

背後に杭基礎構造物を有する護岸構造物の地震時挙動に入力振動が及ぼす影響について

九州工業大学工学部 正会員 廣岡明彦 永瀬英生
九州工業大学大学院 学生会員 ○坂本賢司
九州工業大学工学部 非会員学生 山縣憲一郎

1.実験の背景及び目的

筆者らはこれまで兵庫県南部地震における港湾施設の被害報告を基に、ケーソン直下の置換砂層厚並びにケーソン～杭間距離をパラメータとした重力場模型振動台実験を実施し、ケーソンと近接杭基礎構造物のそれぞれの地震時挙動や相互作用を調べてきた¹⁾。しかしながら、これらの地震時挙動並びに相互作用は入力波の特性によって著しく変化することが推測される。従って、本研究では同一の模型地盤に、異なる周波数・加速度振幅を有する正弦波を入力して、ケーソン～地盤～杭構造物の地震時挙動及び相互作用を調べることを目的としている。

2.実験条件

図-1 に実験モデルを示す。模型地盤の縮尺は実規模の1/60 であり、各種模型及び地盤条件には井合の相似則²⁾を適用している。模型地盤の作製条件及び各模型構造物の詳細は前報¹⁾を参照されたい。また、図-2 には杭基礎構造物応答特性すなわち入力加速度振幅 A_p に対する杭基礎構造物頂部での応答加速度 A_s の比を示した。実験条件としては、置換砂層厚 125mm、ケーソン～杭間距離 515mm の模型地盤に、図-3 に示すような加速度振幅約 440gal、周波数 11Hz の正弦波を 5 秒間、加速度振幅約 160gal、周波数 6Hz の正弦波を 9 秒間それぞれ入力した。尚、入力時間が異なるのは双方の波数を一致させるためであり、一方の周波数を 6Hz に設定したのは、図-2 に示したように杭基礎構造物の固有振動数に近い入力振動を与えるためである。

3.実験結果及び考察

図-4 にケーソン応答加速度の経時変化を示す。これから、高周波で大きい加速度振幅の場合(E11)、ケーソン応答加速度は振動直後に急増し、その後定常状態では入力加速度より小さくなっているのに対し、低周波で小さい加速度振幅の場合(E6)における応答加速度は、振動前半に増加するものの E11 に見られるような急激な増加は確認されず、定常状態では入力加速度より大きくなっている。このことから、高周波で加速度振幅が大きい E11 では、入力振動はケーソン直下地盤の剛性低下により著しく減衰されケーソンに伝達されるものと考えられ、低周波で小さい加速度振幅である E6 の場合、ケーソン直下地盤での振動による剛性低下は比較的小さく、入力振動がさほど減衰されずケーソンに伝達されるため、ケーソン応答加速度が大きくなると考えられる。

