

東京都立大学工学部

正会員 〇小泉敏一

正会員 望月利男

正会員 北川 博

1. はじめに 本研究は模型ぐいを用いた実験装置—電算機オンライン実験手法による非線形地震応答解析に関する一連の研究の一部である。ここではぐい地盤—上部構造物系(2質点系)の振動応答についてオンラインによる実験結果とその復元力特性のモデル化による理論応答解析結果とを比較検討する。実験装置および手法は文献1)で発表したものと同様であり、模型地盤としては豊浦標準砂(乾燥砂)を用いている。尚、模型ぐいと実ぐいとの対応性については文献2)で述べている。

2. 理論応答解析法 著者らは一般履歴系の復元力特性をべき関数型復元力モデルへ置換して、地震応答解析を行う方法を文献3), 4)で述べているが、その概要は次の通りである。べき関数型復元力モデルの骨曲線および履歴曲線は次式で表わされる。

$$\text{骨曲線 } F(X) = kX^\alpha \quad (1)$$

$$\text{履歴曲線 } F(X) = \pm 2k \left\{ \frac{1}{2}(X_0 \pm X) \right\}^\alpha \mp kX_0^\alpha \quad (2)$$

ここに X , $F(X)$ は無次元化した変位および復元力を示す。 X_0 は履歴曲線の頂点(折り返し点)の変位座標を示す。また(2)式の符号は複号同順であり、上下の符号はそれぞれ加力線および減力線に対応する。上式の α , k は対象とする系の振動特性を反映するように定めることができる。すなわち実験の示す復元力特性の骨曲線および履歴曲線の囲む面積をそれぞれ $f(X_0)$, $g(X_0)$ と近似関数化できたとすれば、次式より求めることができる。

$$\alpha = \frac{4f(X_0) \cdot (X_0 - g(X_0))}{4f(X_0) \cdot (X_0) + g(X_0)}, \quad k = \frac{f(X_0)}{X_0^\alpha} \quad (3)$$

このようにして定めた復元力モデル(1), (2)式は、その構造物のもつ振動特性、すなわち履歴曲線の面積で表現される減衰量および骨曲線で示される固有振動数を近似的に保持している。この復元力モデルの非定常な入力に対する履歴曲線内での動的履歴法則は次のように仮定する。すなわち履歴曲線は常にすぐ前の反転

点を目指し、かつ折り返す直前の履歴曲線に対称な曲線上を進むものとする。無次元化した振動方程式は(1), (2)式の復元力を用いて次式で表わされる。

$$\frac{d^2X}{dt^2} + 2h \frac{dX}{dt} + F(X) = -\frac{d^2Y}{dt^2} \quad (4)$$

3. 実験と理論の応答解析の比較 本実験のモデルは微小変形時の固有振動数が4.0 Hzになるように質量、ばねを定めてある。この場合上下の質量はそれぞれ0.160 kg, sec²/cm, 減衰定数は上下共0.02, ばね定数は267 kg/cmとした。定常応答は入力加速度振幅を10 gal から60 galまで10 gal きざみの6種類、非定常応答の場合は、外力の最大加速度を70 gal および150 gal の2種類に調節して行った。図-1(a)は定常入力の場合の実験が示す各入力レベルでの共振点近辺の履歴ループを重ねて描いたものである。この復元力特性より2)で示した方法によりべき関数型復元力モデルを求めると図-1(b)となる。図-3(a)は実験の示す共振曲線、(b)は上記の復元力モデルを用いて求めた理論解の共振曲線である。入力加速度振幅が10 gal の場合の共振曲線を除いて、実験と理論の対応は良好である。理論解に於いて10 gal での共振周波数のずれの原因は、小変形時での $f(X_0)$, $g(X_0)$ の関数化の誤差によるものと考えられる。図-4は外力として、TAF T(1952.EW)の最大加速度を150 gal に調節して入力した場合の実験および理論解の変位、加速度応答波形を示したものである。実験の波形に若干の軸ずれの傾向が見られるが、両者の波形は酷似している。両者の最大変位応答値の誤差は7.8%, 同様に最大加速度の誤差は6.6%である。図-5はTAF T(150 gal)を入力した場合の上部構造物系の加速度のフーリエスペクトルを比較したものである。

4. おわりに 本報告での実験と理論の対応性は良好であった。但しこれらの計算例は非線形性があまり強くなり場合に相当するものであり、今後より非線形性の強い系を対象として検討する予定である。

