

III-106 液状化対策範囲に関する重力式岸壁の振動台実験とその解析

運輸省港湾技術研究所 正員 ○松永康男
同 上 正員 井合 進

1. まえがき 構造物の機能保持という点に液状化対策の主眼をおいた場合、設計において地盤・構造物に発生する変形量がある程度、許容できるものと思われる。ここでは、重力式岸壁を対象として振動台実験および有効応力解析を行い、許容変形を考慮した液状化対策を実施するために必要な、対策範囲と重力式岸壁の変形量とに関する基礎的な関係についての資料を提示する。

2. 実験の概要 実験では、比較的基盤が深いもの(基盤深さ50cm、模型縮尺1/40)と浅いもの(基盤深さ30cm、模型縮尺1/20)の2種類の重力式岸壁を対象とし、締め固めによる改良効果を見るために、図-1、-2に示すように改良範囲を変化させてそれぞれ4種類の断面について実験を行った。実験結果の再現性の確認のため、土槽(縦3m横3m深さ1.2m)を加振方向に2分割し、同一断面の実験をそれぞれ2ケースづつ行った。土槽底面には、実験に用いた砂を接着させた板を固定した。実験には、秋田港外港地区で採取された砂を用いた。砂の均等係数は1.5、10%粒径は0.113mmで、かなり均等な砂である。入力波形は3Hz、20波の正弦波で、それぞれ最大加速度を徐々に増加させて、4~6回の段階加振を行った。

3. 有効応力解析の概要 図-1、-2に示す全断面およびそれに加えて全領域締め固めた場合について、それぞれ二次元有効応力解析を実施した。解析モデルでは、任意の方向に対して双曲線型の単純せん断モデルを仮定し、それを重ね合わせた多重せん断機構により応力ひずみ関係を表現し^{1)、2)}、塑性せん断仕事およびせん断応力比の関数として過剰間隙水圧を表現している²⁾。解析では、各加振段階において、模型作成時の初期の砂の物性値を用いた自重解析を行い、その後、非排水条件で動的解析を実施した。その結果と各加振において生じたケーソンの変位とを直接比較した。積分はWilson- θ 法($\theta=1.4$)を用い、レーレー減衰(基盤の深い場合: $\alpha=0.0$, $\beta=0.0025$ 、基盤の浅い場合: $\alpha=0.0$, $\beta=0.0055$)を液状化による剛性の低下に応じて低減させる形で用いた。境界条件は、下部で固定、側方で水平固定・鉛直自由とした。解析に用いた主な物性値を表-1に示す。砂のせん断剛性は、加速度の応答が共振実験から得られた伝達関数に合うように試行的に求めた。液状化に関するパラメータ²⁾は、図-3に示すような液状化抵抗曲線を対象として、この曲線を満足するように要素解析を実施して求めた。

4. 考察 実験および解析による、各加振終了後のケーソン左上端における水平ならびに鉛直残留変位を図-4、-5に示す。図中、拡張子、Eが実験結果を表し、Aが解析結果を表している。

水平・鉛直変位ともに、改良範囲が小さくなるにつれて、より小さい加速度から、ほぼ直線的に変位が増加し始め、その傾きも大きくなる傾向にある。全層緩る詰めの場合1では、基盤の深さに関係なく、変位が急激に増加している。また、図-2に示す基盤が浅い断面のケース2、3でも、図-5(a),(b)に示すように100Gal付近で変位が急に大きくなっており、液状化により一気に変形が進んでいることが分かる。

図-2に示す基盤が浅い場合、ケース1と同程度にケーソンの前面および背面を締め固め、下部のみを緩る詰めにしたケース3では、図-5に示すように、ケース1と比較して、水平変位・鉛直変位ともにかなり大きくなっている。また、ケース3よりも改良幅の小さいケース2と比較した場合には、水平変位は同程度であるが沈下量はかなり大きくなっている。ケーソン下部地盤が緩いか密かによって、ケーソンの変形はかなり左右される結果となった。また、図-4、-5において、基盤が深い場合も浅い場合も、ケース1では、ほぼ同程度の変位になっている。これを実物大の岸壁の変位に変換した場合、変位量は模型縮尺の1.5乗に比例すると仮定すると、基盤が深い場合の方が約3倍大きな変位が出ていることになる。すなわち、基盤が深い分だけせん断ひずみの蓄積によりケーソンの変位も大きくなることになる。

5. 結論

今回の実験および解析から得られた結論は以下の通りである。

- (a) ケーソンの変形は、ある加速度レベルまでほとんど発生しない。
- (b) 加速度が(a)のそれよりも大きくなると、変位はほぼ直線的に増加していく。
- (c) 解析において、ある程度実験結果をシミュレートできることが分かった。

参考文献 1) Towhata, I. and Ishihara, K.: Modelling Soil Behavior under Principal Stress Axes Rotation, Proc. 5th International Conference on Numerical Methods in Geomechanics, Nagoya, pp. 523-530, April, 1985. 2) 井合 進: 液状化の二次元有効応力解析において破綻しないための工夫をした一つのモデル, 土木学会第43回年次学術講演会, 3部, pp. 418-419, 昭和63年10月.

