

III-265

動的遠心模型実験装置による砂地盤の側方流動現象に関する基礎実験

東京電力 正会員 佐藤 博 正会員 土居 賢彦
 鹿島建設 正会員 大保 直人 正会員 本田 満彦
 早稲田大学 正会員 浜田 政則

1. まえがき

液状化に伴い地盤が流動する側方流動現象について、これまで重力場における土槽振動実験を中心にして流動地盤の特性を検討し、流動する過程では地盤が流体的な挙動を示すこと、さらに数十%の大歪時には地盤の特性が流体的性質から剛性が回復して固体的性質に移行することを把握した^{1)~4)}。一般に砂の非排水時のせん断変形特性は拘束圧に依存するとされていることから、現在動的遠心模型実験装置を用いて側方流動実験の実施可能性について検討を行っている。ここではこれまで実施した実験の概要について以下に紹介する。

2. 実験概要

図-1に実験装置の概要を示す。豊浦標準砂を用いて地表面勾配5%の様な飽和砂地盤を作製し、これを土槽短辺方向に加振して液状化させ、流動を発生させた。地盤に用いた間隙流体は振動現象と透水現象の相似則を考慮し、水の遠心加速度倍の粘性（例えば遠心加速度50gでは50倍）を有するシリコンオイルとした。実験ケースは表-1のとおり、遠心加速度を変えた2ケースとした。また計測項目は、地盤の応答加速度、間隙水圧ならびに流動変位とした。流動変位の計測については地盤に埋設したターゲットをワイヤーを介して接続した外部の変位計により経時計測する方法と、土槽に埋設した色砂により最終変位を計測する方法を用いた。

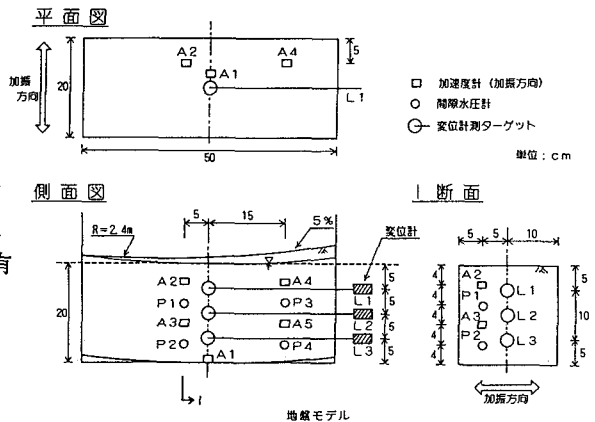


図-1 実験装置の概要

表-1 実験ケースの概要と加振結果

	地表面 平均勾配		相対密度		加振波 正弦波	最大入力 加速度	遠心 加速度
	加振前	加振後	加振前	加振後			
ケース1	4.56%	1.19%	29.8%	37.8%	200Hz, 0.8秒 (4Hz, 40秒)	8.2G (166gal)	50G
ケース2	5.16%	0.93%	25.8%	36.4%	100Hz, 1.6秒 (4Hz, 40秒)	4.4G (172gal)	25G

注) カッコ内は1g換算 G:重力加速度

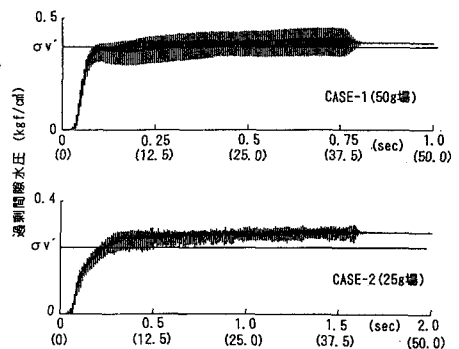
3. 実験結果と考察

(1) 過剰間隙水圧の上昇過程

図-2に同一深度における過剰間隙水圧の経時変化について両ケースを比較して示す。なお時間軸は相似則を考慮し、重力場（実物換算）における時間が同一となるよう調整した。これによると、両ケースとも加振開始後完全液状化状態になるが、それに至る時間は遠心加速度の大きいケース1の方が短い。これは、地盤の深さが実物換算と比較するとケース1の方が大きく、地盤の応答性状が異なるためと考えられる。

(2) 地盤の流動変位、流動速度

図-3に実験前後における地表面の形状ならびに実験終了後における地盤中央部の色砂と変位計による流動変位分布を示す。最終流動変位の分布は地表で大きく、深部ほど小さくなり、重力場における実験結果と傾向がよく一致している。また両ケースは地表面形状、変位分布ともに定性的には一致

図-2 過剰間隙水圧の経時変化
(P3(-8cm))

しており、遠心加速度の違いによる顕著な差はみられない。これは流動が終息し、地表面がほぼ水平になるまで加振を継続していることから、最終流動変位は拘束圧によらず、地盤モデルの形状等の物理的要因によって決定されるためである。なお変位計による計測値が小さいのは、地盤中のターゲットが流動によく追従しなかったためである。

