

建設省土木研究所 正員 ○谷 口 栄 一
 同 正員 森 下 義 美
 同 正員 古 賀 泰 之

1. まえがき

貯水槽、地中埋設管のマンホール等の半地下構造物はその重量が軽い
 ため、過去の大地震のときに周辺砂地盤の液状化によって浮上る被害が
 発生している。このような半地下構造物の地震時の浮上りの安全率を地
 震時の地盤中の過剰間隙水圧を用いて推定する方法が考えられるが、こ
 のような方法の精度を検証するために模型振動台実験を行、たので以下
 にその結果を報告する。

2. 実験方法

図1に示すような10種類の模型を用いて振動台実験を行った。長さ110
 cm、幅20cm、高さ45cmのせん断土槽中に水を入れ、その上からほ
 ぼ絶乾状態の浅間山砂を自由落下させて模型地盤を作成した。なお密な
 砂地盤を作成する場合には厚さ10cm毎にまき出して突き棒で締固めた。
 実験に用いた浅間山砂および碎石の物理特性を表1に示す。地盤中には
 アクリル製の半地下構造物模型(以下では模型と称する)が設
 置されている。模型は大小2種類あり、その重量、見かけの比
 重を表2に示す。模型底面には3個の間隙水圧計(容量 0.1kgf/cm^2)
 を取り付け、底面に作用する間隙水圧を測定した。また
 地盤中には5個の間隙水圧計と4個の加速度計を設置して間隙
 水圧と加速度を測定し、地盤および模型の変位を変位計を用いて測定した。

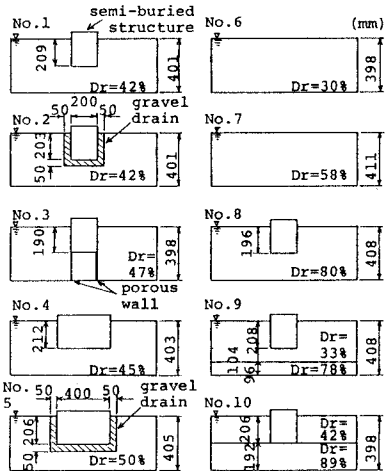


図1 実験に用いた模型

表1 砂、碎石の物理特性

	比重 G_s	平均粒径 D_{50} (mm)	透水性係数 (cm/sec)
浅間山砂	2.70	0.24	2.99×10^{-2} ($D_r = 80.2\%$) 1.64×10^{-3} ($D_r = 51.1\%$)
碎石7号	2.71	4.0	4.9

表2 半地下構造物模型の比重、および加振加速度

模型 No.	半地下構造物模型の種類	半地下構造物模型の重量 (kgf)	見かけの比重	加振加速度 (gal)
1	小	11.63	1.43	144.9
2	小	11.71	1.48	144.7
3	小	11.65	1.57	140.8
4	大	23.20	1.40	136.7
5	大	23.25	1.40	140.5
8	小	8.24	1.08	307.0
9	小	8.24	1.02	105.0
10	小	11.65	1.45	141.0

実験では模型地盤を振動数2Hzの正弦波で10秒間水平方向に加振した。加振加
 速度を表2に示す。

3. 実験結果

図2に間隙水圧および模型の変位の測定例を示す。図2によると加振と共に模
 型地盤中に徐々に間隙水圧が蓄積し、あるレベルまで達すると模型が浮上って
 いる。模型が浮上り始めると、模型底面の間隙水圧は若干減少している。これは模
 型が浮上ることによって模型直下の部分に負の間隙水圧が発生するためであると
 考えられる。

周辺地盤が液状化したときの半地下構造物の浮上りの安全率 F_u は次式で表わすことができる。

$$F_u = \frac{W + Q}{U_s + U_D} \quad (1)$$

ここに W : 半地下構造物の自重、 Q : 半地下構造物と地盤のまさえつ力

U_s : 静水圧による浮力、 U_D : 液状化時の過剰間隙水圧による揚圧力

図3は各模型振動台実験において模型が浮上り始めたときの浮上りの安全率を過剰間隙水圧の実測値を用いて式(1)より計算した値を示している。図3よりいずれの場合も式(1)による浮上りの安全率は $0.9 \sim 1.1$ のときに浮上り始めており、式(1)による浮上り安全率の算定はほぼ妥当なものであると考えられる。なおこの計算では式(1)の

