液状化による家屋の沈下に与える加速度と相対密度の影響

東京電機大学　正会員　安田　進
東京電機大学　学生会員　○深谷　成司
東京電機大学　非会員　有山　裕亮

1. はじめに

液状化による直接基礎家屋の被害に不同沈下がある。1/100 程度以上傾いて不同沈下した建物内では普段通りの生活を送ることが困難になってしまう。このような不同沈下を抑制する対策工を考える上で、液状化による沈下にはどのような要因が影響を与えるかということを知る必要がある。

そこで、液状化による沈下に大きな影響を与えると考えられる加速度と相対密度を変化させ、それらの関係がどのようなものなのかを調べるために家屋を模擬した模型を用い、振動台実験を行った。

2. 実験方法

実験には、高レベル 2 方向加振振動台を用い、その上に中型土槽(幅 2000mm×高さ 1000mm×奥行き 800mm)を載せ実験を行った。模型及び計測器の配置図を図-1 に示す。模型は 200mm×200mm の鉛版を用いて一般の木造家屋より多少小さい荷重強度である 4kN/m^2 となるように 16kg とした。模型には、地盤の中に滑り込んで沈下してしまうのを防ぐために高さ 85mm のアクリル板の壁が上部に取り付けてある。液状化を判定する過剰間隙水圧計は模型直下と模型の荷重を受けない位置の深さ 10mm、20mm、40mm に設置した。また、加速度を測定するために加速度計を振動台と地盤の上に設置した。試料には硅砂 5 号(ρ_S=2.646g/cm^3、D_{50}=0.57mm、e_{max}=1.017、e_{min}=0.624)を用いた。地盤の作成方法は、一定量試料を投入した後、高圧噴射のパイプにより 10cm 間隔で水を地盤内に送り込み、攪拌させることで緩くした [1]。その後、地盤が所定の高さとなるように振動台を高振動で加振して地盤を作成した。地盤面を平らに均した後、地盤上に家屋模型を設置し、模型の沈下量を測るための巻き込み式変位計を図-1 の家屋模型の S１～S4 に設置し、さらに地盤の沈下量を測るために地表面沈下測定ターゲットを設置した。

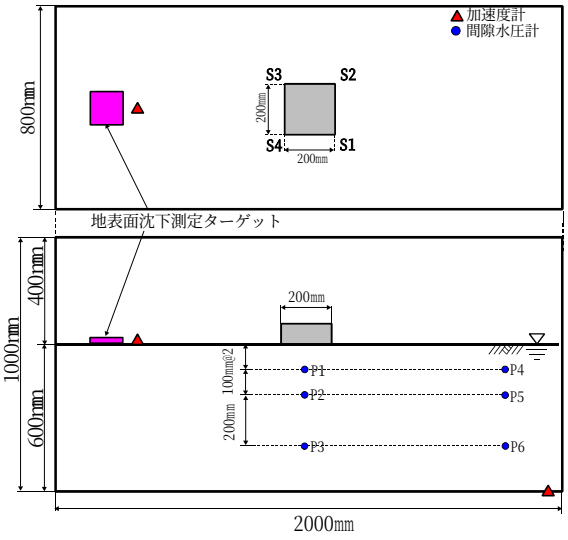

図-1　模型、計測器の配置図

実験は、5Hz の正弦波荷重とし、加速度は振幅を 100gal～600gal と変えた。地盤の相対密度は、50%と 70%の 2 ケースとした。

3. データの整理方法

液状化の発生時点には構造物の影響の少ない P4 に設置した過剰間隙水圧計の値を用いた。その値より求めた過剰間隙水圧比が 1 になった時点を液状化したと判断した。沈下量のデータは図-1 に示す模型の 1～4 の点で測った沈下量のデータを平均し、その値から地盤の沈下量を引いた平均沈下量と定義した。

データの整理方法には液状化安全率 F_L を用いた。F_L の算出方法は、龍岡らの方法 [2)3)]とした。龍岡らは、非排水条件下で繰り返し三軸試験を数多く行い、繰返し応力比 L_l と液状化が発生する繰り返し回数 N_{Ll} の間に式(1)のような関係を明らかにしている。

$$L_l = a(N_{L1})^b \qquad (1)$$

このとき a、b は定数で、きれいな砂の場合は軸ひずみ両振幅 5%で b は-0.17 となる。

キーワード　液状化、家屋、沈下
連絡先　〒350-0394　埼玉県比企郡鳩山町石坂　東京電機大学　理工学部　ＴＥＬ049-296-0162

つまり、液状化に対する安全率 F_L は R_1/L_1 であるため以下の関係が示される。

$$\left(\frac{N_{R1}}{N_{L1}}\right)=(F_L)^{\frac{1}{b}} \qquad (2)$$

ただし N_{L1}:ある加速度において過剰間隙水圧比が 1 に達した波数

N_{R1}:その加速度で与えた波数

4. 実験結果

実験結果のうち経時変化例を図-2、3 に示す。これらの図は相対密度 70%で加速度が 264gal、614gal と変化させたものである。これらの結果は、液状化が発生するまでの時間が 264gal の場合 2.364 秒、614gal の場合 1.564 秒と大きく違うためこのままでは比較するのが難しい。そこで同じ指標である液状化安全率 F_L によって整理した。

