

I-486

振動台実験に基づく減衰性を考慮した基礎の浮き上り応答解析

(財) 電力中央研究所 正員 ○ 大友敬三

(財) 電力中央研究所 正員 岩楯敏広

1. はじめに

基礎浮き上に伴う幾何学的非線形性を考慮した地震応答解析を行う場合には、浮き上り時の減衰の評価が解析上の不確定な問題となっている。これは浮き上り時の減衰量が室内試験などにより定量的に把握しづらい面があるためであり、合理的な浮き上り応答予測手法を確立するためには実験面からの検討が必要不可欠である。

本報は地盤・基礎連成模型を対象とする振動台実験で得られたデータに基づいて、浮き上り時の減衰特性を評価し得る非線形S-R解析モデルを作成し、これによる応答解析を実験結果に適用して、解析手法の妥当性について検討したものである。

2. 解析方法

(1) モデル化

振動台実験に用いた模型地盤は、シリコン・ゴム（厚さ30cm、せん断波速度約20m/s）で、基礎模型はアクリル剛体である。この地盤・基礎連成模型を図-1に示すような1質点系の単純なS-Rモデルにモデル化した。このモデルのロッキングばねは非線形で、スウェイばねは線形で取り扱うこととした。線形範囲内のばね定数は静的FEM解析により算定した。

(2) M-θ曲線の設定

本解析では、ロッキングばねの非線形性を、通常のS-Rモデルによる解析で用いられている次式のM-θ曲線で考慮した。

$$M/M_0 = 3 - 2\sqrt{\theta_0/\theta}, \quad M_0/\theta_0 = K_{R0} \quad (1)$$

ここに、 M_0 、 θ_0 ：それぞれ、浮き上り限界モーメント、限界回転角、 K_{R0} ：線形ロッキングばね定数、である。(1)式の曲線は図-2に示すとおりであり、同図中には実験値、およびジョイント要素を用いた静的FEM解析結果も示してあるが、それぞれのM-θ曲線は比較的、良く対応している。このことより(1)式のM-θ曲線が妥当なことがわかる。

(3) 減衰特性の設定

本解析では、非線形ロッキングばね部の減衰に対して浮き上り時の減衰特性を導入した。図-3は入力加速度の大きさを变化させた共振実験の結果に基づいて整理した接地率 μ とモード減衰定数 h の関係である。これに対して、減衰定数が接地率の3乗の

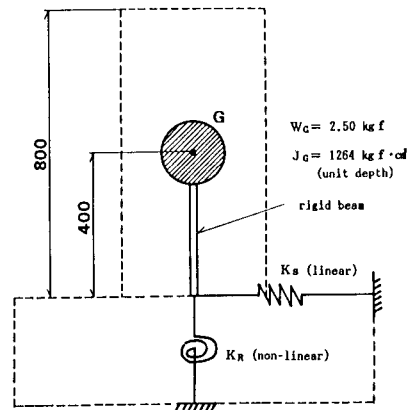


図-1 地盤・基礎連成模型のモデル化

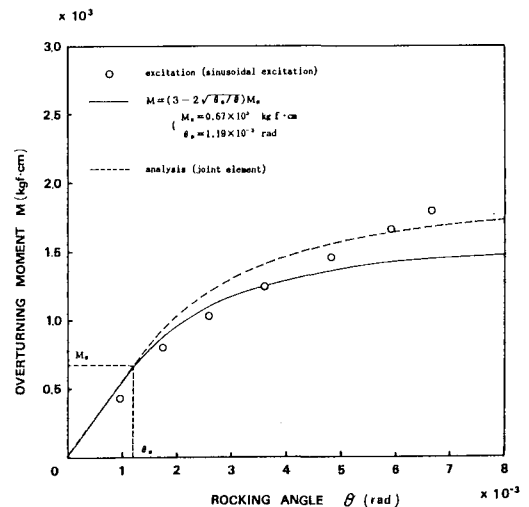


図-2 M-θ曲線

逆数に比例する、と仮定した関係式、

$$h = h_0 \cdot (1/\mu^2) \quad (2)$$

h_0 ; 浮き上り前の減衰定数

を同図中に示したが、(2)式は実験値の傾向をほぼ良くとらえているとみなせる。なお、(1)式の $M-\theta$ 曲線はロッキングばねの接線剛性が接地率の3乗に比例して低下することを意味しており、その点、(2)式は剛性の低下と双対的な関係を示すものといえる。このように、本解析で設定した減衰特性は浮き上り時の減衰量を積極的に評価できるものであり、これを応答解析に組み込むこととした。

