

III-29

液状化による半地下構造物の浮き上がりに対する液状化層の厚さの影響

建設省土木研究所 ○ 正員 鷲田 修三

同 古賀 泰之

同 谷口 栄一

同 森下 義

1. まえがき

地震時に地盤が液状化すると、堀割道路、オイルタンク等の比較的軽い半地下構造物は浮上る可能性がある。このような半地下構造物の浮上りに対する液状化層の厚さの影響について小型模型振動台実験を行なっ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5種類の模型を用いて振動台実験を行なった。模型地盤は緩い部分と密な部分があり、緩い部分は長さ110 cm、幅20cm、高さ45cmのせん断土槽中に水を入れ、その上からはほぼ絶乾状態の浅間山砂（平均粒径 $D_{50} = 0.26$ mm, 均等係数 $U_c = 1.75$, 比重 $G_s = 2.712$ ）を自由落下させて作成した。密な部分は同様にして厚さ10cm毎に突き棒で締め固めた。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）を設置した。実験では模型地盤を振動数2Hzの正弦波で10秒間水平長手方向に加振し、模型底面及び地盤中で過剰間隙水圧と加速度を測定した。加振加速度を表1に示す。

表1 加振条件

実験 No.	台加速度 (gal)	実験 No.	台加速度 (gal)
1-1	92.7	4-1	94.0
1-2	103.0	4-2	115.7
1-3	123.6	4-3	130.1
1-4	144.2	4-5	149.4
		4-6	163.9
2-1	86.8	4-7	183.2
2-2	108.5	4-8	207.3
2-3	125.3		
2-4	144.6	5-1	91.6
2-5	163.9	5-2	115.7
2-6	183.2	5-3	130.1
		5-4	149.4
3-1	91.6	5-5	163.9
3-2	113.3	5-6	183.2
3-3	125.3	5-7	204.9
3-4	147.0	5-8	229.0
3-5	163.9		
3-6	183.2		
3-7	204.9		
3-8	229.0		

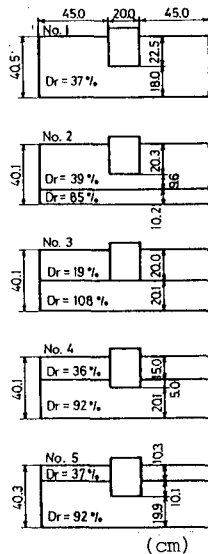


図1 模型の種類

3. 実験結果

図2に過剰間隙水圧および模型の変位の測定例を示す。図2のNo.1-1とNo.2-1によると、加振と共に模型底面に徐々に過剰間隙水圧が蓄積し、ほぼ初期有効上載圧 σ'_v まで達すると模型が浮き上がり始めることがわかる。また、図2においてNo.1-1の模型の浮き上がり速度はNo.2-1と比べると約6倍になっている。この原因としては模型が浮き上がる時には模型の底面直下に砂および水が流れ込むことのできる砂層の体積がNo.1-1の方がNo.2-1より大きいことが考えられる。また、No.1-1がNo.2-1に比べ、模型底面の位置が若干深いため初期有効上載圧 σ'_v が小さいことも原因として考えられる。次に、No.2-5とNo.5-5を比較すると、過剰間隙水圧のピーク値はほぼ同じであるが、模型底面が密な地盤中に入っているNo.5-5のほうが加振中の過剰間隙水圧の振幅が大きいことがわかる。

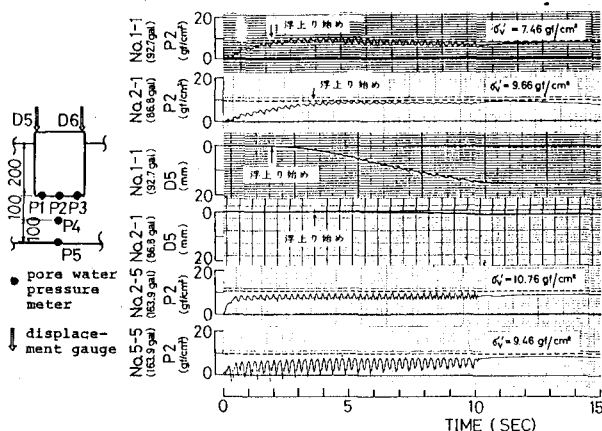


図2 過剰間隙水圧と模型の変位の測定例

図3に各模型の累積浮き上がり量と台加速度の関係を示す。図3によると、模型底面直下の液状化層の厚さが小さくなるほど、模型の浮き上がり量が減少していることがわかる。例えば台加速度が120 gal のときには、No.1はNo.2の3倍以上の浮き上がり量があり、No.3,4,5は浮き上がっていない。また、No.4,5は台加

