

京都大学工学部 正 員 五十嵐 晃

京都大学工学部 正 員 家村 浩和

京都大学大学院 学生員○諏訪 高典

1. 研究目的 大規模かつ複雑な構造系全体の振動台実験は振動台の性能上困難な場合が多い。そこで構造系の一部分を取り出した供試体（サブストラクチャー）の振動台による加振と、残りの部分についての応答数値計算を同時進行させて、構造物全体の応答を調べる新しい実験手法の基礎的アルゴリズムを提案する。特にアルゴリズムの中で発生する様々な誤差が結果に与える影響についてコンピュータシミュレーションで検証を行った。

2. 実験手法 例えば図1のような2層構造物に対して振動台実験を行う場合、従来は構造物全体を供試体として加振実験を行っていたが、サブストラクチャー実験では例えば図2のように第2層部分のみを供試体として取り出し、残りの部分は同時にコンピュータ計算で求めることで、全体の応答をリアルタイム実験で求める。

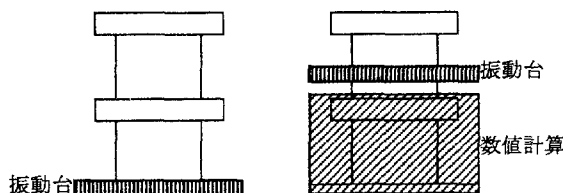


図1：従来の振動台実験 図2：サブストラクチャー振動台実験

る。具体的な実験のアルゴリズムは次に示すとおりである。各時間ステップ(i)において

- 1) 供試体の加速度又はベースシアーを測定。 2) 測定値をA/D変換してコンピュータに送る。
- 3) 供試体測定値と第1層部分の質量、減衰、剛性、供試体部分の質量、地動記録及び前ステップまでの応答値を用いて第1層部分の応答値をコンピュータで計算。 4) 3で求めた値を入力データとしてD/A変換して振動台コントローラに送る。 5) 振動台を加振。

以上の1)～5)を繰り返して応答を求める。ここで供試体の加速度を測定する方法では質量が集中する系の実験に適しているが、ベースシアーを測定する方法では、荷重センサーを設置できるどのような構造物に対しても実験が可能である。また、本手法は特に2層構造物に限らず適用可能である。

3. 実験シミュレーション サブストラクチャー振動台実験で生じる可能性のある問題点として、

- ・アルゴリズム自体が妥当なものであるか
- ・供試体の測定誤差や振動台の制御誤差、あるいは運動方程式の数値積分における数値誤差が応答結果に与える影響

・ステップ(i)において供試体の加速度を測定してプログラムに入力し、残りの部分の応答を計算して振動台にデータを送り加振するまでに一定の時間を要する。すなわち時刻 $t = i \times \Delta t$ における加振実験で振動台に入力されたデータは、時刻 t よりも計算に要する時間だけ前の測定値を用いて計算されていること等がある。そこで実験のシミュレーションを行い、これらの問題点について検討した。

表1：モデルの各部分の特性値

	第1層部分	第2層部分
質量(kg)	10.0	10.0
減衰係数(Ns/m)	2.356	1.047
剛性(N/m)	616.9	274.2

表2：モデルのモードごとの特性値

	1次モード	2次モード
固有周期(sec)	0.8	0.015
減衰定数	1.2	0.010

4. 実験シミュレーションの結果 図1の構造物を2自由度の線形弾性構造物モデルとし、第1層部分、第2層部分のそれぞれについて表1のように質量、粘性減衰率、剛性の値を設定して、直接数値積分により求めた結果と実験シミュレーションによる解析結果を比較すると図3のようになる。ほぼ一致

Akira IGARASHI, Takanori SUWA and Hirokazu IEMURA

した結果が得られることがわかる。なおこのモデルにおける各次振動モードごとの特性は表2で示される。また、実験中に発生すると予想される誤差のうち、供試体の測定誤差や振動台の制御誤差については応答結果に与える影響は小さく、また、数値積分における誤差も積分時間間隔を十分に小さくすれば影響は極めて小さくすることができた。しかしながら時間遅れ誤差については例えば各ステップで0.02secの計算時間遅れが生じるとすると、図4のように応答結果に与える影響は非常に大きくなるという結果が得られた。そこでこの時間遅れ誤差に対処するため、本研究では線形弾性系で供試体加速度を測定する場合について、測定値の補正方法を次のように考えた。

