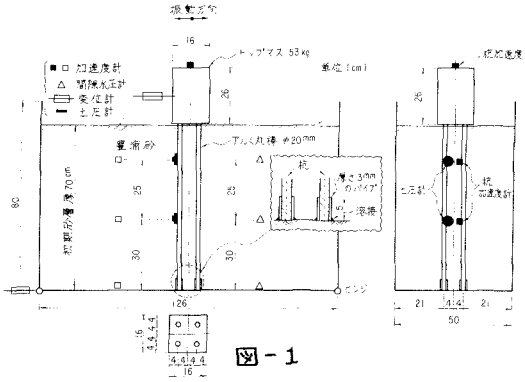
III－20　　液状化する砂層中の杭の動的挙動

中央大学　大学院　学生員　○　丸山　泉
東大生産技術研究所　正　員　　龍岡　文夫
日本大学　　学生員　　佐原　章雄

1。まえがき　；　液状化砂層中の杭の動的挙動を模型実験より追求し、その結果、液状化する砂層中の杭の振動特性は、①水中内での杭の固有振動数、②弾性地盤内での杭の固有振動数、③入力振動数、この三者の要因に支配されることが分かった。今回は従来の実験に加えて、入力振動数、5Hz、32Hz、45Hzを加え、今まで、推測の域だった所まで、拡張した実験を行った。その結果、液状化過程での杭の固有振動数の変化が克明となった。



図－1

実験No.	砂の種類	入力振動数(Hz)	固有振動数 水中(Hz)	固有振動数 空中(Hz)	下端条件	端部条件	杭本数(本)	杭径(cm)	杭長(cm)	地上突出長(cm)	杭頭重量(kg)	杭材	実験実施日(年月日)
1	入間砂	12	3.8	3.8	固定	自由	9	2	70	0	44	アルミ	'75.11.20
2	〃	10	5	5	〃	〃	4	〃	〃	〃	63	〃	'77.3.16
3	豊浦砂	〃	〃	4	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	'76.11.26
4	〃	〃	不明	3	自由	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	'77.3.10
5	〃	〃	不明	〃	自由	片側固定	〃	〃	〃	〃	〃	〃	'77.3.7
6	〃	〃	10	10	固定	自由	6	〃	〃	〃	18	〃	'76.10.27
7	〃	12	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	'77.3.3
8	〃	20	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	'76.10.29
9	〃	10	14	14	〃	〃	9	〃	〃	〃	13	〃	'76.11.30
10	〃	5	11.75	11.75	〃	〃	6	〃	〃	〃	18	〃	'77.7.18
11	〃	32	10.5	10.5	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	'77.11.8
12	〃	45	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	'77.11.7

表－1

2。実験の概要　；　図－1は、実験装置を示す。砂は豊浦標準砂、および入間砂を使用した。入力波形には定常正弦波を用いた。実験は表－1に示す12種類を行った。なお、完全液状化の定義は過剰間隙水圧が初期有効応力に等しくなって、砂層が絶対静止した時とする。

3。液状化砂層中の杭の応答の変化　；　図－2のNo.6とNo.8の実験を比較すると、黒ぬりで示されている最大応答時の両実験の間で、u/u_{max}、$|\alpha|/|\alpha_B|$ の値は一致していない。しかし、台に対する杭頭の位相差は共にほぼ $\pi/2$ である。これはこの時、杭が共振していることを表わしている。この結果、液状化してゆく砂層中において、杭の砂層地盤中の固有振動数は次第に減少してゆき、入力振動数と一致した時に共振現象が生じたことが分る。

4。入力振動数の拡張に伴なう杭の応答の変化　；　図－3は、f_p=10～11.75Hz程度の下端を固定した杭で入力振動数、5Hz、10Hz、20Hz、32Hz、45Hzの5種類について行なった実験をまとめたものである。□印で示す、液状化前の応答に注目すると、液状化がまったく生じていない砂層内での杭の共振値に一致していることが分かる。図中△印は不完全液状化時を示す。この不完全液状化時を連ねる曲線は、液状化前での共振曲線とずれを生じ、やがて水中共振曲線に一致することが分かる。従って、液状化過程において砂層内の杭の共振曲線は次第に左へ移行し、遂には水中内での杭の共振曲線に一致することが明らかとなった。