Qは液状化時にはほとんどないと思われるので0としている。グラベルドレーンがある模型5の場合には模型は浮上らずに沈下し、模型2の場合にも模型の最大浮上り量は0.17cmでグラベルドレーンのない模型1の最大浮上り量3.0cmと比べるとほとんど0と見なすことができ、グラベルドレー

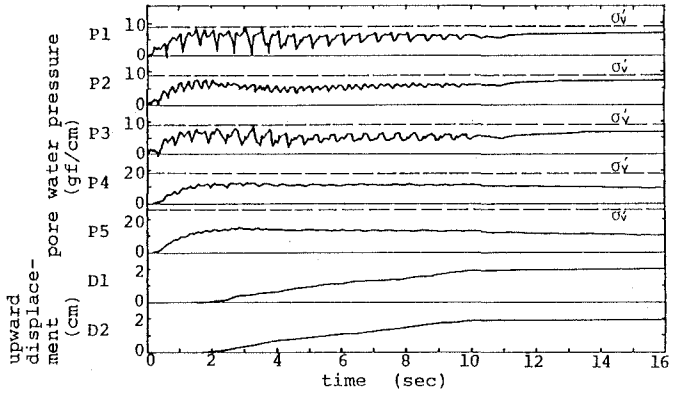
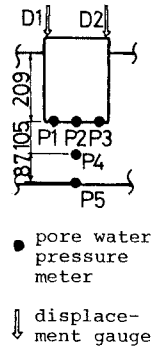


図2 間隙水圧、半地下構造物模型の浮上りの測定例(模型No.1)

ンの排水効果が現われている。また模型3において、模型直下を有孔板で拘束した場合でも、浮上りの安全率は式(1)で算定できる。ただし模型3の最大浮上り量は模型1に比べると約半分になっていた。

図4は液状化しやすいゆるい砂層の厚さが異なる模型No.7と模型No.10の場合の模型底面中央の間隙水圧の上昇の違いを示している。図4によるとゆるい砂層が模型直下にある模型No.7では加振後7.5秒で過剰間隙水圧がピークに達して、この時点で模型が浮上り始めているが、模型No.10では加振後3.3秒でピークに達して模型が浮上り始めている。従ってゆるい砂層が模型の側方のみ存在する模型No.10のような場合には模型底面の間隙水圧の上り方は遅いが、結局はまわりから水圧が伝播して模型は浮上ってしまうことがわかる。

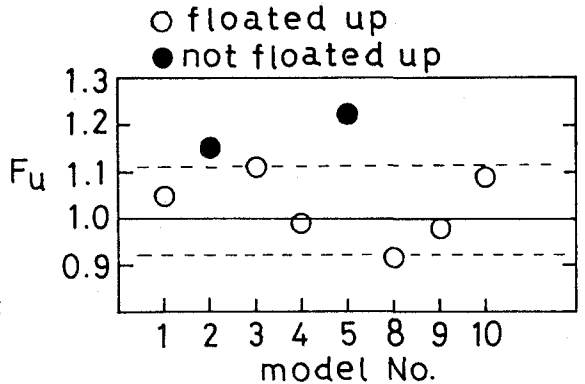


図3. 半地下構造物模型が浮上り始めるときの浮上りの安全率

4. まとめ

今回の模型実験の結果、次のことが明らかになった。

- ① 周辺地盤の液状化による半地下構造物模型の浮上りの安全率を式(1)を用いて算定する方法は半地下構造物模型の大きさ、液状化層の厚さ、半地下構造物模型直下の砂地盤の拘束条件に関係なくほぼ妥当なものである。
- ② 半地下構造物模型の直下に液状化しにくい層があっても側方に液状化しやすい層があれば過剰間隙水圧が発生して半地下構造物模型底面に伝播するので半地下構造物模型は浮上ってしまう。ただし浮上り始める時間は半地下構造物模型直下に液状化しやすい層がある場合に比べて遅くなる。

謝辞

本実験の実施に当たり御協力頂いた中央開発(株)の菅沢、若狭両氏に感謝の意を表す。

参考文献

り谷口栄一、佐々木康、小笠原久、"液状化による地中構造物の浮上りに関する振動実験、"第11回土木学会関東支部年次研究発表会講演概要集PP 71~72、1984