

電力中央研究所 正会員 平田 和太

電力中央研究所 正会員 松田 泰治

1. まえがき 構造物の地震時動的応答解析において、地盤-構造物の動的相互作用を考慮する場合、地盤をスウェイ・ロッキングはね(地盤複素はね)でモデル化する方法が広く使われている。これらのはね係数は、理論解として3次元波動論に基づいた種々の解が提案されている。一方、原位置において、起振機を用いた剛体基礎の振動実験から地盤複素はね係数が求められた事例も数多く報告されている。実験的、理論的両手法において、上部加振によって得られる基礎-地盤間の伝達係数が実際の地震時の下方入力に対しても適用し得ると思われるが、検証例は非常に少ない¹⁾。ここでは振動台上に模型地盤を作製し、地盤-基礎系を振動台によって加振した場合と、起振機による振動実験の両者の結果の対応を調べてみた。

2. 実験の概要 平面寸法150cm×150cm、高さ60cmの模型地盤-Aおよび高さ30cmの模型地盤-Bをベントナイト溶液にポリアクリルアミドを混入し凝固させて作製した。材料物性は密度 $\rho=1.12\text{ g/cm}^3$ 、せん断弾性係数 $G=1.59\text{ kg/cm}^2$ (せん断波速度 $V_s=1180\text{ cm/s}$)、減衰定数 $h=1.2\%$ 、ポアソン比 $\nu=0.45$ である。なお、 G , h は円筒供試体を用いた捩れ自由振動実験から求められた平均値、 ν は一軸圧縮試験等の結果から求めたものである。実施した実験は以下の3種類、即ち、①模型地盤のみの振動台加振による定常振動実験(振動数範囲1~25Hz, 振動数刻み: 0.2Hz(所によって0.1Hz))②模型地盤上中央に基礎板(平面寸法30cm×30cm, 高さ3cm, アルミ製, 重量: 7.12kg)+偏心重量式起振機(最大偏心モーメント: 0.4kg·cm, 加振振動数範囲1~25Hz, 重量: 8.7kg)を載せた剛体基礎-地盤系の振動台加振による定常振動実験③起振機による基礎の強制振動実験である。計測器は主に加速度計(ひずみゲージ式, 共和電業製AS-2C)を使用した。模型地盤の加振方向断面内および剛体基礎上の測点配置(の一部)を図-1に示す。

3. 実験結果とその考察 実験①で得られた地表面(自由表面)上測点GCの振動台入力に対する応答倍率を図-2に示す。模型地盤-Aでは5Hz, Bでは10Hz付近で最大応答値を示すが、これはせん断振動の1次の共振振動数とほぼ一致している。これらの振動数の奇数倍以外の所でも、特に模型地盤-Aの場合には目立ったピークを示しているが、地盤模型全体の曲げ振動等の影響によるものと思われる。

スウェイ・ロッキングモデルにおける剛体基礎の振動方程式は次式で表わされる。

$$\begin{bmatrix} M & Ms \\ Ms & I_G + Ms^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{u}_B \\ \ddot{\theta} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} K_u & 0 \\ 0 & K_\theta \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_B \\ \theta \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{Bmatrix} \quad \text{----- (1)}$$

ここに、 M , I_G はそれぞれ剛体基礎の質量、重心回りの慣性2次モーメント、 S は基礎重心-接地面距離、 u_B は基礎の接地面での自由表面に対する水平方向の相対変位、 θ は基礎の回転角、 K_u , K_θ はスウェイ、ロッキングの複素はね、 f_1 , f_2 は水平加振外力、加振モーメントである。起振機による強制加振の場合、 $f_1 = m_0 r \omega^2 e^{i\omega t}$ ($m_0 r$: 偏心モーメント、 ω^2 : 加振円振動数)、 $f_2 = m_0 r \omega^2 (s+l) e^{i\omega t}$ (l : 基礎重心-起振力作用線間距離)、地動入力の場合、 $f_1 = -M\ddot{y}$ ($\ddot{y}$: 自由表面上地動加速度)、 $f_2 = -Ms\ddot{y}$ となる。起振機実験で応答値を単位起振力当りの値に換算すれば($m_0 r \omega^2$ で割れば)、振動台加振の場合の基礎応答(相対加速度)の自由表面に対する伝達係数($\ddot{y}=1$ に相当)と、 f_2 の係数($s+l$)と S の違いを無視すれば、形状は一致する。以上の観点から起振機による振動実験と振動台加振における基礎-地盤間の伝達特性の比較を行う。図-3に起振実験時の基礎上端FEWの変位応答を示す。本実験は、剛基盤上に弾性地盤が存在する場合に相当し、加えて側方が有限であるため、ピ