5。全ての実験のまとめ　；　図－4は全ての実験結果を横軸に振動数比 f_i/f_p をとって、整理したものである。$f_i/f_p>1$ の場合には、杭の下端を自由にしたNo.4の実験を除いて、不完全液状化時に応答が最大になることが分かる。また、この図からも完全液状化時には、砂の種類、入力振動数の変化にかかわらず、杭の応答値は液状化前の砂層内にある時の杭の応答値から、水中内での杭の共振値に近づくことが分かる。

6。謝辞　；　本実験は、建設省土木研究所振動研究室で行なったものである。尚、岩崎敏男室長、若林進氏、高木義和氏、吉田精一氏、後藤勝志氏には、実験にあたり御指導、御協力を得た。末筆ながら感謝の意を表します。

7。参考文献　；

1) 坂場、龍岡、野間；砂層の流動化が杭基礎に与える影響の模型実験；第4回関東支部年次研究発表会、土木学会 1977.1
2) 坂場、龍岡、野間；流動化する砂層中の杭の動的挙動に関する模型実験；第12回土質工学研究発表会、土質工学会 1977.5
3) 丸山、龍岡、坂場；流動化砂層中の杭の模型振動実験；第32回土木学会年次学術講演会、土木学会 1977.10

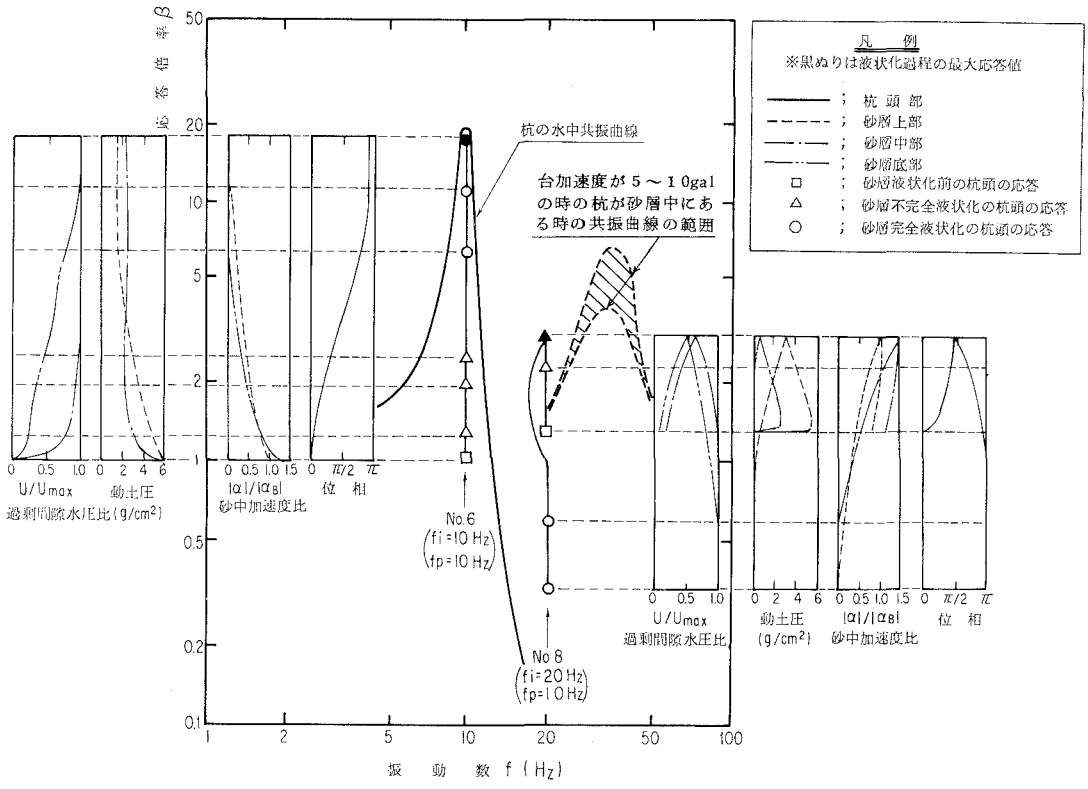

応答倍率 β