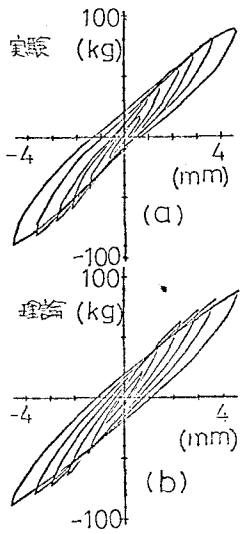


図-1 復元力モデル

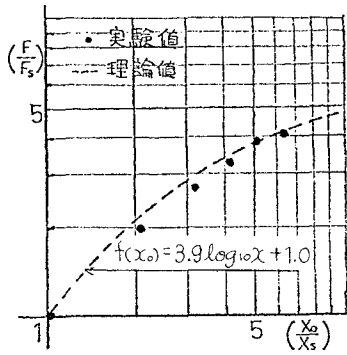


図-2 骨曲線のモデル化

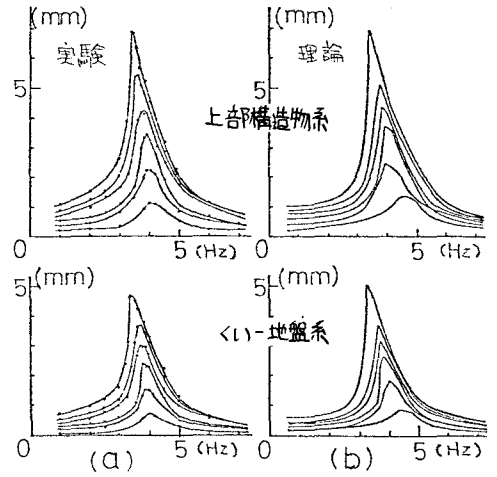


図-3 共振曲線の比較

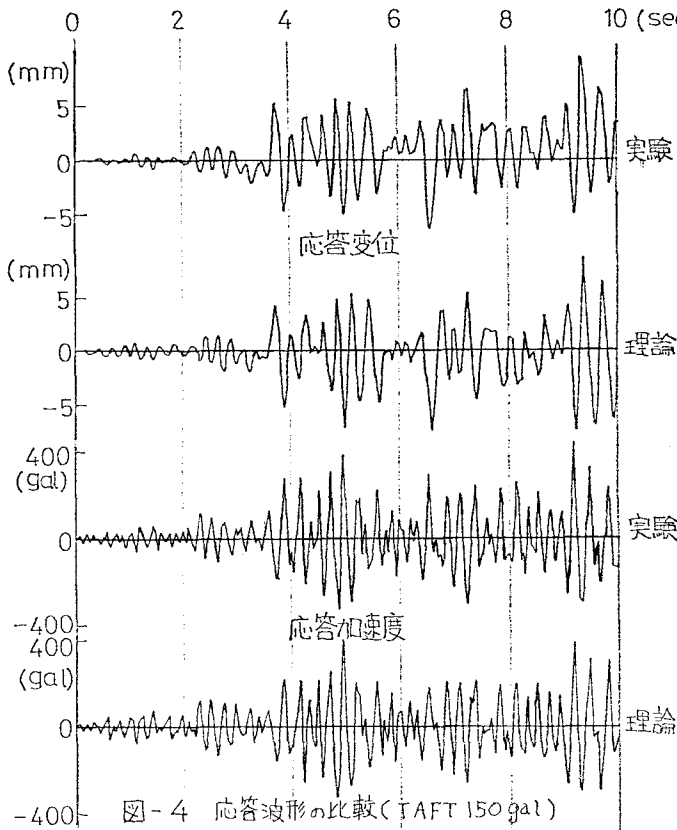


図-4 応答波形の比較 (TAFT 150 gal)

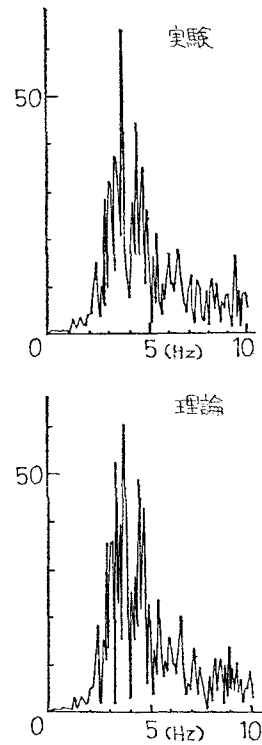


図-5 加速度フーリエスペクトルの比較 (TAFT 150 gal)

参考文献

- 1) 望月・長嶋・小泉：実験装置-電算機オンラインシステムによる<1>-上部構造物系の地震応答解析 第4回日本地震工学シンポジウム講演集 1975
- 2) 望月・長嶋・小泉：モデル実験に於ける<1>-地盤間復元力特性とその実大<1>との対応 第31回土木学会年次学術講演概要集
- 3) 田沼・望月・北川：履歴系の等価振動系への置換に関する研究 昭和50年度日本建築学会大会学術講演梗概集
- 4) 北川・望月：べき関数型復元力モデルによる地震応答 昭和51年度日本建築学会大会学術講演梗概集