

III-42

地盤の締固めによる半地下構造物の地震時浮上り対策

建設省土木研究所 正員 ○森下 義

古賀 泰之

谷口 栄一

鷲田 修三

1. まえがき

筆者らはこれまでに半地下構造物の地震時浮上り防止対策工法を振動台実験によって検討してきた。¹⁾ 本報告は地盤の締固め改良工法を行なう場合の改良範囲と、半地下構造物の地震時浮上り防止効果について行なった振動台実験の結果をまとめたものである。

2. 実験方法

図1に実験に用いた模型の断面を示す。長さ110cm、幅20cm、高さ45cmの単純せん断状態が可能な土槽に水を入れ、その上からほぼ絶乾状態の浅間山砂($G_s=2.71, D_{50}=0.26\text{mm}, U_c=1.75$)を自由落下させて未改良部分の地盤を作成した。締固め部分は飽和した凍結砂の固まりを所定の位置に設置し、融解させて築造した。締固め部分の相対密度は約105%である。図1に示すように、土槽の中央にアクリル製箱型の半地下構造物模型(以下では模型と称する)が設置されており、そのみかけ比重は当初1.33~1.56に調整してある。

表1に各実験における振動台の加速度を示す。加振条件は模型の長手水平方向に振動数2Hzの正弦波で10秒間加振した。実験No.1-1を加振して過剰間隙水圧が消散した後に同じ模型を用いて加速度を上昇させてNo.1-2を、その後も同様に実験を行なった。

各実験では地盤中の過剰間隙水圧と加速度を、また土槽のせん断棒の変位と模型の浮上り変位を、さらに模型の底面に作用する過剰間隙水圧を測定した。

3. 実験結果

図2に各実験における過剰間隙水圧消散後の模型の累積浮上り量と台加速度の関係を示す。No.1-1では模型底面の初期位置が低く、加振前のみかけ比重が1.33であり他のケース(約1.5)より低いために模型が大きく浮上っている。さらに、No.1は締固め改良を行っていないために、台加速度が100~140galの実験においても浮上り量が他のケースより大きい。No.2と4は台加速度が110galまでは浮上りが抑えられているが、125gal以上では浮上っている。しかし、145gal以上では模型の周囲を締固めたNo.2の方が模型の直下のみを締固めたNo.4より浮上り量が小さかった。締固め部分の大きいNo.3と5は台加速度が280galまでは模型は浮上らず、加振前の位置より若干沈下している。このことから、模型の浮上り防止にはNo.3と5のような締固め方法が特に有効であるといえる。

図3に台加速度が約125galのときの地盤の加速度応答倍率を示す。模型が浮上ったNo.1-3, 2-3, 4-3は底面から30cmの位置では入力加速度の1.5倍以上の大きな倍率を示しており、高さ10cmの位置においても1.05~1.2倍となっている。これに対して、浮上らなかったNo.3-3, 5-3は高さ30cmの位置では約1.05倍で、高さ10cmの位置では0.9倍以下である。これらの加速度応答倍率の相違は、No.3と5では剛性の高い締固め部分がNo.1, 2, 4より大きい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安全率 F_s は次式で表わすことができる。¹⁾

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

ここに、 W : 半地下構造物の自重、 Q : 半地下構造物と地盤の間の摩擦力

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4に各実験の過剰間隙水圧の実測値を用いて式(1)により計算した F_s の経時変化と、No.1-1での模型の浮

上がり変位を示す。なお、液状化時には Q はほとんど0と考えられるので、 F_s の計算において Q を考慮しなかった。No.1-1は他のケースに比べて加振前の F_s が小さいので加振開始直後から F_s が1を割っており、それと同時に模型が浮上がり始めている。模型が浮上がると U_s と U_b は共に減少するので、模型が浮上がる場合には F_s が1を大きく下回ることはない。また、過剰間隙水圧の消散が遅れたため加振終了後30秒まで F_s が1を下回っているが、模型の浮上がりは加振終了後止まっている。これは、加振後の静止状態における Q が加振中の振動状態における Q よりも大きいためであると考えられる。No.2-1とNo.4-1は加振開始後9秒で $F_s = 1.01$ まで下がっているが、模型は浮上がっていない。加振終了後、過剰間隙水圧が消散して F_s が回復している。模型の地盤が液状化に至らなかったNo.3-1とNo.5-1の F_s の低下はわずかである。なお、参考文献1によると F_s が1.1～0.9のとき半地下構造物が浮上がり始めると報告されているが、本実験の結果から F_s が1を下回っている継続時間が半地下構造物の浮上がり量に影響すると思われる。