速度が200 gal を越えてもほとんど浮き上がっていないが、これは、No.4,5の模型は模型下部を液状化抵抗が大きい密な砂層に根入れしているためであると考えられる。

図4に、模型が浮き上がり始めるまでの繰返し回数Nと模型の地盤中の深さHに対する模型底面の液状化層の厚さDの比率の関係を示す。図4によると、模型底面の液状化層の厚さが小さいほど浮き上がり始めるまでの繰返し回数Nが大きいことがわかる。ただし、図4のNo.1, No.2 の差には、前述のように、No.1の方が模型底面の σ_v' が小さいということも影響していると考えられる。ちなみに、No.3,4,5は、台加速度120 gal までは繰返し回数20回までの範囲では模型の浮き上がりは全くなかった。

周辺地盤が液状化したときの半地下構造物の浮き上がり安全率 F_s は次式で表わすことができる。

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

ここに、W : 半地下構造物の自重 Q : 半地下構造物と地盤の摩擦力 (Q = 0)

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5は、式(1)による浮き上がり安全率 F_s の経時変化を示している。図5によると、No.1-1はNo.2-1に比べると加振中も、加振終了後も浮き上がり安全率 F_s が1.0を下回っている時間が長い。このことおよび、前述のようにNo.1-1の方がNo.2-1に比べて σ_v' が小さいこと、即ち常時の浮き上がり安全率 F_s が小さいこと、更に模型直下に流れ込む砂および水の体積が大きく、浮き上がり速度が大きいことが、No.1-1の浮き上がり量がNo.2-1の浮き上がり量よりかなり大きくなった原因であると考えられる。また、No.3-1は加振時間が10秒以上になると、浮き上がり安全率がまだ下がる可能性があることを示している。これに対し模型底面を非液状化層へ根入れしてあるNo.4,5は、加振による浮き上がり安全率の低下も少なく、加振後5秒付近で浮き上がり安全率がほぼ変化しなくなっていることがわかる。このことは、半地下構造物の非液状化層への根入れは、液状化対策として有効な方法であることを示している。

4. まとめ

今回の実験の結果、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き上がり量は、模型底面直下の液状化層の厚さに大きく左右され、液状化層の厚さが小さいほど、浮き上がり量は小さく、浮き上がり始める時間も遅れる。
- (2) 半地下構造物模型の非液状化層への根入れは、液状化対策として有効な方法である。
- (3) 周辺地盤の液状化による半地下構造物模型の浮き上がり安全率を式(1)を用いて計算する方法は、ほぼ妥当なものであるが、浮き上がり量を考える場合には、更に加振時間ならびに模型直下に流れ込む砂および水の体積を考慮する必要がある。

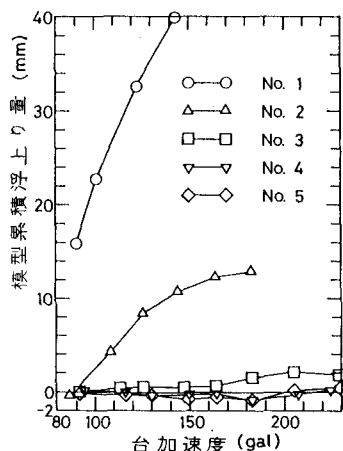


図3 各模型の累積浮き上がり量

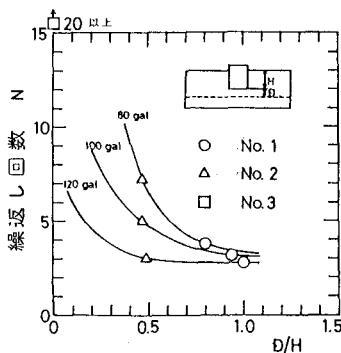


図4 各模型の浮き上がり始めるまでの繰返し回数

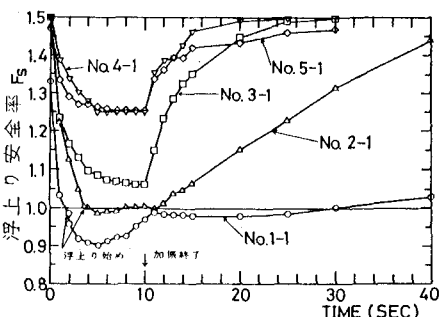


図5 浮き上がり安全率の時間変化