5. 補正方法 各ステップ間で加速度が線形に変化し、かつ $\Delta t'$

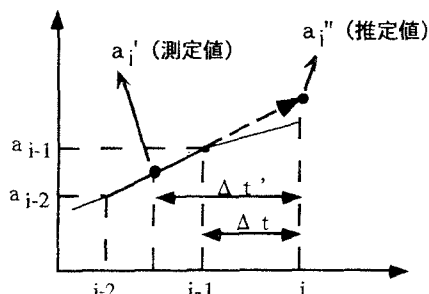


図5：供試体加速度補正法

の正確な値が既知であると仮定する。図5のように各ステップにおいて $\Delta t'$ だけ前の測定値から線形補外を適用することによりステップ(i)の測定値を推定する。この補正方法を用いて計算し直した結果が図6であり、ほぼ正確な結果が得られた。

6. まとめ サブストラクチャー振動台実験は時間遅れによる実験誤差が最も大きな問題となる可能性があるが、その場合における補正を行うことにより有効な実験方法となると予想される。今後は実際に振動台を用いて検証実験を行い、期待される精度が実現できるかどうかや、効果的な補正法に関する検討が課題となる。

参考文献 1)Masayoshi Nakashima et al. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol 21 79-92, 1992 2)Pui-shum B.Shing and Stephen A. Mahin, UCB/EERC/-84/01 Earthquake Engineering Research Center, College of Engineering University of California, Berkeley, California., January 1984

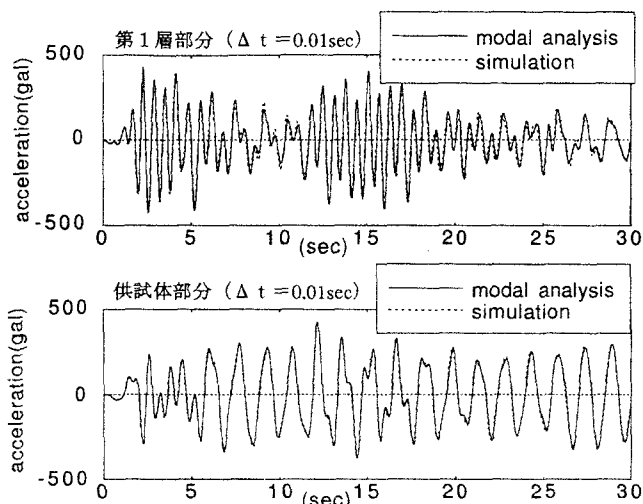


図3：モデルの応答時刻歴
(直接数値積分とシミュレーションで比較)

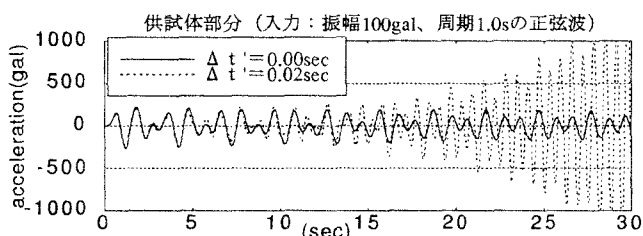


図4：時間遅れ誤差を含んだ応答時刻歴

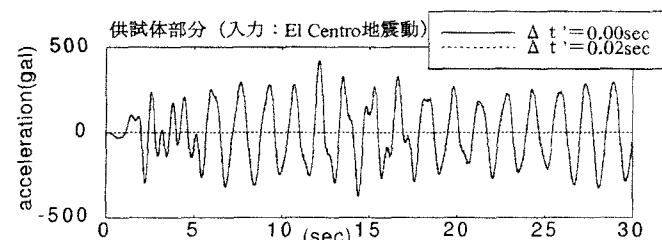


図6：時間遅れ誤差を補正した応答時刻歴