

III-199

液状化時の地中構造物の挙動に及ぼす各種工法の比較について

中部電力（株）総合技術研究所 正会員 土 山 茂 希

〃 正会員 杉 本 忠 男

（株）オークエンジニアーズ 正会員 鳥 井 原 誠

〃 正会員 伊 藤 浩 二

1. はじめに

ゆるい砂地盤中の地中構造物では、地震時の液状化により浮き上がりや沈下等の移動が生じることがある。その移動の軽減を目指し、特に地中に埋設された中空構造物の挙動に注目して、せん断土槽（ $L=2.5\text{m} \times W=1.5\text{m} \times H=2.0\text{m}$ ）をもちいた模型振動実験と数値解析による検討をおこなっている。本報告では、各種工法による地中構造物の挙動を比較した模型振動実験結果を報告する。

2. 実験方法

模型振動実験で検討した工法と設定した地中構造物の見掛けの比重 γ_m を表-1に示す。また各CASEの構造物模型近傍の断面ならびに主な計器配置を図-1(a)～(d)に示す。ここで、各CASEの工法に関する諸元は以下の通りである。

① CASE 2, 3-1, 3-2:重量化工法は、模型地盤（岐阜砂 $\gamma_{sat}=1.87\text{tf/m}^3$ ）中に埋設した構造物模型（ $L=96\text{cm} \times W=31\text{cm} \times H=37\text{cm}$, $t=3\text{cm}$ ）のアクリル製函体の γ_m をCASE 2より増加させることをいい、模型内部に重錘を設置することで重量調整している。

② CASE 3-3:碎石による置換範囲は、模型側面ならびに底面より10cmとしている。

③ CASE 3-4:連続地中矢板工法は、土留めに使用する鋼製矢板を構造物の本体として利用することにより、CASE 3-1, 3-2の重量化の効果と構造物直下の地盤変形を抑え構造物に作用する過剰間隙水圧の発生を抑える効果を期待するものである。ここで矢板模型は、加振直角方向に対して $t=1.6\text{cm}$ のアルミ板（ $L=99.2\text{cm} \times H=120\text{cm}$ ）、加振方向に対しては、構造物から地中管路が伸びている構造を想定し、同厚の4枚のアルミ板（ $L=4\text{cm} \times H=120\text{cm}$ ）によりモデル化し、これらを模型側面に剛結合している。

④ CASE 3-5:排水パイプ工法は、構造物底部よりパイプを立ち上げ液状化時に自由排水させることにより、底面に作用する揚圧力の低減ならびに構造物側壁に作用する摩擦力の減少を抑えるという効果を期待するものである。排水パイプは $\phi=5\text{cm}$ のアクリル製で、8本立ち上げ地表面において自由排水させている。また構造物底部での排水性を上げるために、栗石に相当する5cm厚の碎石を設置している。

以上各CASEでもちいた入力波は、振動数4Hz、波数20波の正弦波である。また各CASEで3加振おこない、そのテーブル入力加速度を

表-1 実験ケース

ケース	工法	見掛けの比重
CASE 2	原形	1.024
CASE 3-1	重量化	1.205
CASE 3-2	重量化	1.841
CASE 3-3	グラベルドレーン	1.024
CASE 3-4	連続地中矢板	1.548
CASE 3-5	排水パイプ	1.024

A:加速度計 S:せん断歪計
W:間隙水圧計 C:層別沈下計
D:変位計 T:歪ゲージ

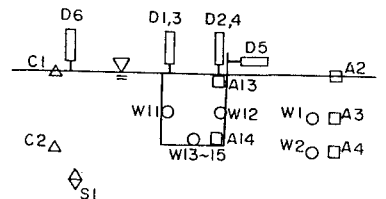


図-1(a) 計器配置 (CASE 2, 3-1, 3-2)

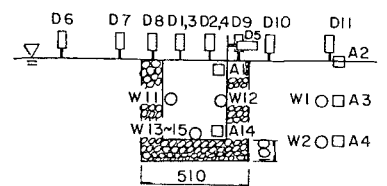


図-1(b) 計器配置 (CASE 3-3)

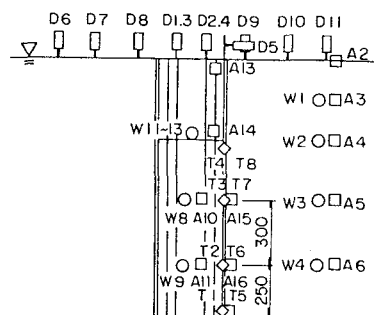


図-1(c) 計器配置 (CASE 3-4)

