

側方流動を受ける杭構造物の変位抑制対策工に関する重力場振動台実験

九州工業大学工学部 学生会員 ○荒木和政  
 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

1. 研究の目的

兵庫県南部地震では大半の港湾施設において著しい被害が発生したが、地盤改良を施した施設で各施工方法により被害状況が異なることが報告されている<sup>1)</sup>。従って本研究では、ケーソン直下地盤を締固めることやケーソン背後の地盤に透水性に優れたグラベルを用いるといった種々の地盤改良を行い、背後に杭基礎構造物を有するケーソンの重力場模型振動台実験を実施し、適切な改良域・改良面積の設定を検討すると共に、この種の対策工が杭基礎の地震時挙動に及ぼす影響について定量的に調べる事を目的としている。

2. 実験条件及び実験方法

本研究で用いた模型の縮尺は想定した実物の1/60であり、その概要を図-1に示す。本実験の各種模型寸法や間隙流体の透水係数の決定に際しては井合の相似則<sup>2)</sup>を適用した。模型の基盤(相対密度70%)・置換砂層は、不飽和の豊浦砂を締固めて作製し、背後地盤(相対密度40%)は水中落下法で作製した。背後地盤の改良域には透水性の高い礫を用いた。なお実験模型の詳細は参考資料<sup>3)</sup>に準じた。実験条件は表-1に示す通りである。

3. 実験結果及び考察

図-2はD125、D0のケーソンの応答加速度の時刻歴を示したものであるが、両者の応答加速度振幅は加振直後共に急増し、その後D125では減衰して一定となり、またD0ではあまり減衰せず一定となる。D125の場合、置換砂層の相対密度がD0と比べて小さいため、振動によるケーソン直下地盤の剛性の低下が著しく、結果として、入力振動がより減衰してケーソンに伝播されたものと考えられる。

図-3に各実験における変位ベクトル図を示す。ケーソンの最終変位に着目すると、重心の水平変位量はD0でD125、W19と比べてやや大きく、ケーソンはD125では僅かに後傾し、W19ではほぼ直立しているのに対し、D0では著しく前傾していることが分かる。D125、W19ではケーソン背後の地盤と置換砂層部で顕著な地盤流動が生じていることから、ケーソンの変位はこの2つの地盤流動によって引き起こされたものと考えられる。一方D0の場合は、置換砂層での地盤流動量が少なく、図-2に示した様

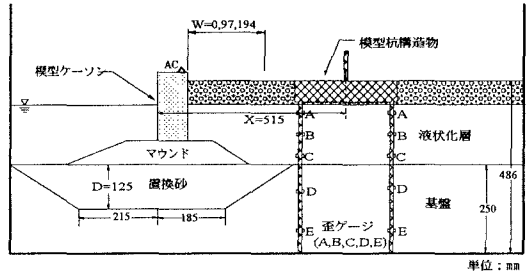


図-1 実験模型

表-1 実験条件

実験名	置換砂層	改良幅(mm)
D125	Dr=40%	—
D0	Dr=70%	—
W09	Dr=40%	97
W19	Dr=40%	194

実験名	入力加速度(gal)	入力時間(sec)
D125	440	5
D0	560	5
W09	500	8
W19	400	5

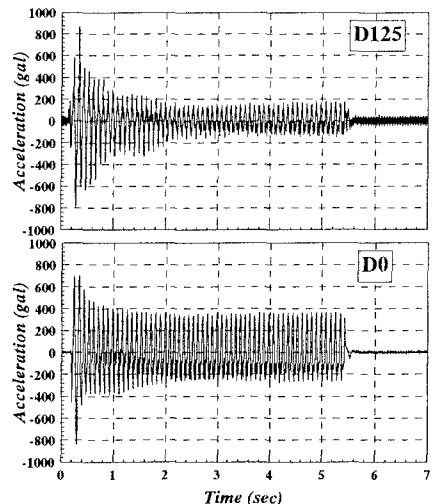


図-2 ケーソン応答加速度

に、ケーソンへ入力振動があまり減衰せず伝達され、他の実験ケースと比べてより大きな慣性力がケーソンに作用し、マウンドにて局所的な破壊が生じ、結果としてケーソンが大きく前傾したと考えられる。また、D125 と W19 のケーソン背後の液状化層の側方流動量を比較すると、ケーソン付近では両者に大きな違いは見られないが、ケーソンからの距離が遠くなるほど、W19 において地盤の側方流動量がより少なくなる。さらに、振動後の地表面の状態を比較すると D125 は杭構造物背後でも地盤が大きく沈下していることが分かる。これは W19 の場合、ケーソン背後の改良域が、その移動量は大きいものの、振動中ほぼ同様な形状を保ち剛体ブロックのように挙動し、置換砂層での地盤流動を抑制する効果があったため、背後地盤の広い領域での側方流動が抑えられた結果であると考えられる。

