

I-451 杭頭条件の相違による杭基礎模型の振動性状について

○東京電力 正員 原 田 光 男
東京電力 正員 貝 沼 憲 男
大林組 正員 菊 地 敏 男

1. はじめに

これまでの杭基礎の杭頭条件は、固定として設計されていた。しかしながら、杭頭条件をヒンジもしくはヒンジに近い条件にできれば、水平荷重作用時の杭頭曲げモーメントを低減でき、設計上有利になると考えられる。著者らは、杭頭条件の相違による杭基礎の地震時振動性状の違いを模型振動実験により明らかにし、杭頭ヒンジ構造の適用性について検討を行った。

2. 実験概要

実験は、せん断土槽(高さ2.0m, 長さ2.5m, 幅1.5m)内に、図-1に示す縮尺1/10の4本杭模型を設置し、正弦波入力及び地震波入力について振動実験を行った。模型の諸元(相似率)を表-1に示す。4本杭模型の杭頭部は、ディスクブレーキを介して床版と連結させており、このブレーキの油圧力を調整することにより、杭頭固定、杭頭ヒンジならびにその中間の半固定の杭頭条件を模擬できるように工夫している。模型の地盤材料には、比重2.70, $D_{50}=0.34\text{mm}$ の乾燥砂を用い、 $V_s=103\text{m/s}$, $\gamma=1.47\text{tf/m}^3$ 程度に締め固めた。実験ケースを表-2に示す。

3. 実験結果

(1) 共振試験

振動台に正弦波(100gal)を入力した場合における床版の共振、位相曲線を図-2に示す。共振曲線は2つの明瞭なピーク持っており、第1ピークは地盤の1次の固有振動数であり、共振振動数は、杭頭条件によらずほぼ一定値を示す。第2ピークは第1ピークよりも大きな倍率を示し、その振動数は杭頭条件の違いにより多少異なっている。このピークは床版の慣性力が影響しているものと考えられる。この模型は、床版が地盤に埋め込まれていないため、第2ピークが第1ピークの応答倍率よりも大きくなると推定されるが、床版を埋め込んだ補足実験を行なった結果、共振振動数はやや高くなり、第2ピークの倍率は埋め込まない場合に比べ1/2程度に低下することが確認された。なお、いずれの場合も杭の最大曲げモーメントは、床版の共振曲線の第1ピークで発生している。

床版の応答倍率(共振曲線の第1ピーク)と入力加速度の関係を図-3に、杭の最大曲げモーメントと入力加速度の関係を図-4に示す。応答倍率は、杭頭ヒンジ>半固定>固定の順となっており、入力加速度が大きくなるとヒンジの応答倍率は、固定の場合より20%程度大きくなることがわかる。一方最大曲げモーメントは、杭頭固定>半固定>ヒンジの順となっており、杭頭固定とヒンジの差は、入力加速度が大きくなる程増加することがわかる。また、杭頭半固定の最大曲げモーメントは入力加速度が大きくなると、ヒンジに近い値となることがわかる。

(2) 地震波入力試験

地震波入力試験の結果として八戸波入力の結果を図-5, 6に示す。図-5は、入力加速度と床版の最大応答倍率との関係を、図-6は入力加速度と杭の最大曲げモーメントの関係を示す。入力加速度が大きくなると地盤の減衰率の増加により床版の応答倍率は幾分小さくなるものの、杭頭条件の相違による応答倍率は、共振試験と同じ傾向を示している。また、最大曲げモーメントについても共振試験と同じ傾向が見られる。

4. まとめ

今回の模型実験により、①床版の最大加速度応答倍率は、杭頭ヒンジ>半固定>固定の順に小さくなるが、その差は少ない。②杭に発生する最大曲げモーメントは、杭頭固定>半固定>ヒンジの順となっており、杭頭条件により大きく相違する。③杭頭半固定は、入力加速度が大きくなるとヒンジの状態に近づく傾

