

建設省土木研究所 正会員 塩井 幸武
〃 元田 良孝
〃 光家 康夫

1. まえがき

飽和された砂質地盤の流動化現象についてはこれまでに数多くの調査研究がなされている。一方、これまでの地震時の流動化現象の発生している場所は沖積層の上にあり、しかも流動化した砂質地盤の下には必ずみだり性の大きい粘性地盤が分布している事例が多い。飽和した砂の流動化現象がせん断ひずみの大小に起因していることは知られているが、そのせん断力の供給源については必しも明確ではない。その点を各方面から検討した結果地震発生から砂質地盤の流動化までの過程で、当該砂質地盤の下の粘性地盤の果たす役割を無視することができないことがわかった。本報告は模型箱に粘性地盤と砂層を造成し、加振することによって両者の振動性状をとらえ、流動化のメカニズムを明らかにするための振動実験に関するものである。

2. 実験方法

地震時に粘性地盤が上部砂層に及ぼす影響を調べるために図-1に示す6種類の模型について振動実験を行なった。

模型1は粘性地盤の振動性状を、模型2は砂層の重量の影響を、模型3は粘性地盤の上層の拘束の効果を、模型4は乾燥砂の場合の振動性状を、模型5は粘性地盤上の飽和砂の振動性状を、模型6は飽和砂層の上の不透水性の表層の影響を調べるために用意したものである。

模型に使用した材料のうち、粘性地盤にはほぼ弾性体とみなしうる合成樹脂板を用いて固有振動数が7~8 Hzになるように調整した。砂層は茨城県高萩産の砂で、60%粒径0.6 mm, 均等係数2.0のものとした。測定計器の配置は図-2のとおりで、加速度計(Ai)を7個、土圧計(Di)を4個、間隙水圧計(Pi)を2個、リン青銅板にはりけりひずみ計



図-1 模型の種類

(Si)を8枚設置した。加振台は最大加振力2.5ton, 最大速度76cm/sec, 周波数範囲がDC~100Hz, 精度±1.0%の性能を有する。

入力としては5~40Hzの周波数成分を有するホワイトノイズの不規則波形, 5~20Hzの正弦波形, 衝撃波形を用い、それぞれの目的に応じて20~500galの加速度振幅を採用した。記録は入力および応答波形をデータレコーダーに収録し、AD変換を行なって実応答波形を作成

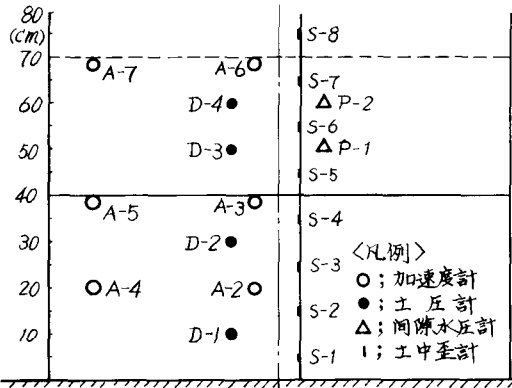


図-2 計器配置

した。

不規則波形については記録のパワースペクトルとクロススペクトル(入力波形と応答波形の間)を求め、入力波形のパワースペクトルの間で周波数応答関数を、クロススペクトルから位相差を算出した。正弦波形については各計器の記録の最大応答値、応答倍率、位相差を求めた。衝撃波形については、自由減衰振動数と減衰定数を可能なかぎり求めることとした。

3. 実験結果

以上の計画の下に実験を開始したが、振動の変化毎に模型の砂の入れ換えは行われなかったで、砂地盤は不規則波形の加速度振幅の上昇、その後の正弦波形のシリーズ、最後の衝撃波形の導入はそれぞれ、その前の振動波形による締固め効果をうけている。

不規則波形による各地盤の卓越振動数の値は周波数応答関数から求めると表-1に示すとおりとなった。模型1において予定の7~8Hzにならなか、たのは側壁の拘束効果によることが判明した。

正弦波形による各地盤の応答倍率は表-2に示すとおりである。A2, A3, A6が模型地盤の中央の値である。

衝撃波形による自由振動は模型2以外では減衰が早すぎて波形の読み取りが困難であった。模型2では減衰振動数が約6.6Hz、減衰定数が約0.025であった。

流動化は模型5においては不規則波形で500galの時正弦波形10Hz、400galの時に生じた。全体で5.5cmの沈下量が生じ、そのうち流動化時には1.9cmの沈下があった。模型6においては不規則波形で200galの時、正弦波形で10Hz、300galの時に生じた。全体で3.6cmの沈下量が生じ、そのうち、流動化時の沈下量は2.3cmであった。

また、今回の実験では流動化の生じる入力に近いところでは図-3に示すようなうなり現象に似たものが発生している。正負の波形に位相のあるところから、正しい現象かどうか不明である。

表-1 地盤内の卓越振動数(Hz)

模型番号	1	2	3	4	5	5'	6	6'
A2	10.9	24.1	11.1	21.5	20.0	23.2	18.0	20.5
A3	10.9	24.7	10.3	20.7	18.5	17.3	18.0	17.8
A4	10.9	24.1	9.6	21.1	18.5	17.3	18.0	19.0
A5	10.9	24.7	10.9	20.8	18.3	16.6	18.0	16.8
A6				20.9	18.0	16.3	18.0	17.5
A7				21.1	18.3	17.8	18.0	17.2

注) 5, 6は、100galの入力時

5'は250gal, 6'は300galの入力時

表-2 地盤内の応答倍率(10Hz時)

模型番号	1	2	3	4	5	5'	6	6'
A2	2.7	1.7	2.7	1.3	1.5	0.8	1.4	0.5
A3	3.2	1.6	3.4	1.3	1.7	1.1	1.6	0.8
A4	2.0	1.1	2.4	1.3	1.5	1.1	1.5	0.9
A5	3.1	1.3	2.9	1.2	1.6	1.1	1.4	0.8
A6				1.4	2.0	0.9	2.0	0.5
A7				2.9	1.9	0.7	1.6	0.1

注) 5'は、10Hz、400galの時、流動化

6'は、10Hz、300galの時、流動化

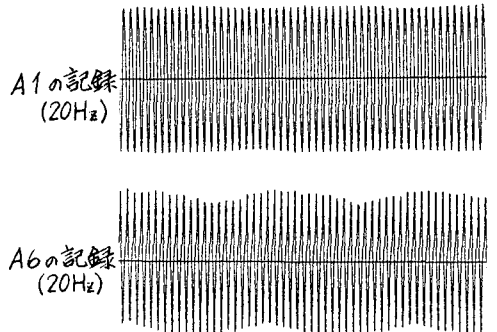


図-3

4. 考察とまとめ

今回の実験はまえがきで述べた疑問を解くために計画したもので予備実験的な性格を有するものである。結果は必しも満足のものではないが、いくつかの傾向をみだした。1つは地盤の卓越周期は入力の条件によって変化する。今回の実験では加速度レベルを上げると卓越周期が伸びた。また、うなり現象は10Hzで2秒弱、20Hzで1秒弱の周期でみられたが、入力付近の新たな周期の波動の発生がうかがえる。それが粘性地盤によるものか否かは模型1, 2の振動数にも関連がみられるので今後つめる必要がある。模型1と2の関係から地盤の重みが下層の地盤の振動性状に大きな影響を与えることが判明した。今後の解析では注意しなければならない点である。模型6では表層の不透水膜の効果が波動の反射と間隙水圧の上昇にあらわれたように思われた。