

(財)電力中央研究所 正会員・松田泰治
(財)電力中央研究所 正会員 平田和太
(株)徳倉建設 小泉操幸

1. まえがき

構造物の地震時挙動は、構造物を支える地盤の剛性と減衰性に著しく影響される。これらの特性は完全な一様地盤については、実験・解析の両面から研究が行われ十分な説明が成されている。しかし、実際の地盤では一様地盤に分類されてはいても、掘削の影響や地表面の風化等によって表層にゆるみと有するものがかなり存在する。従って、このような地盤上で起振実験を行、実際には地盤剛性の低下や減衰性の低下が予想され、一様地盤として取り扱った場合に現象の説明が困難になると考えられる。

本研究はこのような観点のもとに一様地盤(関東ローム層)と二層地盤(表層:ポリアクリルアミド, 下層:関東ローム層)を用いた模型基礎の起振実験を行い、両者を比較することによって、地盤の剛性・減衰性に対する成層構造(表層ゆるみ)の影響について検討を行ったものである。

2. 実験概要

まず、起振実験を行うに際して図-1, 2に示すように平面寸法200cm×200cmとなるよう地表面を20cm掘り下げ整地を行った。この関東ローム層の完地盤を利用して一様地盤上での起振実験(実験名: U-2)を行った。また二層地盤での実験は図-3に示すように、U-2終了後地盤上にポリアクリルアミドを用いた人工地盤を平均厚10cmとなる

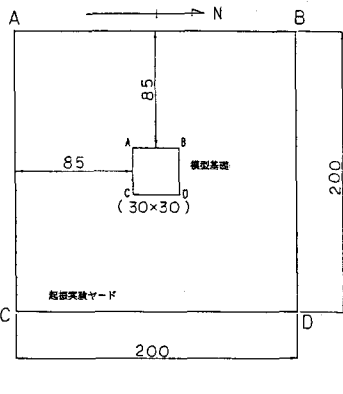


図-1 起振実験ヤードおよび模型基礎の配置 (単位: cm)

TEST CASE U-2



図-2

TEST CASE L-2

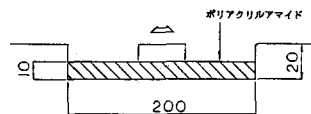


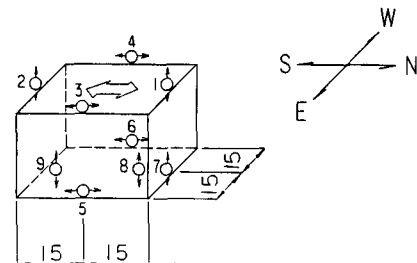
図-3 (単位: cm)

一様および二層地盤の震時面 (N-S方向)

よう打設して地盤を二層構造とし、これを用いて二層地盤上での起振実験(実験名: L-2)を行った。実験は地盤上に設置した鋼製の模型基礎(30cm×30cm×20cm)上中央に偏心重量式起振機(最大偏心モーメント: 0.4 kgf·cm, 加振振動数範囲: 5Hz~25Hz, 重量: 8.7kgf)と載せた剛体基礎-地盤系の起振機による強制振動実験である。なお地盤物性、特に地盤剛性については地表面弾性波探査, ねじり自由振動試験(ポリアクリルアミドのみ)等より求めた。その結果を表-1に示す。計測は主にひずみ式加速度計(容量: 2G (ただしGは重力加速度), 英知電業製)を用いた。模型基礎上の測点配置を図-4に示す。

地盤物性	せん断波速度 V_s (m/s)	単位体積重量 γ (gf/cm ³)	ポアソン比 ν
関東ローム層	72.0	1.49	0.40
ポリアクリルアミド (人工地盤材料)	11.7	1.07	0.45

表-1 地盤物性



(単位: cm)

図-4 測点配置図(基礎上)

3. 実験結果および考察

一様地盤および二層地盤上で行った起振実験より得られた基礎上端加振方向の単位起振力当りの水平応答加速度を図-5, 6に示す。これらの図より二層地盤では一様地盤に比べて表

$$\begin{bmatrix} M & M_s \\ M_s & I_G + M_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{u}_B \\ \ddot{\theta} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K_H & 0 \\ 0 & K_R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_B \\ \theta \end{bmatrix} = m_0 r \omega^2 \begin{bmatrix} 1 \\ s + j \end{bmatrix} e^{j\omega t} \quad (-1)$$

層の影響により剛性が低下し共振点が19 Hzから6 Hzへと下っているのがわかる。また両層の加速度応答曲線の形状より判断すると、減衰に関しても二層地盤は一層地盤に比べてかなり小さくなっている。これは二層地盤の表層と下層の境界面で表の反射が生じ地下逸散減衰が少なくなったためと考えられる。図-7~10には地盤を複素水平ばね(K_H)と複素回転ばね(K_R)でモデル化したスウェー・ロッキング振動の運動方程式(1)より求めた一層地盤と二層地盤の複素ばねの実数部分が示してある。ただし、(1)式中で U_0 , θ は原型基礎の接地面での水平変位と回転角, M , I_0 は原型基礎の質量と重心回りの慣