3. 解析結果

図-4 に不規則波 (EL CENTRO波、時間縮尺1/5、最大入力加速度239gal) を入力した時の浮き上りを伴う基礎重心の水平応答について、実験結果と解析値の加速度応答スペクトル ($h = 5\%$) を比較したものを示す。なお、この場合の応答は接地率65%である。卓越周期の位置については実験結果と解析結果では若干のずれは生じているものの応答値については実験結果と良く一致する。卓越周期の位置がずれているのは本解析で設定した $M-\theta$ 曲線の剛性低下の精度がやや低かったためと考えられる。

図-5 は基礎重心の上下応答についての比較である。実験値の加速度応答スペクトルの0.05秒に現れているピークは基礎が浮き上って地盤と衝突することにより誘発された上下動と考えられるが、本解析ではこれに関しては表現できていない。これは図-1で示したS-Rモデルには上下動の誘発を評価する要素が含まれていないためである。

最後に、本報で提案したS-Rモデルによる解析手法の妥当性を検証するため、より厳密なジョイント要素モデルによる解析を行った。解析結果は図-4、5に示してあるが、S-Rモデルとジョイント要素モデルの両者の応答スペクトル形状は概略一致し、いずれも実験結果とほぼ対応していることがわかる。このことから、本報で提案したS-Rモデルによる解析手法が、減衰効果を考慮した基礎の浮き上り応答評価に十分適用できるものと判断できる。なお、今後は、誘発上下動の評価も可能なようにモデルの改良を進めていく予定である。

〈謝辞〉本解析を行うにあたっては、日科技研(株)の方々の御助力を得た。

〈参考文献〉大友ほか：振動台実験による基礎の浮き上りに伴う減衰効果に関する検討，電研報告

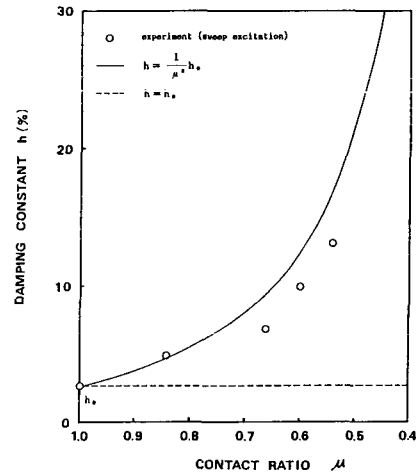


図-3 接地率とモード減衰定数の関係

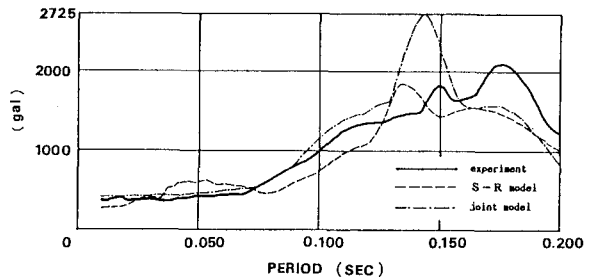


図-4 水平応答の加速度応答スペクトル ($h = 5\%$)

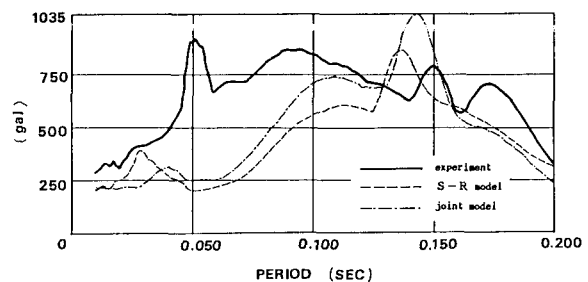


図-5 上下応答の加速度応答スペクトル ($h = 5\%$)