図-4 は、入力波 10、30、50 波目において、A 点(図-1 参照)の曲げ歪が極大・極小となる時点での後杭(山側)に発生した曲げ歪の深さ方向の分布を示したものである。ここで、海側に凸に変形した場合の曲げ歪を負と定義し、A 点での曲げ歪が極小の時点を－、極大の時点を＋とし、深さは基礎スラブ底面を 0 としている。まず、最下部の E 点に着目すると、

振動中 D0、W19 では曲げ歪があまり発生しないのに対し、D125 では振動初期から曲げ歪が、W09 は加振に伴い徐々に曲げ歪が、発生していることが分かる。よって、D125 では振動初期から、W09 では振動途中から置換砂層の地盤流動の影響を受け、基礎の剛性が低下していると推測できる。次に発生する曲げ歪を残留成分、動的成分に分けて、各実験ケースで比較すると、D125 では振動初期から、杭の上部で負の残留成分が、杭の下部で正の残留成分が、比較的大きく発生し、動的成分は振動に伴って減少していくのが観察される。一方、D0、W19 では杭上部において負の残留成分が、杭下部では正の残留成分が生じているものの、その絶対量は小さい。しかしながら、D125 より大きな動的成分が振動中減少することなく観察される。変位ベクトル図の結果と合わせて考えると、杭近傍の地盤の側方流動が顕著なものほど杭に生じる曲げ歪の残留成分の絶対量は大きい。従って、本研究で対象とした側方流動対策工が杭構造物の地震時安定性に及ぼす効果は、主として杭に生じる曲げ歪の残留成分の抑制という形で現れると結論できる。

参考文献

- 1) 及川研, 松永康男, 藤嶋克慶, 加茂一郎: 1995 年兵庫県南部地震による重力式港湾構造物と基礎地盤改良工法の関係, 土木学会第 51 回年次学術講演会、平成 8 年 9 月
- 2) 井合進: 1g 場での地盤-構造物-流体系の模型振動台実験の相似則, 港湾技術研究所報告、第 27 巻、第 3 号
- 3) 坂本賢司ら: 重力式護岸構造物の地震時挙動が背後地盤並びに近接構造物に及ぼす影響について、平成 8 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集

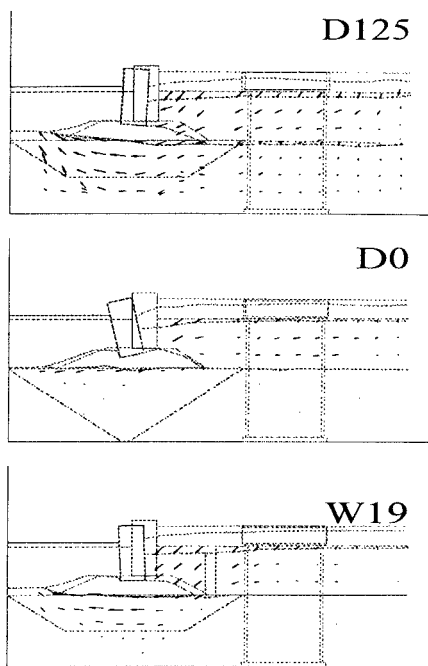


図-3 変位ベクトル図

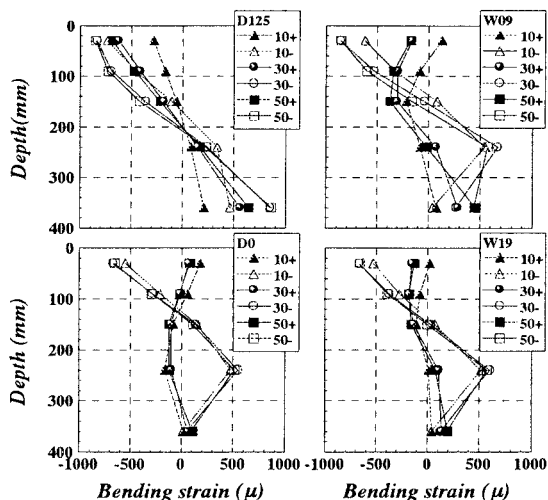


図-4 杭の深さ方向の曲げ歪分布