

中央大学 大学院 学生員 〇丸山 泉
建設省土木研究所 正員 龍岡 文夫
(株)コルバック 正員 坂場 義雄

1. まえがき ; 液状化砂層中における杭の挙動は、非常に複雑なものであり、その過程を究明するために種々の実験がなされてきた。¹⁾²⁾ その結果、液状化してゆく砂中にある杭の振動特性は、1)その杭が水中にある時の固有振動数、2)弾性状態の地盤内にある時の杭の固有振動数、3)入力の振動数、の三つの要因に支配されることになった。今回は、昨年来の土木研究所内での一連の杭の模型振動実験に加えて、杭の先端および砂箱の可動壁の設置条件を変えた実験を行った。さらに、砂層地盤中での杭の共振曲線も調べた。その結果、従来の結論が異なった条件でも適用できることが判明した。

2. 実験方法の概要 ; 実験装置は、

図-1に示す。なお今回は、端壁の拘束度が砂層ならびに杭に対してどのような影響があるかを調べるために、両端壁が下端ヒンジで、振動方向に拘束を減じた場合と、端壁の片側だけを固定した場合との実験結果の比較を行った。砂は豊洲標準砂($G_s=2.64$, $D_{10}=0.12^{\text{mm}}$, $D_{30}=0.162^{\text{mm}}$, $e_{\text{max}}=0.96$, $e_{\text{min}}=0.64$)および入間砂($G_s=2.89$, $D_{10}=0.24^{\text{mm}}$, $D_{30}=0.45^{\text{mm}}$, $e_{\text{max}}=0.88$, $e_{\text{min}}=0.56$)を使用した。できるだけ均質な飽和砂層を作るため、水中に乾燥砂を一定速度で落下させた。振動台には油圧を用いた変位制御方式のアクチュエーター(MTS社製容量2tonG)で駆動した。入力波形としては第1波から定常波が生じるように、データーレコーダーを用いてマグネットテープに記録してある定常正弦波を用いた。実験は表-1に示す9種を行った。*印は今回、新たにを行った実験である。

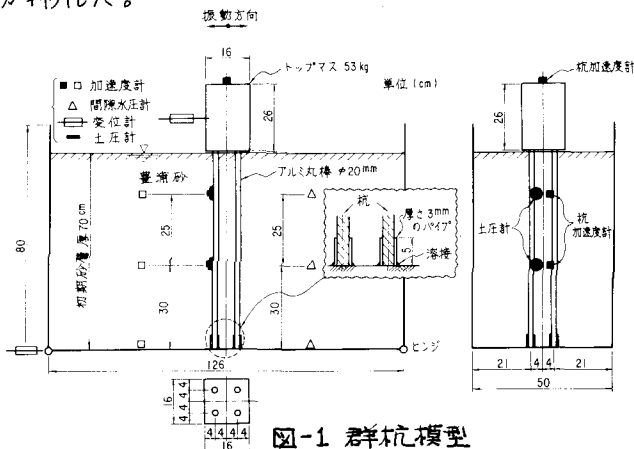


図-1 群杭模型

実験 種 別	入力の 振動数 (Hz)	固有振動数		下 座	拘 束	杭本数	杭 径	杭 長	地下水位 深 (cm)	杭 間 距 (m)	杭 材	実験 年 度 (年月日)
		実測(Hz)	算出(Hz)	条件	条件	(本)	(cm)	(cm)				
1 人間砂	1.2	3.8	3.8	固定	自由	9	2	70	0	4.4	アクリル	'75.11.20
2 " "	3.0	5	5	"	"	4	"	"	"	5.3	"	'72.3.16
3 豊洲砂	"	"	4	"	"	"	"	"	"	"	"	'76.11.24
4 " "	"	不明	3	自由	"	"	"	"	"	"	"	'77.3.10
5 " "	"	不明	"	自由	片端固定	"	"	"	"	"	"	'77.3.7
6 " "	"	1.0	1.0	固定	自由	6	"	"	"	1.8	"	'76.10.27
7 " "	1.2	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	'77.3.3
8 " "	2.0	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	'76.10.29
9 " "	1.0	1.4	1.4	"	"	9	"	"	"	1.3	"	'76.11.30