凡例
※黒ぬりは液状化過程の最大応答値
; 杭頭部
; 砂層上部
; 砂層中部
; 砂層底部
; 砂層液状化前の杭頭の応答
; 砂層不完全液状化の杭頭の応答
; 砂層完全液状化の杭頭の応答
杭の水中共振曲線
台加速度が5～10galの時の杭が砂層中にある時の共振曲線の範囲
No.6 (fi=10Hz) (fp=10Hz)
No.8 (fi=20Hz) (fp=10Hz)
U/Umax 過剰間隙水圧比
動土圧 (g/cm²)
|α|/|αB| 砂中加速度比
位相
振動数 f (Hz)

図-2

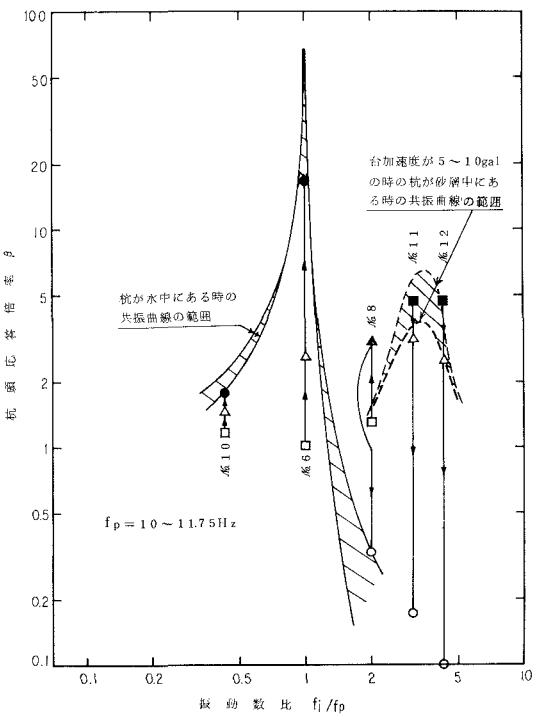

杭頭応答倍率 β
台加速度が5～10galの時の杭が砂層中にある時の共振曲線の範囲
杭が水中にある時の共振曲線の範囲
No.10
No.6
No.8
No.11
No.12
fp=10～11.75Hz
振動数比 fi/fp

図-3

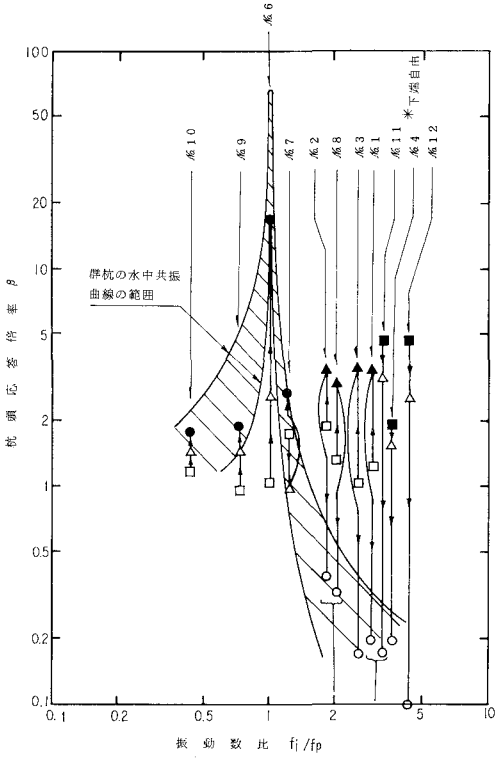

杭頭応答倍率 β
No.6
No.10
No.9
No.7
No.2
No.8
No.3
No.1
No.11
No.4
No.12
*下端自由
群杭の水中共振曲線の範囲
振動数比 fi/fp

図-4