図-4に変位計による流動変位とこれを微分して求めた流動速度の経時変化を示す。これによると拘束圧の大きいケース1の方が流動速度が大きい結果となっている。これは流動を引き起こす地盤の傾斜による外力が遠心加速度の大きいケース1の方が大きいためと考えられる。流動過程の液状化地盤を粘性流体と仮定し、次式により粘性係数を算定した。

$$\eta = \rho \alpha \theta H^2 / (2 V_s)$$

ここに η :粘性係数 ρ :質量密度 α :遠心加速度
 θ :傾斜角 H :流動地盤の層厚 V_s :地表面速度

変位計による流動変位を着色砂の最終変位に一致させるよう変位経時グラフを補正し、これより求められる流動速度を用いて算定した粘性係数 η を重力場の模型実験で得られた既往の試験結果である粘性係数と F_L 値との関係図⁵⁾に示すと図-5のとおりである。今回試験値は既往試験値よりやや大きいもののそのオーダーは同程度である。

4. あとがき

動的遠心模型実験装置により液状化による側方流動実験を行った結果、流動変位の経時計測が十分ではなかったものの、本装置により流動現象を再現できることを把握した。実験から得られた流動地盤の特性については、拘束圧の違いによる差を定量的に分析するまでには至っていないが、流動速度から推定される液状化地盤の粘性係数は重力場における既往の試験結果と同程度のオーダーであることを把握した。実験個数が少ないことから今後はさらに実験を継続し、実地盤に近い拘束圧条件における流動地盤の特性を検討する予定である。

【参考文献】

- 1) 土居他:液状化による側方流動地盤の挙動と物性に関する実験的研究, 第22回地震工学研究発表会, 1993
- 2) 佐藤他:液状化による側方流動の数値解析と考察, 第22回地震工学研究発表会, 1993
- 3) 土居他:強制傾斜型振動土槽による液状化した砂の変形挙動実験, 第29回土質工学研究発表会, 1994
- 4) 片田他:液状化後の砂の力学的挙動に関する基礎的研究, 第29回土質工学研究発表会, 1994
- 5) Hamada, M. et al.:An Experimental and Numerical Study on Liquefaction-Induced Ground Displacement, Fifth U.S. National Conference on Earthquake Engineering, 1994

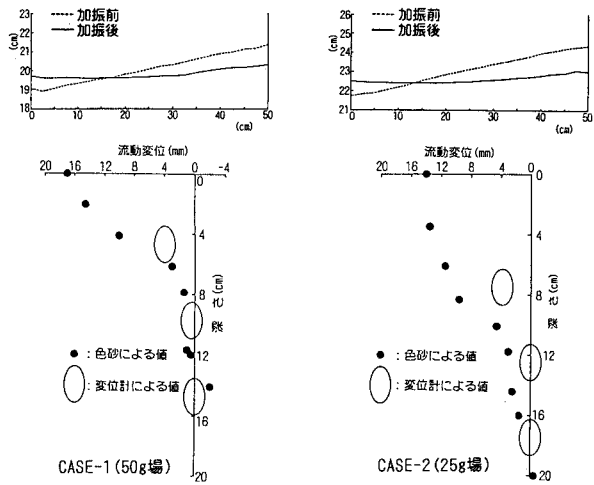


図-3 地表面形状および変位の深度分布

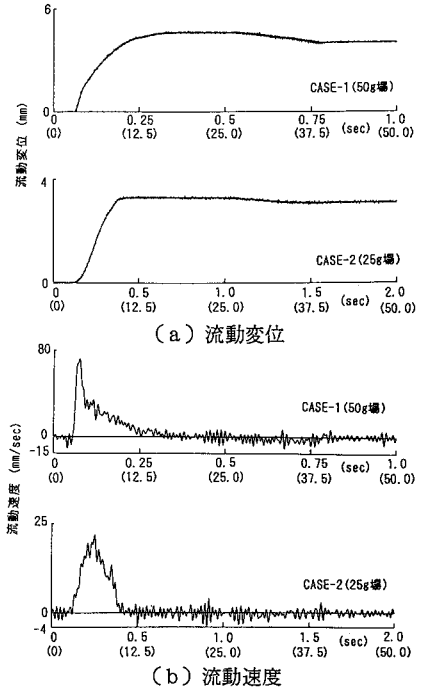


図-4 流動変位および流動速度 (L1(-5cm))

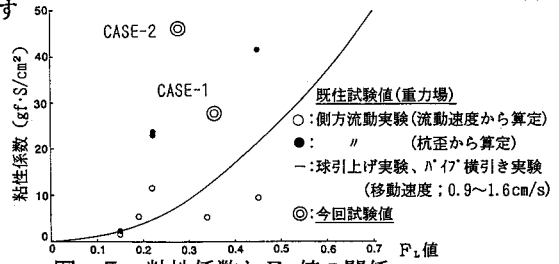


図-5 粘性係数と F_L 値の関係
 (重力場の既往試験結果との比較)