

I-410

砂地盤における直杭の振動性状

運輸省港湾技術研究所 正会員 ○稲富隆昌
 運輸省港湾技術研究所 正会員 風間基樹
 運輸省港湾技術研究所 大塚幸治
 運輸省第四港湾建設局 今村俊博

1. まえがき

矢板式岸壁は、大地の鉛直な切口を可撓性の鋼矢板によって土留めした構造物で、この矢板壁に作用する静的、動的土圧は、矢板壁の背後に設置する控え工によって支持されている。したがって、矢板式岸壁の静的、動的安定性は、矢板壁を支持する控え工の安定性と直接関係することになる。港湾施設の被害報告によると、矢板式岸壁の被害は、矢板壁の耐力不足より、控え工の抵抗力不足によって発生している^{1,2)}。控え工の抵抗力不足の原因は、控え工の支持地盤の液状化によることが多い。しかしながら、液状化が無かった場合でも、控え工の抵抗力不足で矢板式岸壁の法線が海側へはらみ出している。本報告は、地震被害が比較的多い砂地盤の控え直杭の横抵抗および振動性状を明らかにする目的で実施した模型実験と数値計算の結果を述べるものである。

2. 実験の内容

控え直杭は地中杭となるが、実験では、地上部を有する頭部自由杭とした。控え直杭の杭頭に作用する地震時荷重は、矢板壁に作用する地震時土圧が時間とともに変化するため、その大きさは時間とともに変化する。しかし、実験では、振動現象が複雑になるので杭頭に作用する水平荷重は、振動時に変化させず、一方向に一定とした。杭の横抵抗力は、地盤が液状化すると著しく低下し、杭は大きく変形する。本研究は、振動時の杭の挙動に関する総合的な研究の第一歩として、乾燥砂における直杭の振動性状について検討を行った。実験に用いた杭は、幅10cm、厚さ6mm、長さ110cmのアルミニウム板で、相対密度が約70%の砂層の中に建て込まれている。杭・地盤模型を図-1に示す。実験条件は表-1の通りである。振動前後の杭の挙動は、杭を弾性床上的のりと考え、かつ地盤反力係数を深さに比例させた線形弾性地盤反力法（線形方式）と非線形弾性地盤反力法の一つである港研方式によって解析した。なお、線形方式では、振動時の地盤の変形を考慮した杭の振動性状も検討した。

3. 主要な結論

1) 杭(A-6)は、図-2に示すようにほぼ地盤(A-5)と同一周期・同一位相で振動し、その振幅は地盤の振幅より小さい。2) 杭の変形、残留曲げモーメントおよび振動時の杭の曲げモーメントは、地震動の卓越振動数が砂層の共振振動数に近づくと大きくなる。図-3に水平荷重載荷点の残留変位の振動数特性を示す。入力波が地震波の場合の杭の残留曲げモーメントは、正弦波入力の場合より小さかった。3) 静的載荷時の杭の曲げモ

表-1 実験条件

実験名	砂層の単位 体積重量 (gf/cm ³)	相対密度 D _r	V _s (m/s)	杭頭荷重 (kgf)	入力波形状	波数	振動数 (Hz)	入力加速度 (Gal)
T-1	1.61	0.687	117	9.05	正弦波	10	5~40	10.50、
T-2	1.63	0.741	124	9.05	正弦波	10	5~40	100.150、
T-3	1.63	0.719	111	9.05	正弦波	30	5~40	200
T-4	1.80	0.654	119	14.05	正弦波	10	5~40	
T-5	1.62	0.714	112	9.05	地震波 (八戸波)	—	卓越振動数 5~35	50.100、 150.200