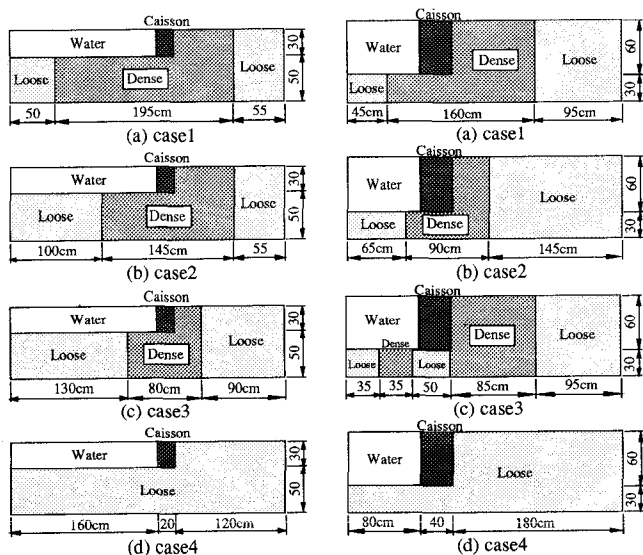


図-1 実験対象断面
(基盤の深い場合)

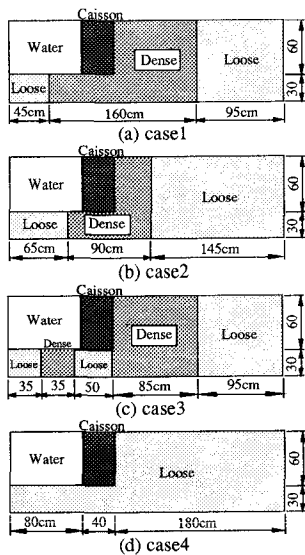


図-2 実験対象断面
(基盤の浅い場合)

表-1 解析に用いた主な物性値

密な砂	$\rho = 1.846(\text{tf/m}^3)$	$e = 0.944$
	$G = 13780(\text{kPa})$	$\phi f = 45.4$
	$\phi p = 28.0^\circ$	$Dr = 75(\%)$
緩い砂	$\rho = 1.755(\text{tf/m}^3)$	$e = 1.180$
	$G = 9098(\text{kPa})$	$\phi f = 36.4$
	$\phi p = 28.0^\circ$	$Dr = 28(\%)$

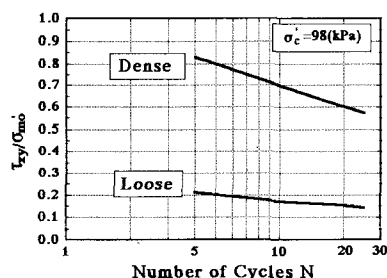
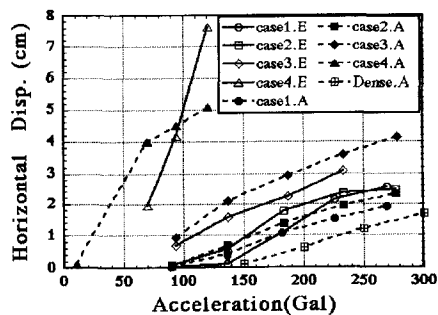
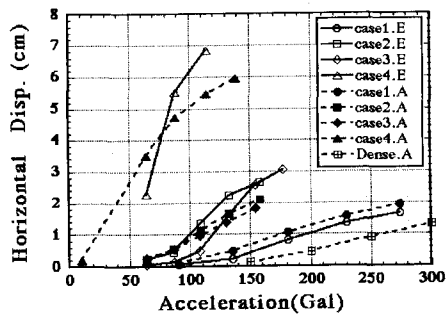


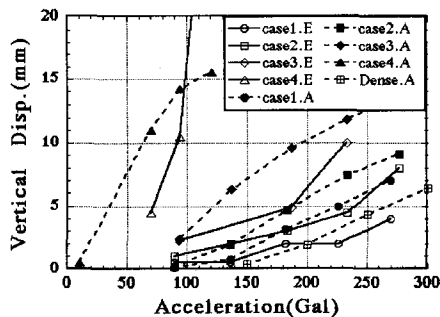
図-3 液状化抵抗曲線



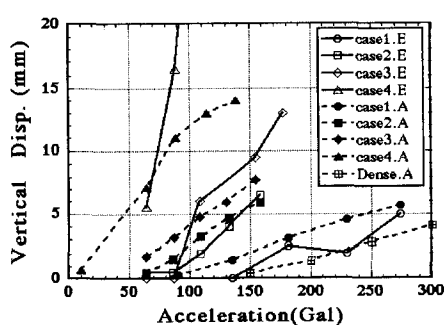
(a) 水平変位



(a) 水平変位



(b) 鉛直変位



(b) 鉛直変位

図-4 加振後の残留変位
(基盤の深い場合)

図-5 加振後の残留変位
(基盤の浅い場合)