

I-B 341

サブストラクチャー振動台実験法の基礎的アルゴリズムの提案

京都大学大学院 学生員 諏訪 高典
 京都大学工学部 正 員 五十嵐 晃
 京都大学工学部 フェロー 家村 浩和

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

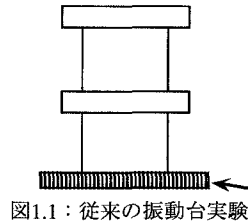


図1.1：従来の振動台実験

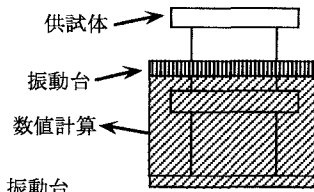


図1.2：サブストラクチャー振動台実験

手法の基礎的アルゴリズムを提案する。また、その実現に際しての問題点の中で、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1.1のような2層構造物に対して振動台実験を行う例を考える。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1.2のように、図1.1のモデルの第2層部分のみを供試体として取り出して加振実験を行い、残

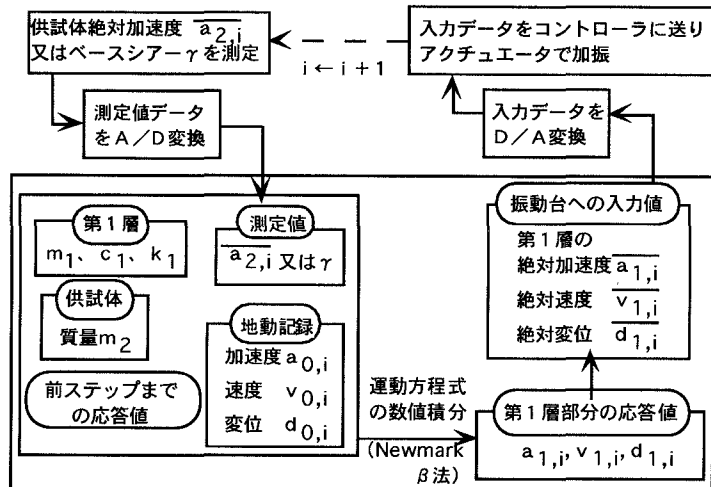


図2：サブストラクチャー振動台実験の基本的なデータの流れ

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。具体的な実験のアルゴリズムを図2に示した。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、

- ・ 供試体の測定誤差や振動台の制御誤差、あるいは運動

表1：実験シミュレーションモデルの各部分の特性値

	第1層部分	第2層部分
質量(kg)	1.0	1.0
減衰係数(Ns/m)	0.236	0.052
剛性(N/m)	61.69	54.64

表2：実験シミュレーション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)	1.32	0.52
減衰定数	0.0070	0.011

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、等が挙げられる。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。

4. 実験シミュレーションの結果 図1.1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直接数値積分により求めた応答結果と実験シミュレーションによる解析結果の比較を行った。なお質量、粘性減衰率、剛性の値は表1のように設定し、入力波にはEl Centro記録NS成分を用いている。

比較した結果は図3のようになり、ほぼ一致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と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、結果に与える影響は非常に大きくなることが判明している。この時間遅れ誤差に対処するためには、各ステップ間で加速度が線形に変化し、かつ $\Delta t'$ の正確な値が既知であると仮定し、図4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方法が考えられる。この補正方法を用いて計算し直した結果を示したものが図5であり、このケースでは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、その場合においても適切な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

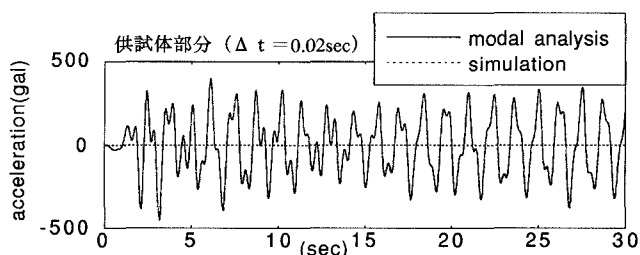


図3：モデルの応答時刻歴
(直接数値積分とシミュレーションで比較)

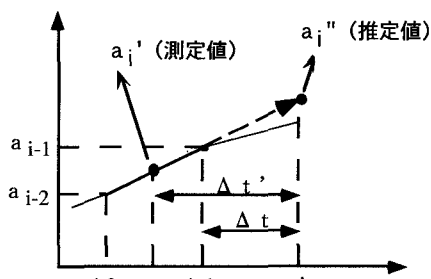


図4：供試体加速度補正法

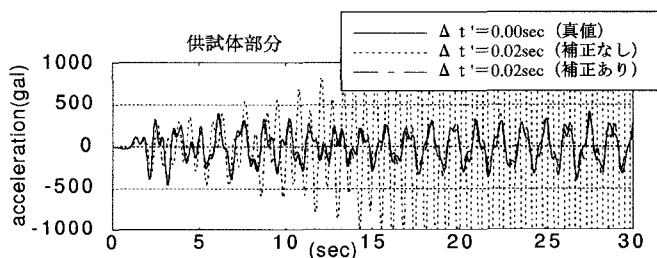


図5：時間遅れ誤差を含んだ応答時刻歴