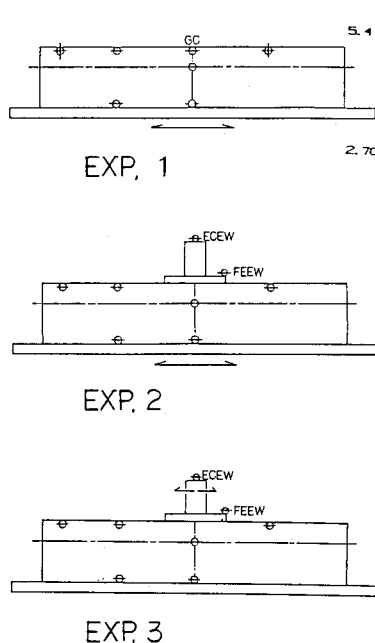


図-1 実験の概要・測点配置

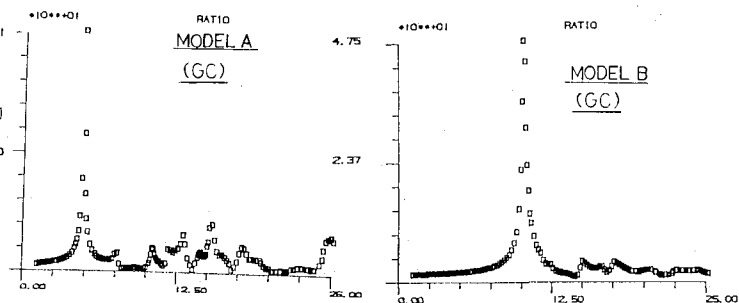


図-2 自由表面(GC)の振動台入力に対する応答倍率(実験①)

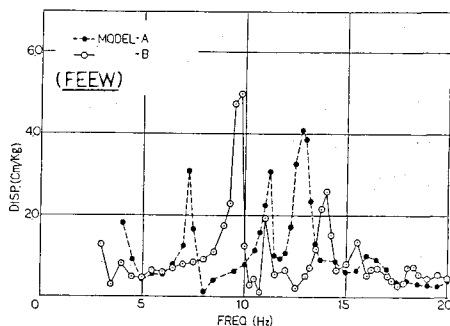
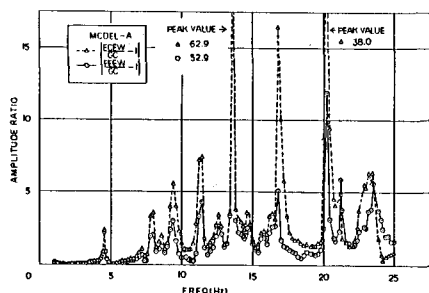
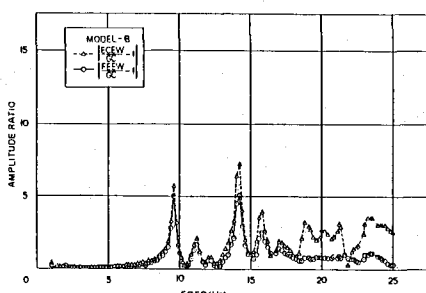


図-3 起振実験時基礎上端(FEEW)の変位応答(実験③)



(a) MODEL A



(b) MODEL B

図-4 基礎上端(FEEW)、起振機頂部(ECEW)の自由表面(GC)に対する相対加速度/(GC) (実験①②)

ーク値としては、基礎-地盤の相互作用によるピークと地盤自体のピークが混在しており判別はこの図からは困難であり、また、面地盤向のピークの対応も明確ではないが、概して模型地盤-Bのピークは高振動数側に移動している。図-4には振動台加振時の基礎の地盤表面に対する伝達関数を示す。模型地盤-Aではピークが多数生じ、起振実験との対応は余り明確でないが、模型地盤-Bでは起振実験のピーク振動数との対応が明確である。ピーク値についても、起振実験結果を加速度応答で整理すれば($\times \omega^2$)、両者の対応は良くなり、伝達関数の形状が一致の方向に向う。

4. あとがき 動的相互作用問題における上部加振と下方入力について、せん断振動が卓越する地盤では、ある程度対応付けられることが検証された。解析的な検討も含めたより詳細な内容は当日発表する予定である。なお、本実験を行うに当たり、(株)電力技術整備 岡 行孝氏、(株)日本基礎技術 橋口茂隆氏、(株)東京ソイルリサーチ 片山 郁夫氏の多大な協力を得た。ここに誌して感謝の意を表する次第である。

〈参考文献〉 1) 石田他、模型基礎の起振実験から得られた地盤の剛性・減衰定数の地震時での再現性について、日本建築学会大会要綱集、1983