F_L によって比較した結果を図-4 に示す。各ケースとも F_L が小さくなると平均沈下量が大きくなる傾向が見られた。また、加速度が違っても同じ曲線状にのる傾向が見られた。

図-4 から読み取った F_L と沈下量の関係を表-1 に示す。この表には相対密度 50%の沈下量の値から 70%の値を引いたものも示す。F_L が 1.0 の時には相対密度による沈下量の違いはほとんど見られない。しかし、F_L が小さくなるほど相対密度が 70%の方が、50%に比べ平均沈下量が小さくなるという傾向が顕著に見られた。

5. まとめ

液状化による家屋の沈下に加速度と相対密度が与える影響について実験を行った結果以下の事が分かった。

1. F_L が液状化による沈下に与える影響は大きい。
2. F_L が 1.0 の時には、相対密度による沈下量の変化は見られないが、F_L が小さくなると相対密度が沈下に与える影響は大きくなる。

なお、今回の実験では加振を続けていたが、加振を止めた後の沈下量に関しては考慮していない。新潟地震で沈下の被害にあったターミナルビルは、地震動が止まった後に沈下が進行した。今後、地震動終了後の沈下に関しても考慮していきたい。

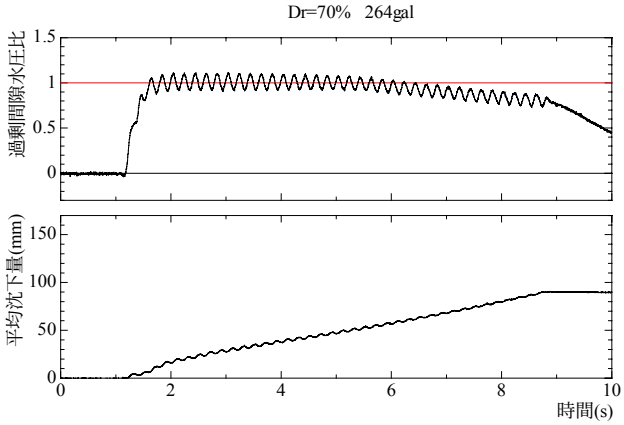

図-2　過剰間隙水圧比と平均沈下量の経時変化

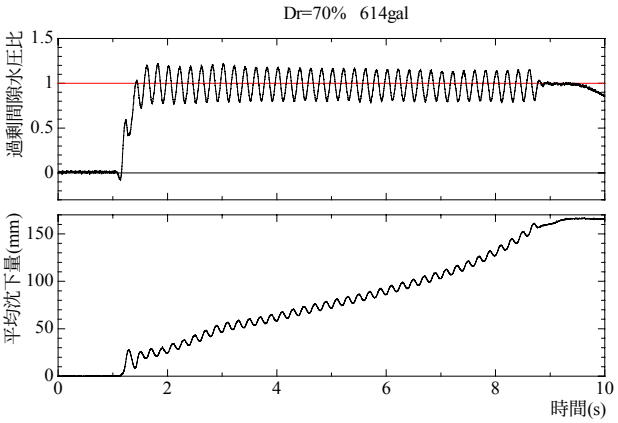

図-3　過剰間隙水圧比と平均沈下量の経時変化

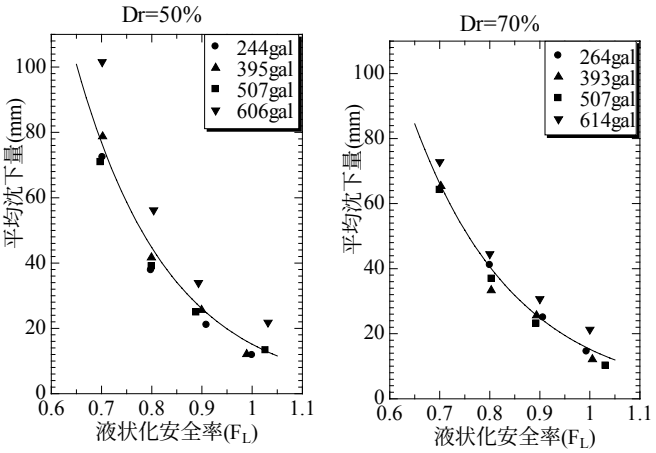

図-4　液状化安全率 F_L と平均沈下量の関係

表-1　液状化安全率 F_L と平均沈下量の関係

液状化安全率F_L	1.0	0.9	0.8	0.7
Dr=50%	15.12mm	26.01mm	44.73mm	76.93mm
Dr=70%	15.24mm	24.88mm	40.58mm	66.20mm
差	-0.12mm	1.13mm	4.15mm	10.73mm

【参考文献】

1) 安田進・田中宏征・龍田宏毅・山下丈二：液状化時の地中構造物の浮き上がりについての検討,第 11 回日本地震工学シンポジウム,pp227~230,2002.

2) Tatuoka,F.、Yasuda,S.、Iwasaki,T.、Tokida,K：Normalized dynamic undrained strength of sands subjected to cyclic and random loading,Soils and Foundations,Vol.20,No3,pp.1～16,1980.

3)安田進：液状化の対策から対策工まで,鹿島出版,pp.156～161,1988.