20gal, 50gal, 200galとする液状化の程度に準じて設定した振幅をもちいている。

3. 実験結果

各CASEの構造物の浮き上がりについては、模型に作用する外力と浮き上がり量の関係に基づき検討する。

CASE 2, CASE 3-3~3-5 の4ケースで、各入力における模型の浮き上がり量の経時変化（加振開始から5秒間）を図-2~5 (a) に示す。ここで浮き上がりについては、模型の鉛直変位Dと地表面沈下との差である相対変位で評価している。次に、200gal入力における模型底面に作用する過剰間隙水圧に相当する揚圧力と浮き上がりに対する抵抗力の経時変化を図-2~5 (b) に示す。模型の浮き上がりに関与する外力は、揚力、自重、模型側面の摩擦力を考慮しており、それぞれ揚圧力、抵抗力（自重+摩擦力）として式-(1), (2)の形で算定している。

$$\text{揚圧力} = (W13 \sim W15) \text{ の平均値} \quad \text{--- 式-(1)}$$

$$\text{抵抗力} = (\gamma_m - \gamma_w) \times H + \int_0^H K_0 \cdot \sigma'_v \cdot \tan \delta dz \times 2 \times (L+W)/(L \cdot W) \quad \text{--- 式-(2)}$$

ここで摩擦力の算定は、静止土圧係数 $K_0=0.5$ 、壁面の摩擦角 $\delta=20^\circ$ とし、任意時刻での模型側面の過剰間隙水圧値から算定した有効土被り圧 σ'_v をもちいている。また図-2~5 (b) において、揚圧力が上昇し抵抗力と等しくなった後、（揚圧力-抵抗力）が浮き上がりを生じさせる直接の力と考えられる。

図-2~5 (a) に示す相対変位については、CASE 2, CASE 3-3~3-5 の50gal 入力において、最大相対変位が12.1cm, 0.7cm, 4.0cm, 2.9cm であり、CASE 3-3, 3-5 のように排水を期待する工法において浮き上がりを抑える効果が明瞭に認められる。模型に作用する外力について、CASE 2では加振開始から急激に揚圧力が上昇し、抵抗力を越える揚圧力を生じるが、CASE 3-3では、模型側面ならびに底面で過剰間隙水圧がほとんど発生しないため、図-3 (b) に示すように全時間を通して抵抗力が揚圧力を上回り、その結果模型の相対変位は小さな値となっている。またCASE 3-5では、浮き上がりに対する抵抗力はCASE 2と大差はないが、碎石層とパイプの排水効果により揚圧力の上昇が抑えられ、CASE 2の6割程度の揚圧力となっている。

4. まとめ

各種の工法を比較した模型振動実験より、地中構造物の浮き上がりのメカニズムが確認でき、排水効果を期待するグラベルドレーン工法、排水パイプ工法の効果が明瞭であることがわかった。

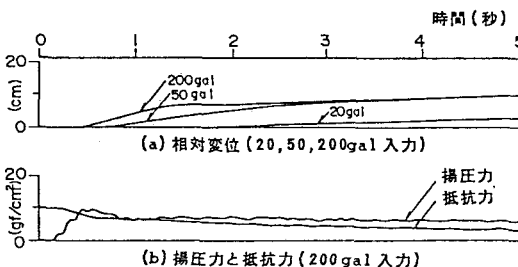


図-2 揚圧力と抵抗力 (CASE 2)

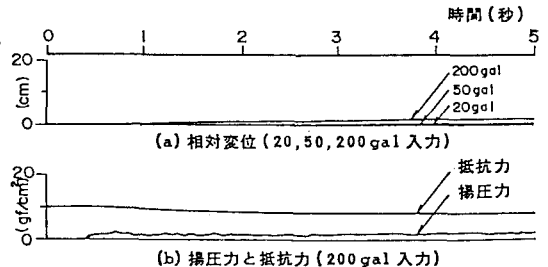


図-3 揚圧力と抵抗力 (CASE 3-3)

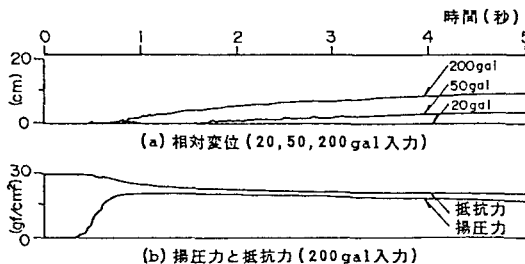


図-4 揚圧力と抵抗力 (CASE 3-4)

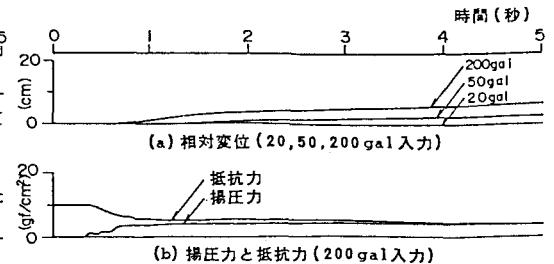


図-5 揚圧力と抵抗力 (CASE 3-5)