向となる、等の知見が得られた。今後、具体的な枕頭ヒンジ構造を検討し、その回転性能を確認するなど、枕頭ヒンジ構造の適用性について更に検討を行なう予定である。

表-1 模型諸元一覧

項 目	実物諸元	相似率	設計値 (A)	実験模型 (B)	B/A
曲げ剛性 EI Kg-cm ²	3.25×10^4	$\sqrt[3]{3.2} \times 10^4$	1.63×10^4	1.367×10^4	1.17
断面二次モーメント I cm ⁴	56.3×10^4	$\sqrt[3]{10^4}$	56.3	67.347	1.20
枕 径 φ cm	100	$\sqrt[3]{10}$	10	10.2	1.02
枕内径 d cm	-----	$\sqrt[3]{10}$	9.7	9.86	1.06
枕内厚 t cm	-----	$\sqrt[3]{10}$	0.15	0.17	1.13
枕重量 W kg	3.61×10^4	$\sqrt[3]{10^4}$	36.1	36.1	1.06
枕長 l cm	2000	$\sqrt[3]{10}$	200	200	1.00
上部工重量 Wr kg	314×10^3	$\sqrt[3]{10^3}$	314	426	1.36
地盤剛性率 G kg/cm ²	520	$\sqrt[3]{3.2}$	163	121~106	0.74~1.08

表-2 実験ケース一覧表

入力	上部重量	枕 頭	入 力
共振試験	426 kg	・ 剛性 ・ 塑性 ・ ヒンジ	・ 20, 100, 150 gal
地震波入力試験	426 kg	・ ・ ・	・ エルセントロ 八戸、東北 (3 波) 各 20, 50, 100, 150 200, 250, 300 gal

* 時間軸 1/5 に縮尺

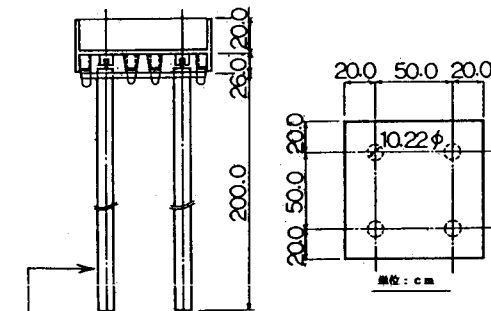


図-1 模型4本杭モデル

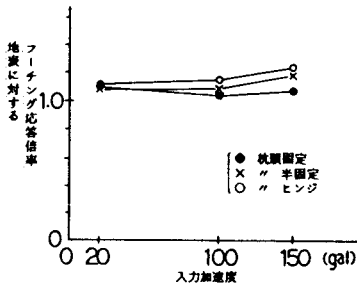


図-3 共振試験・応答倍率

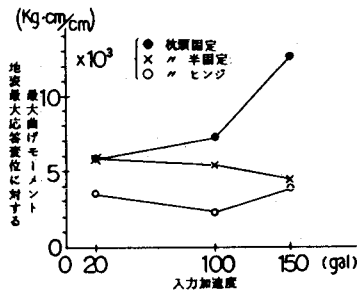


図-4 共振試験・枕に発生する最大曲げモーメント

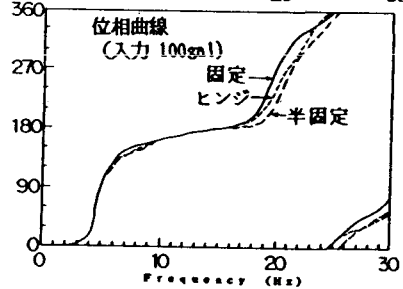
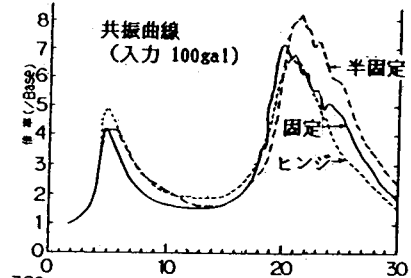


図-2 共振・位相曲線（フーチング）

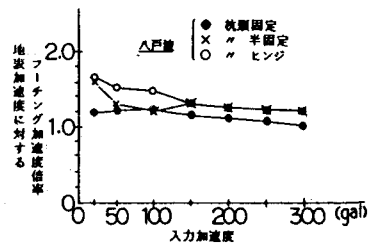


図-5 地震波力試験・フーチング加速度倍率

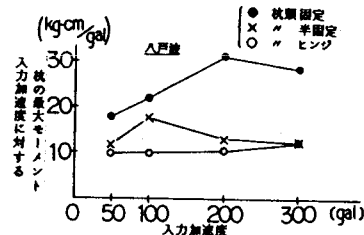


図-6 地震波入力試験・枕の最大曲げモーメント