

日本大学大学院 学生員 ○坂場義雄
建設省土木研究所 正員 龍岡文夫
中央大学 学生員 野間博伸

1 まえがき

地震時における杭基礎の動的挙動の模型実験は、最初乾燥砂で行なわれた。これらの研究では、杭基礎の動的挙動は砂層の動的挙動に支配されると報告されている。次に飽和砂での実験が始められた^{1) 2)}。飽和したゆるい砂層は液状化する恐れがあり、液状化過程での杭基礎の動的挙動を複雑にしている。いづれの研究とも、不完全液状化時に杭基礎の動的応答量が最大となり、完全液状化時に小さくなると報告されている。

今回、振動台上の杭基礎模型を設置した小型砂箱に飽和砂層中の杭基礎の振動実験を行なった。この結果、不完全液状化時の杭基礎の応答量は常に最大になるとは限らないこと、入力(地震)振動数と砂層が一致と仮定した(水中)杭基礎の固有振動数が一致した場合、完全液状化時に大きな応答量が生じるという結果を得た。

2 実験装置、模型および実験方法

図-1に示された砂箱と油圧式振動台に載せ、油圧式アクチュエーターで水平加振した。砂箱は砂層中の全分布を一樣にするため、振動方向の端壁の下端をヒンジ結合としてある。使用した砂は豊浦砂で初期平均相対密度 $D_r = 20 \sim 30\%$ である。飽和砂層は、あらかじめ砂箱に深さ $30 \sim 40$ cmに水を張り、砂箱上に取付けたホッパーから砂面を水平になるように落下させて作成した。

杭基礎模型は $\phi 20$ mmのアルミ棒6本から成り、前、背面に3本ずつ配置されている。杭先端は砂箱底版に固定され、杭頭は剛結されている。この模型の水中固有振動数は約 10 Hzであり、空中でもほとんど水中と変わりなかった。

実験は表-1に示してある3種行なった。入力振動数 f を 10 Hz、 20 Hzおよび $2 \sim 40$ Hzの間で f を変化させた実験である。A、Bの実験では、台加速度を $100 \sim 300$ gal まで増加させた。各台加速度段階の振動数は 300 で、過剰間隙水圧が完全に消散した後、段階を上げることにした。

Cの実験は台加速度を 200 gal に保ち、入力振動数を連続的に $10 \rightarrow 10$ Hz、その後 $2 \rightarrow 40$ Hzに変化させた。入力力は第1波目から所定の台加速度が生じるように、データーレコーダーを用いて調整した。

3 実験結果

図-2に実験Aの段階IIの記録波形を示す。段階Iでは、砂層は液状化せず、段階IIで始めて液状化したので、このときの相対密度はほぼ初期平均相対密度 23% に等しい。この実験では杭基礎の水中での固有振動数と入力振動数がともに 10 Hzである。砂層は上層から液状化し始め、次第に下層へと液状化領域が広がっていく。液状化すると砂層は絶対静止する。この実験においては不完全液状化時の共振現象は起こっていない。したがって、不完全液状化時の砂層の共振現象は一般論としては成り立たないと考えられる。現在の段階では、どのような場

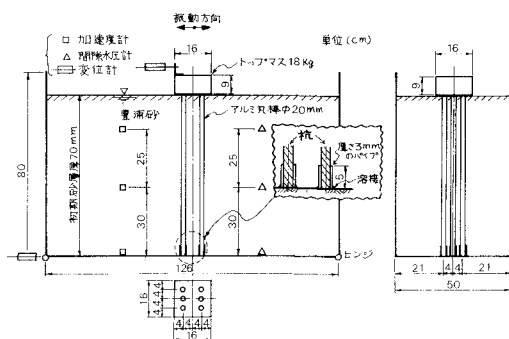


図-1 杭基礎模型と計器の配置

表-1 実験条件

実験 ケース	砂層条件 砂層の種類	初期平均 相対密度 (%)	杭の 固有振動 数 (Hz)	加振条件		台加速度 (gal)					
				入力振動 数 (Hz)	加振時間 (秒)	I	II	III	IV	V	
A	飽和豊浦砂	23	10	10	30	300	100	150	200	100	300
B	"	23	10	20	15	300	100	150	200	100	300
C	"	28	10	2-40	-	-	200				