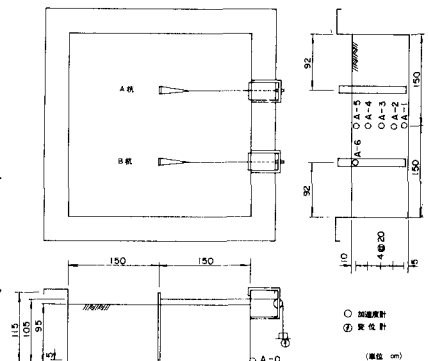


図-1 杭・地盤模型

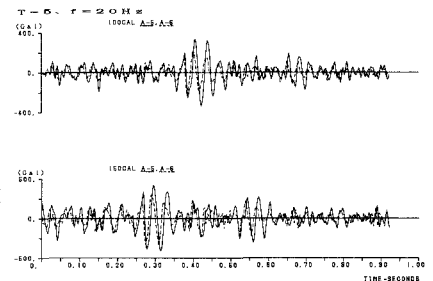


図-2 砂層と杭の加速度波形

ーメントの最大値および分布形状は、図-4に示すように地盤反力係数を深さに比例させた線形方式あるいは非線形方式の一つである港研方式によって計算しても、実験結果とよく一致した。4) 入力波が10波の正弦波および地震波による杭の振動後の曲げモーメントの最大値および分布形状は、地盤反力係数を低減させた静的な解析法によって解析できることがわかった。図-5に港研方式による計算結果の例を示す。この地盤反力係数の低減率と杭の横抵抗に支配的な地表層の最大加速度の関係を求めた。図-6にその結果を示す。5) 解析による杭の動的変位および曲げモーメントは、図-7の曲げモーメントに示されるように砂層の一次および二次共振振動数付近において卓越し、その他の振動数では極めて小さかった。この解析結果は、動的な杭頭変位が一次共振振動数付近において急激に増加し、その前後の振動数においては増加しなかった実験結果と良く一致した。地盤の振動性状によっては、杭の至るところに大きな曲げモーメントすなわち過大な応力が発生することを示している。

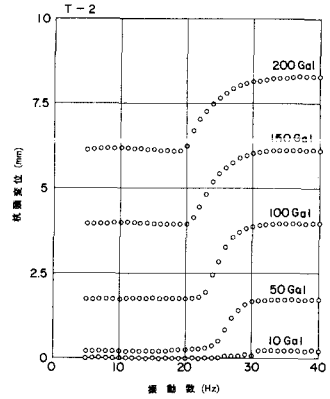


図-3 杭頭変位の振動数特性

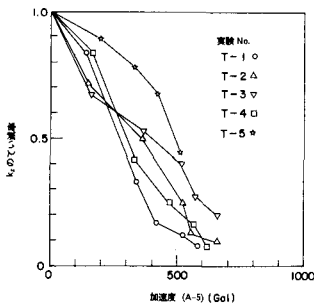


図-6 Ksの低減率

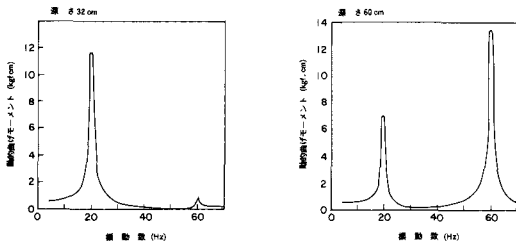


図-7 曲げモーメントの振動数特性

4. あとがき

本報告は、乾燥砂における杭の振動性状を述べたが、実物の杭の安定性は、支持地盤の液状化に大きく影響される。そこで、液状化の程度と杭の変形に関する研究も今後の研究課題である。更に、杭の地震時挙動を定量的に検討するには、動的な地盤反力係数や杭の地盤反力と変位の非線形性を考慮した動的解析法についての研究も必要である。

〔参考文献〕 1) 土田 肇他：1978年宮城県沖地震港湾被害報告、港湾技研資料、No.325、1979。 2) 土田 肇他：1983年日本海中部地震港湾被害報告、港湾技研資料、No.511、1985。

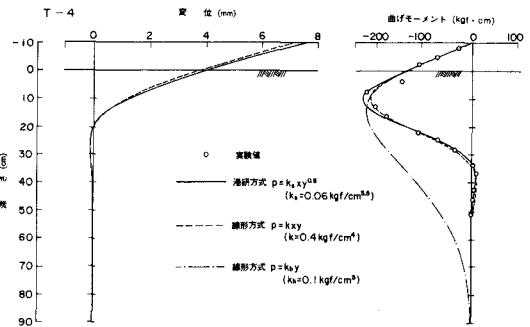


図-4 線形方式と港研方式に比較

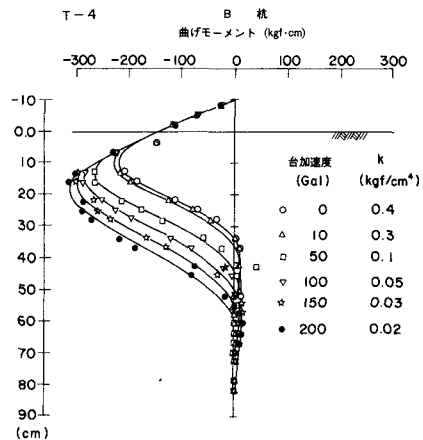


図-5 港研方式によるモーメント