

Ⅲ-A136

重力式岸壁の地震時変形と地盤改良に関する一考察

若築建設（株）設計部 正会員 兵頭武志 熊本大学工学部 正会員 秋吉 卓
八代工業高等専門学校 正会員 淵田邦彦 同 上 正会員 松本英敏

1. はじめに 近年、港湾における外郭施設として多用されている重力式ケーソン岸壁は、基礎捨石マウンド上にコンクリート製の函を置き、その中を砂礫などで中詰めして、本体の自重に比例する底面摩擦力で背後の地盤を支える構造となっている。したがって、岸壁完成時点ですでに背後から土圧が作用しており、かつ海側には拘束が弱いいため、地震によって支持地盤や背後地盤の性状が変化すると、岸壁本体が海側に変位する恐れがある。本研究では、ケーソン周辺地盤の過剰間隙水圧や土圧の変化とケーソンの変位との関係を調べるため、重力式ケーソン岸壁の模型振動台実験および2次元有効応力解析を行い、それらの影響について検討した。

2. 模型振動台実験 実験の概要を図-1に示す。今回の実験では、平面図に見るとおり、砂槽奥行き方向に3分割しており、ケーソンに直接背後地盤の土圧がかかるように裏込めしたパターンAと、ケーソンの背後4cmの箇所に土留板（固定壁）を設置して、ケーソンには土圧が作用せず、土留板に土圧がかかるようにしたパターンBが同時に行えるようにした。ただし、仕切板はケーソン下端の深さから以浅を仕切るものである。井合が提案した実験相似則¹⁾を適用し、振動台の寸法上、長さの縮尺比を1/100（模型/実物）に設定した。試料砂には豊浦砂を用いて、相対密度は、無改良地盤50%、改良地盤80%に設定し、間隙水にはメチルセルローズ水溶液を用いて透水係数を小さくした。入力波は50Hzの正弦波（加振時間6秒）で、最大加速度100、200galに調整した2段階のステージ加振とした。なお、ステージ間は加振時に発生した過剰間隙水圧が残留しないように約20分間放置し、次のステージに進むことにした。実験は、図-2に示す2パターンについて、表-1に示す4ケースを行った。以降において、例えばケース1のパターンAはケース1Aというように略記することにする。

図-3はパターンAのケーソン天端における残留水平変位をケースごとに示したものである。当然ながら、ステージ1、2ともケース1A（無改良）の変位が最も大きく、次いでケース4A、2A、3Aの順である。次に、各ケースにおける背後地盤の最大土圧を図-4に示す。ここに示す最大土圧とは、加振前の初期土圧を差し引いた増分値であり、かつ過剰間隙水圧も含んだ値である。同図(a)のパターンAにおける最大土圧（sp1）を見ると、ケース3Aを除いて各ケース間に大きな違いは見られず、ケーソンの水平変位との関係は特に見られない。一方、同図(b)のパターンBにおける最大土圧（sp2）に着目すると、パターンAのケーソンの水平変位に対して良い相関が見られ、最大土圧が大きいほどパターンAの最大変位が大きいことがわかる。このことと、パターンBのケーソンの水平変位がほぼゼロであったことから、ケーソンの海側への変位は、ケーソン本体の慣性力ではなく、背後地盤の土圧の増加が主因であると言える。次に、ケーソン背後および直下地盤の最大過剰間隙水圧比（wp1、2）を図-5に示す。同図(a)を見ると、ステージ2における背後地盤の過剰間隙水圧比（wp1）は、ケース2A、3Aでは0.5以下であるのに対して、

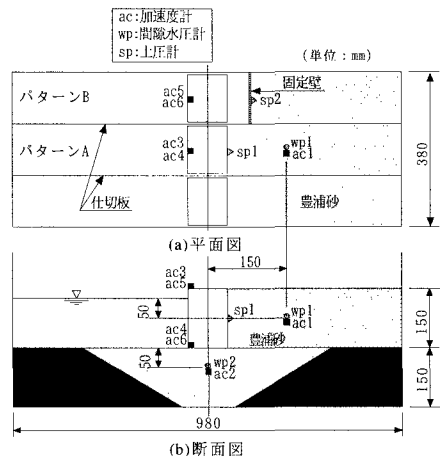


図-1 実験概要

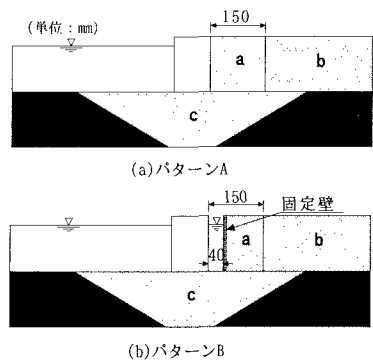


図-2 実験パターン

表-1 実験ケース

改良箇所	無改良	a	a,b	c
ケース	1	2	3	4

キーワード：重力式岸壁、液状化、変形、振動台実験、有効応力解析

連絡先：〒153-0064 東京都目黒区下目黒2-23-18, Tel：03-3482-0495, Fax：03-5487-3867

ケース 1A, 4A の無改良地盤では0.7~0.9 にまで上昇している。ケース 1A, 4A では時間の経過とともに背後地盤の応答加速度が減衰したことからも、地盤が軟化してケーソンに作用する土圧が増加したものと判断できる。また、ケース 2A では、間隙水圧計 wp1 が無改良域との境界に近いので、改良域にまで水圧が伝播してケース 3A よりも上昇したと考えられる。