合に不完全液状化時の砂層の共振現象が生ずるかは明らかでない。砂層の共振現象が生じなかった今回の実験では、不完全液状化時の杭基礎の応答倍率も小さい。しかし、上層から下層にいたるまで液状化層が拡大するにつれ、杭基礎の応答倍率は増加し、全層完全液状化時には最大となり、それが継続する。

図-3に液状化過程における杭基礎の応答倍率(絶対変位)を示す。太線は水中における杭基礎の共振曲線を表わす。矢印は液状化過程での杭基礎の応答倍率の変移を示したものである。実験A(入力振動数10Hz)では図-2で示したように液状化が上層から下層に進行するにつれ杭基礎の応答倍率が増加し、全層完全液状化時にいたってほぼ水中の応答倍率に等しくなっている。実験B(入力振動数20Hz)では応答倍率は液状化が進行するにつれ減少し、完全液状化時にはほとんど絶対静止の状態になる。

図-4に実験Cの結果を示す。実験は図中の番号が示す順序で行なった。番号1~12まで連続加振し、過剰間隙水圧が完全に消散した後13~21まで連続加振した。各実験番号での加振時間は平均5秒間である。この結果は、完全液状化時から液状化回復時までの杭基礎の応答倍率を示していることになる。杭基礎の応答倍率が全層完全液状化時にはほぼ水中共振曲線に等しく(図中2~8)、下層から次第に液状化が回復してくるにつれて水中共振曲線とのズレが生じ、高い入力振動数に対しても応答することになる(図中17~21)。液状化の回復がより進むと、ズレがさらに大きくなり、最終的には砂層自身の動的挙動に支配されると考えられる。

4 謝辞

この実験を行なうにあたり、土木研究所振動研究室長 岩崎敏男氏、振動研究室 吉田精一氏の御指導を受けた。末筆ながら感謝の意を表します。

5 参考文献

- 1) 鹿籠、佐藤、伯野：不完全液状化の地中構造物に及ぼす影響、1973年、土木学会年次講演会第三部。
- 2) 吉田、植松：液状化した砂中に於ける杭に関する模型実験、1975年、土木学会年次講演会第三部。
- 3) 岩崎、龍岡、吉田：砂層中の杭の動的挙動に関する模型振動実験、1976年、土木研究所資料

第1152号。

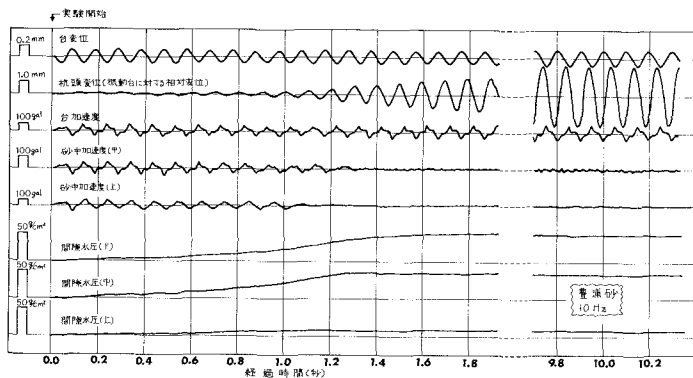


図-2 実験Aの原記録波形

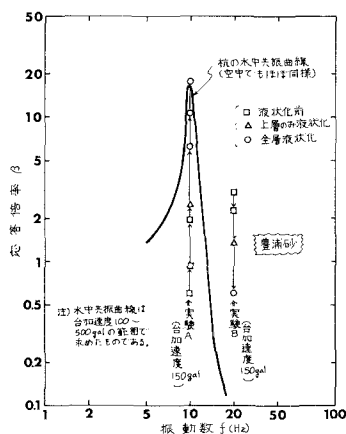


図-3 液状化過程における杭基礎の応答倍率

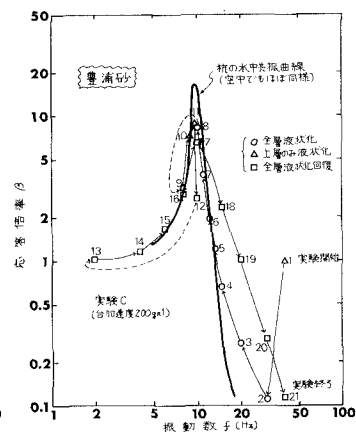


図-4 完全液状化から液状化回復までの杭基礎の応答倍率(実験C)