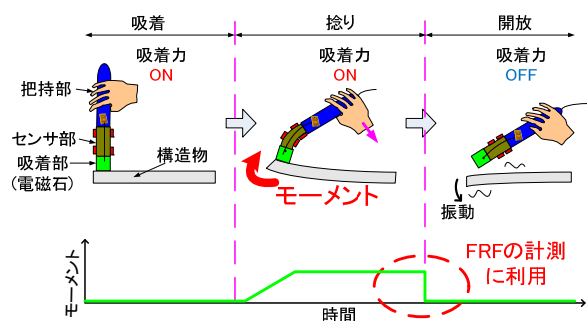


図 1 考案したモーメント印加方法

$$M_D = \frac{L_B M_A - L_A M_B}{L_B - L_A} \quad (1)$$

ここで、 L_A 、 L_B は試料表面から歪みゲージ中心位置までの距離である。本実験では、 $L_A=26\text{mm}$ 、 $L_B=45.5\text{mm}$ とした。また、試料に印加される並進力をモーメントの影響をキャンセルして計測するため、点Cを挟むセンサ部両側面にさらに4枚の歪みゲージを貼り付ける。

試験対象物として図2に示す片持ち梁を用い、FRFを実験により求めた。計測点における加速度は2つの加速度ピックアップの平均値、角加速度はこれらの差分より求めた。試験対象物に対して紙面に向かって時計回り、反時計回りに各1回ずつ捻って加振を行った際の各測定値よりFRFを算出した。ただし、ステップ状のモーメントをFFT（高速フーリエ変換）により計測する場合、そのままでは時間窓の影響により、FRFの算出が出来ない。このため、FFTの入力前段にハイパスフィルタ（カットオフ周波数11.5Hz、-60dB/dec）を挿入し低周波成分の影響を除去した。

4 実験結果

本計測手法の有効性を検証するため、有限要素法解析との比較を行った。解析ではメッシュ間隔5mmのシェルメッシュを用いた。ただし、解析モデルに用いた並進力およびモーメントに対する減衰比には、インパクトハンマによる打撃実験によって得られた値を採用した。

図3に5回の試行により求めたFRFの平均値（実線）と計算値（破線）を示す。図3(a),(c)より、並進力印加に対するFRFの実験値は解析値にほぼ一致した。振幅約 $10\text{m/s}^2/\text{N}$ 、 $500\text{rad/s}^2/\text{N}$ 以下においては計算値との誤差が大きい、これは梁に加えた並進力が小さく、ノイズの影響と思われる。

図3(b),(d)より、モーメント印加に対するFRFの実験値も解析値にほぼ一致した。

5 まとめ

構造物の振動伝達モデルにおけるモデル化精度の向上を目指し、付加質量の無い簡便なモーメント印加、計測装置を考案した。この装置を用いて求めた試験対象物のFRFの実験値は有限要素法により求めた解析値にほぼ一致しており、本計測法の有効性を確認した。今後、センサ部の改良により計測感度の向上に取り組む予定である。

文 献

- 1) 細矢, 吉村: 日本機械学会論文集 C, 72-713, 37-44(2006) .

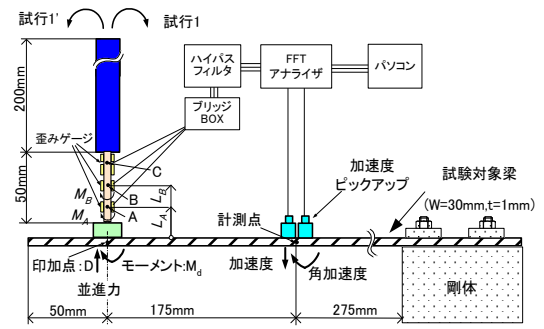
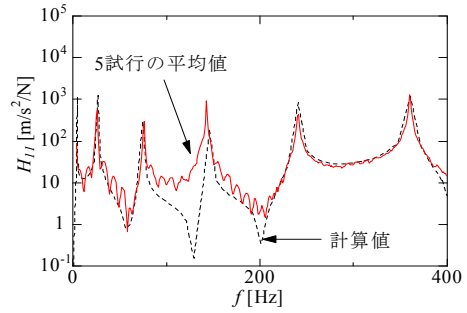
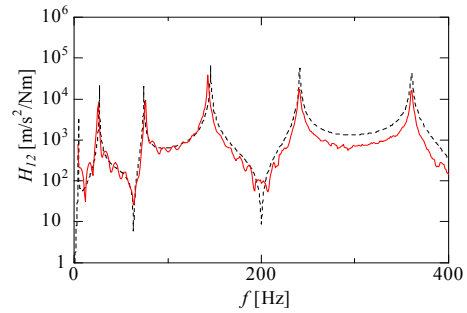


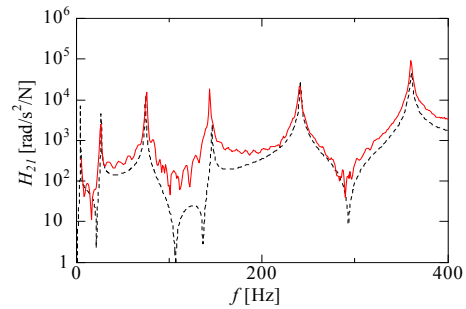
図2 実験システム



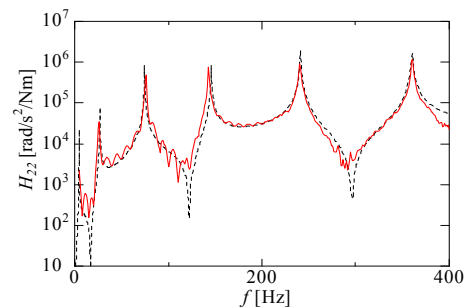
(a) 並進力-加速度



(b) モーメント-加速度



(c) 並進力-角加速度



(d) モーメント-角加速度

図3 周波数応答関数 (FRF)