

I-441 基礎の浮き上り応答特性に関する模型振動実験(その1)

(株) 奥村組 正員 ○有井孝典
 (財) 電力中央研究所 正員 大友敏三
 (株) 関 配 黒田克巳

1. まえがき

基礎の耐震安定解析において、強地震動を入力して解析すると基礎の一部に浮き上りが生じることが指摘され、いままでにも解析的研究が数多くなされている。しかし、実験的研究例はまだ少なく浮き上りが生じた場合の応答特性の把握はまだ十分とは言い難い。本報は、以上の点をふまえ基礎の浮き上りに関する模型振動実験を行い、浮き上り応答特性について若干の知見を得たのでここに報告する。

2. 実験概要

実験モデルを図1に示す。加速度計を建屋上部・建屋中部・基礎部に、また土圧計を基礎底面に配置した。建屋部は鉄製、基礎部はアクリル製で作成されており、浮き上り易いプロポーションとした。地盤部には厚さ5cmのウレタンゴムを使用した。入力波は、正弦波・地震波(EL CENTRO NS)を用い、水平一方向のみの加振とした。地盤ゴムの物性値を表1に示す。

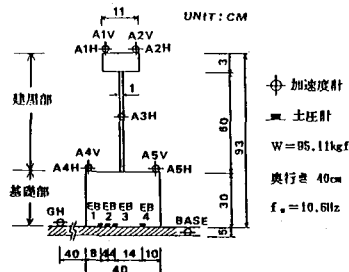


図1 実験モデル

表1 地盤ゴムの物性値

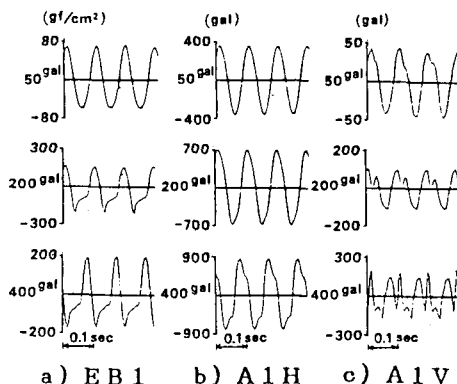
γ (gf/cm ³)	ν	E (kgf/cm ²)	G (kgf/cm ²)	Vs (m/s)	Vp (m/s)
1.545	0.171	587.4	250.8	126	200

3. 実験結果

実験に先立ち自由振動を行い、系の固有振動数を求めた。その結果 $f_0 = 10.6\text{Hz}$ であることがわかり、これを正弦波加振の加振振動数とした。

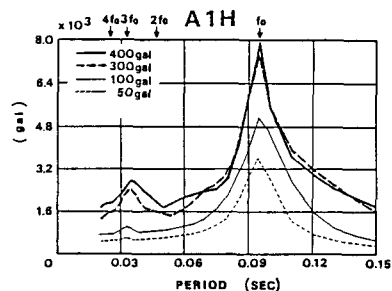
図2には、正弦波加振の場合の入力加速度の増加に伴う応答波形の変化を 50gal・200gal・400galの場合について示してある。図2(a)は土圧計(EB1)の場合であり、200galになると引張側(マイナス側)の波形のピーク付近に山つぶれが生じ始める。これらの土圧波形から、基礎に浮き上りが生じていることが確認された。図2(b)(c)は、A1H・A1Vの応答波形である。これらより、入力加速度の増加に伴い波形に乱れが生じ、高振動数成分が混入してくることがわかる。また、水平成分より上下成分の方が高振動数が混入し易いことも伺える。この高振動数成分の出現は、基礎と地盤との衝突によって生じたものと思われる。

次に、高振動数成分の特性を把握するため応答波形の加速度応答スペクトル($h=5\%$)で検討した。図3は、A1Hについて 50gal・100gal・300gal・400galの場合について示したものである。加振振動数での応答値が大きいものの、加振振動数の3倍調付近に盛りりをみせ高振動数成分の成長がみられる。A1Vの場合(図4)も、短周期領域に盛りりをみせ水平動と同様な傾向を示すが、300gal以上



a) EB1 b) A1H c) A1V

図2 応答波形

図3 加速度応答スペクトル($h=5\%$)