3. 有効応力解析 今回用いた有効応力解析プログラムは、井合らが開発した FLIP²⁾である。土の動的反力特性パラメータ（体積弾性係数 K_{vm} 、せん断弾性係数 G_{vm} 、内部摩擦角 ϕ'_i 、履歴減衰上限値 h_{max} ）と液状化特性パラメータ（変相角 ϕ'_p 、液状化特性パラメータ p_1, p_2, w_1, S_1, c_1 ）の設定に関しては、森田らによる文献 3)を参考にして設定した。基盤入力には実験時の台加速度（計測波）を実時間スケールに換算した波形を用いたが、入力時間は20秒とした。

図-6 に加振後のケーソンの変位を示すが、同図からは改良域の違いによる差は見られない。そこで、ケーソン背後の過剰間隙水圧の深度分布を示すと図-7 のような結果が得られた。同図より、背後を締固めたケースでは、背後無改良と比較して、過剰間隙水圧比が低減されており、実験結果と同じ傾向が見られた。締固めたケースにおいても過剰間隙水圧比 0.7 程度と高いのは、地盤パラメータの決定に関して簡易法により算定したことや、レーレー減衰パラメータ β の感度分析を詳細に行わなかったことなどがあり、この点については今後の検討課題としたい。

4. まとめ 本研究で得られた結論は次のとおりである。①振動台実験より、直下地盤の過剰間隙水圧が比較的小さかったことや、パターン B ではケーソンの変位がほぼゼロであったことから、ケーソンの変位は、背後地盤の液状化による土圧の増加が主要因である。②変位の抑制に関しては、背後地盤の液状化対策が効果的であり、無改良域からの過剰間隙水圧の伝播を遮断することが有効である。③有効応力解析より、締固め位置の違いによるケーソンの変位低減効果は明確にできなかったが、過剰間隙水圧の低減に関しては実験と同様の傾向が見られた。

参考文献 1)Susumu IAI : Similitude for Shaking Table Tests on

Soil-Structure-Fluid Model in 1g Gravitational Field, REPORT OF THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE, Vol.27, No.3, 1988., 2)Susumu IAI, Yasuo MATSUNAGA, Tomohiro KAMEOKA : Strain Space Plasticity Model for Cyclic Mobility, Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, SOILS AND FOUNDATIONS, Vol.32, No.2, pp.1-15, 1992., 3)森田年一, 井合進, Hanlong Liu, 一井康二, 佐藤幸博: 液状化による構造物被害予測プログラム FLIP において必要な各種パラメータの簡易設定法, 港湾技研資料, No.869, 1997.6.

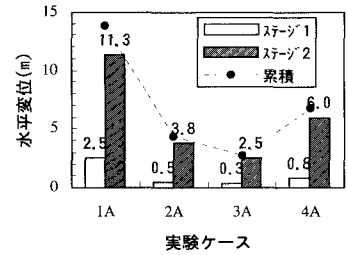


図-3 ケーソン天端の水平変位

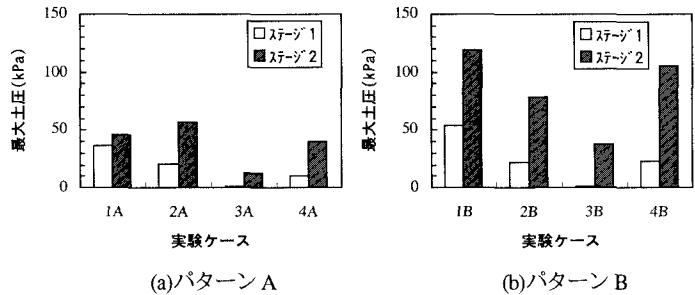


図-4 各ケースの最大土圧 (sp1)

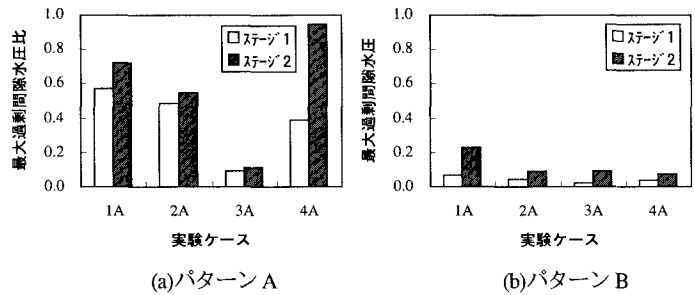


図-5 各ケースの最大過剰間隙水圧比 (wp1)

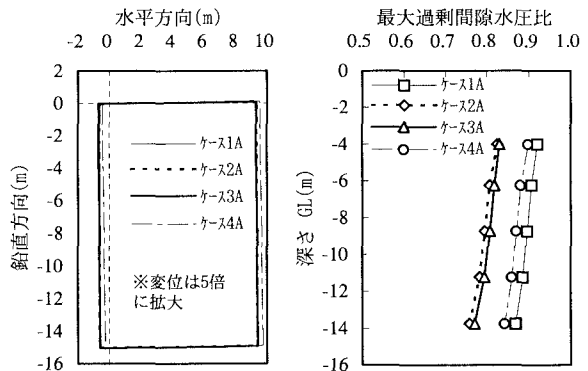


図-6 ケーソン最大変位

図-7 最大過剰間隙水圧比