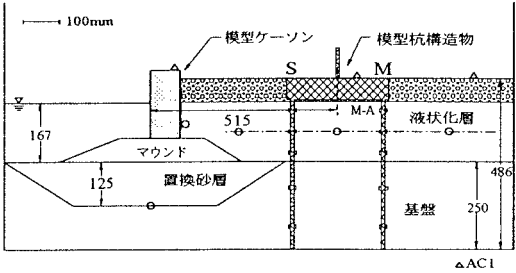


図-1 実験モデル

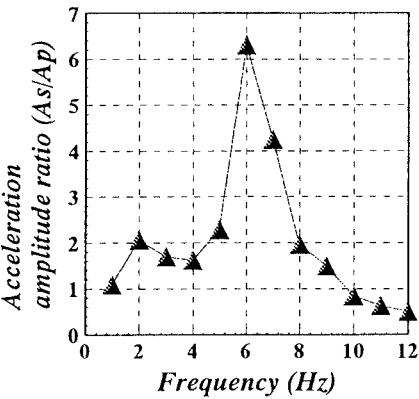


図-2 杭基礎構造物の加速度応答倍率

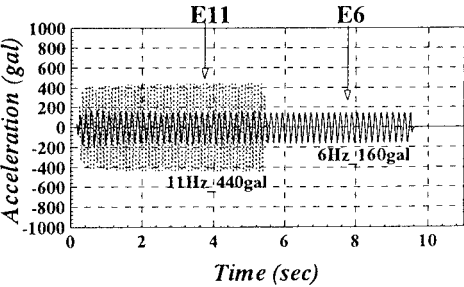


図-3 入力加速度

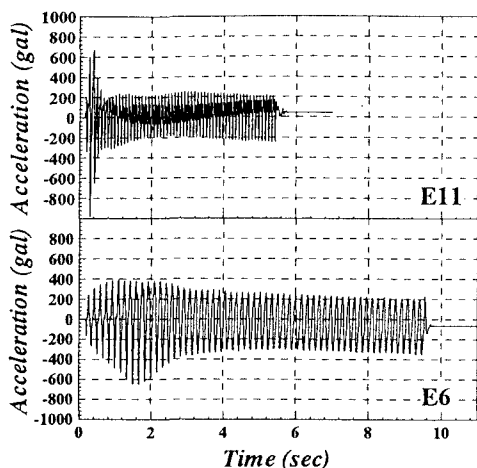


図-4 ケーソン応答加速度の経時変化

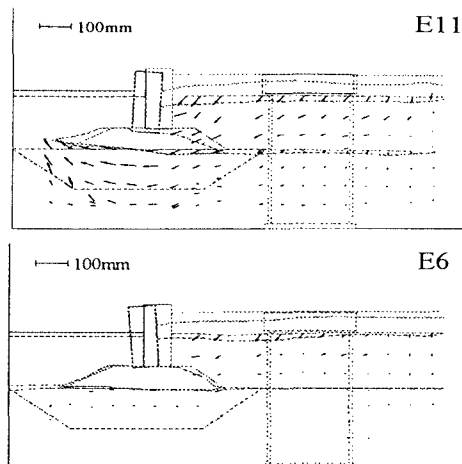


図-5 変位ベクトル図

図-5 に各実験ケースにおける変位ベクトル図を示す。これを見ると、E11 では置換砂層に大きな地盤流動が発生しており、ケーソンは山側へ傾斜し、ケーソン-杭間の地盤で大きな側方変形が生じている。一方、E6 では、振動による置換砂層での地盤流動はほとんど見られず、ケーソン-杭間の地盤の側方変形も E11 に比べ小さい。しかしケーソンの水平方向の変位量は E11 とほぼ等しく、海側へ傾斜していることがわかる。これらのことについて、前述のケーソン応答加速度の経時変化を考慮すると、振動によってケーソン直下地盤に大きな地盤流動が発生する場合、この地盤流動がケーソン変位に大きな影響を及ぼし、山側へ傾斜するような変位挙動を示すものと推察され、ケーソン直下地盤に大きな地盤流動が発生しない場合におけるケーソン変位は、振動時にケーソンに作用する慣性力と背後地盤の土圧によって生じるケーソン前趾近傍でのマウンドの局所的な変形が大きな影響を与えるものと考えられる。

図-6 は、入力波が 10、30、50 波目に、A 点(図-1 参照)での曲げ歪が極大・極小となる時点で山側の杭(M)に発生した曲げ歪の深さ方向の分布を示しており、曲げ歪が極小の時点を一、極大の時点は+としている。またその符号は、杭が海側へ凸に撓んだ時を負とし、深さは基礎スラブ底面を 0 としている。これによれば、E11 における曲げ歪の変動成分は E6 と比較して小さく振動とともに減少し、30 波目ではすでに 50 波目と同程度の大きな残留歪が確認される。よって、入力振動が大きい E11 の場合、置換砂層及び背後地盤において振動前半に急激に大きな地盤流動が発生し、これに起因して曲げ歪の残留成分が杭の浅部及び深部に急増したものと考えられる。これに対し、E6 では振動中曲げ歪の動的成分が大きくほぼ一定であり、E11 と比較すると残留成分は小さく、また正負の曲げ歪の遷移点が杭の浅い部分に存在する。このことから、入力振動が小さい E6 では、急激な地盤流動は発生せず流動量も小さいため、杭の残留歪は比較的小さく、杭基礎構造物の応答特性を反映して曲げ歪の動的成分が歪挙動に顕著に現れたものと考えられる。

参考文献

- 1) 廣岡明彦ら：第 24 回地震工学研究発表会講演論文集第 2 分冊 pp.725～pp.728、1997 年 7 月
- 2) 井合進：1g 場での地盤-構造物-流体系の模型振動実験の相似則、港湾技術研究所報告、第 27 巻、第 3 号

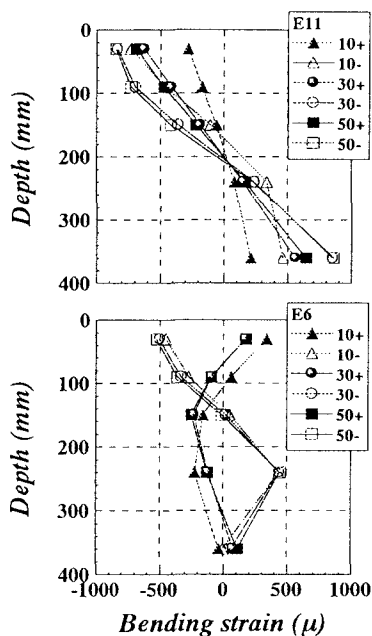


図-6 曲げ歪の深さ方向の分布