になると高振動数の応答値が、加振振動数の応答値を上回ってくるのが特徴的である。

次に、入力加速度の増加に伴う共振振動数と応答倍率の変化を調べるためにSWEEP加振を行った。図5は、A1Hにおける共振曲線と位相曲線を、図6は、共振曲線から求まる共振振動数と応答倍率の変化についてA1HとA1Vの結果を示したものである。これらの図より、入力加速度の増加に伴い水平応答倍率は急激に低下するが、上下応答倍率はさほど低下しないこと、共振振動数はあまり変化しないが、位相曲線から求まる固有振動数は低下することがわかる。以上の結果から、浮き上りが生じると振動系の水平成分は非線形的な応答を示すことが明らかとなった。また、共振振動数においてあまり変化がみられなかったのは、入力加速度の増加につれ地盤の弾性変形が大きくなり基礎・地盤間のばね剛性がさほど変化しなかったためと推察される。

次に、入力加速度の増加に伴い基礎底面の接地率がどのように変化するかについて、転倒モーメントとの関係から検討した。図7は、地震波の時間縮尺を $1/2 \cdot 1/4$ として加振した場合の各土圧波形から得られる接地率（実験値）と、接地率の評価式として地反力を三角形分布と仮定し、静的な釣り合いから定まる式（図中(1)(2)）と、剛板分布と仮定して定まる式（図中(3)）との比較をしたものである。式(1)の鉛直震度 K_v は、最大水平入力加速度の $1/2$ を重力加速度で除した値を採用した。転倒モーメントは、モデルを建屋部と基礎部との2質点に分け応答加速度値と質点の回転慣性モーメントより求めた。図より地反力を三角形分布とした評価式では、接地率が過小評価していることがわかる。また、地反力を剛板分布と仮定した方が接地率を幾分か大きく見積ることができるが、この場合も300gal程度になると実験値との差が大きくなる。これは、入力加速度の増加に伴い地盤の弾性変形が大きくなり、過大な転倒モーメントが発生しても実際にはそれほど接地率の低下がみられなかったためであろう。

4. 結論

基礎の浮き上に伴い応答波形に高振動数成分が混入し、加速度応答スペクトルにおける短周期領域に盛り上りをみせることがわかった。この高振動数成分の出現は、基礎と地盤との衝突によるものと思われるが、本実験ではこのメカニズムを明確にはできなかった。解析面との整合性のためにも今後の課題として残されるところである。また、浮き上りが生じると水平応答倍率と系の固有振動数は低下し、非線形的な応答特性を示すことが確認された。しかし、上下応答倍率はほとんど変化しなかった。接地率について静的釣り合いから定まる評価式と実験値とを比較すると、評価式の方が接地率を過小に評価することになるのがわかった。

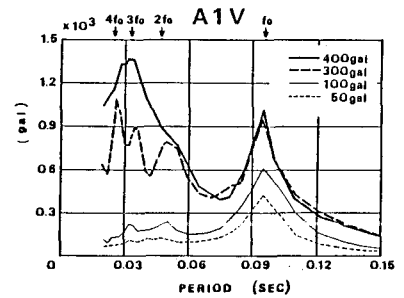
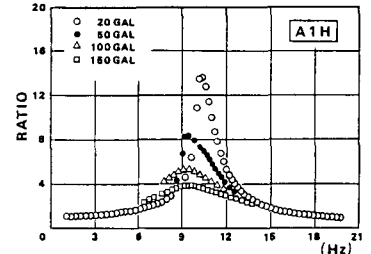
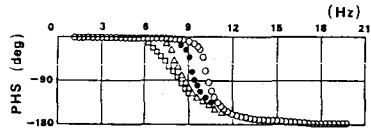


図4 加速度応答スペクトル(h = 5%)



a) 共振曲線



b) 位相曲線

図5 建屋部水平応答の変化

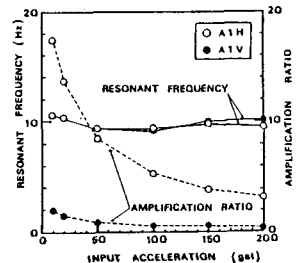


図6 共振振動数と応答倍率の変化

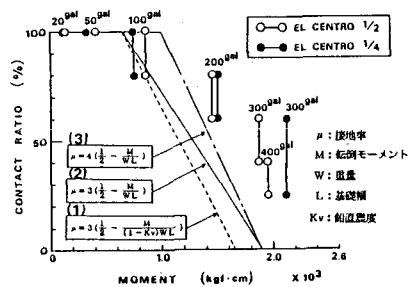


図7 接地率