4. まとめ

- (1) 半地下構造物の地震時浮上がり防止にはNo.3、5のような締固め方法が有効である。
- (2) 半地下構造物の地震時浮上がりの難易は地盤の過剰間隙水圧を考慮した浮上がり安全率 F_s によって評価できる。浮上がり量は F_s が1を下回っている継続時間に影響される。

参考文献 1) 谷口他”液状化による半地下構造物の浮上りに関する振動台実験”第20回土質工学研究発表会講演集、1985年

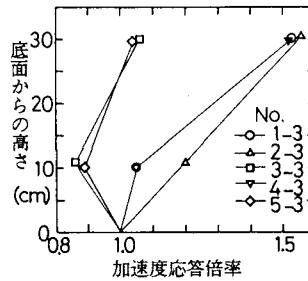


図3 地盤の加速度応答倍率

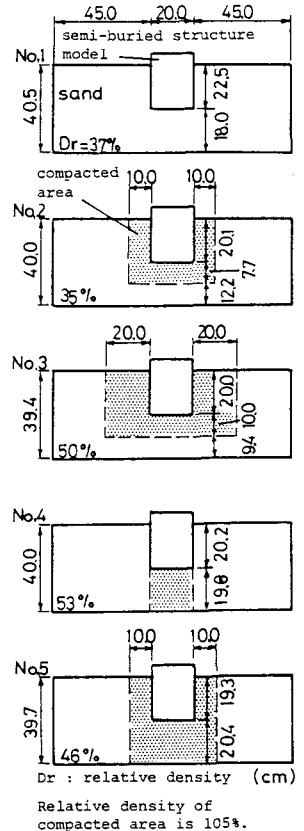


図1 模型断面

表1 実験条件			
実験 No.	台加速度 (gal)	実験 No.	台加速度 (gal)
1-1	87.4	3-10	271.5
2	100.0	11	301.6
3	123.2		
4	139.5	4-1	87.6
		2	111.5
2-1	84.4	3	127.4
2	103.6	4	159.3
3	125.0	5	167.2
4	145.8		
5	162.3	5-1	81.9
		2	107.7
3-1	81.9	3	129.3
2	107.7	4	146.5
3	125.0	5	168.1
4	142.2	6	189.6
5	168.1	7	211.1
6	176.7	8	237.0
7	211.1	9	254.2
8	232.7	10	284.4
9	254.2	11	305.9

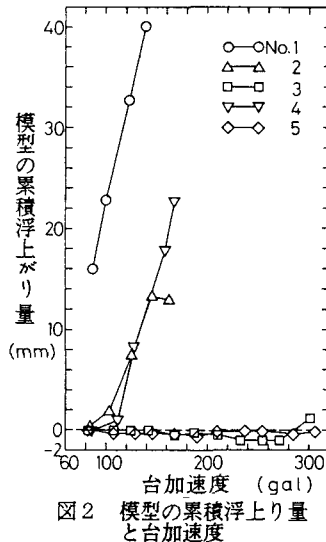


図2 模型の累積浮上り量と台加速度

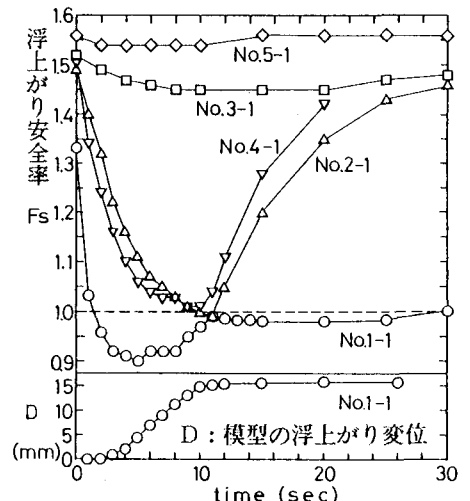


図4 浮上がり安全率 F_s の経時変化