

地中構造物の液状化による浮上抑制に関する実験的研究

東海大学大学院 ○ 山岡 尊 則
東海大学大学院 内海 秀 幸
東海大学海洋学部 講師 川上 哲太朗

1.はじめに

本研究は、液状化による地中構造物浮上の対策工法の一つとして、地中構造物底面にスカートを設置し、構造物浮上時の構造物底面への液状化土の流入を阻害することによる浮上抑制法を提案し、その有効性を実験的に検証するものである。更に、地中構造物底面での浮上に伴う間隙水圧の変動に着目し、構造物浮上のメカニズムを明らかにする。本論では、スカート対策と無対策の地中構造物モデルによる液状化浮上実験結果に基づき、スカート対策による浮上抑制効果についての検討結果を報告する。

2.実験方法

本実験では、地盤材料として豊浦標準砂を使用した。粒土試験の結果より、豊浦標準砂の均等係数は1.68、 $D_{50}=0.3(\text{mm})$ である。水中落下により所定の相対密度の模型地盤を振動土槽内（深さ60cm、横300cm、幅100cm）に作製し、地中構造物モデル（塩化ビニル製、比重1.3、縦10cm、横40cm、幅20cm）を設置した（図2.1参照）。

正絃加振により模型地盤を液状化させ、地中構造物モデルの挙動等を計測した。本実験における計測項目は、土槽入力加速度、地中構造物モデルの浮上変位、モデル上面及び底面での過剰間隙水圧、構造物モデル直下の地盤の過剰間隙水圧である。本実験における計測配置及び実験ケースを図2.1、表2.1に示す。

3.実験結果及び考察

CASE-A、CASE-Bのモデル底面における3点の間隙水圧時刻歴記録を平均したデータを図3.1、図3.2に示す。図中に示した有効上載圧は、上載土圧及びモデルの比重を考慮して求めたものである。図3.1より加振開始3秒前後で過剰間隙水圧は初期有効上載圧に達し、モデル底面の地盤は完全液状化状態となり、その後約1秒後から浮上が始まっていることがわかる。図3.2ではモデル底面の過剰間隙水圧は初期有効上載圧に完全には達していないが、過剰間隙水圧がピークに達した後に浮上を開始している。CASE-AとCASE-Bの浮上に伴う過剰間隙水圧の減少を比較してみると、CASE-Aに対してCASE-Bの方が急激な減少を示している。これは、CASE-Bにおいてモデルに設置したスカートが、浮上時における液状化土のモデル底面下への回り込み、すなわち、間隙水圧の伝播に影響を与えたものと考えられる。そこで、この浮上にもともなう過剰間隙水圧の減少を定量的に明らかにするために、図3.3に示すようにx浮上した場合のモデル底面での過剰間隙水圧は、次式で表されるものと仮定し以下検討を行なう。

$$u_x = u_0 + \alpha \cdot (\gamma_s - \gamma_k) \cdot h_2 - \beta \cdot (\gamma_s - \gamma_w) \cdot x \text{-----(1)}$$

$$u_0 = (\gamma_s - \gamma_w) \cdot h_1 + (\gamma_k - \gamma_w) \cdot h_2 \text{-----(2)}$$

ここで地盤状態は完全液状化状態にあるものとし、 u_0 は h_1+h_2 の位置での過剰間隙水圧、 u_x はxだけ浮上した位置での過剰間隙水圧を表す。 $\gamma_s, \gamma_k, \gamma_w$ は、飽和砂、地中構造物及び水の単位体積重量である。上式の基本的

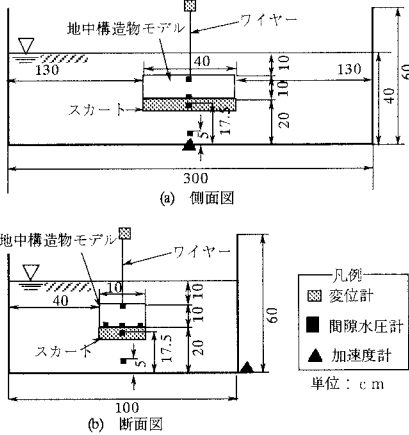


図2.1 実験装置及び計測配置

表2.1 実験ケース

ケース	スカート長 (cm)	相対密度 (%)	入力加速度 (gal)	層厚 (cm)
CASE-A	無し	50	120	40
CASE-B	5			

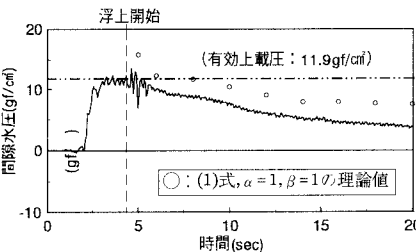


図3.1 モデル底面における間隙水圧記録 (CASE-A)