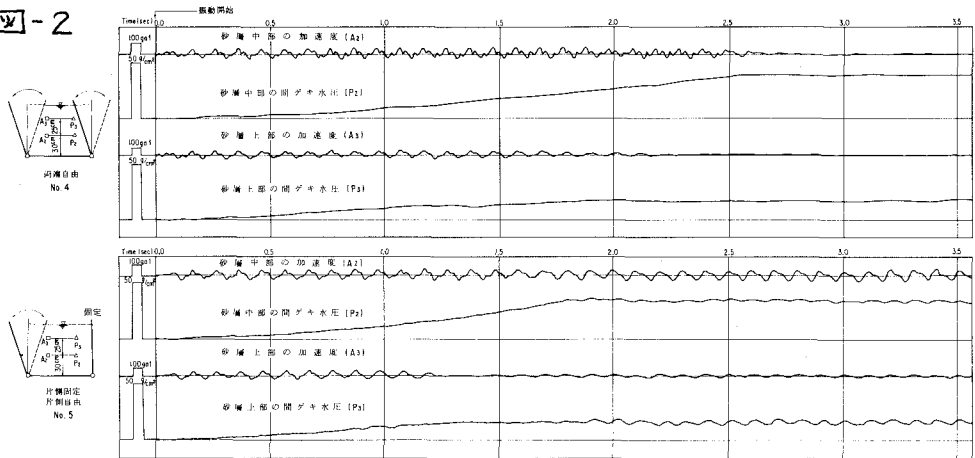
表-1 群杭の種類

3. 端壁の拘束度(図-2) ; 両端壁を自由にした実験No.4の場合では、間隙水圧がはだいに上昇してピークに達し、完全液状化状態になった時砂中加速度はゼロになっている。一方、片端壁のみを自由にしてある実験No.5の場合には、間隙水圧が十分上昇し、完全液状化状態になっても砂層は静止しない。これは振動台に固定した端壁が砂層に対して相対的な動きをして、絶対静止しようとする完全液状化状態の砂層を動かそうとしているためと思われる。

従って、この種の実験では、両端壁の拘束もできる限り減ずる必要があることが判明した。

4. 砂層液状化過程での杭の応答の変化(図-3) ; 図-3には、実験No.6($f_i=10\text{Hz}$, $f_p=10\text{Hz}$)と、実験No.8($f_i=20\text{Hz}$, $f_p=10\text{Hz}$)の砂層が液状化する過程での杭の応答を示す。図中に示す砂層と杭の共振曲線は、台加速度が5~10gal程度の振動で求めたものである。飽和砂層の固有振動数は30Hz、飽和砂層中の杭の固有振動数は33Hzであった。図中の位相差は台加速度記録と杭頭の加速度記録から求めた

図-2



ものである。両実験では図中で●と▲で表わされている応答値が最大を示す時の地盤の液状化の程度は U/U_{max} の値から判断すると両者で一致していない。しかし、その時の位相差は共にほぼ $\pi/2$ である。

従って、この時の杭の地盤中の固有振動数は入力振動数とほぼ一致していたものと判断できる。即ち、液状化してゆく砂層中の杭の応答値の変化は、砂層内にある杭の固有振動数が、地盤が液状化してゆくにつれて次第に減少してゆくことが理解されよう。

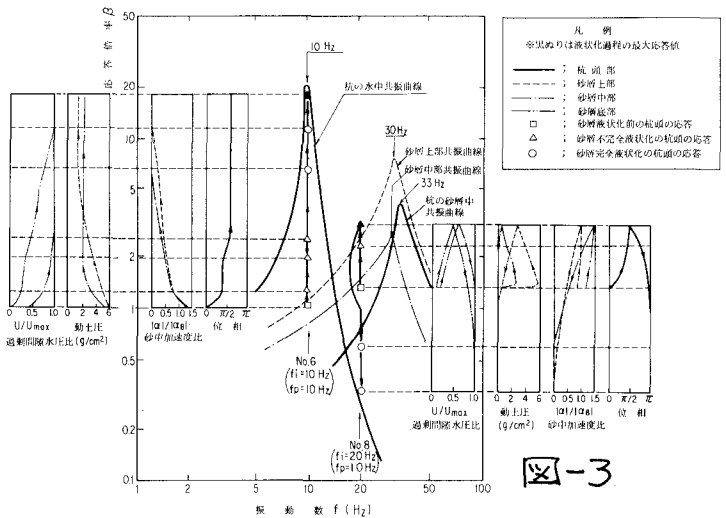


図-3

5. 全実験のまとめ(図-4) ; 図-4は全ての実験結果を、横軸に入力振動数と水中における杭の固有振動数の比 f/f_p をとって整理したものである。図中より砂の種類にかかわらず、杭の応答値は完全液状化時には水中での杭の共振値に近づくことが明らかになった。ここで特徴的なことは、 $f/f_p > 1.0$ の場合には、杭の下端が固定してある場合は不完全液状化時に一度、応答値が最大となるが、下端が自由な時にはこの現象が見られなかった。これは今回新たに判明したことである。

6. 謝辞 ; 本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、振動研究室研究員、若林進氏、吉田精一氏、(株)四国通信建設、野間博伸氏の御指導、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) 坂島隆男、砂層の液状化現象に関する物理模型実験、第4回関東支庁学術研究会、土木学会、1977.1
 - 2) 坂島隆男、砂層の液状化現象に関する物理模型実験、第2回土木工学研究会、土木学会、1977.5

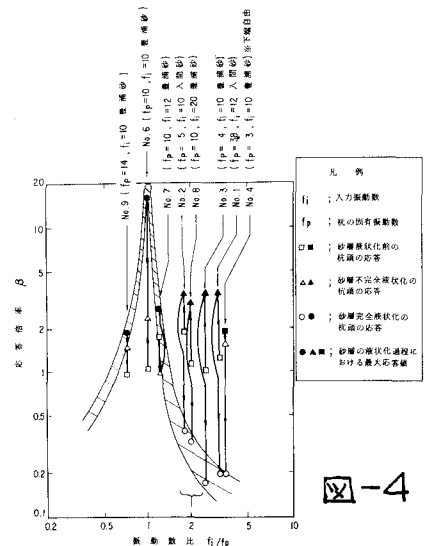


図-4