自由振動記録を用いた鋼製3層フレームモデルの動特性推定

1. はじめに

構造物の損傷・劣化診断技術は,維持管理計画を策 定する際に不可欠である.本研究は,TMD(Tuned Mass Damper)を付加した鋼製3層フレームモデルの自由振動 記録を観測データとして,拡張カルマンフィルターアル ゴリズム^{1,2)}にモデルの動特性を同定するための定式化 を行い,同定精度の検証を行っている.用いた同定理 論は既往の研究成果に基づいているが,観測データを 取得するための測定装置として,加速度計,レーザー変 位計およびデジタルハイスピードカメラを用いている.各 種の構造同定理論が整備されているが,本研究の目的 は,同定に用いる観測データ取得方法に着目して,測 定装置の違いによる精度の検証を実験モデルにより行う ことである.

2. 実験モデル概要



図-1 鋼製3層モデル

図-2 TMD モデル

本研究では、図-1に示す高さ1,575(mm)の鋼製3層フレ ームモデルを用いて実験および解析を行った.各層間 は、柱を模擬した3枚の板バネで構成されており、本研 究では厚さ4(mm)の板バネを用いた.また、模型最上階 に、図-2に示す質量(Mass)とバネによるTMDを搭載登 載し、観測データは、各層にインパルス加振を行い、そ の後に生じる自由振動記録を測定したものを用いる.測 日本大学 正会員 塩尻弘雄 武蔵工業大学 正会員 丸山 收 竹中土木 正会員 田邉康太 武蔵工業大学 学生会員 ○夏目俊幸



定装置は実験モデルに直接設置した加速度計,レーザ 一変位計およびデジタルハイスピードカメラである.レー ザー変位計とデジタルハイスピードカメラは,加速度計と 異なり構造本体に計測装置を設置する必要が無く,機 動性に優れている.データ測定結果の例を図-3から図 -5に示した.図-3は,加速度計による測定結果であり,

キーワード システム同定,センサー技術,ヘルスモニタリング,TMD 連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学工学部都市工学科 TEL03-3703-3111

図-4と図-5はそれぞれレーザー変位計とデジタルハ イスピードカメラによる変位応答記録である.これらのデ ータは3層目(頂部)にインパルスを与えて加振した際の 2層目の自由振動応答を測定したものである.なおTMD は、TMDを固定した場合の1次固有振動数成分を低減 するように調整されている.図-3および図-4には、 TMDを固定して単純に3層目の質量として用いた場合の 応答も示している.初期条件が異なるので、定性的な解 釈に留まるが、TMDにより応答が低減されていることが 分る.

3. 同定結果

ここでは、異なる装置により測定した観測データを用 いて、拡張カルマンフィルタ¹⁾により各振動モードの動特 性の同定を行った.対象とするモデルは、TMDを稼動状 態にした場合である.はじめに、3層目にインパルス入力 を与えて、各層ごとの自由振動記録1波を観測データと して動特性の同定を行った.同定に用いる定式化では、 TMDを付加したことにより4次振動成分まで考慮した.観 測データは加速度計の場合には加速度応答波形、レー ザー変位計およびデジタルハイスピードカメラは変位応 答波形である.

図-6および図-7にモード減衰と固有振動数の同定 結果を示した.ここで,device1:加速度計,device2:レー ザー変位計,device3:デジタルハイスピードカメラである. 加速度計を用いた場合には,概ね3次までの動特性が 推定可能であり,レーザー変位計とデジタルハイスピー ドカメラでは,2次までの動特性を推定することが出来た. 各モード減衰の同定結果は,鋼製フレームモデルのた めに0.01以下の小さな値となっている.実験モデルの減 衰特性の同定精度を評価することは困難であるが,加速 度波形のフーリエスペクトルから読み取った各モード減 衰は,1次:0.0086,2次:0.0078,3次:0.0043および4次: 0.0019であり,デジタルハイスピードカメラの観測データ に変動が見られるが概ね良好な値と思われる.

次に、インパルス入力の加振箇所を1、2層とした場合 も加えて、各層の応答を観測データとした際の同定結果 を図-8および図-9に示した。図-8および図-9は、 加速度計とレーザー変位計の結果を示している。観測 データの精度としては、レーザー変位計またはデジタル ハイスピードカメラによる変位記録も主要な卓越振動成 分を逸することなく計測が可能であることが分った。



図-9 固有円振動数

謝辞:本研究は,文部科学省学術フロンティア推進事業(日本大 学理工学部)・研究課題「環境防災都市における研究」の一環とし て実施したものである.

参考文献

- 1) 星谷勝·斉藤悦郎:線形多自由度系の動特性の推定,土木学 会論文集, No.344/I-1, pp.289-293, 1984 年 4 月.
- 2) アブドラ アブリカム・塩尻弘雄:振動計測による構造要素の 特性の同定,構造工学論文集, Vol. 50B, 2004 年 3 月.