な考え方は、液状化したとしても、初期の応力状態のままでは、力は釣り合っており浮上はせず、構造物直下外からの圧力が伝播することにより力の釣り合いが崩れ浮上し、更に、浮上した位置との初期有効応力の差分だけ間隙水圧は変動するとしたものである。ここで、(1)式中の α 、 β は、この圧力の伝播の割合を表す係数である。

図3.1、3.2中にプロットした点○、□は、(1)式によるものであり、(1)式中の x はモデルの浮上変位記録の値を時系列的に用いた。ただし、プロットした点○は、瞬時にモデル外での圧力が伝播すると仮定し、 $\alpha=1$ 、 $\beta=1$ とした。また点□は、スカート設置によりモデル外での圧力のモデル底面への伝播はないものと仮定し、 $\alpha=0$ 、 $\beta=1$ とおいた。図3.4、3.5にCASE-A、Bの浮上変位とそれに伴うモデル底面下での間隙水圧変動の関係を示す。図中の一点鎖線は前述した(1)式をもとに引いたものである。

CASE-Aでは、浮上量がほぼ30mmに達するまで間隙水圧の変動が激しい。また、浮上量が30mmに至るまで間隙水圧の変動は(1)式とは一致していないが、それ以上浮上すると、ほぼ(1)式と一致した変動を示す。この場合、無対策モデルであることから、(1)式の係数を $\alpha=1$ 、 $\beta=1$ とし、モデル外の間隙水圧は瞬時にモデル底面下に伝播されると仮定したが、本実験結果は、無対策の場合でも間隙水圧の伝播はスムーズには行なわれていないことを表している。CASE-Bでは間隙水圧の変動は浮上開始付近から(1)式($\alpha=0$ 、 $\beta=1$)とほぼ一致しており、また、CASE-Aに見られるような、間隙水圧の激しいの変動は見られない。このことは、CASE-Bにおいては、モデル底面下に設置されているスカートによってモデル底面への初期位置での初期有効応力の差分による間隙水圧の伝播が抑制されているためであると考えられる。図3.6にCASE-A、Bの時刻歴の浮上変位を示す。どちらのケースも30mm程度浮上するまでは急即に浮上するが、それ以降の浮上は緩やかである。しかし、両ケースを比較すると、スカート対策を施したCASE-Bの方が、浮上開始時刻が遅れていること、また初期の浮上速度も遅いことがわかる。

4. 結論

以上の実験結果及び考察より、液状化地盤におけるスカート対策による地中構造物浮上抑制効果について次のことが明らかになった。

- ① スカートを設置することにより、浮上に伴う間隙水圧の構造物底面への伝播は阻害される。
- ② スカート対策により、浮上開始時刻及び浮上速度を抑制することができる。

以上よりスカート対策による浮上抑制効果は確認され、浮上対策工法として一つの有効な手段であると考えられる。更に今後、実験のスケール効果等について検討を行ない、実問題に対する適用性について検証を行なっていく。

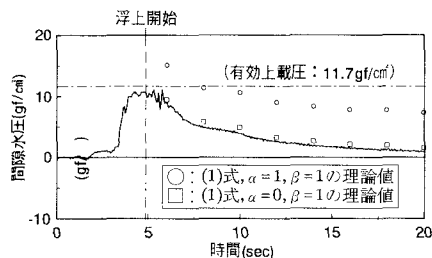


図3.2 モデル底面における間隙水圧記録 (CASE-B)

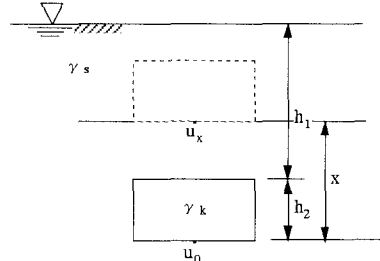


図3.3 仮定式における概要図

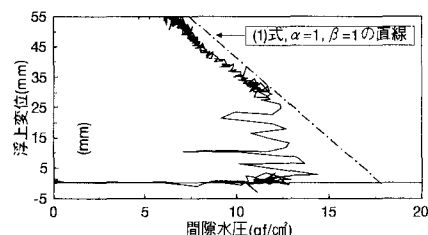


図3.4 浮上変位と間隙水圧の関係 (CASE-A)

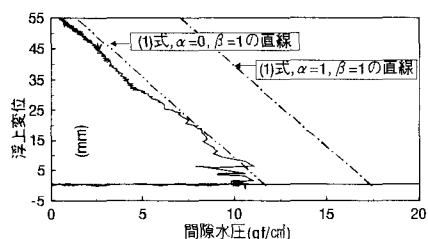


図3.5 浮上変位と間隙水圧の関係 (CASE-B)

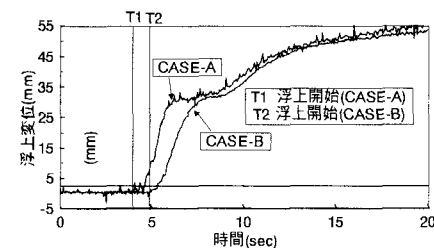


図3.6 浮上変位記録