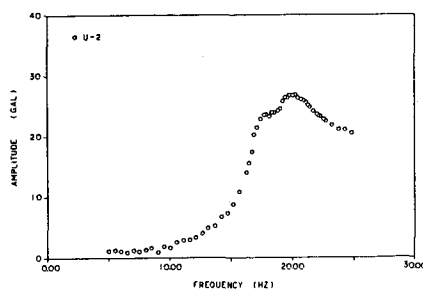


図-5 模型基礎の応答(一層地盤, 加速度応答曲線)

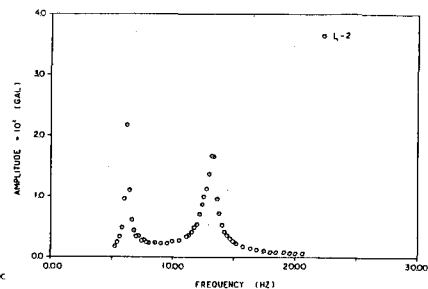


図-6 模型基礎の応答(二層地盤, 加速度応答曲線)

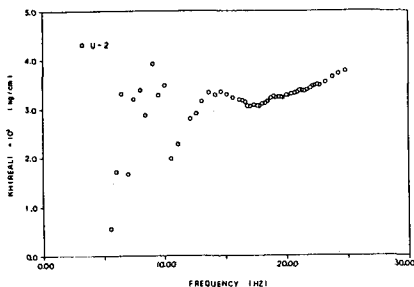


図-7 地盤の複素ばね(一層地盤)

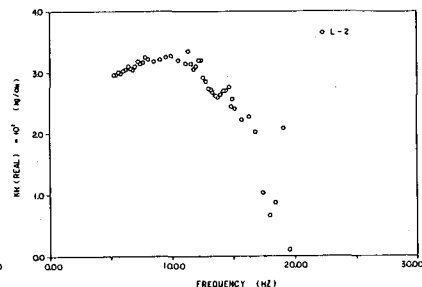


図-8 地盤の複素ばね(二層地盤)

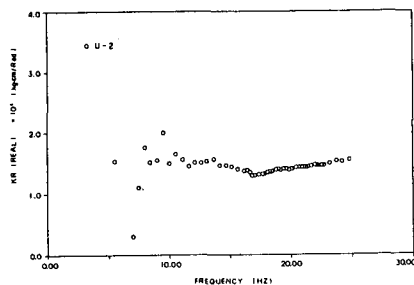


図-9 地盤の複素ばね(一層地盤)

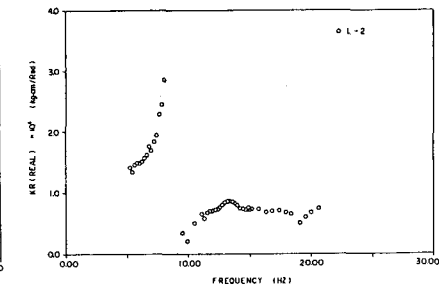


図-10 地盤の複素ばね(二層地盤)

性のモーメント, S は基礎重心・接地面間距離, l は基礎重心・起振力作用線間距離, m_0 は起振機の偏心モーメント, ω は起振円振動数である。図-7, 9より一層地盤の水平ばねに関しては低振動数領域(10 Hz以下)で

位相の乱れ等により値にかなりのばらつきがあるが、共振点付近では概ね安定しており共振点を過ぎたあたりから振動数の増加につれて漸増する傾向をふしっている。回転ばねに関しても水平ばね同様に低振動数領域でのばらつきはあるものの概ね安定している。図-8, 10より二層地盤の水平ばねに関しては2次の共振点の前までは概ね値は安定しているが、2次の共振点を過ぎると振動数の増加につれて漸減する傾向をふしっている。逆に回転ばねに関しては1次の共振点付近では振動数の増加につれて値は漸増するが、2次の共振点より高い振動数領域においては概ね安定している。

4. あとがき

一層地盤と二層地盤上での原型基礎の起振実験結果の比較より、地盤の剛性・減衰性に与える成層構造の影響(剛性の低下および地下逸散減衰の減少)が明確になった。今後はさらに解析的な検討を含めたより詳細な検討を行い、その結果を当日発表する予定である。なお、本実験を行うにあたり(株)志永技研計測の大畑美憲氏に多大なる協力を得られましたことをここに記して感謝の意を表します。

5. 参考文献

平田知太他, 東通原子力発電所建設地点岩盤の弾性および減衰性(その2), 電研依頼報告383535, 1984