

3. 数値シミュレーションによる検証 (2層モデル)

3.1 振動数領域のシミュレーションを用いた検証

2.2 節で示した2層モデルにおける同定関数の $\omega \rightarrow 0$ の極限值が、(7),(8)式の右辺定数項の値と一致することを検証する。ここでは各層とも質量 3200kg、回転慣性 2133kgm²、階高 4m に設定し、表1に示す剛性・減衰をもつ2層モデルを用いて、振動数領域のシミュレーションを行う。ただし、せん断剛性は1次固有周期 0.2 秒で逆三角形1次モードになるせん断モデルの剛性を用い、剛性比率は X_1 、 X_2 共に 0.053 である。また、1次の減衰定数は 1.21% (剛性比例) に設定した。

図2において、振動数 $\omega = 0$ においてシミュレーションのグラフと(7),(8)式より求めた同定関数極限值が一致している。従って、(7),(8)式および剛性比率 $X_j = k_{sj}/k_{sj}$ を用いることで剛性が第1層から順次同定されることが分かる。一方、減衰については、地動加速度と水平加速度応答の伝達関数を用いた half-power 法により、1次減衰定数が約 1.25% (設定値 1.21%) となることを明らかにした。

尚、モデル諸量を変えたケースについても同様に同定可能であることを確認している。

表1 2層のモデル諸量

層	k_1 [N/m]	k_2 [Nm/rad]	c_1 [Ns/m]	c_2 [Nms/rad]
1	9.47×10^6	1.79×10^8	1.21×10^4	2.27×10^5
2	6.32×10^6	1.19×10^8	8.04×10^3	1.52×10^5

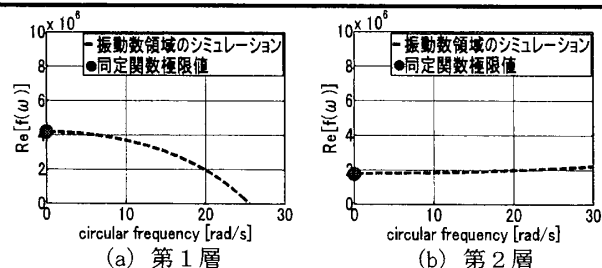


図2 同定関数の実部

3.2 時刻歴応答データを用いた検証

次に、前節と同様の2層モデルに対し、図3のようなバンドリミテッドホワイトノイズを入力した時刻歴解析を行い、得られた時刻歴応答データに本手法を適用する。また、(6)式分母の伝達関数に対して、時刻歴応答データのフーリエ変換を用いた同定関数は、低振動数域において乱れるという問題点がある。そこで、(6)式分母の伝達関数を ARX モデルの伝達関数によって表現することで、同定関数の平滑化を試みたシミュレーション結果も併せて示す。ARX モデル次数は 200 とした。

図4より、剛性については時刻歴応答データを用いた検証でも良好な精度を保っている。また、フーリエ変換を用いた同定関数の低振動数域における乱れを、ARX モデルを用いることにより回避できており、ARX モデルの利用は有効な手段であると考えられる。

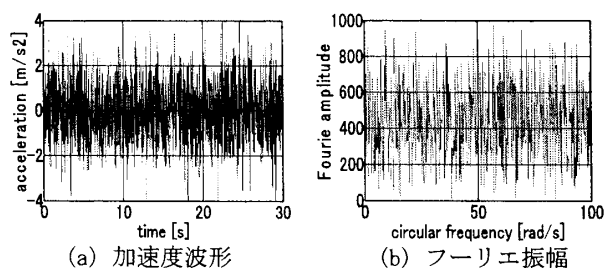


図3 入力波

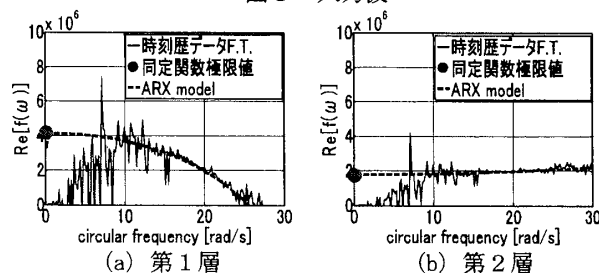


図4 同定関数の実部

一方、減衰については、ARX モデルを用いて表現した、地動加速度と水平加速度応答の伝達関数に対して、前節と同様に half-power 法を用いて評価した結果、1次減衰定数が約 1.12% (設定値 1.21%) となることを明らかにした。

4. 結論

- (1) せん断ばねと回転ばねを直列させた2層曲げせん断モデルについて同定関数のテイラー展開を行い、剛性比率と水平加速度応答から剛性のパラメータを同定する手法を提案した。
- (2) 振動数領域のシミュレーションにより、提案手法の妥当性を示した。
- (3) 地動加速度に対する水平加速度応答の伝達関数に half-power 法を適用することにより減衰定数を評価できることを、振動数領域のシミュレーションにより確認した。
- (4) 時刻歴応答データを用いたシミュレーションの結果より、本手法が時刻歴応答データを用いた際にも良好な精度を確保できることを示した。
- (5) 低振動数域でのばらつきが大きい時刻歴応答データの場合には、ARX モデルの伝達関数を適用して同定関数を平滑化することが効果的であることを明らかにした。

参考文献

- 1) 中村充, 竹脇出, 安井譲, 上谷宏二, 限定された地震観測記録を用いた建築物の剛性と減衰の同時同定, 構造系論文集, 528, 75-82, 2000.2.
- 2) 前田朋宏, 限定された観測データを用いた ARX モデルによる建物の剛性・減衰同定法, 京都大学修士論文, 2011.2.

* 京都大学大学院

** 竹中工務店 技術研究所

* Graduate School, Kyoto University

** R&D Institute, Takenaka Corp.